

Qualidade sanitária de grãos de soja avariados por percevejo na lavoura e armazenados em diferentes condições

Jaqueline Ferreira Vieira Bessa ^[1], Osvaldo Resende ^[2], Rayr Rodrigues Lima ^[3], Maria Aparecida da Silva Lopes ^[4], Carolina de Freitas Fófano Garcia ^[5], Wellytton Darci Quequeto ^{[6]*}

[1] jaqueline@agricola.eng.br. [2] osvresende@yahoo.com.br. [3] rodrigues.rayr5@gmail.com. [4] maria.slopes94@gmail.com. [5] carolinafofano@gmail.com. [6] wellytton_quequeto@hotmail.com. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

RESUMO

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar, ao longo do armazenamento, o efeito da temperatura e do teor de água em grãos de soja com elevada danificação por percevejo na lavoura, por meio da qualidade sanitária. Foram utilizados dois teores de água (11,75 e 13,84%, base úmida) e os grãos foram acondicionados em embalagens de polietileno de alta densidade (PEAD), armazenados em quatro câmaras climáticas (BOD), reguladas nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35°C e avaliados a cada dois meses, analisando-se a atividade de água, sanidade dos grãos e índice de ocorrência. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado e em esquema fatorial 2 x 4 x 4, sendo dois teores de água, quatro temperaturas de armazenamento e quatro tempos de avaliação. O teor de água e as temperaturas ao longo do armazenamento influenciam a qualidade sanitária dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura. Quanto maior o teor de água e também a temperatura de armazenamento, mais elevada é a atividade de água dos grãos de soja danificados por percevejo bem como o incremento na ocorrência de fungos.

Palavras-chave: Atividade de água. Fungos. Teor de água. *Glycine max* (L). Pós-colheita.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate, throughout the storage, the effect of temperature and moisture content on soybean grains with high damage caused by stink bug in the crop, through sanitary quality. Two moisture contents (11.75 and 13.84% wet base) were used and the grains were packed in high density polyethylene packages (HDPE), stored in four BOD's, regulated at temperatures of 20, 25, 30 and 35 °C and evaluated every two months by analyzing the water activity, grain sanity and the occurrence index. The experiment was set up in a completely randomized design and in a 2 x 4 x 4 factorial scheme, with two moisture contents, four storage temperatures and four evaluation times. The moisture content and the temperatures throughout the storage influence the sanitary quality of the soybean grains damaged by stink bug. The higher the moisture content and the storage temperature, the higher the water activity of soybeans damaged by bedbug, and the increase in the occurrence of fungi.

Keywords: *Water activity. Fungi. Moisture content. Glycine max* (L). *Post-harvest.*

1 Introdução

No Brasil, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) está entre as culturas de maior produtividade de grãos, considerada uma importante fonte econômica para fins de comercialização interna e externa. De fato, esse potencial na produção de soja não está ligado somente ao consumo humano e animal mas também às grandes possibilidades de utilização de seus produtos, como altos teores de óleo, proteína e comercialização de seus resíduos (COUTO; ALVARENGA, 1998).

Paralelamente à expansão da cultura, surgiu uma série de problemas de ordem fitossanitária, fazendo com que a maioria das doenças de importância econômica também aumentasse, tanto em número quanto em intensidade. Além de problemas de ordem fisiológica, a presença de microrganismos ameaça a qualidade das sementes (GOMES *et al.*, 2009) e também a dos grãos que são armazenados e destinados à alimentação humana e animal.

Os percevejos são um grupo de pragas com crescente importância, devido à dificuldade de controle – o que leva a questionamentos quanto ao nível desse controle, que permanece o mesmo estabelecido no passado –, aos danos crescentes causados à cultura da soja bem como às dificuldades de manejo (FERREIRA, 2013). Esses insetos são responsáveis por diversos danos causados nos grãos, como reduções no teor de óleo, aumento na percentagem de proteínas e ácidos graxos livres, transmissão de patógenos e de distúrbios fisiológicos na planta (CORRÊA-FERREIRA, 2005).

Segundo Ordóñez (2005), o teor de água é o principal fator na deterioração dos grãos por ação de bactérias, leveduras e fungos, uma vez que, quanto maior for o teor de água dos grãos menor será a estabilidade do produto, trazendo consequências como ataque de microrganismos, reações químicas enzimáticas e não enzimáticas, devido à oxidação dos lipídeos.

A redução do teor de água provoca a diminuição da atividade dessa substância no produto, inibindo o desenvolvimento de microrganismos e retardando deteriorações de origem físico-química (CANO-CHAUCA *et al.*, 2004).

Segundo Sweenwey e Dobson (1998), o desenvolvimento do *Penicillium verrucosum* var. *cyclopium* pode ocorrer em temperaturas de 0 a 31°C, sendo 20°C a temperatura ótima para seu desenvolvimento; já o fungo *Aspergillus ochraceus* Wilh é característico de climas quentes e cresce em

temperaturas entre 8 e 37°C, com ótimo crescimento entre 24 e 37°C; ambos podem produzir a micotoxina Ocratoxina A (OTA), que é um metabólito secundário prejudicial à saúde humana e animal.

No Brasil, existem condições propícias para o crescimento de todas as espécies de fungos produtores de micotoxinas (MAZIERO; BERSOT, 2010).

O objetivo deste trabalho, portanto, foi de avaliar, por meio da qualidade sanitária, o efeito da temperatura e do teor de água em grãos de soja, com elevada danificação por percevejo na lavoura, ao longo do armazenamento.

2 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais (LPCPV) do Instituto Federal Goiano (IF Goiano), Campus Rio Verde.

Foram coletados em março de 2015, na empresa Caramuru Alimentos S/A, grãos de soja da safra de 2014/15, provenientes de lavouras comerciais que foram atacadas por percevejo.

Os grãos apresentaram em torno de 30% da massa com danos causados pelos percevejos. Em seguida, promoveu-se o beneficiamento em peneiras de classificação de 3,00 mm de crivos circulares e peneiras de crivos oblongos de 3,00 x 22,00 mm, para limpeza e separação das impurezas.

As amostras foram avaliadas a cada dois meses, analisando-se a atividade de água, sanidade e o índice de ocorrência fúngica.

O teor de água dos grãos de soja foi determinado por gravimetria (BRASIL, 2009), em estufa de circulação de ar forçado por 24h a $105 \pm 3^\circ\text{C}$. Os grãos de soja apresentaram teor de água inicial de 13,84% (bu). Em seguida, a massa total foi dividida em dois lotes, sendo uma das partes submetida à secagem com ar natural em terreiro, sobre lona plástica ao sol, para reduzir o teor de água até 11,75% (bu), para ser armazenada em dois diferentes teores de água.

O experimento foi montado segundo o delineamento inteiramente casualizado, e as análises dos resultados foram feitas utilizando-se um esquema fatorial 2 x 4 x 4, sendo dois teores de água para o armazenamento (11,75 e 13,84% bu), quatro temperaturas de armazenamento (20, 25, 30 e 35°C), quatro tempos de avaliação (0, 2, 4 e 6 meses), em três repetições. As variáveis foram transformadas em $(x+1)^{0,5}$ e analisadas por meio de análise de variância e regressão. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey,

adotando-se o nível de 5% de significância. Para o fator quantitativo, os modelos foram selecionados com base na significância da equação, pelo teste F, na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste de "t", adotando-se o nível de 5% de significância, no coeficiente de determinação (R^2 ou r^2 para regressão linear simples) e no conhecimento da evolução do fenômeno biológico.

Os grãos de soja foram acondicionados em embalagens de polietileno de alta densidade (PEAD) e, posteriormente, armazenados por seis meses, em quatro temperaturas (20, 25, 30 e 35°C) e dois teores de água (11,75 e 13,84% bu). Estas embalagens foram utilizadas para se obterem reduzidas trocas de vapor de água, visto que a taxa de permeabilidade do PEAD utilizado é de 0,02 g água embalagem⁻¹ d⁻¹ (BESSA et. al, 2015). As amostras foram armazenadas em câmaras climáticas do tipo BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), reguladas nas diferentes temperaturas.

A temperatura e a umidade relativa no interior das BODs foram monitoradas por meio de um termohigrômetro digital, registrando-as a cada 00h10 durante o armazenamento dos grãos, apresentando médias de temperatura de 21,02 ± 2,15; 25,21 ± 1,66; 29,09 ± 0,47 e 34,35 ± 0,82°C e de umidade relativa de 75,69 ± 12,28; 47,46 ± 16,62; 45,46 ± 12,66 e 30,60 ± 17,47%, respectivamente.

A atividade de água foi determinada por meio do equipamento Hygropalm Model Aw 1, obtida nas temperaturas de armazenamento (20, 25, 30 e 35°C). Para o controle das temperaturas durante a avaliação, foi utilizada uma câmara tipo BOD.

Para a análise da sanidade dos grãos de soja, foi utilizado o método do papel filtro (blottertest), conforme descrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Para cada tratamento, foram utilizadas três repetições, sendo seis gerbox, com 25 grãos previamente lavados em hipoclorito de sódio a 1%, por 10 minutos, e colocados sobre duas folhas de papel filtro, em caixas plásticas tipo gerbox. As folhas de papel filtro foram previamente esterilizadas a seco em estufa de circulação de ar forçado a 160°C, por 2h, umedecidas com água destilada autoclavada.

A identificação dos patógenos foi feita após sete dias de incubação a 22 ± 2°C e regime luminoso de 12h de luz. Finalizado esse período, os grãos foram examinados individualmente, com auxílio de microscópio estereoscópio, com aumento de até 60x, quando necessário; foram realizadas preparações microscópicas para a identificação dos fungos – tal

identificação feita com base na literatura. Foi calculada a porcentagem de grãos de soja com ocorrência de cada fungo apresentado no experimento.

Foram atribuídas notas de zero a três de acordo com a densidade de inóculo nos grãos, a saber: 0 – grãos livres de fungos; 1 – grãos exibindo pequenas colônias de fungos visíveis somente com lupa; 2 – grãos exibindo grandes colônias de fungo visíveis sem o uso da lupa e cobrindo uma área inferior a 50% da superfície do grão; 3 – grãos com elevado grau de deterioração com colônias de fungos cobrindo uma área superior a 50% da superfície do grão. Para avaliar a presença de fungos nos grãos em função da densidade de inóculo, foi calculado o Índice de Ocorrência (IO) a partir da fórmula de Mc Kinney, a qual fornece a média ponderada da ocorrência do fungo nos grãos, de acordo com Borém *et al.* (2001).

$$IO = \frac{\sum (PO \times N)}{POT \times N(\text{máx})} \times 100 \quad (2)$$

em que,

IO: índice de ocorrência, %;

PO: porcentagem de ocorrência, %;

N: nota;

POT: porcentagem de ocorrência total, %;

N (máx): nota máxima.

Os grãos de soja foram classificados por técnico habilitado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como do grupo II, ou seja, que se destinam a outros usos, não consumidos *in natura*, segundo padrão oficial regido pela Instrução Normativa nº 11/2007 (BRASIL, 2007).

Os grãos foram armazenados com média de 14,90% de grãos avariados totais, diagnóstico resultante da soma de todos os defeitos encontrados como: a) grãos danificados (que apresentam punctura causada pelo percevejo na lavoura, sendo dividido o total da massa encontrada por quatro, segundo a normativa de classificação); b) grãos danificados-fermentados (grãos que apresentam fermentação onde ocorreu danificação pelo percevejo); e c) grãos fermentados (que apresentam fermentação causada pelas condições de armazenamento), já se apresentando, no início do experimento, fora dos padrões de comercialização.

No final do armazenamento os grãos que foram armazenados com teor de água de 11,75 e 13,84% (bu) apresentaram médias de 18,33 e 37,50% de

grãos avariados totais, respectivamente, sendo que os grãos armazenados com o menor teor de água só apresentaram fermentação em grãos danificados, enquanto os grãos com maior teor de água, que não foram danificados na lavoura, apresentaram fermentação, no sexto mês, de 5,22% na temperatura de 35°C.

3 Resultados e Discussão

Na Tabela 1, está apresentado o resumo da análise de variância para a atividade de água e o índice de ocorrência de fungos nos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, durante o armazenamento, em diferentes condições.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio do índice de ocorrência dos grãos de soja avariados por percevejo, na lavoura, em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	A _w	Índice de ocorrência (%)
TA	1	0,10 **	6813,15 **
T	3	7,44x10 ⁻⁴ **	3143,95 **
t	3	0,003 **	4781,74 **
TAxT	3	5,87x10 ⁻⁴ **	980,58 **
TAxT	9	5,64x10 ⁻⁴ **	872,51 **
Txt	9	5,17x10 ⁻⁴ **	580,90 **
TAxTtxt	9	4,9x10 ⁻⁵ NS	427,74 **
Resíduo	64	1,05x10 ⁻⁴	151,41
CV %		1,39	12,77
Média geral		0,74	68,96

TA: teor de água inicial; T: temperatura; t: tempo. **Significativo a 1% pelo teste F; NS Não significativo.

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 1, observa-se que a variável atividade de água apresentou interação entre teor de água x temperatura, teor de água x tempo e temperatura x tempo, não apresentando interação entre os três fatores. O índice de ocorrência apresenta interação tripla de teor de água x temperatura x tempo de armazenamento.

Na Tabela 2, está apresentada a atividade de água dos grãos de soja avariados por percevejo nos

diferentes teores de água iniciais e temperaturas de armazenamento.

Tabela 2 – Atividade de água dos grãos de soja avariados por percevejo nos diferentes teores de água iniciais (% bu) e temperaturas de armazenamento (°C)

Teor de água inicial	Temperaturas de armazenamento			
	20	25	30	35
11,75	0,72 a	0,71 a	0,71 a	0,70 a
13,84	0,77 b	0,76 b	0,77 b	0,76 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria.

A atividade de água dos grãos de soja com elevada danificação, na lavoura, por percevejo, diferiu quanto aos teores de água em todas as temperaturas de armazenamento. Os grãos armazenados a 13,84% (bu) de teor de água apresentam maior atividade de água em todas as temperaturas de armazenamento. Quanto maior o teor de água e a temperatura do produto maior é sua atividade de água. Paraginski *et al.* (2015) observaram redução da atividade de água em grãos de milho que obtiveram redução do teor de água durante o armazenamento. Garcia (2004), armazenando alimentos no interior de granjas de integração avícola, constatou que o aumento do teor de água da ração propiciava o aumento de sua atividade de água e, conseqüentemente, desenvolvimento de fungos.

Segundo Lazzari (1997), o teor de água é um dos principais fatores que favorecem o desenvolvimento de fungos durante o armazenamento.

Os valores encontrados de atividade de água não correspondem aos da umidade relativa monitorada, durante o período de armazenamento, pois a embalagem criou um microclima úmido, diferentemente do ar externo da embalagem ao longo do armazenamento. A embalagem PEAD utilizada no acondicionamento dos grãos impediu a troca de ar com o ambiente interior da câmara BOD.

Na Tabela 3, está apresentada a atividade de água dos grãos de soja armazenados em dois teores de água, em função do tempo de armazenamento.

Tabela 3 – Médias da atividade de água dos grãos de soja armazenados em dois teores de água (% bu) em função do tempo de armazenamento (meses)

Tempo de armazenamento	Teor de água inicial	
	11,75	13,84
0	0,71 a	0,76 b
2	0,73 a	0,78 b
4	0,70 a	0,76 b
6	0,70 a	0,77 b
8	0,70 a	0,77 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

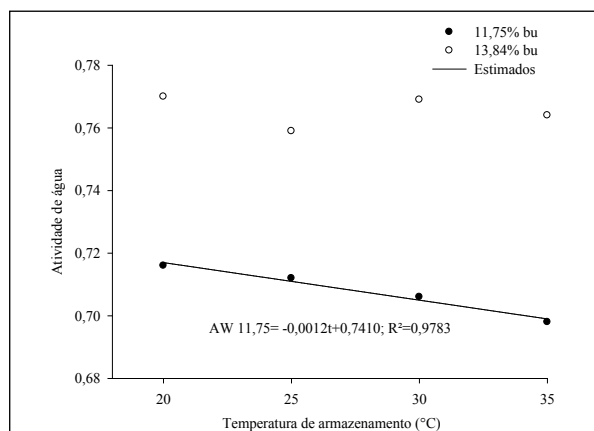
Fonte: Autoria própria.

Observa-se que a atividade de água dos grãos diferiu nos dois teores de água e se apresentou maior nos grãos com teor de água de 13,84% (bu) em todos os períodos de armazenamento (Cf. Tabela 3).

A umidade relativa do ambiente onde foram acondicionadas as embalagens com os grãos foi de $75,69 \pm 12,28$; $47,46 \pm 16,62$; $45,46 \pm 12,66$ e $30,60 \pm 17,47\%$, para as temperaturas das câmaras BODs reguladas a 20, 25, 30 e 35°C, respectivamente, o que representa a diferença do microclima formado no interior da massa de grãos, representado pelos valores de atividade de água encontrados. Altos valores de atividade de água aliados a elevadas temperaturas ao longo do armazenamento propiciam a deterioração, pois aceleram os processos respiratórios dos grãos.

Na Figura 1, apresenta-se a atividade de água dos grãos de soja avariados por percevejo, em função das temperaturas.

Figura 1 – Atividade de água dos grãos de soja nos diferentes teores de água em função das temperaturas

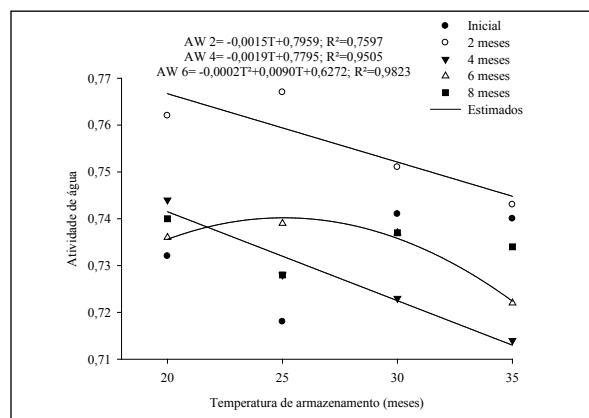


Fonte: Autoria própria.

Nota-se que, com o aumento da temperatura, a atividade de água dos grãos armazenados a 11,75% (bu) se reduziu linearmente (Figura 1). Daí se conclui que, quanto menor o teor de água e maior a temperatura de armazenamento, menor é a atividade de água dos grãos. Os valores da atividade de água dos grãos armazenados a 13,84% (bu) (Figura 1) e os valores de atividade de água em função do tempo de armazenamento, para os dois teores de água, não apresentaram ajuste de modelo.

Na Figura 2, está apresentada a atividade de água dos grãos de soja avariados por percevejo, na lavoura, nos distintos meses de armazenamento, em função da temperatura.

Figura 2 – Atividade de água nos diferentes tempos de armazenamento em função das temperaturas



Fonte: Autoria própria.

Observa-se, na Figura 2, que a atividade de água dos grãos, no segundo e quarto meses, se reduziu linearmente, com o aumento da temperatura de armazenamento. No início das avaliações e no oitavo mês de armazenamento, não ocorreu ajuste de modelo matemático, e, no sexto mês, ocorreu ajuste de modelo quadrático, tendo ponto máximo da atividade de água de 0,73 a 22,5°C de temperatura.

Na Tabela 4, está apresentado o índice de ocorrência total de fungos, nos diferentes teores de água, temperaturas e tempos de armazenamento.

Nota-se que, conforme mostra a Tabela 4, a ocorrência fúngica total apresentava-se em média de 86,4% na massa de grãos no período inicial, não se diferindo. No segundo mês, na temperatura de 35°C, essa ocorrência fúngica se apresentou menor, com 35,85% nos grãos com teor de água de 11,75%, fato também observado no quarto mês, nas temperaturas de 30 e 35°C; no sexto mês, tal ocorrência não diferiu apenas na temperatura de 20°C.

Tabela 4 – Índice de ocorrência total de fungos nos diferentes teores de água, temperatura em função do tempo de armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	82,05 a	82,05 a	82,05 a	82,05 a
13,84	90,74 a	90,74 a	90,74 a	90,74 a
2				
11,75	80,63 a	61,62 a	69,17 a	35,85 a
13,84	87,41 a	62,59 a	62,64 a	64,11 b
4				
11,75	95,42 a	64,09 a	33,33 a	57,87 a
13,84	87,15 a	73,06 a	77,51 b	84,10 b
6				
11,75	80,83 a	36,11 a	6,94 a	18,52 a
13,84	83,02 a	56,94 b	72,90 b	63,75 b

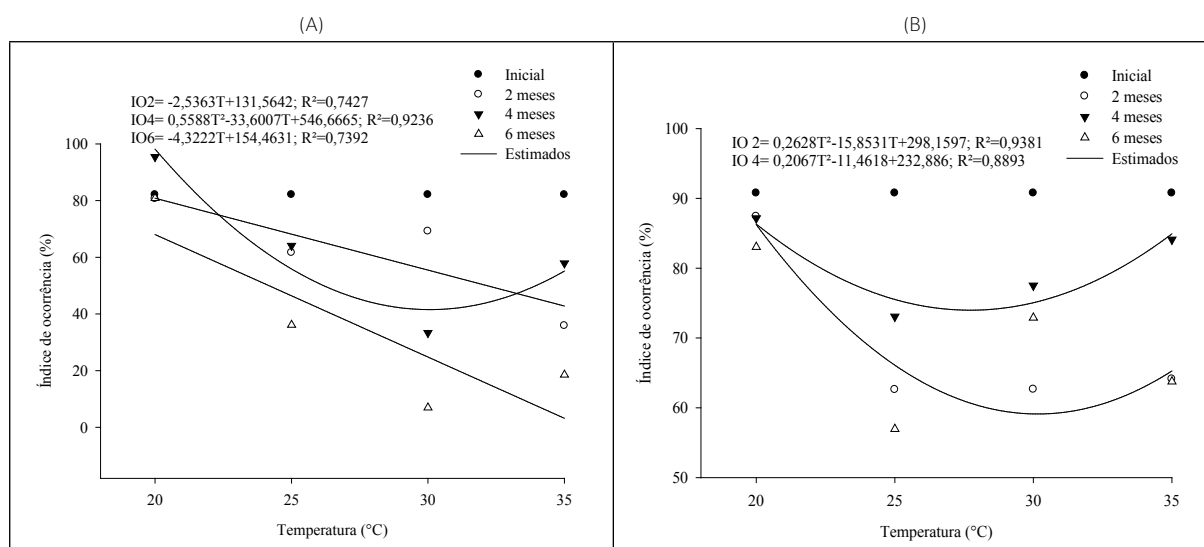
Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 3A, observa-se que, nos grãos armazenados com 11,75 % (bu), ocorreu redução linear da ocorrência de fungos, no segundo e sexto meses de armazenamento; no quarto mês, ocorreu ajuste quadrático, apresentando ponto de mínima de

41,56% na temperatura de 30,1°C. Na Figura 3B, vê-se que não houve ajuste de modelo para o sexto mês; no segundo e quarto meses, ocorreu ponto de mínima de 59,08 e 73,99% nas temperaturas de 30,2 e 27,7°C, respectivamente.

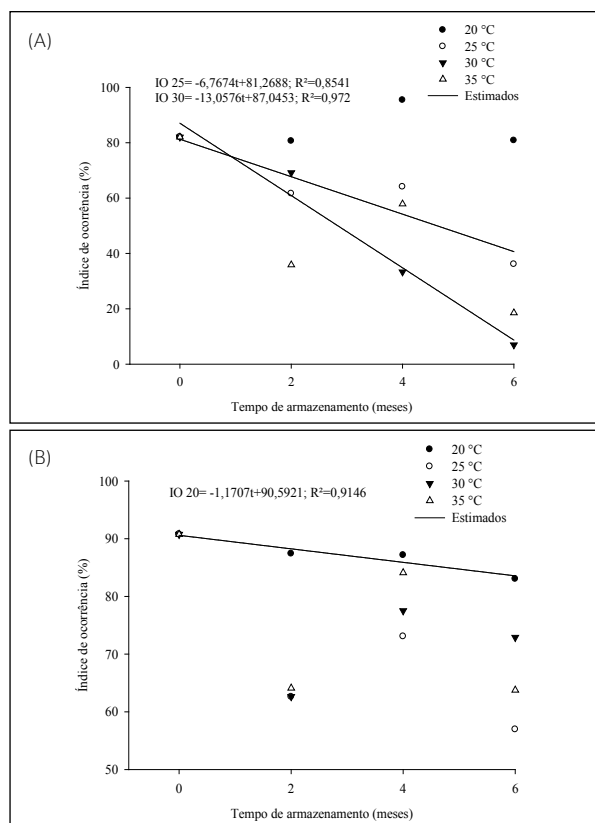
Figura 3 – Índice de ocorrência de fungos (%) de grãos de soja armazenados com os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (bu) (B), no período de oito meses em função da temperatura



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 4, está apresentado o índice de ocorrência em função do tempo.

Figura 4 – Índice de ocorrência de fungos (%) de grãos de soja armazenados com os teores de água de 11,75 (A) e 13,84% (B), nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento



Fonte: Autoria própria.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio das variáveis *Fusarium*, *Phomopsis*, *Nigrospora*, *Penicillium* e *Cercospora* dos grãos de soja avariados por percevejo, na lavoura, em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	<i>Fusarium</i>	<i>Phomopsis</i>	<i>Nigrospora</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Cercospora</i>
TA	1	6205,96 **	0,40 ^{NS}	0,37 ^{NS}	334,33 **	160,39 ^{NS}
T	3	2130,35 **	56,08 **	1,89 ^{NS}	34,64 ^{NS}	232,79 **
t	3	5346,94 **	232,30 **	2,67 ^{NS}	26,49 ^{NS}	924,14 **
TAxT	3	1790,02 **	4,47 ^{NS}	3,85 ^{NS}	119,78 ^{NS}	29,42 ^{NS}
TAxT	9	932,52 **	7,55 ^{NS}	5,83 ^{NS}	218,76 **	30,09 ^{NS}
Txt	9	632,45 **	51,38 **	3,21 ^{NS}	71,58 ^{NS}	92,79 ^{NS}
TAxTt	9	349,67 ^{NS}	9,01 ^{NS}	2,55 ^{NS}	71,41 ^{NS}	23,56 ^{NS}
Resíduo	64	229,33	12,11	3,22	53,40	58,34
CV %		18,65	30,11	33,47	55,22	42,36
Média geral		54,15	2,89	0,43	4,12	9,30

TA: teor de água inicial; T: temperatura; t: tempo. **Significativo a 1% pelo teste F; NS Não significativo

Fonte: Autoria própria.

Observa-se que ocorreu redução linear do índice de ocorrência fúngica, nos grãos armazenados, na temperatura de 25 e 30°C (Figura 4A), não apresentando ajuste nas demais temperaturas. Na Figura 4B, ocorreu redução do índice de ocorrência na temperatura de 20°C, em função do tempo de armazenamento, não apresentando ajuste nas demais temperaturas.

Bento *et al.* (2012) descreveram que os fatores abióticos, tais como o teor de umidade nos grãos de milho, a atividade de água, a precipitação e a temperatura do ar, foram determinantes para o nível da incidência fúngica.

Com a análise da sanidade dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo na lavoura e levados ao armazenamento, foram identificados dez gêneros de fungos, sendo eles: *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Nigrospora* spp. e *Cercospora* spp., que são fungos de campo, e *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp., *Phomopsis* spp. e *Colletotrichum* spp., que são fungos de armazenamento.

Na Tabela 5, apresenta-se o resumo da análise de variância para *Fusarium* spp., *Phomopsis* spp., *Nigrospora* spp., *Penicillium* spp. e *Cercospora* spp. dos grãos de soja avariados por percevejo, na lavoura, durante o armazenamento em diferentes condições.

Observa-se, na Tabela 5, que o *Fusarium* apresentou interação entre o teor de água x temperatura, teor de água x tempo e temperatura x tempo. *Phomopsis* apresentou interação de temperatura x tempo; *Nigrospora* não apresentou

diferença entre as fontes de variação; *Penicillium* apresentou interação entre teor de água x tempo; e *Cercospora* apresentou efeito da temperatura e do tempo, individualmente.

Na Tabela 6, apresenta-se o resumo da análise de variância para *Rhizopus*, *Colletotrichum*, *Aspergillus*, *Alternaria* e *Cladosporium* dos grãos de soja avariados por percevejo, na lavoura, durante o armazenamento em diferentes condições.

Tabela 6 – Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio das variáveis *Rhizopus*, *Colletotrichum*, *Aspergillus*, *Alternaria* e *Cladosporium* dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura, em diferentes condições de armazenamento

FV	GL	<i>Rhizopus</i>	<i>Colletotrichum</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Cladosporium</i>
TA	1	0,02 ^{NS}	5,72 ^{NS}	98,65 ^{**}	218,38 ^{**}	17,03 ^{NS}
T	3	4,71 ^{NS}	12,30 ^{NS}	10,36 ^{NS}	210,00 ^{**}	50,18 ^{**}
t	3	11,22 ^{NS}	49,49 ^{**}	23,45 ^{NS}	434,29 ^{**}	22,20 ^{NS}
TAxT	3	15,91 ^{NS}	4,10 ^{NS}	6,12 ^{NS}	92,25 ^{NS}	3,97 ^{NS}
TAxt	9	0,68 ^{NS}	28,00 [*]	15,33 ^{NS}	92,93 [*]	2,11 ^{NS}
Txt	9	6,00 ^{NS}	14,92 ^{NS}	31,65 ^{NS}	218,72 ^{**}	18,50 ^{NS}
TAxTxt	9	9,52 ^{NS}	7,13 ^{NS}	11,91 ^{NS}	92,52 ^{NS}	3,10 ^{NS}
Resíduo	64	8,47	10,18	15,98	21,57	12,05
CV %		52,37	39,01	48,99	49,82	52,87
Média geral		0,59	2,81	2,16	3,09	1,18

TA: teor de água inicial; T: temperatura; t: tempo. **Significativo a 1% pelo teste F; *Significativo a 5% pelo teste F; NS Não significativo.

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 6, observa-se que *Rhizopus* não apresenta efeitos dos tratamentos. *Colletotrichum* apresenta interação entre teor de água x tempo. *Aspergillus* apresenta diferença apenas para o teor de água, isoladamente. *Alternaria* apresenta interação entre o teor de água x tempo e temperatura x tempo; e *Cladosporium* apresenta efeito apenas para a temperatura, individualmente.

Em condições ambientais favoráveis, de umidade relativa e de temperatura, os esporos dos fungos germinam, desenvolvendo hifas, que infestam grãos, alimentos, rações e outros substratos (PRADO *et al.*, 1991).

Segundo Aguiar *et al.* (2001), *Alternaria* spp. e *Fusarium* spp. são fungos de campo, e *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp. são fungos de armazenamento. Fungos de campo contaminam os grãos durante o cultivo, pois requerem maior umidade relativa, enquanto os fungos de armazenamento demandam menor quantidade de água e proliferam em maior intensidade na massa de grãos no período pós-colheita.

Na Tabela 7, vê-se a porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Fusarium*.

Tabela 7 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Fusarium* (%) nos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, na lavoura, e levados ao armazenamento nos dois teores de água (% bu) e temperaturas de armazenamento (°C)

Teor de água inicial	Temperatura			
	20	25	30	35
11,75	65,10 a	54,71 a	25,93 a	38,71 a
13,84	68,39 a	55,67 a	63,49 b	61,24 b

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria.

Nas temperaturas de 20 e 25°C, não houve diferença da porcentagem de grãos com a incidência de *Fusarium*. Os grãos armazenados com teor de água de 13,84% (bu) apresentaram maior incidência nas temperaturas de 30 e 35°C.

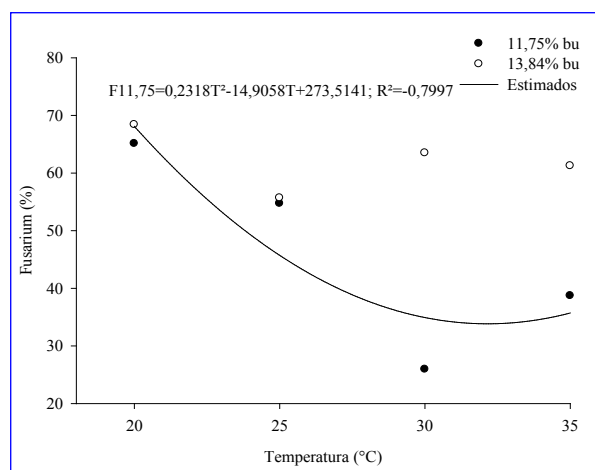
O controle do teor de água é muito importante para a manutenção das características dos grãos durante o armazenamento, para que não ocorram germinação e desenvolvimento de fungos e insetos, o que ocasiona sua rápida degradação (GONÇALVES *et al.*, 2014).

Valarini *et al.* (1990) observaram que a redução da porcentagem de *Fusarium* pode ter sido provocada pela perda da viabilidade dos esporos, ao longo do armazenamento sob influência das temperaturas.

Os fungos do gênero *Fusarium* invadem os grãos e sementes durante o amadurecimento, período em que as condições de temperatura e umidade são mais elevadas, favoráveis para seu desenvolvimento (BENTO *et al.*, 2012).

A porcentagem de fungos do gênero *Fusarium* apresentou um ponto de mínima de 33,89% na temperatura de 32,2°C, nos grãos armazenados com 13,84% (bu) (Figura 5).

Figura 5 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Fusarium* nos grãos de soja danificados por percevejo e levados ao armazenamento nos diferentes teores de água em função das temperaturas



Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 8, observa-se que a ocorrência de fungos do gênero *Fusarium* diferiu no quarto e no sexto mês, apresentando-se maior nos grãos armazenados com 13,84% (bu) de teor de água.

A porcentagem de *Fusarium* reduziu com o aumento da temperatura, no segundo e sexto meses, e apresentou ponto de mínima de 51,96%, na temperatura de 28,8°C, no quarto mês (Figura 6A). Em função do tempo de armazenamento (Figura 6B), na temperatura de 30°C, apresentou um ponto de mínima de 34,22% aos 4,2 meses, não apresentando ajuste nas demais temperaturas.

De acordo com Sweenwey e Dobson (1998), fungos do gênero *Fusarium* são encontrados como contaminantes de grãos durante a secagem e o armazenamento de produtos.

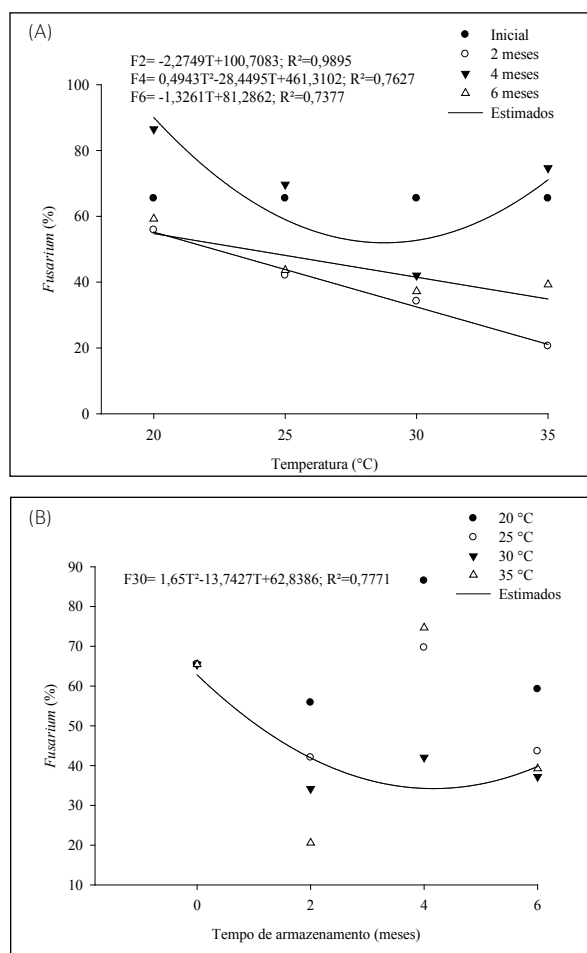
Tabela 8 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Fusarium* (%), nos grãos de soja danificados por percevejo e levados ao armazenamento nos dois teores de água (% bu) e tempos de armazenamento (meses)

Teor de água	Tempo de armazenamento			
	0	2	4	6
11,75	64,29 a	32,40 a	58,91 a	28,89 a
13,84	66,58 a	43,93 a	77,53 b	60,75 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria.

Figura 6 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Fusarium* nos grãos de soja danificados por percevejo (A) em função da temperatura e (B) em função do tempo

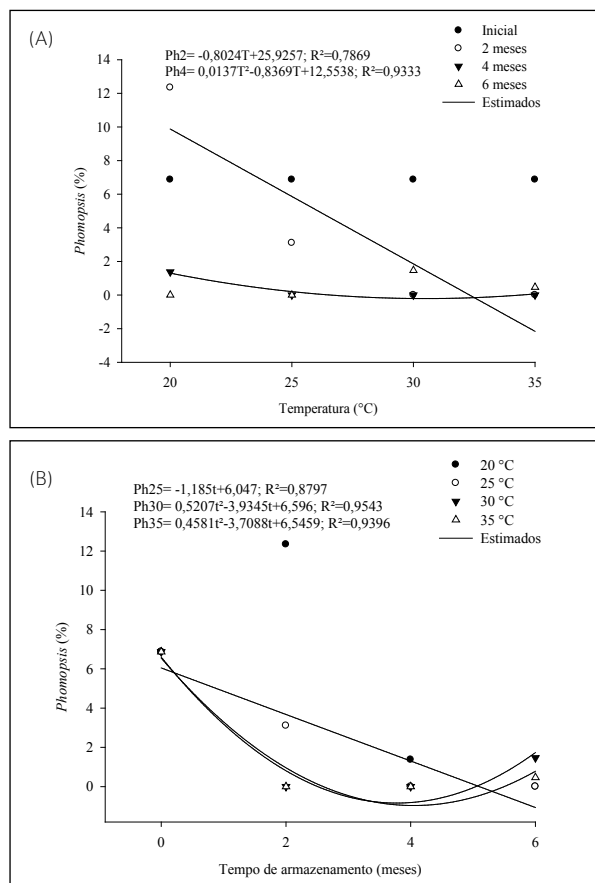


Fonte: Autoria própria.

Os fungos do gênero *Phomopsis* apresentaram uma redução com o aumento da temperatura no segundo mês de armazenamento (Figura 7A). Nos grãos armazenados na temperatura de 25°C, reduziu-

se linearmente a incidência de fungos do gênero *Phomopsis* em função do tempo de armazenamento. Nas temperaturas de 30 e 35°C, ocorreram redução quadrática (Figura 7B).

Figura 7 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Phomopsis* nos grãos de soja danificados por percevejo (A) em função da temperatura e (B) em função do tempo



Fonte: Autoria própria.

Segundo Goulart (1997), os fungos do gênero *Phomopsis* perdem sua viabilidade rapidamente durante a armazenagem em condição ambiente, o que pode ter acarretado a redução deste fungo com o aumento da temperatura e em função do tempo de armazenamento.

A ocorrência de fungos do gênero *Penicillium* em grãos, nos diferentes teores de água de armazenamento, diferiu no quarto e sexto meses de armazenamento, sendo menor no teor de água de 11,75% (bu); no sexto mês, não foram encontrados fungos deste gênero no menor teor de água (Tabela 9). Aguiar *et al.* (2001), avaliando a qualidade de sementes de girassol em diferentes tamanhos de peneiras,

concluíram que, quanto mais baixa a atividade de água, menor é o crescimento de microrganismo e a oxidação das sementes.

Tabela 9 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Penicillium* (%) nos grãos de soja danificados por percevejo e levados ao armazenamento, nos dois teores de água (% bu) e tempos de armazenamento (meses)

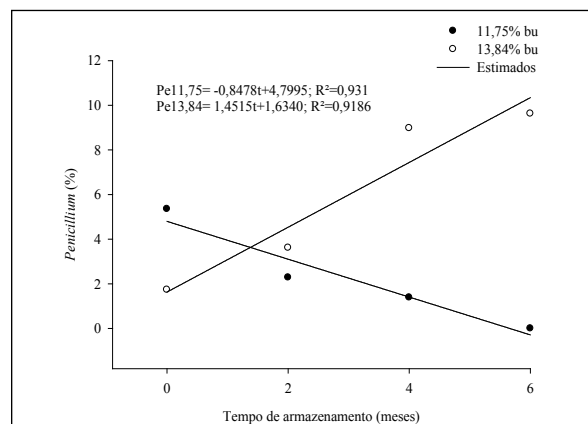
Teor de água	Tempo			
	0	2	4	6
11,75	5,35 a	2,28 a	1,39 a	0,00 a
13,84	1,74 a	3,62 a	8,98 b	9,63 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria.

A porcentagem de *Penicillium* reduziu nos grãos de soja com teor de água de 11,75% (bu), enquanto aumentou nos grãos com maior teor de água em função do tempo de armazenamento (Figura 8). Segundo Rupollo *et al.* (2006), teores de água elevados permitem a incidência de fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*.

Figura 8 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Penicillium* nos grãos de soja danificados e armazenados, nos diferentes teores de água em função do tempo



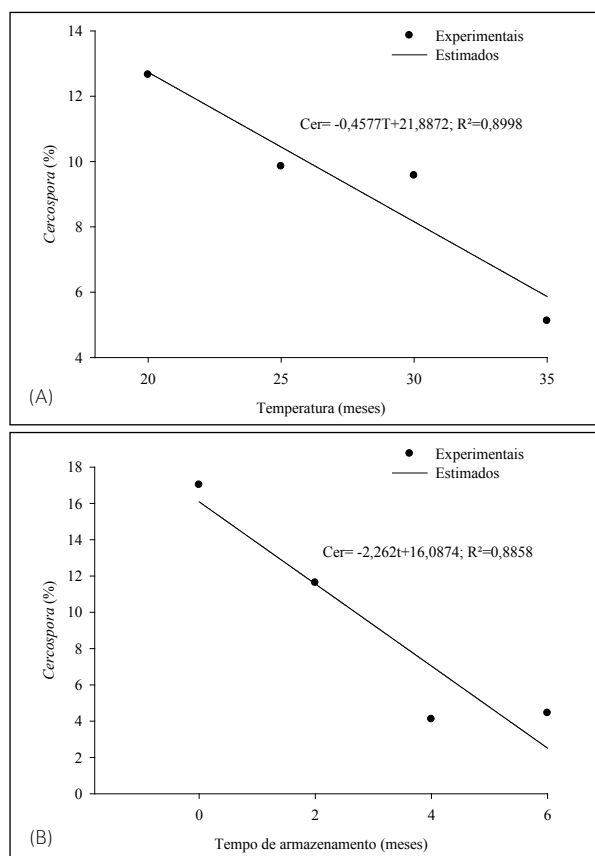
Fonte: Autoria própria.

Rupollo *et al.* (2006) observaram que, nos tratamentos com teores de água inferiores a 15%houve predominância de outros fungos, cuja incidência decresceu na ordem dos gêneros *Colletotrichum*, *Chaetomium*, *Phoma*, *Bipolaris*, *Alternaria* e *Neurospora*.

Segundo Beuchat (1981), citado por Travaglia (2011), fungos como *Penicillium cyclopum* necessitam que o produto esteja com atividade de água de 0,81 a 0,85 para seu desenvolvimento, e fungos como a *Aspergillus flavus* precisam de valores menores de atividade de água – entre 0,78 e 0,80.

Os fungos do gênero *Cercospora* reduziram em função da temperatura e tempo de armazenamento, independentemente do teor de água (Figura 9).

Figura 9 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Cercospora* nos grãos de soja com elevada danificação na lavoura em função das (A) temperaturas e (B) tempo de armazenamento



Fonte: Autoria própria.

A ocorrência de fungos do gênero *Colletotrichum* em grãos diferiu nos dois teores de água, no quarto mês de armazenamento, apresentando maior ocorrência nos grãos com teor de água de 11,75% (bu) (Tabela 10).

A ocorrência de *Colletotrichum*, em função do tempo de armazenamento (Figura 10), reduziu nos grãos armazenados com 13,84% (bu), enquanto nos grãos com menor teor de água não houve ajuste de modelo.

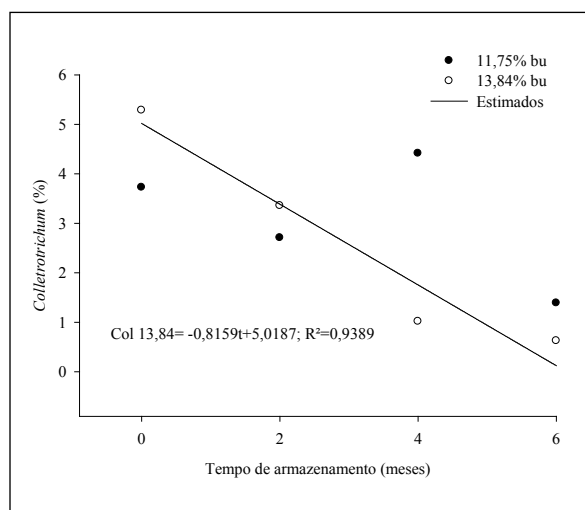
Tabela 10 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Colletotrichum* (%) nos grãos de soja danificados por percevejo e levados ao armazenamento nos dois teores de água e tempos de armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
11,75	3,73 a	2,71 a	4,41 b	1,39 a
13,84	5,28 a	3,36 a	1,02 a	0,62 a

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria.

Figura 10 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Colletotrichum* nos grãos de soja danificados e armazenados, nos diferentes teores de água em função do tempo



Fonte: Autoria própria.

Com relação à perda de viabilidade desse patógeno nas sementes, durante o armazenamento, trabalhos recentes demonstraram que esse fungo é mais persistente que *Phomopsis* spp. e *Fusarium semitectum*, apesar de sua incidência diminuir quando as sementes são armazenadas em condições ambientes, por um período de seis meses (GOULART, 1997).

A ocorrência de fungos do gênero *Aspergillus* diferiu nos dois teores de água, sendo maior nos grãos armazenados com 13,84% (bu), apresentando 3,17%, não tendo influência de temperatura e tempo de armazenamento (Tabela 11).

Tabela 11 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Aspergillus* nos grãos de soja danificados por percevejo e levados ao armazenamento nos dois teores de água

Teor de água (% bu)	<i>Aspergillus</i> (%)
11,75	1,14 a
13,84	3,17 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria.

Os fungos do gênero *Alternaria* não foram encontrados na avaliação no período inicial, porém apresentou ocorrência no período de armazenamento. O teor de água, a temperatura e o período de armazenamento são responsáveis pela alta incidência de *Alternaria* nos grãos (RUPOLLO *et al.*, 2006). Este fungo tem sido encontrado como organismos saprófitas ou parasitas de plantas (SILVA; MELO, 1999). No sexto mês, observaram-se 5,68% desse fungo nos grãos armazenados a 13,84% (bu) (Tabela 12).

Tabela 12 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Alternaria* nos grãos de soja danificados por percevejo e levados ao armazenamento, nos dois teores de água e tempos de armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo (meses)			
	0	2	4	6
11,75	0,00 a	5,65 a	0,69 a	0,00 a
13,84	0,00 a	12,72 a	0,00 a	5,68 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

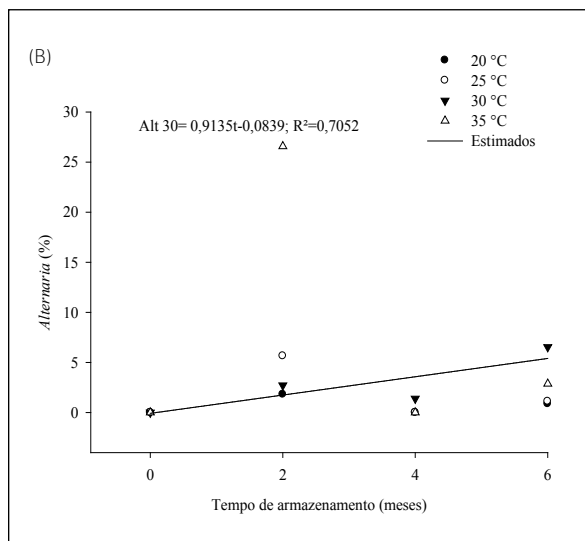
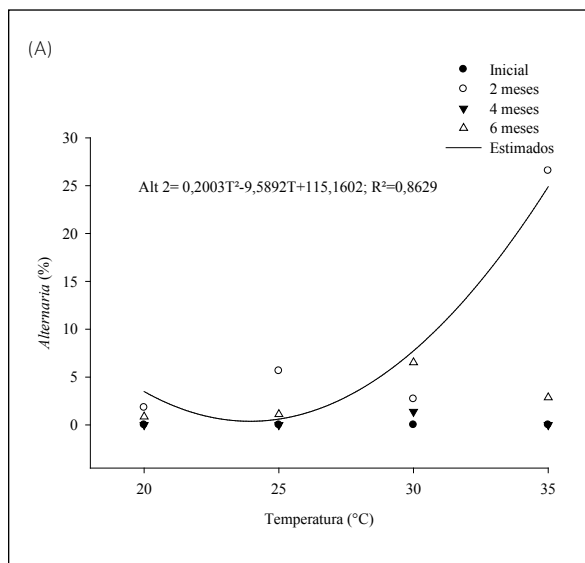
Fonte: Autoria própria.

Em função do tempo de armazenamento, não ocorreu ajuste de modelo para a ocorrência de fungos do gênero *Alternaria*, nos dois teores de água.

Com o aumento da temperatura, houve ajuste de modelo apenas para as médias de ocorrência de *Alternaria* no segundo mês de armazenamento, apresentando ponto de mínima de 0,39% na temperatura de 23,9°C (Figura 12A), e, em função do tempo, ocorreu aumento nos grãos armazenados a 30°C (Figura 12B).

O teor de água inferior a 15% (bu) influencia o aparecimento da *Alternaria* ao longo do armazenamento, segundo Rupollo *et al.* (2006), porém esse teor não se assemelhou aos dados encontrados.

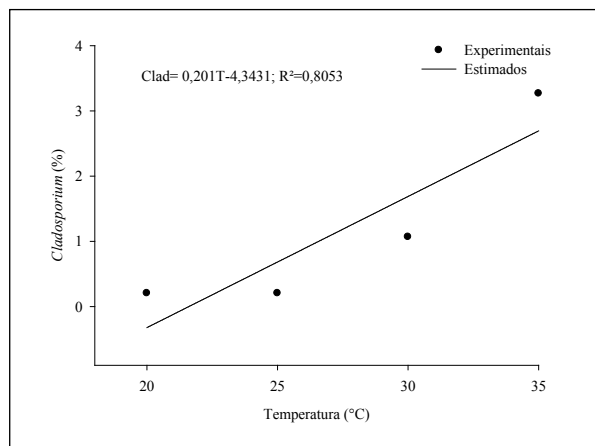
Figura 12 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Alternaria*, nos grãos de soja danificados por percevejo e levados ao armazenamento nos diferentes teores de água em função da temperatura (A) e em função do tempo (B)



Fonte: Autoria própria.

A ocorrência de fungos do gênero *Cladosporium* aumentou com a elevação da temperatura de armazenamento, indicando que o aumento da temperatura, independentemente do teor de água dos grãos e períodos de armazenamento, propicia o aparecimento de fungos deste gênero (Figura 13).

Figura 13 – Porcentagem de ocorrência de fungos do gênero *Cladosporium* em grãos de soja, em função da temperatura de armazenamento



Fonte: Autoria própria.

Segundo Lazzari (1997), existe uma relação entre teor de água e temperatura dos grãos, no consumo de matéria seca do produto pelos fungos de armazenamento.

Durante o armazenamento de grãos, as interações entre fatores abióticos (como temperatura, teor de água, concentração de gás, umidade relativa ambiente, tipo e condições do armazém e características do sistema de armazenagem) e fatores bióticos (como grãos, insetos, ácaros, fungos e bactérias) fazem com que os grãos armazenados se tornem um ecossistema cuja dinâmica, dependendo dos níveis dos fatores e do grau das interações, podem levar ao processo de deterioração desse mesmo ecossistema, com maior ou menor velocidade (RIGUEIRA *et al.*, 2009).

De acordo com Bento *et al.* (2012), mesmo grãos com boa condição física, também podem apresentar contaminação por fungos com potencial toxigênico.

4 Conclusões

O teor de água e as temperaturas ao longo do armazenamento influenciam a qualidade sanitária dos grãos de soja, com elevada danificação por percevejo, na lavoura. Quanto maior o teor de água e a temperatura de armazenamento, maior é a atividade de água dos grãos de soja. Com o aumento do teor de água dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo, ocorre incremento da ocorrência de fungos.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano – Campus Rio Verde); à equipe da empresa Caramuru Alimentos S/A em nome de Elivânio dos Santos Rosa pela colaboração; à CAPES, FAPEG, CNPq e FINEP pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. H. *et al.* Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de girassol de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 23, n. 1, p. 134-139, 2001.
- BENTO, L. F. *et al.* Ocorrência de fungos e aflatoxinas em grãos de milho. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, n. 1, p. 44-49, 2012.
- BESSA, J. F. V. *et al.* Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I – Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 224-230, 2015.
- BEUCHAT, L. R. Microbial stability as affected by water activity. **Cereal Food Word**, St. Paul, v. 26, n. 7, p. 345-349, 1981.
- BORÉM, F. M. *et al.* Efeito de um equipamento modificador de atmosfera no estabelecimento de fungos em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em ambientes de elevada temperatura e umidade relativa. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 13-20, 2001.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico da Soja, Instrução normativa n.11, de 15 de maio de 2007. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n.93, p.13-15, 2007. Seção 1. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMpa&chave=1194426968>. Acesso em: 7 set. 2020.
- CANO-CHAUCA, M. *et al.* Curvas de secagem e avaliação da atividade de água de banana passa. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 121-132, 2004.
- CORRÊA-FERREIRA, B. S. Suscetibilidade da soja a percevejos na fase anterior ao desenvolvimento

- das vagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 11, p. 1067-1072, 2005.
- COUTO, S. M.; ALVARENGA, L. C. Resistência de sementes de soja aos impactos - Energia limite. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 03-09, 1998.
- FERREIRA, S. B. Interações socioeconômicas no sistema soja e prejuízos causados por *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). 2013. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, GO.
- GARCIA, D. M. Análise de atividade de água em alimentos armazenados no interior de granjas de integração avícola. 2004. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- GOMES, D. P. *et al.* Efeito da colhedora, velocidade e ponto de coleta na contaminação de sementes de soja por fungos. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 31, n. 3, p. 160-166, 2009.
- GONÇALVES, L. C.; RIBEIRO, A. P. C.; SEIBEL, N. F. Composição química e propriedades tecnológicas de duas cultivares de soja. **Biochemistry and biotechnology reports**, v. 3, n. 1, p. 33-40, 2014.
- GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja: detecção e importância**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1997. 58p.
- LAZZARI, F. A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2. ed. Curitiba: [s.n.], 1997. 148 p.
- MAZIERO, M. T.; BERSOT, L. S. Micotoxinas em alimentos produzidos no Brasil. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 89-99, 2010.
- ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005, 294 p.
- PARAGINSKI, R. T. *et al.* Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 4, p. 358-363, 2015.
- PRADO, G.; MATTOS, S. V. M.; PEREIRA, E. C. Efeito da umidade relativa na contaminação microbiana e produção de aflatoxinas em amendoim em grão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 11, n. 2, p. 264-273, 1991.
- RIGUEIRA, R. J. A. *et al.* Armazenamento de grãos de café cereja descascado em ambiente refrigerado. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 4, p. 323-333, 2009.
- RUPOLLO, G. *et al.* Efeito da umidade e do armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 118-125, 2006.
- SILVA, C. M. M. S.; MELO, I. S. Requisitos nutricionais para o fungo *Alternaria alternata*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 3, Brasília, p. 449-503, 1999.
- SWEENEY, M. J.; DOBSON, A. D. W. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 43, n. 03, p. 141-158, 1998.
- TRAVAGLIA, D. P. Crescimento de *Aspergillus flavus* e produção de aflatoxina em grãos de milho armazenados sob diferentes temperaturas. 2011. 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- VALARINI, P. J.; VECHIATO, M. H.; LASCA, C. C. Sobrevivência de fungos associados a sementes de arroz (*Oryza sativa*) em duas condições de armazenamento. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 173-176, 1990.

