

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

AVALIAÇÃO DO DANO E DA SUSCETIBILIDADE DE CULTIVARES DE
ARROZ A *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae) E INCIDÊNCIA FÚNGICA
DURANTE O ARMAZENAMENTO

Tatiane Colares
Engenheira Agrônoma (UFRGS)

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

Porto Alegre (RS), Brasil
Junho de 2014

Aos meus pais, esposo e filho, com amor.

Demore o tempo que for para ver o que você quer da vida e depois que decidir, não recue ante nenhum pretexto porque o mundo tentará te dissuadir. (Profeta Zaratrusa).

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e eterno mestre Rafael Gomes Dionello, pela dedicação, disposição, paciência e confiança. Por todos os ensinamentos. E principalmente pelo exemplo profissional.

Ao Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) por disponibilizar instalações e equipamentos para realização de parte do meu experimento.

Ao prof. Lauri Lourenço Radunz da Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim.

Ao Prof. Raul Guedes da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Aos funcionários do IRGA, Eng. Agrônomos, Eng. Agrícola e Técnico agrícola respectivamente, Carlos Alberto Alves Fagundes, Volnei Luiz Meneghetti e Jhony de Souza Amaral, pelo acolhimento, atenção e paciência.

Aos colegas e bolsistas do laboratório de grãos.

AVALIAÇÃO DO DANO E DA SUSCETIBILIDADE DE CULTIVARES DE ARROZ A *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae) E INCIDÊNCIA FÚNGICA DURANTE O ARMAZENAMENTO¹

Autora: Tatiane Colares

Orientador: Rafael Gomes Dionello

RESUMO

Atualmente o arroz (*Oryza spp.*) é o cereal de maior importância alimentar no mundo. O Brasil está entre os dez principais países produtores, a safra 2012/2013 foi de 11,9 milhões de toneladas. Um dos principais problemas está na etapa de armazenagem, onde prejuízos causados por ataques de pragas chegam a 10%. Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar os danos e a suscetibilidade dos grãos de arroz ao ataque de *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae). O experimento foi realizado no laboratório de pós-colheita de grãos, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, utilizando grãos de arroz de nove cultivares. No Experimento 1 foi realizado teste sem chance de escolha para verificar a suscetibilidade dos grãos. No experimento 2 foi avaliada a perda de qualidade nos grãos, quando submetidos à infestação com *Sitophilus zeamais*, durante seis meses de estocagem. Também foram avaliadas a emergência e mortalidade dos insetos. A contaminação microbiológica, a umidade, o peso de mil grãos e o desempenho industrial. Através dos resultados obtidos podemos concluir que no Experimento 1 a cultivar IRGA 426 é a mais suscetível e as variedades IRGA 425 e 427, são as menos suscetíveis. Já no experimento 2 os gêneros de fungos isolados foram *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Alternaria* sp., *Bipolaris* sp., *Nigrospora* sp. e *Phoma* sp., com predominância do gênero *Fusarium* sp. A variação no peso de mil grãos está relacionada tanto ao consumo de grãos pelos insetos, quanto, com a quantidade de água nos grãos. A umidade dos grãos de arroz apresentou inicialmente uma tendência de equilíbrio higroscópico e posteriormente um aumento em função da presença dos insetos. As variedades Avaxi e IRGA-426 apresentaram as maiores variações no rendimento de grãos inteiros, entre o início e final do armazenamento. A emergência de insetos aumentou durante o armazenamento para todas as cultivares avaliadas, sendo que a cultivar IRGA 426 apresentou o maior índice de insetos emergidos. Os índices de mortalidade aumentaram em todas as cultivares avaliadas durante o armazenamento e na cultivar IRGA 426, foram superiores aos demais. Ao final do período de armazenamento a variedade IRGA 426 apresentou a maior perda de peso.

¹Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (66 p.) Junho, 2014.

EVALUATION OF DAMAGE AND SUSCEPTIBILITY OF CULTIVARS RICE TO *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae) AND IMPACT FUNGAL DURING STORAGE¹

Author: Tatiane Colares
Adviser: Rafael Gomes Dionello

ABSTRACT

Currently, rice (*Oryza spp.*) is the cereal most important cereal in the world. Brazil is among the ten major producing countries, the 2012/2013 harvest was about 11,9 million tons. One of the main problems is the storage phase, where damages caused by pest attacks can reach to losses of 10%. The objectives of this study were to assess the damage and susceptibility of rice grains attacked by *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae). The experiment was conducted in the laboratory of post-harvest grains, at Federal University of Rio Grande do Sul, using nine different rice cultivars. In Experiment 1 the no-choice test was conducted to verify the susceptibility of the grains. In experiment 2, we assessed the quality loss in the grains when subjected to infestation with *Sitophilus zeamais* during six months of storage. During this experiment, was evaluated the emergence and insect mortality, microbiological contamination, grain moisture and weight and industrial performance. From the results obtained we can conclude that in Experiment 1 cultivar IRGA 426 and is the most susceptible and IRGA 425 and 427 are the less susceptible. In the second experiment, seven fungal genera were isolated: *Fusarium* sp, *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Alternaria* sp., *Bipolaris* sp., *Nigrospora* sp. and *Phoma* sp., with predominance of *Fusarium* sp. The variation in grain weight is related to both grain consumption by insects and the amount of water in the grains. The moisture of the rice grains initially tended to equilibrium moisture content and subsequently increased due to the presence of insects. The Avaxi and IRGA 426 varieties showed the greatest variations in yield of whole grains, between the beginning and end the end period of storage. The emergence of insects increased during storage for all cultivars, and cultivar IRGA 426 showed the highest proportion of emerged insects. Mortality rates increased in all cultivars evaluated during storage and cultivar IRGA 426 presented the higher rates. At the end of the storage period the variety IRGA 426 showed the greatest weight loss.

¹Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (66 p.) June, 2014.

SUMÁRIO

	Página
1	INTRODUÇÃO..... 1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 3
	2.1 Características do grão..... 3
	2.2 Importância sócio-econômica da cultura..... 3
	2.3 O arroz na alimentação humana..... 5
	2.4 Armazenamento..... 6
	2.4.1 Qualidade dos grãos no armazenamento..... 8
	2.4.2 Insetos de Grãos Armazenados..... 11
	2.4.3 Resistência de grãos a insetos..... 15
	2.4.4 Fungos em grãos armazenados..... 18
3	MATERIAL E MÉTODOS..... 21
	3.1 Experimento 1..... 22
	3.1.1 Teste sem chance de escolha ou de confinamento. 22
	3.1.2 Avaliação do potencial de perdas de grãos..... 24
	3.2 Experimento 2..... 25
	3.2.1 Avaliação da qualidade..... 25
	3.2.2 Contaminação microbiológica..... 25
	3.2.3 Umidade..... 26
	3.2.4 Peso de 1000 grãos..... 26
	3.2.5 Desempenho industrial..... 26
	3.2.6 Avaliação biológica dos insetos..... 27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 28
	4.2 Experimento 2..... 33
	4.2.1 Contaminação Microbiológica..... 33
	4.2.2 Umidade..... 42
	4.2.3 Peso de mil grãos..... 44
	4.2.4 Desempenho Industrial..... 46
	4.2.5 Avaliação biológica dos insetos..... 51
5	CONCLUSÃO..... 57

6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	Página 58
---	---------------------------------	--------------

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página	
1	Valores médios do ciclo biológico (dias), Índice de suscetibilidade (IS) e número de gorgulhos emergidos obtidos no teste sem chance de escolha, em nove cultivares de arroz. Porto Alegre, 2012.....	28
2	Valores médios do número de grãos com fissuras (NGF) e potencial de perda (PP%) em nove variedades de arroz. Porto Alegre, 2012.....	32

RELAÇÃO DE FIGURAS

		Página
1	Grãos de arroz com danos por <i>Sitophilus zeamais</i> . Porto Alegre, RS, 2012.....	15
2	Disposição da pálea e lema em grãos de arroz. Porto Alegre, RS, 2012.....	16
3	Recipientes de plástico transparente com tampa fechada com tecido tipo voil. Porto Alegre, RS, 2012	23
4	Presença de <i>Fusarium</i> sp. (%) em nove variedades de grãos de arroz durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.....	34
5	Avaliação microbiológica <i>Alternaria</i> sp. (%) em nove variedades de grãos de arroz durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.....	35
6	Avaliação microbiológica de fungos do gênero <i>Aspergillus</i> sp. (%), em nove variedades de grãos de arroz, durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.....	37
7	Avaliação microbiológica de fungos do gênero <i>Penicillium</i> sp. (%) em nove variedades de grãos de arroz durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.....	38
8	Resultado da avaliação microbiológica de fungos do gênero <i>Bipolaris</i> sp. em nove variedades de grãos de arroz durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.....	39
9	Porcentagem de <i>Nigrospora</i> sp. em nove variedades de grãos de arroz durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.....	40

	Página	
10	Presença de <i>Phoma</i> sp. (%) em nove variedades de grãos de arroz durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.....	42
11	Avaliação da umidade (%b.u) dos grãos em nove variedades de arroz ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2012.....	43
12	Avaliação do peso de mil grãos (g) em nove variedades de arroz ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2012.....	45
13	Avaliação da renda de benefício (%) em nove cultivares de arroz, submetidas ao ataque de <i>Sitophilus zeamais</i> , ao longo de 180 dias de armazenamento. Porto Alegre, RS, 2012.....	47
14	Rendimento de grãos inteiros (%) em nove cultivares de arroz, infestadas com <i>Sitophilus zeamais</i> , ao longo de 180 dias de armazenamento. Porto Alegre, RS, 2012.....	48
15	Emergência dos insetos, ao longo do armazenamento, em confinamento durante 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.....	51
16	Porcentagem de mortalidade dos insetos ao longo do armazenamento em confinamento durante 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.....	53
17	Variação da massa dos grãos após infestação de <i>Sitophilus zeamais</i> ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2012.....	55

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza spp.*), cereal de maior importância alimentar no mundo é cultivado e consumido em todos os continentes. Destaca-se pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico tanto no aspecto econômico, quanto social. Cerca de 150 milhões de hectares de arroz são cultivados anualmente no mundo, produzindo 590 milhões de toneladas. Aproximadamente 90% de todo o arroz do mundo é cultivado e consumido na Ásia. Neste cenário a América Latina ocupa o segundo lugar em produção e o terceiro em consumo(EMBRAPA, 2013).

O Brasil está entre os dez principais países produtores de arroz, segundo a CONAB (2013), a produção nacional de arroz da safra 2012/2013 foi de 11,9 milhões de toneladas.

O Rio Grande do Sul é o principal estado produtor, produzindo 61% da produção brasileira. Junto ao esforço para o aumento da produção, necessariamente, há que se aprimorar não somente o processo de produção como também as condições de armazenamento. Uma vez que nesta etapa, conforme Lorini (2008); IBGE (2012), os prejuízos causados por ataques de pragas chegam a 10% do total produzido.

Geralmente os grãos armazenados podem ser atacados por pragas (roedores, insetos, fungos e ácaros) que causam sérios prejuízos qualitativos e

quantitativos. Estes prejuízos traduzem-se em perda de peso e poder germinativo, desvalorização comercial do produto, disseminação de fungos e formação de bolsas de calor durante o armazenamento (EMBRAPA, 2013).

Em função das elevadas perdas durante o armazenamento, uma das formas de minimizar o problema ocasionado por insetos durante o a estocagem de arroz, é através do uso de cultivares resistentes à estas pragas, este tipo de manejo apresenta uma série de vantagens com relação ao uso dos inseticidas químicos: não onera o custo de produção, não oferece riscos para a saúde humana e animal, reduz perdas quantitativas e qualitativas, não polui o meio ambiente e é compatível com outras estratégias de controle (Mazzoneto & Boiça Júnior, 1999).

Assim, de acordo com o exposto acima os objetivos deste trabalho foram avaliar o dano e a suscetibilidade de nove cultivares de arroz (*Oryza sativa*) a *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae) e a incidência fúngica durante o armazenamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características do grão

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma gramínea anual, classificada no grupo de plantas C-3, está adaptada a ambientes aquáticos, condição proporcionada à presença de aerênquima no colmo e nas raízes das plantas, o que possibilita a passagem de oxigênio do ar para a camada da rizosfera (SOSBAI, 2012).

O grão de arroz é um fruto, denominado cariopse, no qual o pericarpo está fundido com o tegumento da semente propriamente dita. A casca, material que envolve o grão e constitui cerca de 20% do peso do arroz, é formada por duas folhas modificadas (pálea e lema), apresentando, na sua composição básica, celulose (25%), lignina (30%), pentoses (15%) e cinzas (21%), sendo esta última formada por 95% de sílica. O arroz descascado ou esbramado é formado por pericarpo, tegumento e camadas de aleurona, gérmen e endosperma, sendo este o maior constituinte do grão (Hoseney, 1991).

2.2 Importância sócio-econômica da cultura

A maioria dos países produtores de arroz não dispõe de área agricultável necessária para expansão da produção, por tanto, o aumento da demanda deve ser atendida pelo aumento da produtividade (Freitas, 2007).

A lavoura orizícola tem grande importância econômica para o Brasil. Apenas as culturas da soja, milho, café e cana-de-açúcar têm valor bruto maior do que a orizicultura. O cultivo de arroz irrigado é responsável por 65% da produção nacional, em comparação a de sequeiro, o cultivo do arroz irrigado está presente em todas as Regiões brasileiras, destaca-se na Região Sul que é responsável, atualmente, por mais de 60% da produção total deste cereal (CONAB, 2013; EMBRAPA, 2013).

A produção de arroz no Rio Grande do Sul representa mais de 2,74% do PIB. Na metade sul do RS o arroz é a principal atividade econômica, chegando a representar mais de 50% do valor bruto da produção para diversos municípios do estado (SOSBAI, 2012).

Em relação à questão social e econômica possui extrema importância, uma vez que no estado por ser uma cultura que permite o cultivo tanto em áreas de agricultura familiar, quanto em agricultura empresarial, promove a geração de empregos e renda. No estado do Rio Grande do Sul atuam na lavoura de arroz aproximadamente 37,2 mil trabalhadores, sendo 27% temporários (SOSBAI, 2012).

De acordo com a CONAB (2013), a produção de arroz esperada para a safra 2014/2015 é de 12,6 milhões de toneladas. O montante colhido na referida safra será superior ao da safra anterior (11,9 milhões) devido ao aumento da área semeada, e principalmente, a realização da semeadura na maioria das propriedades dentro do período recomendado pela pesquisa. A região Centro-Oeste apresentou aumento na área de cultivo de 19,0, 10,8 e 2,0% respectivamente nos estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Já na região sul, apesar da redução de 8,2% no estado do Paraná, Santa

Catarina deverá manter a área de produção e o Rio Grande do Sul deve aumentar em torno de 4,4%.

2.3 O arroz na alimentação humana

O maior consumo deste produto é na forma de grãos, apenas uma pequena quantidade de arroz é consumida como ingrediente em produtos processados. É um grão com uma excelente fonte de energia, pois possui uma alta concentração de amido, fornecendo também proteínas, vitaminas e minerais, possuindo um baixo teor de lipídios (Kennedy *et al.*, 2002).

Nos países em desenvolvimento, o arroz é um dos principais alimentos encontrados na composição da dieta básica da população. Fornecendo em média, 715 kcal per capita por dia, 27% dos carboidratos, 20% das proteínas e 3% dos lipídios da alimentação. O consumo médio no Brasil é de aproximadamente 108 g por pessoa por dia (Kennedy *et al.*, 2002). Tendo em vista a extrema importância na dieta da maioria da população, sua qualidade nutricional afeta diretamente a saúde humana.

A forma de consumo deste grão difere dos outros cereais, uma vez que é consumido em maior quantidade como grão inteiro e em menor proporção em subproduto. O arroz branco "in natura", para ser consumido passa por um processo de beneficiamento para a retirada da casca e polimento (brunimento) (Castro *et al.*, 1999).

Em relação ao tipo de grão preferido no Brasil, o mercado aponta uma migração de consumo do arroz Tipo 2 para o Tipo 1 e Subgrupo Parboilizado. O arroz Tipo 1 representa, hoje, 70 a 80% do mercado de arroz polido branco. O consumo de arroz branco no Brasil é superior a 70% do total consumido,

enquanto o parboilizado polido responde por cerca de 25%, consumo que aumentou substancialmente nos últimos anos (ABIAP, 2013).

2.4 Armazenamento

A crescente demanda de produtos para suprir o mercado alimentício mundial, em vista do crescimento populacional, exige cada vez mais que os produtos (grãos) colhidos na lavoura sejam mantidos com o mínimo de perdas até o consumo final (Lorini, 2003).

O armazenamento de grãos também faz parte do sistema pós-colheita. A condução correta desta armazenagem evita perdas e preserva a qualidade dos grãos. Assim como ocorre para a colheita, há um teor de água apropriado para o armazenamento de grãos, durante o qual, o mesmo, deve ser mantido em níveis que impeçam ou dificultem a proliferação de fungos e insetos. Os fatores de qualidade a serem preservados dependem do uso final dos grãos (Montross *et al.*, 1999).

O sistema de armazenamento tem desempenhado cada vez mais um papel de extrema importância, pois torna o país fortalecido, como competidor na exportação, tendo maior potencial no agronegócio, uma vez que a coleta, a guarda e a distribuição passam a ser estratégicas, além da necessidade de atender ao amplo mercado interno, em períodos de entressafra. Apesar da crescente tecnificação do sistema de produção no setor de grãos e, por conseguinte aumento da produtividade, o desenvolvimento da estrutura de estocagem para esta produção não foi harmônico, sobretudo no que diz respeito às funções físicas da armazenagem, da comercialização agrícola e do transporte (Nogueira Junior, 2008).

O cultivo do arroz em nosso país, principalmente o realizado no sul, apresenta nas últimas décadas expressivo avanço, não apenas em termos de produtividade, mas também rentabilidade da produção e qualidade dos grãos, o que confere competitividade ao setor. No entanto, é comum que tanto produtores, quanto armazenadores, não percebam, muitas vezes, que tanto grãos, quanto sementes, são produtos armazenados vivos, que continuam seu metabolismo inclusive após a secagem, juntamente com outros organismos vivos, como fungos, ácaros e insetos, estando, por isso, sujeitos a várias formas de deterioração (Elias, 2004; Elias *et al.*, 2012).

Durante o período de armazenagem, a qualidade dos grãos não pode ser melhorada, mas apenas ser preservada, mesmo que se disponibilize das melhores e mais sofisticadas estruturas de conservação (Puzzi, 2000).

Na estocagem dos grãos podem ocorrer alterações físicas, químicas, enzimáticas e microbiológicas, as quais são ativadas pelo calor e pela umidade, que a intensificam com o decorrer do tempo de armazenamento (Elias, 2004).

As perdas que ocorrem durante o período de armazenagem de grãos são extremamente importantes, pois ocasionam danos no produto final que será comercializado. Isso ocorre em função, principalmente, da falta de estrutura adequada para estocagem, umidade de armazenamento, impureza junto ao grão no momento do armazenamento e pragas que danificam a qualidade dos grãos armazenados (Silva, 2008).

Na verdade, a qualidade e manutenção da mesma, no sistema de produção e armazenamento fazem parte de uma engrenagem que inicia num sistema integrado de práticas que começam na cadeia produtiva antes mesmo

da sementeira, estendendo-se durante o cultivo, colheita e pós-colheita (Elias, *et al.*, 2009).

A perda de qualidade dos grãos e de subprodutos, devido a fatores de colheita, secagem e armazenamento são quanti-qualitativas, originárias de várias etapas, como por exemplo, do ponto de colheita de grãos, muitas vezes inadequado, deixando-se o grão muito tempo na lavoura, após a maturação fisiológica, o que permite o ataque de pragas e doenças que se desenvolverão no armazenamento (Elias *et al.*, 2009).

Além da perda de qualidade na colheita dos grãos, podemos também ter perda durante o processo de secagem, através do uso de temperaturas inadequadas em razão do grau de umidade do grão, que levam a alterações indesejáveis de qualidade alimentar destes (Elias, 2008).

Também existe a perda em função da incidência de insetos pragas e fungos que atacam os grãos ainda na lavoura e, também no armazém, os quais destroem e contaminam os grãos durante o armazenamento, muitas vezes inviabilizando-os para comercialização e consumo (Lorini *et al.*, 2002).

Para que a engrenagem de manutenção da qualidade dos grãos e de seus subprodutos seja mantida existe a necessidade de ações isoladas em cada parte da cadeia produtiva do arroz (Lorini *et al.*, 2002; Lorini, 2008; Elias *et al.*, 2009).

2.4.1 Qualidade dos grãos no armazenamento

Para que a unidade de armazenagem atinja seu objetivo e este seja satisfatório, os grãos têm de manter as características que possuem após a colheita e secagem, durante todo o período de armazenamento, proporcionando ao produto final melhor qualidade (Brooker *et al.*, 1992).

Os principais agentes de perdas na qualidade e quantidade em cereais são fungos, insetos, ácaros e roedores. A respiração pode contribuir, porém ocasiona perdas menores em comparação com as perdas causadas por organismos vivos (Brooker *et al*, 1992).

As perdas decorrentes da respiração dos próprios grãos apesar de serem menores, são bastante significativas, pois promovem gradual deterioração da viabilidade e da qualidade nutritiva dos grãos durante o armazenamento, causando alteração na utilização final. Estas alterações causam a diminuição tanto de carboidratos, proteínas, lipídios e vitaminas. Pela alta atividade respiratória dos grãos ocorrem alterações nas propriedades funcionais, estéticas, descoloração e odores anormais e em função deste processo dinâmico, pode ocorrer uma sucessão de microrganismos (Sauer, 1992).

No período de estocagem existem dois tipos de perdas, as quantitativas que são as mais facilmente observadas e refletem o metabolismo dos grãos, microrganismos associados, pragas e outros animais, resultando em perda de matéria seca; e as perdas qualitativas, sendo estas mais preocupantes, pois são difíceis de serem visualizadas, estão, relacionadas às reações químicas enzimáticas e às não enzimáticas, resultando em perdas do valor nutricional e comercial (Elias, 2007; Elias *et al.*, 2009).

Conforme Brooker *et al* (1992), são muitos os problemas ocasionados pela falta de qualidade dos grãos devido ao armazenamento inadequado, mas, no entanto, até o início da armazenagem a combinação de fatores negativos na colheita (grãos imaturos, infestações de campo e umidade elevada) e na

secagem (stress térmico e hídrico) podem fragilizar sua conservação durante a estocagem.

A boa conservação dos grãos por períodos prolongados, depois de colhidos e secos adequadamente, depende do sistema de armazenagem possuir os equipamentos de aeração e termometria adequados e de que as técnicas de operação da unidade armazenadora, serem aplicadas corretamente (Milman, 2002).

Segundo Castro *et al.* (1999), o rendimento de grãos inteiros, quebrados e com defeitos são os principais parâmetros considerados na avaliação comercial do arroz para a determinação da qualidade e do preço do produto. O processo tradicional de beneficiamento de arroz apresenta 65 a 75% de grãos polidos (inteiros e quebrados), 19 a 23% de casca, 8 a 12% de farelo e 3 a 5% de impurezas.

O desempenho industrial serve para estimar o aproveitamento do arroz nas indústrias. A determinação é feita através da Renda e do Rendimento. A Renda expressa a quantidade de arroz resultante do processo de beneficiamento. Já o Rendimento estima a quantidade de grãos inteiros e quebrados numa amostra e os resultados são estimados em percentagem e serve de base para a valoração do arroz (Elias, 2007).

Brooker *et al.* (1992), cita que a obtenção de grãos de alta qualidade é dependente de alguns fatores como: características da espécie e da variedade, condições ambientais durante o seu desenvolvimento, época e procedimento de colheita, método de secagem e práticas de armazenagem.

2.4.2 Insetos de Grãos Armazenados

Segundo dados do IBGE (2012) as estimativas de perdas na pós-colheita de grãos no Brasil são de 10% do total produzido no país. Sendo que Lorini (2008) estima que estas perdas sejam ocasionadas principalmente pelo ataque de pragas agrícolas, entre elas, os insetos.

Os insetos que atacam grãos armazenados causam sérios prejuízos, sendo necessária devida atenção a esses, uma vez que, os gastos e cuidados antes da armazenagem serão inúteis caso os grãos sejam atacados e destruídos nos armazéns. (Elias, 2004).

As pragas de produtos armazenados podem não somente causar prejuízos de ordem econômica, como também problemas sociais e de saúde pública. Os produtos infestados, sofrem desvalorização comercial pela perda de qualidade sanitária em decorrência da presença de insetos, pela contaminação por fezes, odores, insetos mortos ou fragmento destes (Vendramim *et al.*, 1992).

Tanto a descrição, a biologia e a informação dos danos causados pelos insetos, são importante, para que uma melhor estratégia de manejo e de controle possa ser elaborada, a fim de evitar prejuízos nos grãos armazenados (Lorini, 2008).

Os insetos que atacam produtos armazenados pertencem às ordens Coleoptera, Lepidoptera e Psocoptera. Os coleópteros são considerados os mais prejudiciais, principalmente, devido ao seu tegumento rígido, por penetrarem a grandes profundidades no interior da massa de grãos, tendo portanto, a capacidade de causarem infestações generalizadas. Os danos causados pelos coleópteros no grão são tanto, em função de alimentação,

como também, por perfurações feitas para realizarem a oviposição no interior dos grãos (Loeck, 2002).

Entre os coleópteros encontram-se a *Rhyzopertha dominica* (F.), *Sitophilus zeamais* (Motschulsky), *Sitophilus oryzae* (L.), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens), *Tribolium castaneum* (Herbst) e *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Lorini, 2008; Elias, 2008; Elias *et al.*, 2009).

Entre as espécies de lepidópteros, as principais traças são: *Sitotroga cerealella* (Olivier), *Plodia interpunctella* (Hübner), *Ephestia kuehniella* (Zeller) e *Euphestia elutella* (Hübner). Entre estas pragas, as que causam maiores danos, sendo, portanto, mais prejudiciais são: *R. dominica*, *S. zeamais* e *S. oryzae*, justificando muitas vezes, o controle químico, usado nas unidades de armazenamento (Lorini, 2008; Elias, 2008; Elias *et al.*, 2009).

Os insetos adultos que atacam grãos armazenados caracterizam-se por apresentar elevado potencial biótico, possibilidade de ocorrência de infestação cruzada e pela capacidade de atacar e danificar um grande número de hospedeiro (Gallo *et al.*, 2002; Lorini *et al.*, 2002; Lorini, 2008; Elias *et al.*, 2012).

Na fase inicial os insetos se alimentam quase que exclusivamente do endosperma e depois do embrião, causando perda de peso e de nutrientes, além de afetar o poder germinativo de sementes (Puzzi, 2000; Elias & Oliveira, 2010).

2.4.2.1 *Sitophilus zeamais*

Dentre os coleópteros, os insetos do gênero *Sitophilus* estão entre as pragas mais destrutivas no armazenamento. No Brasil, a espécie *Sitophilus*

zeamais Linnaeus 1763 (Coleoptera: Curculionidae), popularmente conhecido como caruncho do milho, destaca-se entre os insetos de maior importância para os grãos de arroz armazenados (Vital *et al.*, 2004). Padilha & Faroni (1993) também destacam o gênero *Sitophilus* e *R. dominica* como as principais pragas encontradas no armazenamento de arroz, milho e trigo.

A espécie *S. zeamais* (Mots., 1855) (Coleoptera: Curculionidae), é uma praga primária, que se alimenta e se desenvolve no interior do grão, ocasionando sérios prejuízos ao produto, seja pelo dano direto e ou por facilitar a entrada de pragas secundárias (Toscano *et al.*, 1999).

As duas espécies de ocorrência no Brasil, do gênero *Sitophilus*, são a *S. orizae* e *S. zeamais* e apresentam morfologia semelhante, sendo distinguidas somente pelo estudo da genitália. Ambas podem ocorrer juntas no mesmo lote de grãos, independentemente do produto onde são encontradas (Lorini, 2008).

Os adultos medem em torno de 2,0 a 3,5 mm de comprimento, são de coloração castanho-escuro, com manchas mais claras nos élitros (asas anteriores), visíveis logo após a emergência. Têm a cabeça projetada à frente, na forma de rostró curvado. As larvas são ápodas e possuem coloração amarelo-clara, com a cabeça de cor marrom-escuro, e as pupas são brancas (Athié & Paula, 2002).

O período de postura é de 104 dias, e o número médio de ovos por fêmea é de 282. O período de incubação oscila entre 3 e 6 dias, e o ciclo de ovo a emergência de adultos é de 34 dias, porém pode ser influenciado pela temperatura, umidade do ar e características físico químicas do grão, como umidade, dureza e disponibilidade de nutrientes. Em temperaturas mais elevadas (30 °C) e umidade relativa de 70%, o ciclo biológico pode ser até 10

dias mais curto em relação ao ciclo deste mesmo inseto em condições desfavoráveis ao seu desenvolvimento (Lorini & Schneider, 1994, Lorini, 2008, Vendramim *et al.*, 1992).

Este inseto apresenta infestação cruzada, ou seja, infestam grãos e sementes no campo e também no armazém, onde penetram profundamente na massa de grãos. Os danos causados nos grãos armazenados não podem ser compensados, são irrecuperáveis, diferente do que ocorre no campo, onde pode ocorrer recuperação da própria planta ou maior produção das plantas não atacadas (Lorini, 2008; Elias *et al.*, 2012). Conforme diversos autores (Smiderle & Cicero, 1999; Loeck, 2002; Lorini *et al.*, 2002; Lorini 2008; Elias & Oliveira, 2010), são pragas polífagas, ou seja, têm a capacidade de atacar diversos grãos, entre eles, destacam-se, os principais cereais como milho, arroz e trigo. Possui aparelho bucal do tipo mastigador com mandíbulas forte o suficiente para romperem a dureza dos grãos.

Tanto larvas como adultos são prejudiciais e atacam sementes ou grãos íntegros. A postura é feita dentro do grão ou semente (Figura 1), as larvas, após se desenvolverem, empupam e se transformam em adultos. Os danos decorrem da redução de peso e de qualidade física e fisiológica da semente (Lorini, 2008).



FIGURA 1. Grãos de arroz com danos por *Sitophilus zeamais*. Porto Alegre, RS, 2012. (Fonte: Tatiane Colares).

2.4.3 Resistência de grãos a insetos

Dentre as várias formas de reduzir o ataque das pragas de produtos armazenados, o uso de cultivar resistente, ou seja, menos suscetível, apresenta uma série de vantagens, pois a resistência incorporada ao seu genoma reduz custos com aplicação de produtos químicos, não afeta, o equilíbrio ambiental e evita qualquer forma de contaminação (Lara, 1991). O uso de cultivar resistente não oferece riscos para a saúde humana e animal, reduz perdas quantitativas e qualitativas, não polui o meio ambiente e é compatível com outras estratégias de controle (Lara, 1991; Mazzoneto, 1999; Boiça Júnior, 1999).

Conforme diversos autores (Iita, 1985; Kim *et al.*, 1987; Asanga, 1989; Tigar *et al.*, 1994; Kim & Kossou, 2003; Sousa *et al.*, 2010) o uso de cultivares resistentes é o método mais promissor de minimizar danos devido ao ataque

de *S. zeamais*, minimizando as medidas de controle utilizadas, como uso de pesticidas e outros manejos integrados de pragas (MIP), que muitas vezes são difíceis ou imprudentes.

Na casca dos grãos de arroz a disposição da pálea e lema (Figura 2) podem ser a causa de suscetibilidade ao *Sitophilus* spp. durante o armazenamento, uma vez que grãos íntegros são menos atacados quando comparados com aqueles que possuem defeito na casca (fenda lateral ou ponta aberta) (Lara, 1991). Para o desenvolvimento de variedades resistentes a insetos-pragas são necessários estudos sobre a detecção de genótipos que sirvam como fonte de suscetibilidade. Entretanto, existem poucas informações a respeito da suscetibilidade de variedades de arroz ao *Sitophilus* sp.

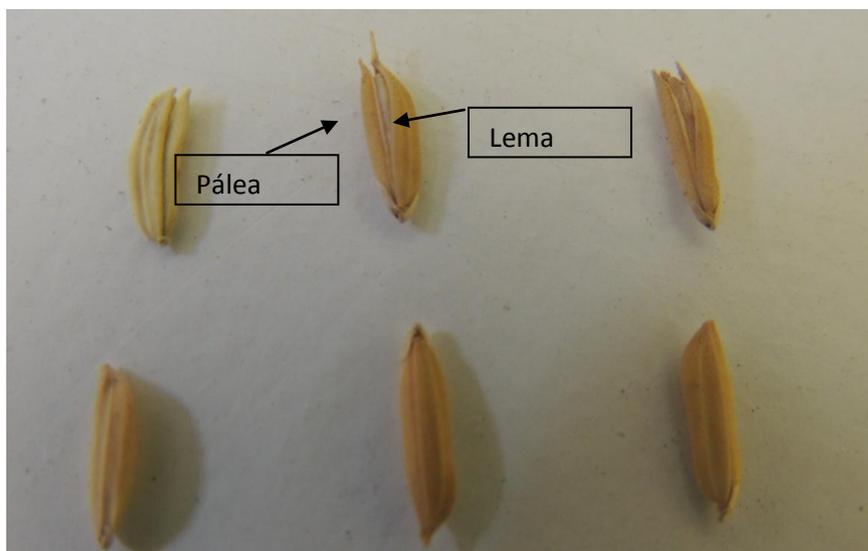


FIGURA 2. Disposição da pálea e lema em grãos de arroz. Porto Alegre RS, 2012. (Fonte: Tatiane Colares).

Conforme Kossou *et al.* (1993), as principais características a serem determinadas para avaliar a suscetibilidade de grãos de milho ao ataque de

gorgulhos (*Sitophilus* spp.) são as características do pericarpo, danos aos grãos, oviposição do inseto e números de progênie.

De acordo com Sousa *et. al.* (2010) em estudos onde se avaliaram a suscetibilidade em diferentes cultivares de arroz ao ataque de insetos do gênero *Sitophilus*, os autores observaram que as cultivares com menor percentual de grãos com defeitos na casca foram as menos afetadas quando comparadas com as demais. Concluíram que existem diferenças significativas entre as variedades em relação à suscetibilidade em relação ao ataque do inseto.

Em estudos conduzidos por Marsaro Júnior & Vilarinho (2011) foi avaliada a suscetibilidade de 12 cultivares de feijão-caupi, *V. unguiculata*, com relação ao ataque de *Callosobruchus maculatus*, em condições de armazenamento. Os autores verificaram que a suscetibilidade destas cultivares pode estar relacionada à presença de inibidores nos grãos. Neste estudo, foi concluído que todas as cultivares, apresentaram certo grau de suscetibilidade ao ataque de *C. maculatus*, porém nas cultivares menos suscetíveis ocorreu menor emergência de adultos, menor consumo de massa seca dos grãos e maior período, para que o inseto complete o ciclo biológico.

Num trabalho de avaliação da suscetibilidade de diversos genótipos de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais*, Kim & Kossou (2003), verificaram que vários germoplasmas foram identificados como tendo resistência promissora. Várias linhas pertinentes para este resultado foram identificados. Um programa de reprodução combinando essa resistência com a seleção de outros tipos de manejo, como a casca firme e grãos relativamente duros poderia levar ao desenvolvimento de cultivares de milho com menor suscetibilidade.

A resistência de grãos de milho ao ataque de *S. zeamais* tem sido relacionada com a presença de proteínas, lipídios, compostos fenólicos e inibidores de enzimas digestivas. Classen *et al.* (1990), observaram que o teor de proteínas se correlacionava negativamente com o número de ovos colocados pelas fêmeas nos grãos. Arnason *et al.* (1993), constataram que o teor de lipídios se correlacionava negativamente com a suscetibilidade dos genótipos ao ataque de *S. zeamais*. Serratos *et al.* (1993), verificaram que o teor de compostos fenólicos se correlacionava negativamente com a progênie produzida a partir de infestação artificial. Marsaro Júnior *et al.* (2005) verificaram que inibidores de amilase de *S. zeamais*, presentes em milho, correlacionaram-se negativamente com a suscetibilidade dos híbridos ao ataque dos gorgulhos e positivamente com o ciclo biológico do inseto.

Podemos, por tanto, associar a presença de certos inibidores presentes nos grãos à correlação negativa com o índice de suscetibilidade dos mesmos ao ataque de insetos.

2.4.4 Fungos em grãos armazenados

Fungos são microrganismos aeróbios, altamente disseminados no meio ambiente, podendo ser encontrados no solo, água e ar. Todos os fungos são heterotróficos, ou seja, precisam de compostos orgânicos como fonte de energia e carbono (Putzke, 2002).

A morfologia dos fungos e suas estruturas são determinadas através de observação macroscópica e microscópica. O corpo dos fungos é formado por uma massa de filamentos ramificados e entrelaçados, chamados hifas, cujo conjunto é denominado micélio. A partir de um micélio, quando transportado,

podem originar-se novos indivíduos, que se reproduzem por meio de esporos assexuados ou sexuados em algumas espécies (Raven *et al.*, 1996).

Os maiores efeitos do desenvolvimento fúngico em grãos e sementes armazenados são perda do poder germinativo, perda de matéria seca, produção de micotoxinas e alteração do valor nutricional, tornando o produto impróprio ao consumo humano e animal, acarretando sérios prejuízos econômicos (FAO, 2013).

O processo de deterioração ocasionado por fungos tem início na lavoura no período de maturação, tendo sequência nos processos de pós-colheita, secagem, transporte e de armazenamento do produto. Esses fungos são classificados em três grupos: Fungos de Campo, Fungos Intermediários e Fungos de Armazenamento (Lazzari, 1997).

Fungos de campo que ocorrem na cultura durante os estádios finais de amadurecimento, atacam o grão e a semente neste momento. Os fungos de campo mais comuns são: *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp, *Fusarium* sp. e *Helminthosporium* sp. Estes fungos requerem teor de água do grão acima de 30% e umidade relativa de 90% ou mais para crescerem (Lazzari, 1997).

Os fungos intermediários requerem umidade relativa em torno de 85%. Invadem os grãos antes da colheita e continuam a crescer e a causar dano durante o armazenamento. Nessa categoria enquadram-se algumas espécies de *Penicillium* sp e de *Fusarium* sp. e certos levedos. No período pós-colheita o crescimento fúngico pode ser influenciado por muitos fatores, principalmente nível de umidade, temperatura, aeração, danos provocados por insetos, e tempo de armazenamento, entre outros (Lazzari, 1993). Já em relação ao grupo de fungos de armazenagem, o gênero *Aspergillus* sp. é o de maior

predominância. Os fungos de armazenagem estão presentes em alto número em todo o tipo de material como ar, poeira, água e são constituintes habituais da película de grãos e sementes (Lazzari, 1997). Estes fungos são adaptados para crescerem em umidades relativas em torno de 70%, que correspondem à umidade de 13 a 20% em arroz (Lazzari, 1993).

Com relação à temperatura, eles crescem numa faixa bastante ampla, entre 10 e 40 °C dependendo de cada tipo de fungo (FAO 2013).

Os fungos do gênero *Aspergillus* sp. são fungos associados à deterioração de sementes e grãos, em condições de armazenamento inadequado. Fungos de armazenamento dificilmente invadem os grãos antes da colheita, no entanto, por serem microrganismos com alto poder de propagação, podem se multiplicar em poucos dias, tendo condições ambientais favoráveis. A contaminação por esse fungo ocorre geralmente após a colheita ou durante o armazenamento (Dhingra *et al.*, 1980; Machado, 1988). Conforme Wetzel (1987) esse gênero é um dos maiores produtores de micotoxinas. São capazes de se manterem em desenvolvimento com baixa umidade, produzindo toxinas que reduzem a qualidade nutritiva dos grãos e seu valor de mercado.

Os fungos podem causar efeitos indesejáveis para a agricultura e indústria de alimentos. Embora possam ser inativados ou retirados dos grãos durante o processamento e estar ausente no produto manufaturado, as toxinas permanecem estáveis (Moss, 1992).

Conforme Nunes *et al.* (2003), é importante destacar que a contaminação fúngica é importante do ponto de vista alimentar, porém a legislação vigente do Ministério da Saúde não estabelece limites máximos de incidência de fungos para o arroz, somente limites para micotoxinas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o período de junho a dezembro de 2012, no laboratório de pós-colheita de grãos, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, utilizando grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de produtores no estado do Rio Grande do Sul, fornecidos através de uma parceria com o IRGA (Instituto Rio Grandense do Arroz).

A pesquisa foi conduzida segundo o delineamento inteiramente casualizado, dividido em 2 experimentos, conforme descritos a seguir: Experimento 1: Composto de nove tratamentos (cultivares de arroz), com quatro repetições e testemunha. Experimento 2: Conduzido sob esquema fatorial 9 x 5 (cultivares de arroz x tempos de avaliação: 0, 30, 60, 120 e 180 dias), com quatro repetições. Os dados obtidos, dos experimentos 1 e 2, foram primeiramente avaliados pela análise de variância (teste F) e, quando verificado efeito significativo, submeteu-se os dados do experimento 1 ao teste de Tukey ($P \leq 0,05$) e os do experimento 2 a análise de regressão linear e não linear. Os dados foram analisados com auxílio do software Statistica 10® e SigmaPlot 10®.

As cultivares foram escolhidas entre as mais cultivadas e produzidas no estado do Rio Grande do Sul, sendo originárias do Brasil, Argentina (Puitá Inta CL) e Uruguai (Olimar). Os grãos avaliados foram da safra 2011/2012.

As cultivares de arroz estudadas foram: BR-IRGA 409; IRGA 417; IRGA 424; IRGA 425; IRGA 426; IRGA 427; Puitá inta CL; Avaxi CL e Olimar.

Os insetos foram criados em câmaras com controle de temperatura (25 ± 2 °C) e umidade relativa ($60 \pm 5\%$), e mantidos em recipientes plásticos de 0,155 x 0,11 x 0,09 m com tampa, apresentando abertura vedada por tela para as trocas gasosas. A criação dos insetos foi realizada em grãos de arroz.

Os insetos foram identificados, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), através do estudo do DNA, sendo da espécie *S. zeamais*. Estas criações foram utilizadas nos dois experimentos deste trabalho, conforme está subdividido abaixo:

3.1 Experimento 1:

Teste sem chance de escolha ou de confinamento e Avaliação do potencial de perdas de grãos.

3.1.1 Teste sem chance de escolha ou de confinamento

Neste experimento foram feitas avaliações do ciclo biológico, índice de suscetibilidade e gorgulhos emergidos nas nove cultivares de arroz.

Antes da realização do experimento os grãos foram mantidos em freezer a temperatura de -20 °C, por 10 dias, para fazer a esterilização nos grãos a serem utilizados, a fim de evitar emergência de insetos.

Para verificar a suscetibilidade das cultivares de arroz, estas foram submetidas ao teste sem chance de escolha, pois este permite verificar a influência das cultivares na biologia do inseto.

A realização do teste sem chance de escolha foi feita da seguinte maneira: amostras de 100 g de cada cultivar de arroz foram colocadas em recipientes (copos) de plástico transparente com tampa fechada com tecido

tipo voil (Figura 3), juntamente com 30 insetos adultos de *Sitophilus zeamais*, sendo realizadas quatro repetições para cada tratamento, além de um lote de recipientes, sem insetos (testemunha), totalizando 40 amostras.

Os insetos usados no experimento não foram sexados (Boiça Jr. *et al.*, 1997; Kim & Kossou, 2003; Hermann *et al.*, 2009; Cunha, 1999; Guzzo *et al.*, 2002).

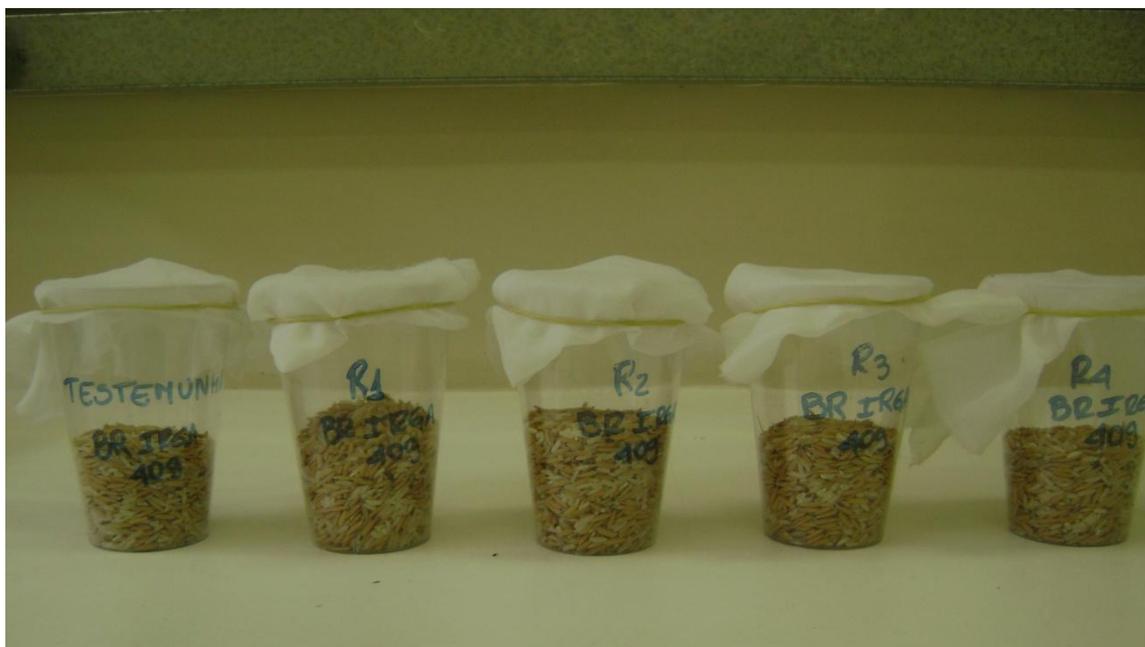


FIGURA 3. Copos transparentes com tampa de tecido tipo voil. Porto Alegre RS, 2012. (Fonte: Tatiane Colares).

Todos os recipientes foram mantidos durante sete dias em sala climatizada a 25 °C para que ocorresse a oviposição dos insetos nos grãos. Os mesmos foram retirados e após 15 dias, foram iniciadas observações diárias, para acompanhar a emergência. Os insetos emergidos foram retirados dos recipientes e contados até quando não ocorreu mais emergência.

Após, este procedimento foram avaliados a duração do ciclo de desenvolvimento (ovo à emergência do adulto) e o número de insetos

emergidos. Também foi avaliado o índice de suscetibilidade (IS) (Dobie, 1977), apud Faleiro *et al.* (1995), que se baseia na análise do número de gorgulhos emergidos por dia, no tempo médio de desenvolvimento, após a infestação artificial das cultivares por *Sitophilus zeamais*. Esse índice foi determinado pelas seguintes equações: $IS = (\ln (\Sigma x)/T) \times 100$ (Equação 1); onde: IS = Índice de suscetibilidade; \ln = logaritmo neperiano; Σx = somatório do número de gorgulhos emergidos em cada híbrido e; T = tempo médio gasto para os gorgulhos completarem o ciclo biológico. $T = \Sigma(xy)/\Sigma x$ (Equação 2); onde: x = número de gorgulhos emergidos diariamente e; y = número de dias da infestação à emergência.

3.1.2 Avaliação do potencial de perdas de grãos

Neste experimento também foi avaliado o potencial de perdas de grãos através da observação da presença/ausência de fissuras entre a pálea e a lema.

Para verificação do potencial de perdas de grãos foram avaliados 250 grãos de cada uma das nove cultivares de arroz, com três repetições para cada tratamento.

O potencial de perdas de grãos foi estimado considerando o percentual de grãos com fissuras, conforme Ribeiro *et al.* (2012), por meio da seguinte equação: $PP\% = (NGF/N) \times 100$ (Equação 3), onde: NGF= número de grãos com fissuras na amostra e N= Tamanho da amostra

3.2 Experimento 2: Avaliação da qualidade dos grãos e biológica dos insetos

3.2.1 Avaliação da qualidade

Neste experimento foi verificada a qualidade dos grãos quando submetidos à infestação com *S. zeamais*, durante seis meses de estocagem.

Para a montagem do experimento, foram utilizados 144 recipientes de plásticos com capacidade para 500 mL, sendo colocados 170 g de cada cultivar de arroz, com casca, e em seguida infestadas com 30 insetos adultos de *Sitophilus zeamais*, sendo esses insetos não sexados.

Posteriormente os recipientes foram fechados com tecido tipo voil, a fim de evitar a fuga dos insetos e possibilitar as trocas gasosas, sendo mantidos em sala climatizada, com temperatura de 25 ± 5 °C e umidade relativa de $60 \pm 5\%$. Sendo cada tratamento composto por quatro repetições.

Foram abertos trinta e seis recipientes nos períodos de 30, 60, 120 e 180 dias de armazenamento, totalizando 144 unidades experimentais. E em cada período destes e também no tempo zero foram realizadas as seguintes análises:

3.2.2 Contaminação microbiológica

A contaminação fúngica foi avaliada com uso do Blotter Test ou Teste em papel filtro, conforme método oficial para análise microbiológica de sementes descritos pelo MAPA (BRASIL, 2009 a). Os resultados são expressos em % de incidência de gênero de fungos.

3.2.3 Umidade

A determinação da umidade foi realizada pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por um período de 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009 a). Sendo os resultados expressos em % de b.u. (base úmida).

3.2.4 Peso de 1000 grãos

Determinado através da contagem de oito repetições de 100 grãos e posterior pesagem em balança analítica, sendo a média multiplicada por 10 (BRASIL, 2009 a). Os resultados foram expressos em gramas (g).

3.2.5 Desempenho industrial

A renda de descascamento e o rendimento de grãos inteiros foram avaliados de acordo com os termos oficiais da instrução normativa nº 06, de 16 de fevereiro de 2009, do MAPA (BRASIL, 2009 b).

Para a avaliação da renda de descascamento ou benefício foram coletados 100 gramas de amostra, descascadas e pesadas, sendo os resultados expressos em percentagem (%). Para a avaliação do rendimento de grãos inteiros de cada variedade foram coletados 100 gramas de amostra, sendo posteriormente submetidas às operações de descascamento, polimento, separação de quebrados e inteiros, sendo os resultados expressos em percentagem (%) (BRASIL, 2009 b).

3.2.6 Avaliação biológica dos insetos

Logo após a abertura dos recipientes os insetos foram retirados e foi realizada a pesagem dos grãos, para avaliação da perda de peso. Também foi avaliada a mortalidade e emergência dos insetos, através da contagem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1: Teste sem chance de escolha

Os dados referentes aos valores médios do ciclo biológico (dias), índice de suscetibilidade (IS) e número de gorgulhos emergidos obtidos no teste sem chance de escolha estão descritos na Tabela 1.

TABELA 1. Valores médios do ciclo biológico (dias), Índice de suscetibilidade (IS) e número de gorgulhos emergidos obtidos no teste sem chance de escolha, em nove cultivares de arroz. Porto Alegre, 2012.

Cultivar	Ciclo biológico (dias)	Cultivar	Índice de suscetibilidade (IS)	Cultivar	Nº Gorgulhos emergidos
Puitá	34,98 a	IRGA 426	11,61 a	Puitá	56,75 a
Avaxi	34,75 ab	Puita	11,54 a	IRGA 426	35,75 b
IRGA 425	34,19 ab	Olimar	10,10 ab	Olimar	25,50 bc
IRGA 427	34,17 ab	IRGA 417	9,8 ab	IRGA 417	21,50 c
Olimar	33,07 abc	Avaxi	8,59 bc	Avaxi	21,00 c
BR-IRGA 409	31,80 bc	IRGA 424	7,10 cd	IRGA 424	10,75 d
IRGA 424	31,78 bc	BR-IRGA 409	7,08 cd	BR-IRGA 409	9,75 d
IRGA 417	30,53 c	IRGA 427	5,54 de	IRGA 427	6,75 d
IRGA 426	30,43 c	IRGA 425	4,15 e	IRGA 425	4,5 d

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,5% de probabilidade.

Avaliando os parâmetros observados (Tabela 1), podemos verificar que a cultivar que proporcionou maior ciclo biológico aos insetos foi a Puitá, diferindo da BR-IRGA 409, IRGA 417, 424 e 426. Já as cultivares que proporcionaram menor ciclo biológico foram IRGA 417 e 426. Como foi verificado, as cultivares com menores períodos para ocorrência do ciclo biológico, são as mais adequadas para oviposição e/ou desenvolvimento das larvas. A variação de ciclo biológico entre as nove cultivares avaliadas foi de 30,43 a 34,98 dias.

Quanto mais prolongado for o ciclo biológico destes insetos, menos suscetíveis se mostram as cultivares e vice-versa (Herrmann *et al.*, 2009). Boiça Jr. *et al.* (1997) num trabalho de avaliação de suscetibilidade a *Sitophilus zeamais* em grãos de milho observaram uma variação no ciclo biológico de 41,2 a 51,4 dias. Guzzo *et al.* (2002) também em estudo de avaliação de suscetibilidade de grãos de milho a *S. zeamais* observaram variação de 43,3 a 49,9 dias, no ciclo biológico desta espécie.

Marsaro Junior *et al.* (2008), observaram que o ciclo biológico de *S. zeamais* variou de 39,6 a 45,5 em diferentes variedades de milho. Isto mostra que existem diferenças entre diferentes tipos de grãos e entre as cultivares, o que foi evidenciado neste trabalho com arroz, para as diferentes cultivares estudadas. Conforme Lorini e Schneider (1994), o ciclo de ovo a emergência de adultos, para *Sitophilus zeamais*, é de aproximadamente 34 dias, resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Na mesma Tabela podemos observar que as cultivares que apresentaram maiores médias para o índice de suscetibilidade foram IRGA 426 e Puitá, diferindo da BR-IRGA 409, IRGA 424, 425 e 427. Conforme Herrmann

et al. (2009) quanto maior o IS, mais suscetíveis podem ser consideradas as variedades. De acordo com Classen *et al.* (1990) e Gomes & Santos (1993), o IS está correlacionado com importantes fatores genéticos de suscetibilidade, como perda de peso de grãos, número de descendentes F1, dureza de grãos, e a taxa de reprodução de insetos.

A variedade IRGA 425 apresentou o menor IS, não diferindo estatisticamente da variedade IRGA 427, mostrando-se como a variedade menos suscetível a esta praga. A variação nos resultados obtidos neste trabalho (4,15 a 11,61) estão de acordo com os encontrados por outros autores, como Herrmann *et al.* (2009) que observaram variação de 1,7 a 7,0 no índice de suscetibilidade da mesma espécie em grãos de milho. Marsaro Junior *et al.* (2005) observaram uma variação no índice de suscetibilidade de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho entre 8,45 e 10,23. Santos *et al.* (2006) em um trabalho avaliando trinta e uma variedades de milho, observaram uma variação no IS de 7,58 a 10,73.

Ainda na Tabela 1 podemos observar que o maior número de gorgulhos emergidos ocorreu na cultivar Puitá e o menor número de *S. zeamais* emergidos, ocorreram nas cultivares BR-IRGA 409, IRGA 424, 425 e 427, variando de 4,5 na cultivar IRGA 425 a 10,75 na cultivar IRGA-424. A variação de insetos emergidos no presente trabalho foi de 4,5 a 56,75.

Conforme Guzzo *et al.* (2002), além destes fatores já mencionados acima, um dos mais importantes indicadores de antibiose é a morte larval que pode ser indicada, pelo baixo número de adultos emergidos, como é o caso dos materiais BR-IRGA 409, IRGA 424, 425 e 427, que apresentaram os menores valores de insetos emergidos. Os mesmos autores observaram uma

variação de $12 \pm 5,87$ a $49 \pm 7,62$ insetos emergidos em seis genótipos de milho. Boiça Junior (1997) num estudo com 11 genótipos de milho observaram variação de $5,00 \pm 1,88$ a $24,2 \pm 3,28$ insetos emergidos durante as avaliações. Herrmann *et al.* (2009) observaram uma variação de 3,0 a 36,3 insetos (*S. zeamais*) emergidos em 10 variedades de milho.

Conforme Ramalho *et al.* (1977), existe uma grande relação entre o ciclo dos insetos e o número de insetos adultos emergidos, supondo que mais suscetível é o produto, quando, maior for o número de insetos emergidos e menor o tempo para emergir e menos suscetível quanto maior for o ciclo e menor a quantidade de insetos. Fato este que pode ser observado, nas cultivares IRGA 425 e IRGA 427 que além de apresentarem maior número de dias para completarem o ciclo biológico, tiveram a menor quantidade de insetos emergidos, estas cultivares foram as que demonstraram menor suscetibilidade quando todos os parâmetros foram comparados.

Podemos observar na Tabela 2 que as únicas cultivares que apresentaram diferença no potencial de perda e número de grãos com fissuras foram a IRGA 426 e a Avaxi, sendo a IRGA 426, superior à Avaxi.

Esses valores confirmam os resultados da Tabela 1 onde percebemos que a cultivar IRGA 426 é a cultivar com maior suscetibilidade ao ataque dos insetos e as variedades IRGA 425 e 427, como as menos suscetíveis ao *S. zeamais*. O índice de suscetibilidade está relacionado com o número de grãos com fissuras, uma vez que os insetos que atacam os grãos de arroz fazem a postura nos grãos danificados ou com fissuras entre a pálea e a lema. Ocasionalmente por consequência um maior potencial de perda destes grãos.

TABELA 2. Valores médios do número de grãos com fissuras (NGF) e potencial de perda (PP%) em nove variedades de arroz. Porto Alegre, 2012.

Cultivares	PP(%)	NGF
IRGA 426	7,2 a	18 a
Puitá	4,66 ab	11,66 ab
IRGA 425	3,86 ab	9,66 ab
Olimar	3,86 ab	9,66 ab
IRGA 417	3,73 ab	9,33 ab
BR-IRGA 409	3,73 ab	9,33 ab
IRGA 424	2,93 ab	7,33 ab
IRGA 427	2,80 ab	7,0 ab
Avaxi	1,6 b	4,0 b

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,5% de probabilidade.

Ribeiro *et al.* (2012) em um estudo com 14 genótipos de arroz observaram uma variação no percentual de perdas de 1,1 a 44,75%, mostrando que este é também um ótimo parâmetro para avaliar a suscetibilidade de variedades de arroz a pragas de armazenamento.

Link & Rosseto (1972) chamam atenção dos melhoristas de arroz, para que estes observem a casca, pois um grão com a casca bem fechada pode conferir suscetibilidade à *S. cerealella* e a outras pragas de armazenamento. Relatam também que a suscetibilidade dos genótipos pode ser definida por meio da avaliação dos grãos, quanto a existência de fissuras entre a pálea e a lema.

4.2 Experimento 2

4.2.1 Contaminação Microbiológica

Os gêneros fúngicos isolados nas nove cultivares de arroz foram *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Alternaria* sp., *Bipolaris* sp., *Nigrospora* sp. e *Phoma* sp. Os resultados deste experimento estão de acordo com várias pesquisas realizadas, não somente com grãos de arroz, mas também com diversos outros cereais. De acordo com diversos autores como Filtenborg *et al.*(1996), Puzzi (2000), Elias (2002), os três primeiros gêneros são os mais citados como fungos presentes durante o armazenamento e são produtores de diversas toxinas.

A Figura 4 mostra que as variedades IRGA 427, 424 e 426 apresentaram manutenção da incidência de *Fusarium* sp. nos primeiros 60 dias de armazenamento, com redução a partir deste período até o final da estocagem, variando de 2 a 30%.

As variedades IRGA 417, 425 e BR-IRGA 409 apresentaram redução da infestação durante todo o período de estocagem, variando de 5 a 28%. As variedades Avaxi e Puitá, apresentaram incidência muito baixa durante todo o período de armazenamento, sendo os resultados inferiores a 5%.

A redução da incidência deste gênero de fungo durante o período de armazenagem deste experimento deve ter ocorrido pelo fato deste gênero preferir um ambiente com alto teor de umidade, o que acontece no campo. Durante o período de armazenagem a umidade que favorece o desenvolvimento do *Fusarium* sp. é menor do que a ideal para o seu desenvolvimento.

O *Fusarium* spp. foi seguidamente considerado um patógeno de campo apenas, mas atualmente sabe-se que o *Fusarium verticillioides*, por exemplo, pode prevalecer após a colheita, durante o transporte e prosperar durante o armazenamento, principalmente quando este é realizado de maneira incorreta, podendo ocorrer inclusive durante o processamento do alimento (Marin *et al.*, 2004; Chulze, 2010). O que está sendo mostrado neste trabalho, onde se verifica a presença deste gênero durante seis meses de armazenamento.

Hoeltz *et al.* (2009) em um estudo durante o armazenamento de arroz por 12 meses, também encontraram contaminação por *Fusarium* sp., porém não é citado a porcentagem desta contaminação.

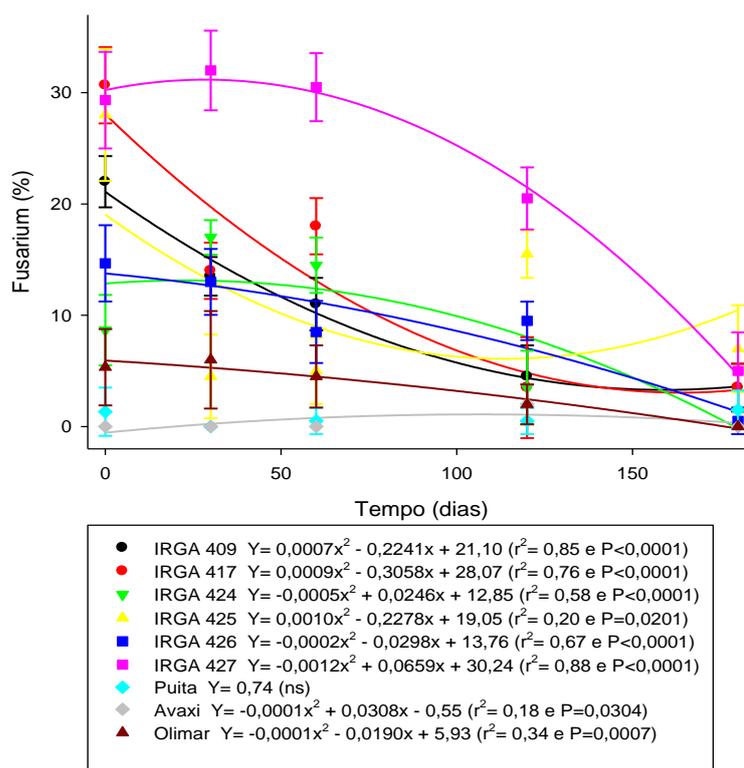


FIGURA 4. Avaliação microbiológica de fungos do gênero *Fusarium* (%) em nove variedades de grãos de arroz durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.

De acordo com a Figura 5, podemos observar que a variedade IRGA 424 apresenta um comportamento diferente das demais, tendo aumento da incidência de *Alternaria* sp. nos primeiros 90 dias de armazenagem, com posterior redução até o final da estocagem, variando de 8% a zero de incidência.

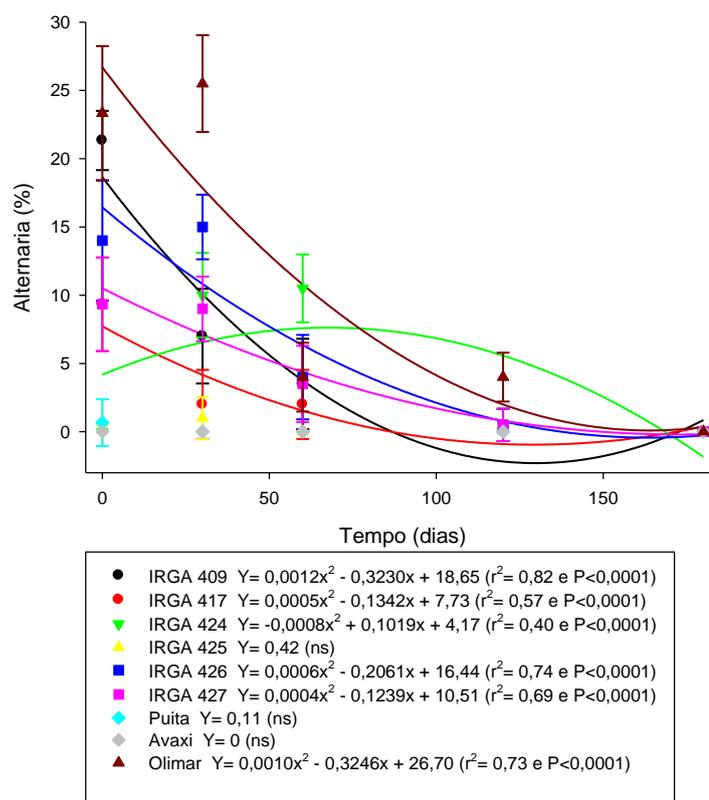


FIGURA 5. Avaliação microbiológica de fungos do gênero *Alternaria* (%) em nove variedades de grãos de arroz durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.

As variedades IRGA 425, Puitá e Avaxi não apresentaram diferença significativa na incidência deste gênero de fungos durante a estocagem. As variedades Olimar, IRGA 427, 426, 424, 417 e BR-IRGA 409 apresentam uma

maior incidência deste fungo no início do período de armazenamento diminuindo ao longo do tempo, variando entre 0 e 28%.

Tanaka (1986); Soave *et al.* (1997), observaram a presença de *Alternaria* sp. em diferentes cultivares de arroz, o que corrobora com o estudo realizado neste trabalho.

Conforme Farias *et al.* (2007), avaliando 27 variedades de arroz em seis regiões produtoras do Rio grande do Sul, observaram variação na contaminação por *Alternaria* sp. entre 0 a 35,25%, estando de acordo com o observado no presente estudo.

Na Figura 6 verifica-se que as variedades IRGA 417, 426, Avaxi e Olimar apresentaram aumento na incidência de *Aspergillus* sp. nos primeiros 120 dias de armazenamento, com redução a partir deste período até o final da estocagem, variando de 0 a 8%. Já a variedade BR-IRGA 409 apresentou uma maior incidência no início, reduzindo entre 60 e 120 dias, aumentando novamente até o final do armazenamento, variando de 0 a 4%. As demais variedades não apresentaram diferença significativa na incidência deste gênero de fungos durante a estocagem, com médias variando de 0,63 a 3,05%.

Este aumento na incidência do *Aspergillus* sp. durante 60 a 120 dias de armazenagem está relacionado com o baixo teor de umidade neste período, conforme podemos verificar na Figura 11. Uma vez que estes fungos são capazes de se manterem em desenvolvimento com baixa umidade.

Farias *et al.* (2007), avaliando 27 variedades de arroz em seis regiões produtoras do Rio grande do Sul, observaram uma variação na contaminação por *Aspergillus* sp. entre 0 a 4,5%, resultados que estão de acordo com o

observado no presente estudo. Não foram observadas diferenças na incidência deste gênero em função da variedade avaliada.

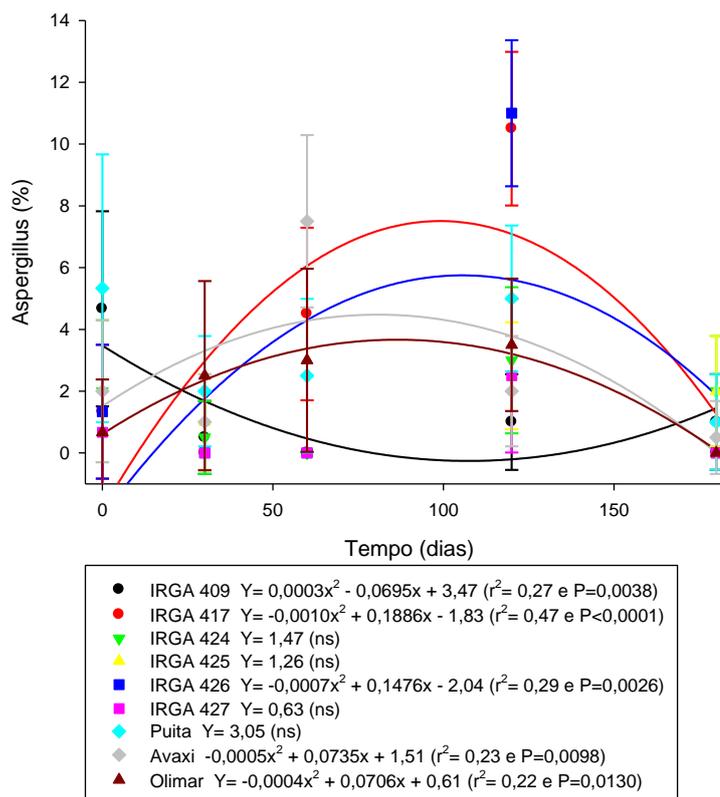


FIGURA 6. Avaliação microbiológica de fungos do gênero *Aspergillus* sp. (%), em nove variedades de grãos de arroz, durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012

Hoeltz *et al.* (2009), avaliando a contaminação de fungos do gênero *Aspergillus* sp. em amostras de arroz, verificaram incidência de aproximadamente 65%, maior do que a constatada neste trabalho, porém estes autores observaram redução da contaminação durante o armazenamento para

34% na incidência. Esta redução na contaminação também foi observada no presente trabalho corroborando com o autor supracitado.

Conforme podemos observar na Figura 7, a variedade BR-IRGA 409 apresentou redução nos primeiros 120 dias, com posterior aumento da incidência de *Penicillium* até os 180 dias de estocagem. Porém esta incidência é menor que no período inicial, variando de 3 a 7%. A cultivar IRGA 426 apresentou uma tendência de aumento da incidência até 120 dias, com posterior redução ao final da armazenagem. As demais variedades não apresentaram variações significativas ao longo do armazenamento, com contaminação por *Penicillium* sp. entre 0 e 3%.

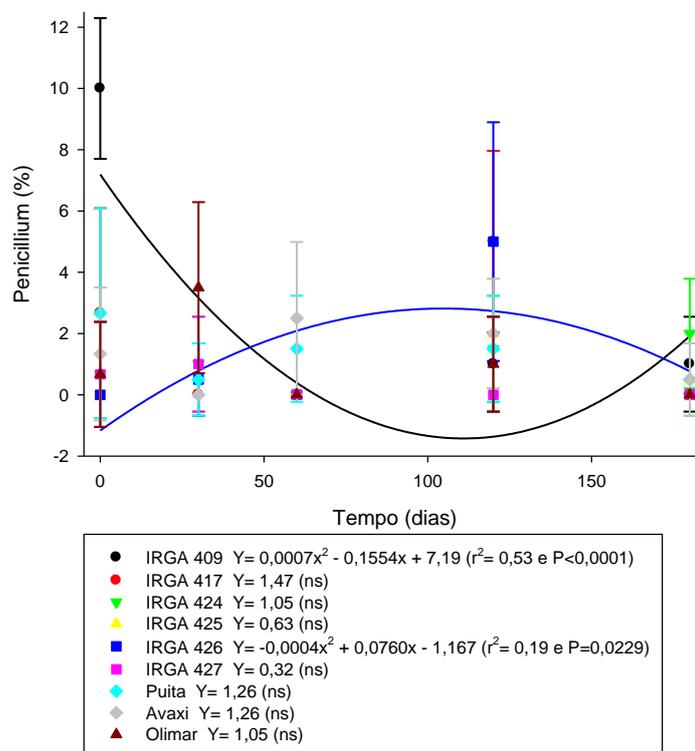


FIGURA 7. Avaliação microbiológica de fungos do gênero *Penicillium* (%) em nove variedades de grãos de arroz durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.

Farias *et al.* (2007), observaram uma variação na contaminação por fungos de gênero *Penicillium* de 0 a 14,75%, nas 27 cultivares de arroz avaliadas, o que está de acordo com o observado neste estudo.

Conforme a Figura 8 observa-se que a variedade Olimar apresenta comportamento diferenciado das demais, tendo manutenção da incidência de *Bipolaris* sp. nos primeiros 120 dias de armazenagem, com posterior redução até o final da estocagem, variando de 0 a 6%. Já as demais variedades apresentam uma incidência deste fungo no início do período de armazenamento, diminuindo ao longo do tempo, apresentando variação entre 0 e 6%. A variedade Avaxi não apresentou variação significativa durante o armazenamento.

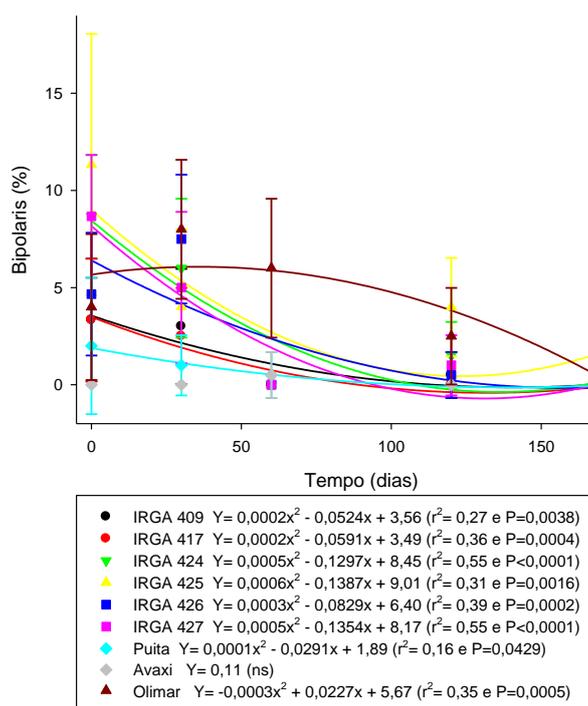


FIGURA 8. Avaliação microbiológica de fungos do gênero *Bipolaris* (%) em nove variedades de grãos de arroz durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.

Farias *et al.* (2007) observaram uma incidência de *Bipolaris* sp. entre 0 e 56,75%, com uma incidência média nas 27 cultivares avaliadas de 9,30%, o que está de acordo com os resultados observados neste trabalho.

Na Figura 9 observa-se que as variedades IRGA 427, 424, Puitá e Avaxi apresentaram manutenção da incidência nos primeiros 120 dias de armazenamento, com redução a partir deste período, até o final da estocagem, variando entre 0 e 7%.

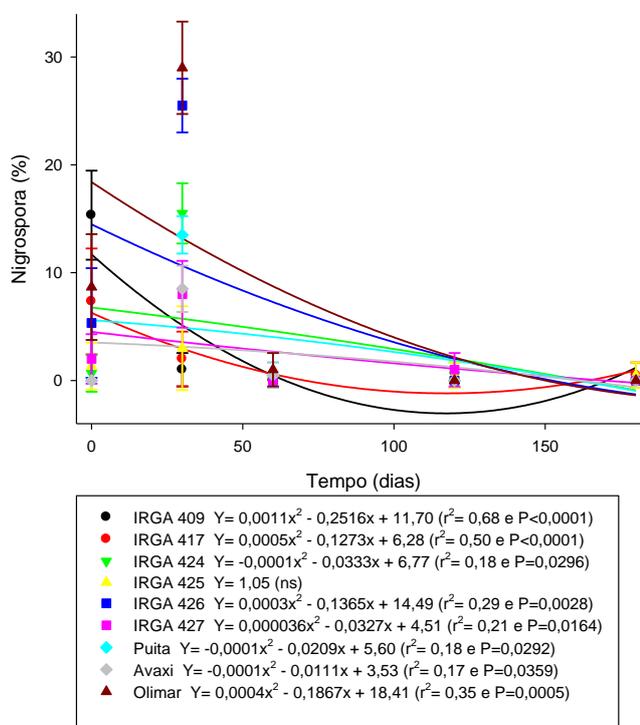


FIGURA 9. Avaliação microbiológica de fungos do gênero *Nigrospora* (%) em nove variedades de grãos de arroz durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.

As variedades IRGA 426 e Olimar apresentaram redução durante todo o período de estocagem, variando entre 1 e 18%.

As variedades BR-IRGA 409 e IRGA 417 apresentaram a menor incidência no período de 120 dias de armazenamento, comparada com as demais cultivares estudadas.

A variedade IRGA 425 não apresentou variação significativa durante o armazenamento.

Os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com Farias *et al.* (2007) que verificaram a presença de *Nigrospora* sp. em seus experimentos, observando variação na incidência de 0 a 29,25%, com resultados médios de contaminação de 8,56%.

Podemos visualizar na Figura 10 que a incidência de *Phoma* sp. ao longo do período de armazenagem é semelhante para todas as cultivares, com variação de 0 a 7%, exceto nas variedades Puitá e Avaxi nas quais não foram observadas variações significativas ao longo do tempo. Foi detectada maior incidência no início da estocagem em relação ao período final. Sendo as cultivares IRGA 424, Olimar, IRGA 425 e IRGA 426 as que apresentaram maior incidência inicial deste fungo.

Farias *et al.* (2007) observaram uma variação de 0 a 10,25% na incidência de *Phoma* sp. em 25 variedades de arroz. Tanaka (1986) observou uma alta incidência (100%) de *Phoma* sp. em diferentes variedades de arroz no estado de Minas Gerais.

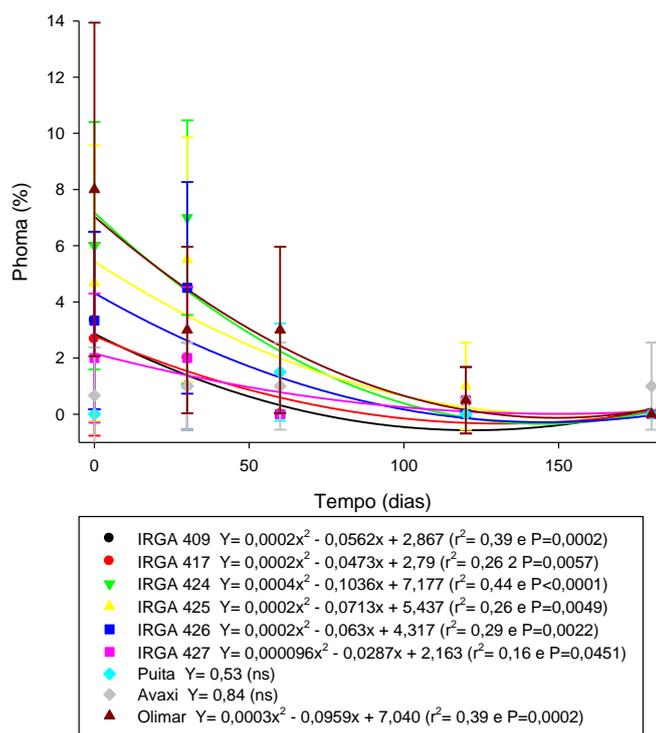


FIGURA 10. Avaliação microbiológica de fungos do gênero *Phoma* (%) em nove variedades de grãos de arroz durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.

4.2.2 Umidade

A Figura 11, expressa os resultados de umidade para as nove cultivares de arroz ao longo do período de armazenagem.

Na Figura 11 observa-se que o comportamento das nove variedades de arroz avaliadas foi semelhante. Conforme podemos verificar ocorreu redução da umidade dos grãos até 60 dias de armazenagem, a perda de água ocorreu em função da tendência dos grãos de arroz atingirem o equilíbrio higroscópico com o ambiente de armazenagem, em função da umidade relativa e temperatura do ambiente onde os grãos estavam armazenados. Esta tendência

já foi verificada por outros pesquisadores (Dionello *et al.*, 2000; Alencar *et al.*, 2009; Elias *et al.*, 2009; Schuh *et al.*, 2011).

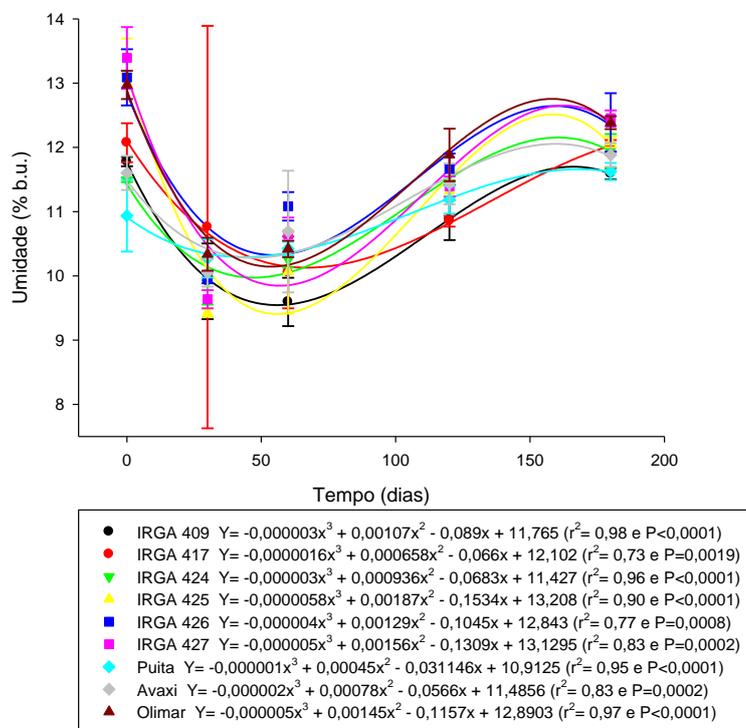


FIGURA 11. Avaliação da umidade (%b.u) dos grãos em nove variedades de arroz ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2012.

De acordo com Chen (2000), a umidade dos grãos pode variar em função da umidade relativa do ar, composição química do grão, fatores ambientais, fatores genéticos, temperatura de secagem e histerese. A umidade e a temperatura são os principais fatores que influenciam no equilíbrio higroscópico dos grãos.

Após sessenta dias (Figura 11) a umidade dos grãos aumentou, esta variação pode ter ocorrido como efeito da presença de insetos que ao se alimentarem transformam amido em água e levam ao aumento da umidade da

massa de grãos, ou também em função de alguma variação nas condições de armazenamento, temperatura e umidade relativa.

A variação de umidade nos grãos de arroz durante o período de avaliação foi de 9,5 a 14%. Estes resultados estão de acordo com os dados de Pinto *et al.* (2002) que relatam que este aumento do teor de água, esta relacionado ao aumento do metabolismo dos insetos, ou seja, devido a sua respiração.

Diferente do que ocorreu neste trabalho, Antunes *et al.* (2011) não observaram variação significativa no teor de água durante 120 dias de armazenamento, em grãos de milho, infestados com *Sitophilus zeamais*, com variação no teor de água de 11,34 para 12,55% em b.u..

Smiderle *et al.* (1997) também não observaram variações significativas durante o armazenamento de arroz por 180 dias, quando infestadas com *Rizopertha dominica* e *Sitophilus sp.*

4.2.3 Peso de mil grãos

Os resultados do peso de mil grãos para cada uma das nove cultivares de arroz estudadas podem ser observados na Figura 12.

A cultivar BR-IRGA 409 e Avaxi apresentaram comportamento diferente das demais, tendo uma variação pequena no peso de mil grãos, ao longo da armazenagem.

As cultivares IRGA 424, 425, 426 e Puitá, apresentaram uma tendência de redução do peso de 1000 grãos até 60 dias de armazenamento e

posteriormente, apresentaram aumento até o final da estocagem, com variação entre 24,5 e 27,5 g.

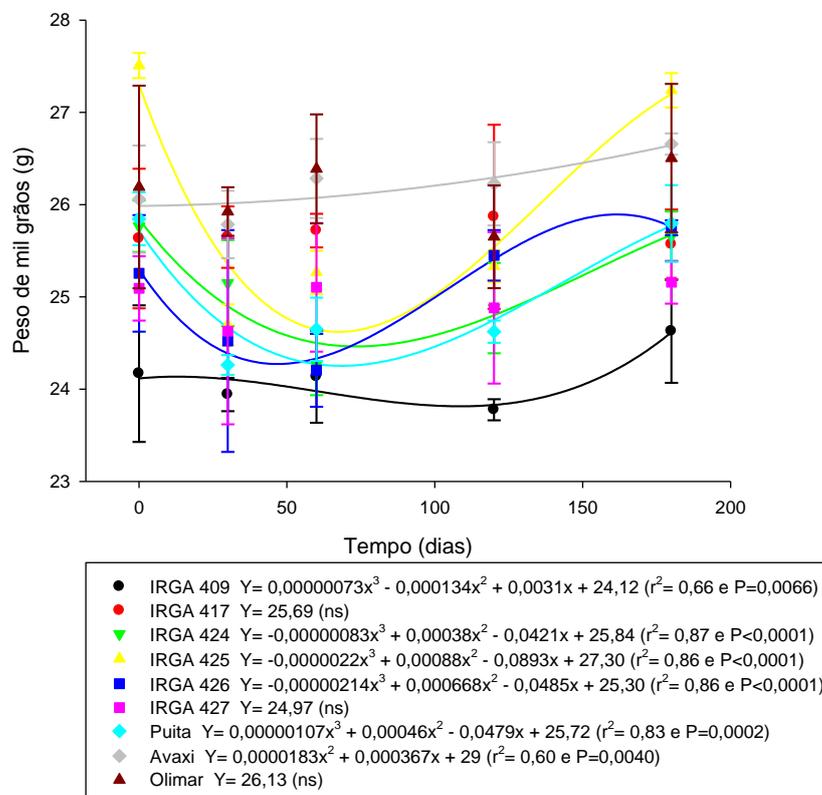


FIGURA 12. Avaliação do peso de mil grãos (g) em nove variedades de arroz ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2012.

Nota-se que o aumento do peso de mil grãos é proporcional ao aumento do teor de água. Lima (2005) e Penha (2006) verificaram, em seus estudos, que o peso de mil grãos aumenta com a elevação do teor de água, o que pode ser observado neste trabalho, a partir dos 60 dias de armazenamento.

A redução inicial do peso de 1000 grãos, provavelmente esteja relacionada com o dano ocasionado pelo inseto, o que para grãos de arroz com casca não é aparente, externamente (Smiderle *et al.*, 1997).

As variedades IRGA 417, 427 e Olimar não variaram significativamente durante o período em que foram avaliadas, com valores médios de peso de 1000 grãos de 25,69; 24,97 e 26,13 g, respectivamente. O mesmo ocorreu em estudos feitos por Smiderle *et al.* (1997) que observaram redução significativa no peso de 100 sementes de arroz, até 60 dias de armazenamento, quando expostos a *Sitophilus* sp, após este período a variação não foi significativa.

A redução no peso de 1000 grãos foi de aproximadamente 12%. Antunes *et al.* (2011) avaliando o peso de mil grãos, em milho submetidos a infestação com *Sitophilus zeamais*, observaram uma redução superior a 13% ao final de 120 dias de armazenamento.

4.2.4 Desempenho Industrial

A determinação do desempenho industrial no arroz é feita através da análise da renda e do rendimento de grãos inteiros, estes resultados podem ser verificados nas Figuras 13 e 14 respectivamente.

Nos resultados obtidos na Figura 13, verifica-se que as cultivares apresentaram redução na renda de benefício até 120 dias de armazenamento, com posterior aumento até 180 dias.

Ao final do período de estocagem a renda de benefício variou de 61 a 72% para as nove cultivares de arroz avaliadas. A variedade IRGA 417 apresentou a menor renda de benefício (62%) aos 120 dias de armazenamento (Figura 13).

De acordo com a Instrução Normativa n.61 de 2009 do MAPA (BRASIL, 2009), ao arroz em casca é conferida uma renda base de 68%. O que está de acordo com o observado neste trabalho.

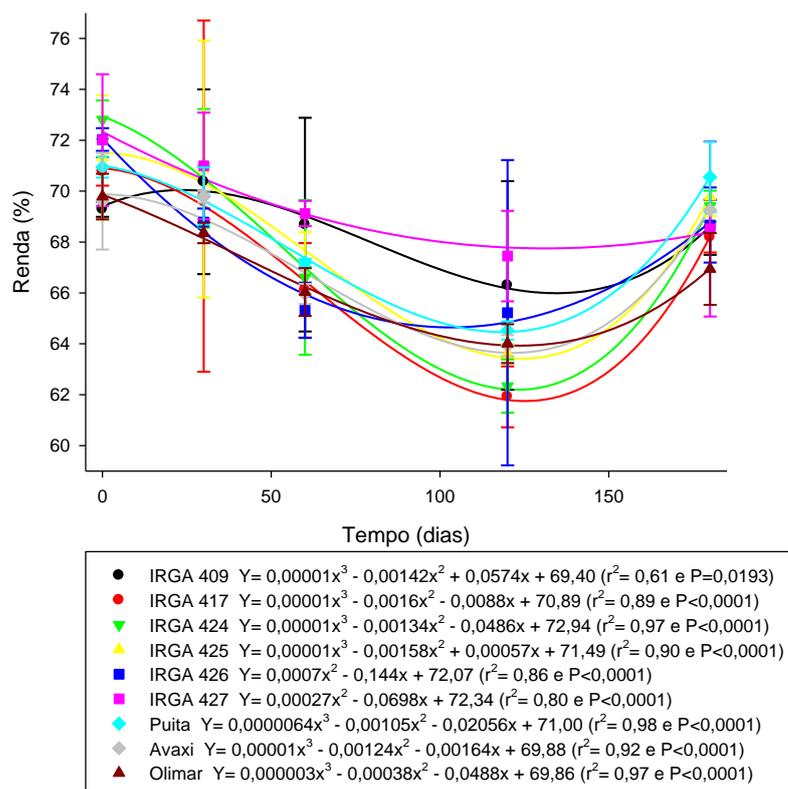


FIGURA 13. Avaliação da renda de benefício (%) em nove cultivares de arroz, submetidas ao ataque de *Sitophilus zeamais*, ao longo de 180 dias de armazenamento. Porto Alegre, RS, 2012.

Esta variação, de redução e aumento na renda de benefício, durante o armazenamento pode ter ocorrido em função da mortalidade de insetos durante o período de armazenagem, visto que esta é maior, a partir dos 120 dias. Portanto, posterior a este período, apresentou menor quantidade de insetos, ocasionando danos a estes grãos.

No entanto, observa-se que a renda no período inicial é maior que a no final do armazenamento.

Os resultados de grãos inteiros (Figura 14), de maneira geral, para a maioria das cultivares foi decrescente ao longo dos 180 dias de armazenagem, com exceção, da cultivar Olimar, que apresentou um rendimento superior ao final da armazenagem em relação ao início.

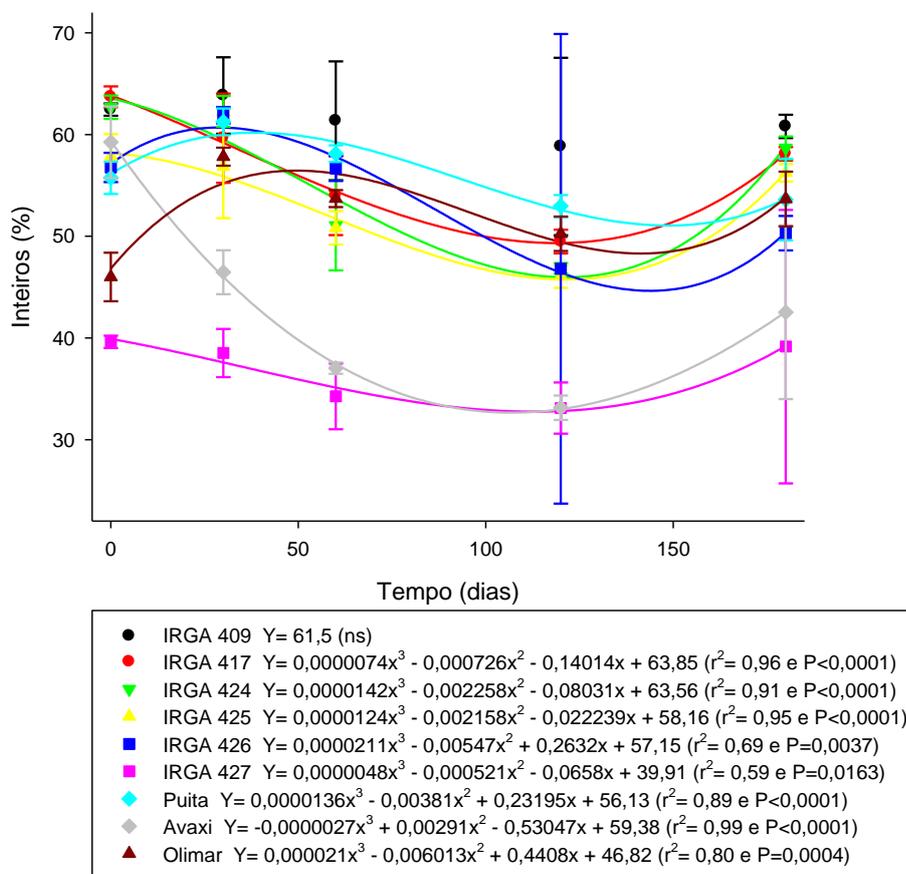


FIGURA 14. Avaliação do rendimento de grãos inteiros (%) em nove cultivares de arroz, infestadas com *Sitophilus zeamais*, ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2012.

No entanto, pode-se observar que a partir dos 120 dias de armazenagem houve ligeiro aumento da porcentagem de grãos inteiros em todas as cultivares.

Durante o armazenamento, as cultivares IRGA 426, Puitá e Olimar apresentaram aumento no rendimento até 60 dias de armazenagem e redução até os 120 dias, posterior a este período, houve aumento do rendimento de grãos inteiros até os 180 dias de armazenagem.

Castro *et al.* (1999), obtiveram resultados semelhantes, quando observaram que o tempo de armazenagem contribui para aumentar a porcentagem de grãos inteiros. Os autores explicaram que uma das prováveis causas para este aumento, é a menor aderência da casca ao endosperma, à medida que aumenta o tempo de armazenagem, facilitando sua remoção durante o descascamento no beneficiamento, contribuindo, assim, para a diminuição do índice de quebra.

Segundo Kunze (1985), ocorrem diferenças entre cultivares em função de características de grãos, como composição química, velocidade de absorção de água, dureza, comprimento, largura, espessura, dentre outros, são referenciados como influentes na obtenção de grãos inteiros. Fato este que pode ter ocorrido no presente estudo uma vez que as cultivares IRGA 427 e Avaxi apresentaram comportamento diferenciados das demais.

Ribeiro *et al.* (2004), estudando diferentes cultivares de arroz em 150 dias de armazenagem, observaram que o rendimento de grãos inteiros reduziu aos 30 e 60 dias de armazenagem, entretanto a partir de 90 dias de armazenagem voltou a subir e, no final do período, 150 dias, ocorreu um acréscimo de 3% em relação ao período inicial do armazenagem. Estes resultados corroboram com os encontrados no presente estudo.

A redução no rendimento de grãos inteiros na cultivar IRGA 426, pode ser explicada por esta, ser a variedade mais suscetível ao ataque de *Sitophilus*

zeamais (Experimento 1), e isto reflete, em termos de perda de qualidade industrial desta variedade, comprovando, mais uma vez, que esta cultivar é suscetível a este inseto. Isto também pode ser observado na Figura 15, onde esta cultivar foi a que apresentou a maior emergência de insetos, e por consequência, redução no rendimento de grãos inteiros.

A cultivar Avaxi, apesar de baixo rendimento de inteiros também apresentou variação significativa nesta análise, entre o início e final das avaliações, sendo de aproximadamente 18%.

Já a cultivar IRGA 427 foi a que apresentou o menor rendimento de inteiros em relação às demais cultivares estudadas, não tendo muita variação ao longo da armazenagem.

Ribeiro *et al.* (2004), observaram redução no rendimento de grãos inteiros durante 150 dias de armazenamento, entre o início e final deste período, porém durante o armazenamento houveram variedades com redução até 60 dias e aumento após este período, o que também foi observado no presente estudo.

Outro fator que pode estar relacionado a este aumento no rendimento de grãos inteiros, entre um período e outro de avaliação, é a condição de secagem deste grão, ou seja, produtos secos com menor variação na temperatura de secagem, maior uniformidade térmica, pode proporcionar um equilíbrio mais rápido nas tensões internas e, por consequência estabilização mais rápida no rendimento de grãos inteiros, acarretando no aumento que foi observado (Fagundes *et al.*, 2005).

4.2.5 Avaliação biológica dos insetos

A emergência e mortalidade de insetos durante a armazenagem estão apresentadas respectivamente nas Figuras 15, 16.

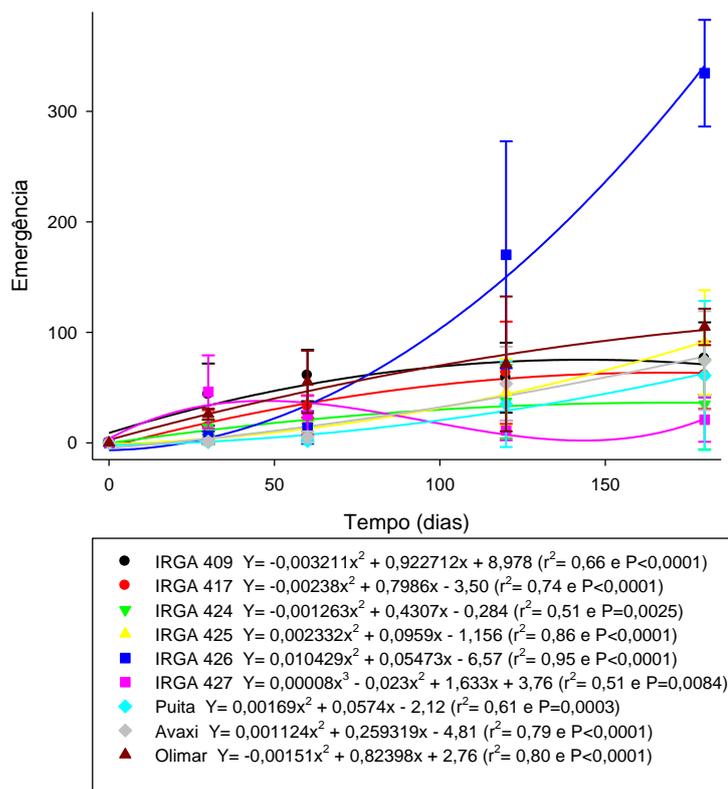


FIGURA 15. Avaliação da emergência dos insetos, ao longo do armazenamento, em confinamento durante 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.

Conforme a Figura 15 visualiza-se que ocorreu diferença significativa na emergência de insetos durante o armazenamento para todas as cultivares avaliadas. Nota-se que a cultivar IRGA 426, em comparação as demais cultivares do estudo, apresentou alto índice de emergência de *S. zeamais*, com 300 insetos emergidos. Este comportamento pode indicar maior suscetibilidade

desta cultivar ao inseto em relação às demais, comprovando que esta é mais suscetível entre as avaliadas.

A cultivar IRGA 427 apresentou a menor emergência ao final da armazenagem (10 insetos emergidos) o que pode estar associado à menor suscetibilidade desta cultivar ao desenvolvimento do inseto, o que também foi observado no experimento 1, deste trabalho, mostrando que esta pode ser uma cultivar menos suscetível a esta praga.

As demais cultivares apresentaram comportamento muito semelhante, sendo que a emergência da praga aumenta ao longo da estocagem, variando de zero a 300 insetos emergidos. Esta diferença demonstra que existe efeito do material (cultivar) sobre o desenvolvimento dos insetos.

Em relação ao número final de insetos emergidos verifica-se que em todas as cultivares estudadas, existe mais insetos ao final do período de armazenamento. Os resultados do presente trabalho concordam com os de Caneppele *et al.* (2003), que em estudos realizados, observaram que existe aumento da infestação inicial de 50 insetos da espécie *S. zeamais* em grãos de milho armazenados por 120 dias para 899 insetos.

Massaro Júnior *et al.* (2008) verificaram em seus estudos que a suscetibilidade de grãos de milho ao ataque de *S. zeamais*, teve um aumento significativo da população de insetos ao longo do período de 30 dias de armazenamento, utilizando 11 híbridos diferentes, estes autores concluíram que os híbridos menos suscetíveis apresentaram os menores valores de emergência, porém os mais suscetíveis apresentaram mais de 100 insetos emergidos, estes resultados corroboram com os resultados encontrados no presente estudo.

Conforme a Figura 16, os índices de mortalidade foram maiores na cultivar IRGA 426, sendo crescente a partir dos 120 até os 180 dias.

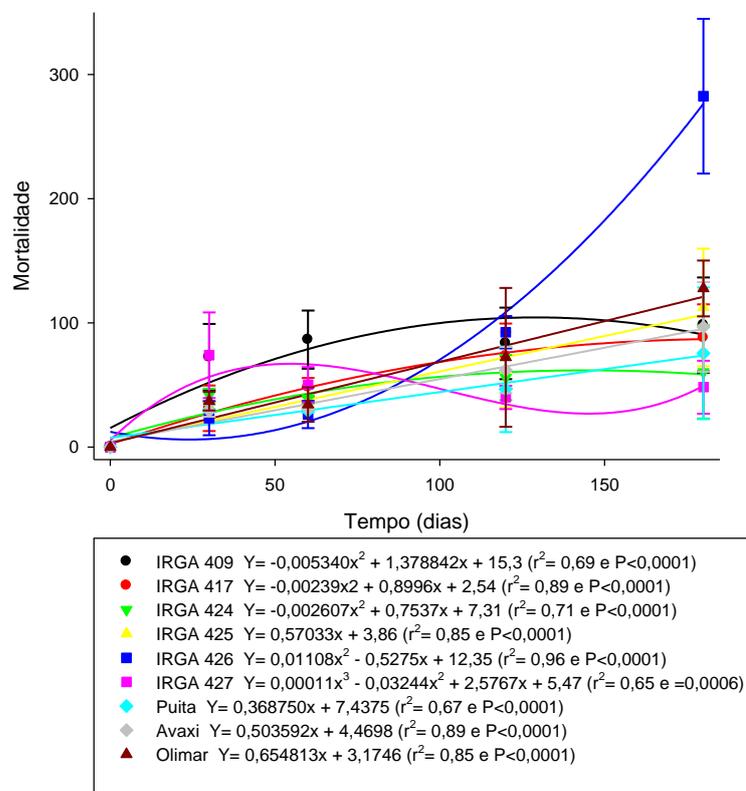


FIGURA 16. Avaliação da mortalidade (%) dos insetos ao longo do armazenamento em confinamento, durante 180 dias. Porto Alegre, RS, 2012.

Já a cultivar IRGA 427 apresentou um índice oscilatório da mortalidade dos insetos com aumento até os 60 dias, ligeira queda, a partir deste período e aumento novamente a partir dos 120 dias de armazenagem. Apresentando comportamento similar na emergência deste inseto ao longo da estocagem. Este resultado pode estar ligado a menor suscetibilidade ao ataque do *S. zeamais*, embora o inseto consiga se reproduzir o que podemos constatar através do número de insetos emergidos, os mesmos acabam morrendo ao

longo do armazenamento, é provável que esta cultivar apresente algum tipo de composto no grão que torna desfavorável a alimentação e desenvolvimento destes insetos.

Na cultivar BR-IRGA 409 o aumento da mortalidade ocorreu após os 60 dias mantendo-se constante até 120 dias, com posterior decréscimo até o final do período.

As demais cultivares apresentaram comportamento semelhante, sendo a mortalidade dos insetos crescentes até o final do armazenamento (Figura 16). O aumento na mortalidade, destas cultivares, deve estar relacionado à morte dos insetos mais velhos, uma vez que o ciclo de vida desta espécie é de 140 dias (Lorini, 2008).

Os resultados relativos à variação da massa de grãos ao longo dos 180 dias de armazenamento são apresentados na Figura 17.

Verifica-se que variação da massa de grãos foi maior entre o tempo inicial e os 60 dias de armazenagem do que no restante do período. Este comportamento foi detectado em todas as cultivares do estudo.

Nota-se também que, a variação da massa de grãos inicial e final, apresenta redução após 60 dias, até 120 dias de estocagem, sendo explicado pela maior mortalidade destes insetos a partir deste período, ocasionando menor consumo destes grãos, em relação aos 60 dias iniciais de armazenagem.

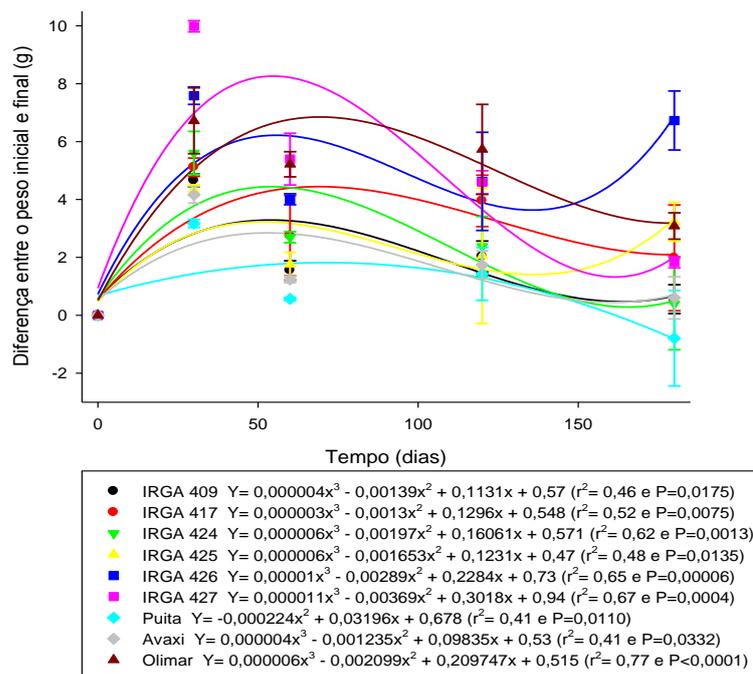


FIGURA 17. Variação da massa dos grãos (g) após infestação de *Sitophilus zeamais* ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2012.

A partir dos 120 dias à variação na massa de grãos voltou a subir, isso ocorreu pela quantidade de excrementos produzidos pelos insetos e também pela presença de ovos, larvas, ninfas e insetos no interior dos grãos.

A oscilação encontrada na variação da massa de grãos neste trabalho também está relacionada com a ocorrência de um segundo ciclo do *S. zeamais* no período de armazenamento, tendo em vista que o ciclo de ovo a adulto em média é de aproximadamente 34 dias e a longevidade do adulto de 140 dias. Aos 30 dias podemos verificar que inicia o aumento da variação de massa dos grãos, temos neste período a primeira geração de insetos emergidos. Estes insetos emergidos completam seu ciclo aproximadamente aos 140 dias, se

observarmos neste estudo, a partir dos 100 dias temos decréscimo da variação da massa de grãos, coincidindo com o provável fim do ciclo desta geração.

Após os 120 dias é provável que se inicie a emergência da segunda geração de *S. zeamais*, ocorrendo novamente aumento na variação da massa de grãos a partir deste período.

Os resultados encontrados no presente trabalho são semelhante aos encontrados por Padín *et al.* (2000), estes autores observaram que houve variação de peso em 120 dias de armazenamento nos grãos de trigo, infestados com *Sitophilus oryzae*, valores que atingiram a redução de 38%, no peso dos grãos ao longo do período de estocagem.

Fontes *et al.* (2003), em estudo onde avaliaram os danos causados por *Sitophilus zeamais* em 10 cultivares de arroz durante seis meses de avaliação, observaram oscilação do peso dos grãos ao longo do período de armazenagem, os resultados variaram de 2,67 a 10,68 gramas. Estes resultados estão de acordo com os encontrados no presente estudo.

5 CONCLUSÕES

A cultivar IRGA 426 é a mais suscetível e as variedades IRGA 425 e 427, são as menos suscetíveis ao ataque de *Sitophilus zeamais*.

Os gêneros de fungos isolados nas nove cultivares de arroz foram *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Alternaria* sp., *Bipolaris* sp., *Nigrospora* sp. e *Phoma* sp., com predominância do gênero *Fusarium* sp.

A umidade dos grãos de arroz inicialmente apresentou redução devido ao equilíbrio higroscópico e, posteriormente, aumento em função da presença dos insetos.

As variedades Avaxi e IRGA-426 apresentaram as maiores variações no rendimento de grãos inteiros, durante o armazenamento.

A emergência de insetos aumentou durante o armazenamento, para todas as cultivares avaliadas, sendo que a cultivar IRGA 426 apresentou o maior índice de insetos emergidos.

Os índices de mortalidade aumentaram em todas as cultivares avaliadas durante o armazenamento e na Cultivar IRGA 426, foram superiores aos demais.

Ao final do período de armazenamento a variedade IRGA 426 apresentou a maior perda de peso.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIAP. Associação Brasileira das Indústrias de Arroz Parboilizado. **Arroz Parboilizado**. Disponível em: <<http://www.abiap.com.br>>. Acesso em: 20 set. 2013.
- ALENCAR, E. R. et al. Qualidade de grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.
- 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 Ambiental**, Campina Grande, v.15, n. 6, June, 2011.
- ASANGA, T. C. Maize pest problems in Cameroon: the present and future role of host plant resistance. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON METHODOLOGIES FOR DEVELOPING HOST PLANT RESISTANCE TO MAIZE INSECTS, 1989, Mexico, D. F. **Proceedings**. Mexico, 1989. p. 289–290.
- ARNASON, J. T. et al. Is “quality protein” maize more susceptible than normal cultivars to attack by the maize weevil *Sitophilus zeamais*? **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 2, n. 4, p. 349-358, 1993.
- ATHIÉ, I.; PAULA, D. C. **Insetos de grãos armazenados: aspectos biológicos e identificação**. 2 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2002.
- BOIÇA JÚNIOR, A. L.; LARA, F. M.; GUIDI, F. P. Suscetibilidade de genótipos de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais* (Mots.) (Coleoptera: Curculionidae). **Anais Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 481-485, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 399 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (MAPA). Instrução Normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009. Regulamento Técnico do Arroz, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 2009. Seção 1, p. 3.

BREESE, M. H. The influence of husk defects on the infestability of stored paddy *Rhyzopertz dominica* (Fab.) Bostrichidae and *Sitophilus oryzae* (L.) (Col. Curculionidae). In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 12., 1965, London. **Proceedings...** London, 1965. p. 631-632.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992, 450 p.

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

CASTRO, E. da M. de et al. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 1999. 30 p. (Circular Técnica, 34).

CHEN, C. Factors that affect equilibrium relative humidity of agricultural products. **Transactions of the American Society of Agricultural and Engineers**, Saint Joseph, v. 43, n. 3, p. 673-683, 2000.

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

CLASSEN, D. et al. Correlation of phenolic acid content of maize to resistance to *Sitophilus zeamais*, the maize weevil, in COMMIT's collections. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 16, p. 301-315, 1990.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos: Safra 2012/2013**. Brasília: CONAB, 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_10_16_05_53_boletim_portugues_setembro_2013.pdf>. Acesso em: 19 set. 2013

CUNHA, A. A. Níveis de resistência de populações de milho de alta qualidade protéica ao *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 29, n. 1, p. 43-47, 1999.

DIONELLO, R. G. **Método de secagem e sistema de armazenamento na qualidade dos grãos e na ocorrência de micotoxinas em milho**. 2000. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2000.

DHINGRA, O. D.; MUCHOVEJ, J. J.; CRUZ FILHO, J. **Tratamento de sementes: controle de patógenos**. Viçosa: UFV, 1980. 121 p.

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

ELIAS, M. C. Pós-colheita e industrialização de arroz. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 745-797.

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

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

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

ELIAS, M. C. et al. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 25-30, jan.-fev., 2009.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. **Sistema Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras de Grãos e Fibras: Tecnologia e Legislação**. Pelotas: Edigraf-UFPEL, 2010. 477 p. v. 1

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. de; VANIER, N. L. **Qualidade de arroz pós-colheita ao consumo**. Pelotas: Ed. Universitária da UFPEL, 2012. 638 p. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil: Pós-colheita e Industrialização de Arroz**. Brasília:

EMBRAPA, 2005. (Sistemas de Produção, 3). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap16.htm>>. Acesso em: 19 set. 2013.

FAGUNDES, C. A. et al. Desempenho industrial de arroz secado com ar aquecido por queima de lenha e de GLP. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 30, p. 8-15, 2005.

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

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Manual sobre a prevenção das perdas de grãos depois da colheita**. 1997. Disponível em: <http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/gtzhtml/x0065p/X0065P0c.htm>. Acesso em: 23 jul. 2013.

FARIAS, C. R. J. de et al. Incidência de fungos associados a sementes de arroz em Seis regiões produtoras do rio grande do sul. **R. Bras. Agrocência**, Pelotas, v. 13, n. 4, p. 487-490, out.-dez., 2007.

- FILTENBORG, O. et al. Moulds in food spoilage. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 33, p. 85- 102, 1996.
- FONTES, L. S. et al. Danos causados por *Sitophilus oryzae* (LINNÉ, 1763) e *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). Arquivo do Instituto Biológico, **São Paulo**, v. 70, n. 3, p. 303-307, jul./set., 2003
- FREITAS, T. F. S. **Densidade de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura na época de semeadura tardia de arroz irrigado**. 2007. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- GALLO, D. et al. **Manual de entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.
- GOMES, H. S.; SANTOS, J. P. Infestacion y dano del *Sitophilus zeamais* en diez genotipos de maiz. **Revista Colombiana de Entomologia**, Santafe de Bogota, v. 19, n. 1, p. 6-9, 1993.
- GUZZO, E. C. et al. Identificação de materiais de milho resistentes ao ataque de gorgulho *Sitophilus zeamais* (mots., 1855) (coleoptera: curculionidae). **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 69-73, Abr./Jun., 2002.
- HERRMANN, D. R. et al. Avaliação da resistência de cultivares de milho ao ataque de *Sitophilus sp.* em grãos armazenados. **Rev. Bras. de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 4290-4293, 2009.
- HOELTZ, M. et al. Micobiota e micotoxinas em amostras de arroz coletadas durante o sistema estacionário de secagem e armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 803-808, maio-jun., 2009.
- HOSENEY, R. C. **Principios de ciência y tecnologia de lós cereales**. Zaragoza: ACRIBIA, 1991. 321 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados Agregados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?z=t&o=11&i=P>>. Acesso em: 23 jul. 2012.
- IITA. **Weevil damage: a comparison of different maize varieties**. International Institute of Tropical Agriculture Annual Report and Research Highlights, 1985. p. 77-78.
- KENNEDY, G. et al. Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. **International Rice Commission Newsletter**, v. 51, p. 33-42, 2002.
- KIM, S. K. et al. Registration of 16 maize streak virus resistant tropical maize parental inbred lines. **Crop Science**, Madison, v. 27, p. 824–825, 1987.

KIM, S. K.; KOSSOU, D. K. Responses and genetics of maize germplasm resistant to the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky in West Africa. **Journal of Stored Products Research**, v. 39, n. 5, p. 489–505, 2003.

KOSSOU, D. K.; MARECK, J. E.; BOSQUE-PEREZ, N. A. Comparison of improved and local maize varieties in the Republic of Benin with emphasis on susceptibility to *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Journal of Stored Products Research**, v. 29, n. 4, p. 333–343, 1993.

KUNZE O. R. E. Effect of environment and variety on milling qualities of rice. In: KUNZE O. R. E. **Rice grain quality and marketing**. Manila: Int. Rice Res. Inst., 1985. p. 37-47.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas aos insetos**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991. p. 336.

LAZZARI, F. A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2. ed. Curitiba: Ed. do Autor, 1997. 148 p.

LAZZARI, F. A. Contaminação fúngica de sementes, grãos e rações. In: SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, 1993, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. p. 59-69.

LIMA, A. P. **Propriedades físicas dos grãos de girassol (*Helianthus Annus L.*)**. 2005. 42 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 2005.

LINK. D.; ROSSETO, C. J. Relações entre fissuras na casca do arroz infestadas de *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1819) (Lepidoptera Gelechiidae). **Revista Peruana de Entomologia**, v. 15, n. 12, p. 225-227, 1972.

LOECK, A. E. **Pragas de Produtos Armazenados**. Pelotas: EGUFPEL, 2002. 113 p.

LORINI, I.; SCHNEIDER, S. **Pragas de grãos armazenados: resultados de pesquisa**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. 47 p.

LORINI, I.; MORÁS, A.; BECKEL, H. **Pós Inertes no Controle das Principais Pragas de Grãos Armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

LORINI, I. **Manual técnico para o manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 80 p.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa trigo, 2008.

MACHADO, J. C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Brasília: MEC/ESAL/FAEPE, 1988. 106 p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **SISLEGIS**: sistema de consulta à legislação. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 23 set. 2013.

MARIN, S. et al. Fumonisin producing strains of *Fusarium*: a review of their ecophysiology. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 67, n. 8, p. 1792-1805, 2004.

MARSARO JÚNIOR, A. L.; VILARINHO, A. A. Resistência de cultivares de feijão-caupi ao ataque de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) em condições de armazenamento. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 51-55, 2011.

MARSARO JÚNIOR, A. L.; VILARINHO, A. A.; PAIVA, W. R. S. C.; BARRETO, H. C. S. Resistência de híbridos de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) em condições de armazenamento. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 45-50, 2008.

MARSARO JÚNIOR, A. L. et al. Avaliação da suscetibilidade de híbridos de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais* motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) no grão armazenado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 173-178, abr./jun. 2005.

MAZZONETO, F.; BOIÇA JÚNIOR, A. L. Determinação dos tipos de resistência de genótipos de feijoeiro ao ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, p. 307-311. 1999.

MILMAN, M. J. **Equipamentos para Pré-Processamento de Grãos**. Pelotas: UFP, 2002. 206 p.

MONTROSS, J. E.; MONTROSS, M. D.; BAKKER-ARKEMA, F. W. Grain storage. In: BAKKER-ARKEMA, F. W. (Ed.). **CIGR handbook of agricultural engineering**. St. Joseph: ASAE, 1999. p. 46-59. v. 4.

MOSS, O. M. Secondary metabolism and food intoxication-moulds. **Journal of Applied Bacteriology Symposium Supplement**, v. 73, p. 80S-88S, 1992.

NOGUEIRA JUNIOR, S. Investimentos na Armazenagem de Grãos. **Instituto de Economia Agrícola, Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 3, n. 4, 2008.

NUNES, I. L. et al. Arroz comercializado na região sul do Brasil: aspectos micotoxicológicos e microscópicos. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 190-164, 2003.

PADILHA, L.; FARONI, L. P. D'A. Importância e forma de controle de *Rhizopertha dominica* (F.) em grãos armazenados. In: SIMPÓSIO DE

PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. p. 52-58.

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

PENHA, W. F. **Propriedades físicas dos grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)**. 2006. 32 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 2006.

PINTO, U. M. et al. Influência da densidade populacional de *Sitophilus zeamais* (Motsch.) sobre a qualidade do trigo destinado à panificação. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p.1407-1412, 2002.

PUTZKE, J.; PUTZKE, M. T. L. **Os reinos dos fungos**. Santa Cruz do Sul: Editora da UNISC, 2002. 226 p. v. 2.

PUZZI, D. **Abastecimento e Armazenamento de Grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000, 666 p.

RAMALHO, F. S.; ROSSETO, C. J.; NAGAI, V. Comportamento de germoplasmas de milho sob a forma de palha e grãos debulhados em relação a *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). **Ciênc. Cult.**, São Paulo, v. 29, n. 5, p. 584-590, 1977.

RAVEN, P. H. et al. **Biologia Vegetal**. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1996. 728 p.

RIBEIRO, G. J. T. et al. Efeitos do atraso na colheita e do período de armazenamento sobre o rendimento de grãos inteiros de arroz de terras altas. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 28,nº. 5, Sept./Oct. 2004.

RIBEIRO, C. S. N. et al. Suscetibilidade de genótipos de arroz a pragas de grãos armazenados. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 183-187, jan.-mar. 2012

SANTOS, J. P. et al. RELATIVE INDEX OF SUSCEPTIBILITY TO THE MAIZE WEEVIL, *Sitophilus zeamais*, AMONG SOME QPM CORN LINES. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 159-169, 2006

SAUER, D. B. **Storage of cereal grains and their products**. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1992. 614 p.

SCHUH, G. et al. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.

SILVA, J. S. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008, 560 p.

SERRATOS, J. A. et al. Generation means analysis of phenolic compounds in maize grain and susceptibility to maize weevil *Sitophilus zeamais* infestation. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 71, n. 9, p. 1176-1181, 1993.

SMIDERLE O. J. Qualidade física e fisiológica de sementes de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) submetidas ao ataque de *Rhizopertha dominica* Fabricius E *Sitophilus* sp. durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 1-8, 1997.

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

SOAVE, J. et al. Etiologia de manchas de sementes e cultivares de arroz de sequeiro no Centro-Oeste brasileiro. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 122-127, 1997.

SOSBAI. **Arroz irrigado: Recomendações Técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Itajaí, SC: SOSBAI, 2012.

SOUSA, J. R. et al. Avaliação de resistência em variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) ao ataque do *Sitophilus oryzae* Linnaeus, 1763 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE). **Nucleus**, v. 7, n. 1, p. 259-266, 2010.

TANAKA, M. A. S. Fungos associados a sementes de arroz com descoloração de grãos em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 8, n. 2, p. 85-90. 1986.

TIGAR, B. J. et al. Insect pests associated with rural maize stores in Mexico with particular reference to *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 30, n. 4, p. 267–281, 1994

TOSCANO, L. C. et al. Resistência e mecanismos envolvidos em genótipos de milho em relação ao ataque do gorgulho, *Sitophilus zeamais* Mots (Coleoptera, Curculionidae). **Anais Sociedade Brasileira de Entomologia**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 141-147, 1999.

VENDRAMIM, J. D.; NAKANO, O.; PARRA, J. R. P. **Pragas de Produtos Armazenados. Curso de Entomologia aplicado à agricultura**. Piracicaba: FEALQ, 1992.760 p. Manual de curso à distância.

VITAL, M. V. C. et al. Insetos em experimentos de ecologia de populações: um exemplo de abordagem didática. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 287-290, 2004.

WETZEL, M. M. V. S. Fungos de armazenamento. In: SOAVE, J.; WETZEL, M. M. V. S. **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap. 9, p. 260-275.