



LUIZ FELIPE FIGUEIREDO ASSIS

**ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE SOJA *GLYCINE*
MAX L. MERRIL COM APLICAÇÃO DE ANTIFÚNGICO**

**LAVRAS-MG
2023**

LUIZ FELIPE FIGUEIREDO ASSIS

**ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DE SOJA *GLYCINE MAX L. MERRIL* COM
APLICAÇÃO DE ANTIFÚNGICO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade

Orientador

Ma. Bárbara Lemes Outeiro Araújo

Coorientadora

**LAVRAS-MG
2023**

DEDICATÓRIA

Dedico esta vitória primeiramente aos meus pais e meus irmãos, que sempre estiveram ao meu lado e a toda minha família e amigos que fiz durante todos estes anos da minha graduação.

AGRADECIMENTOS

O caminho para chegar até aqui não foi fácil, vitórias e decepções fizeram parte do meu cotidiano e me prepararam para ser quem eu sou hoje. Para além da minha força de vontade, queria deixar claro que sem o apoio de minha família, meus pais, irmãos, namorada, primos e avó, nada disso seria possível, portanto, agradeço a eles do fundo do meu coração por sempre me ampararem nos momentos difíceis e me dar motivação para seguir em frente. Recentemente ganhei uma motivação ainda maior para evoluir como ser humano, meu sobrinho, que me fez transbordar amor e carinho em todos os aspectos, estou aqui por você. Aos meus amigos de minha cidade natal, colegas de curso Gilmar Junior, Álvaro Barbosa e Igor Machado, colegas de moradia Luís Filipe Destéfani, Pedro Figueiredo, Fabiano Brito, Raphael Brito e Gustavo Tostes, lhes agradeço imensamente pela parceria e respaldo nos momentos bons e ruins. Ao meu orientador e professor Ednilton Tavares fica o meu agradecimento pela oportunidade e apoio para realização deste trabalho e por me preparar para o que vem pela frente. À minha coorientadora Bárbara Araújo, muito obrigado pela parceria, aprendizados que me foram passados e pela paciência para me ajudar a superar este obstáculo da minha vida, seus ensinamentos e conselhos foram de extrema importância para o desenvolvimento de nosso projeto. Por fim gostaria de agradecer a todos que de alguma forma fizeram parte desta caminhada na busca dos meus objetivos, tudo que acontece em nossas vidas tem um propósito e nos faz evoluir de alguma forma, o que nos resta é tentar absorver da melhor maneira possível as adversidades da vida, espero ter ajudado na caminhada de alguém da mesma forma que ajudaram na minha. Muito obrigado.

RESUMO

A soja (*Glycine max L. Merril*) é uma planta originada no continente asiático, introduzida no Brasil por imigrantes japoneses. É uma cultura de grande valor agregado e potencial fonte econômica para diversos países, devido à sua composição de proteínas, lipídeos, carboidratos, além de ser fonte de vitaminas e minerais. A partir do processamento do grão da soja obtêm-se muitos derivados como o óleo, farinha, ração e biodiesel, atendendo desta forma o consumo humano e animal. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de antifúngico em sementes de soja armazenadas em tambores metálicos e silos bolsa, através da variação de temperatura e umidade, evolução de CO₂, teor de água, atividade de água e incidência de fungos. O experimento foi realizado na Universidade Federal de Lavras (UFLA) e os grãos de soja foram produzidos e coletados na fazenda experimental da UFLA. Para o armazenamento do produto, foram realizadas duas dosagens diferentes do antifúngico para os tratamentos, além da utilização de uma testemunha, separados em silos bolsa e tambores. A coleta de amostra foi feita de acordo com a frequência demandada por cada variável. A medição de temperatura e umidade relativa foi realizada no início e ao longo de todo o experimento. Para medição da evolução de CO₂ foi utilizado um equipamento de leitura em porcentagem. O teor de água foi medido através da diferença de peso das amostras antes e após serem colocadas em estufa. Para avaliar a atividade de água foi usado como referência o ponto de orvalho com auxílio de aparelhagem apropriada. A incidência de fungos foi feita pelo método do papel de filtro ('blotter test'), considerado eficaz no estudo da soja. Posteriormente foi realizada a microscopia eletrônica de varredura para obtenção das imagens que caracterizam a presença dos fungos de armazenamento. Os tratamentos com e sem antifúngico apresentaram diferenças significativas, quanto à evolução de CO₂, teor de água, atividade de água e incidência de fungos para o armazenamento em tambores. Nos silos bolsa não houve variações significativas entre os tratamentos, no entanto quando houve aplicação de antifúngico os dados analisados apresentaram valores menores.

Palavras-chave: Atividade de água, incidência de fungos, qualidade, pós colheita

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* L. Merrill) is a plant originated in the Asian continent, written in Brazil by Japanese immigrants. It is a culture of great added value and potential economic source for several countries, due to its composition of proteins, lipids, carbohydrates, in addition to being a source of vitamins and minerals. From the processing of the soybean grain, many derivatives such as oil, flour, feed and biodiesel were obtained, thus meeting human and animal consumption. The objective of this work was to evaluate the effect of antifungal application on soybean seeds stored in metallic drums and bag silos, through the variation of temperature and humidity, evolution of CO₂, water content, water activity and incidence of fungi. The experiment was carried out at the Federal University of Lavras (UFLA) and the soybeans were produced and collected at the UFLA experimental farm. For the storage of the product, two different dosages of the antifungal were performed for the treatments, in addition to the use of a control, separated in bag silos and drums. Sample collection was carried out according to the frequency required by each variable. The measurement of temperature and relative humidity was performed at the beginning and throughout the experiment. To measure the evolution of CO₂, a perspective reading device was used. The water content was measured through the difference in weight of the samples before and after being placed in an oven. To evaluate the water activity, the dew point was used as a reference with the aid of an appropriate device. The incidence of fungi was carried out using the filter paper method ('blotter test'), considered effective in the study of soybeans. subsequently, scanning electron microscopy was performed to obtain images that characterize the presence of processing fungi. Treatments with and without antifungal had significant differences regarding the evolution of CO₂, water content, water activity and incidence of fungi for storage in drums. In the bag silos, there were no significant variations between treatments, however, when antifungals were applied, the analyzed data showed lower values.

Key words: Water activity. fungus incidence. Quality. post harvest.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1 Glycine max L. Merrill.....	9
2.2 Produção de soja no Brasil	10
2.3 Armazenamento: capacidade e manutenção da qualidade	12
2.4 Fungos e o armazenamento de soja	13
3 METODOLOGIA.....	15
3.1 Planejamento e execução do experimento.....	15
3.2 Temperatura e Umidade Relativa	17
3.3 Evolução de dióxido de carbono	18
3.4 Teor de água	18
3.5 Atividade de água	18
3.6 Incidência de fungos.....	19
3.7 Microscopia eletrônica de varredura	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 Caracterização da Temperatura e Umidade Relativa durante o armazenamento	20
4.2 Evolução de Dióxido de Carbono.....	25
4.3 Teor de água	28
4.4 Atividade de água	30
4.5 Incidência de fungos.....	31
4.6 Microscopia eletrônica de varredura	35
5 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Devido à utilização em larga escala na alimentação humana e animal, por apresentar altos teores de lipídeos e proteínas, aproximadamente 20% e 40%, respectivamente, além de apontar valores expressivos de carboidratos e minerais, a cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) se encontra em franca expansão mundial (DUEÑAS et al., 2012). Desde sua introdução no Brasil, a commodity da soja tornou-se muito importante para a economia do país, registrando na safra 2019/2020 cerca de 121,1 milhões de toneladas em uma área equivalente a 36,85 milhões de hectares, com produtividade igual a 3,313 ton.ha⁻¹ (CONAB, 2020). Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de soja do mundo.

Frente ao cenário crescente de produção, o ideal é que o produtor tenha autonomia para comercialização de seu produto, para isto é necessário que haja disponibilidade de armazenamento de todo o resultante da colheita (DOS REIS et al., 2016). Desta forma o papel desenvolvido pela armazenagem de grãos é fundamental, pois busca balancear a demanda de mercado com a oscilação de produto estocado, no objetivo de evitar sua escassez.

Os sistemas de armazenamento mais comuns são o armazém graneleiro, silos metálicos, silos de concreto ou silo bag, além do armazém convencional. A escolha do método ideal leva em conta algumas variáveis, dentre elas a localização e finalidade do empreendimento, volume produzido, recurso financeiro dirigido à construção, aquisição de equipamentos e sistemas operacional de armazenagem, produto a ser armazenado e disponibilidade de tecnologia (SENAR, 2018). Como alternativa aos métodos tradicionais de armazenamento, os silos tipo bolsa utilizam bolsas plásticas hermeticamente seladas para o armazenamento, responsáveis pela inibição da reprodução e desenvolvimento de insetos e fungos, bem como pela redução da atividade metabólica do produto (VARNAVA et al., 1995; QUEZADA et al., 2006).

Como parâmetro de extrema relevância para comercialização e processamento do produto, a qualidade do produto final afeta diretamente seu valor comercial. As perdas qualitativas e quantitativas ainda são uma realidade, apesar do avanço da tecnologia no setor de pós-colheita, e são comumente causadas por fatores externos físicos, dentre eles destaca-se temperatura e umidade, fatores químicos, como disponibilidade de oxigênio, além de fatores biológicos, resultante da presença de fungos, bactérias, insetos e roedores (BROOKER et al., 1992).

Atributos como baixo teor de água, alto peso específico, baixa degradação de nutrientes, susceptibilidade de quebra dos grãos reduzida e possibilidade de viabilidade das sementes isentas de fungos, bactérias e pragas estão diretamente associados à qualidade de grãos armazenados, assim como procedimentos de limpeza, secagem, transporte, classificação e tratamentos fitossanitários (REGINATO et al., 2014). Por consequência, são estabelecidos limites máximos de tolerância para presença de impurezas e matérias estranhas em soja armazenada, em atendimento às especificidades da Instrução Normativa (IN) MAPA n° 11/2007 (BRASIL, 2007). Ao mesmo passo a IN MAPA n° 29/2011 (BRASIL, 2011) recomenda teor máximo de umidade dos grãos de soja de 13% em procedimento de secagem do produto.

Os fungos mais comumente encontrados durante o armazenamento de soja são o *Aspergillus flavus* e o *Penicillium sp.* A presença destes agentes indesejáveis promove a redução da qualidade do grão armazenado, além de prejudicar a germinação das sementes e a emergência de plântulas em campo. O tratamento com antifúngico pode atingir o melhoramento germinativo e emergência das plântulas em campo, entretanto o manejo equivocado na dosagem pode resultar na fitotoxicidade da semente, prejudicar sua qualidade e gerar prejuízos financeiros (BRZEZINSKI et al., 2015).

Assim o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de diferentes dosagens de antifúngico no armazenamento de *Glycine max L. Merrill* durante seis meses.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Glycine max L. Merrill

A soja é uma herbácea do tipo leguminosa, pertencente à categoria Rosidae, da ordem Fabales, subfamília Papilionoideae, compondo o gênero *Glycine* L. e a espécie *max*. Tem em sua estrutura o caule, envolvido por pelos, e a raiz como eixo principal, além dos vários ramos que afloram em seu alongamento. Com exceção do primeiro par de folhas, o restante é trifoliada. A reprodução dos exemplares se dá por processo autógamo. As vagens desenvolvidas adquirem formato ligeiramente arqueado, de maneira a apresentar coloração verde, amarelo pálido, marrom claro, marrom ou cinza. Em uma única vagem pode-se encontrar de uma a cinco sementes de formato liso, oblongo ou esférico, com coloração amarelo-claro em seu tegumento e hilo preto, marrom ou amarelo pálido (FARIAS et al., 2007).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020) o plantio de soja ocorre entre os meses de setembro e dezembro na maioria dos estados brasileiros produtores do grão, exceto Roraima e Pará, que iniciam o plantio entre abril e junho e janeiro e abril, respectivamente. De acordo com dados apresentados também pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020) o período de colheita da soja tem início em janeiro nos estados do centro-oeste e sudeste do Brasil, estende-se até abril ou maio nestas regiões, em Roraima a colheita é realizada entre agosto e outubro, já no Pará ocorre entre maio e agosto. A época mais propícia à colheita se dá geralmente entre verão e outono.

Como cita Silva *et al.* (2006) o grão de soja apresenta em sua composição 40,4g de proteína e 9,31g de fibras, além de apontar concentração de lipídeos (24,55g) e carboidratos (17,26g) em amostras de 100g. Segundo Souza *et al.*, (2009) o percentual de proteína pode variar entre 30 e 45%, além de possuir de 15 a 25% de óleo.

O processo de industrialização da soja gera vários produtos, dos quais o óleo e farelo são os mais conhecidos, utilizados amplamente como alimento para seres humanos e animais, por ser fonte de proteína vegetal (SOUZA *et al.*, 2010). O esmagamento do grão resulta em conversão equivalente a cerca de 76% de farelo e 19% em óleo (ABIOVE, 2016). Do farelo produz-se ração animal, destinada ao suprimento da cadeia produtiva de carnes, empregada como alimento para aves e suínos, além de animais domésticos, peixes e bezerros (IMEA, 2015). O óleo por sua vez é utilizado como matéria-prima na indústria de produção de biodiesel e na alimentação humana (ANP, 2016). Segundo Aguila *et al.*, (2011) usualmente a soja é colhida com umidades entre 13 e 15%, faixa considerada segura frente às injúrias mecânicas que a colhedora pode oferecer, entretanto a colheita pode ocorrer quando o grão apresenta até 18% de teor de água, apesar do aumento nos riscos de dano ao produto, mas não menos que 13%.

2.2 Produção de soja no Brasil

Para algumas economias mundiais, como Brasil e Estados Unidos, a soja é considerada, economicamente, a mais importante *commodity* agrícola e, de forma estratégica, produzida e exportada (OLIVEIRA, 2016). O Brasil atualmente é o maior produtor de soja do mundo, com a safra 2020/21 resultando em aproximadamente 139,4 milhões de toneladas e previsão de 125,6 milhões de toneladas para a safra 2021/22. De

acordo com levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), a parcela produzida destinada ao mercado interno (esmagamentos, sementes e perdas) é de 49,94 milhões de toneladas, ao passo que a previsão de exportação é de 86,37 milhões de toneladas.

Baseado em um estudo realizado entre 2006 e 2016, o setor agrícola gerou cerca de 27.357 novos empregos formais (RAIS, 2019). Entretanto, no mesmo período, no que se refere à produção de soja, a empregabilidade teve redução de 1.882 para 1.496 nos estados da região Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), representatividade de queda de 21% (HEDLUND *et al.*, 2021). Pode-se reiterar que, apesar do crescimento constante da atividade agrícola no país, sobretudo da soja, a taxa de empregabilidade formal não caminha ao mesmo passo, muito em função da evolução tecnológica dos recursos utilizados durante a produção, entretanto deve-se levar em conta a empregabilidade gerada de forma secundária, e não somente sob o contato direto entre homem-lavoura.

Como parte complementar, mas não menos importante, a cadeia produtiva da soja engloba empregabilidade na indústria de insumos, composta por diversos segmentos industriais, responsáveis pela produção de sementes, fertilizantes e defensivos. Há que se citar ainda a indústria de máquinas e implementos e os originadores. Por último engloba-se o setor de esmagamento e exportação, processo que precede o destino final da cadeia da soja, onde ocorre a transformação dos grãos em duas commodities intermediárias, o farelo e o óleo de soja, promovendo o abastecimento das diversas indústrias inerentes e dependentes da matéria prima advinda do grão de soja (MELO *et al.*, 2020).

Entre os anos de 1990 e 2017 o Brasil teve um salto na área destinada à plantação de soja, de menos de 10 milhões de hectares para 35 milhões de hectares, a região do interior do Cerrado apontou liderança no crescimento, correspondente a 250% (GALE *et al.*, 2019). Segundo Pontelli *et al.* (2021) o Brasil atingiu a marca de US\$33,06 bilhões com exportação de soja no ano de 2018, muito graças à China, representada como maior parceiro comercial, por concentrar 82% da produção exportada neste período.

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2021) as estimativas para a safra de soja 2020/21 é de retenção de 46,845 milhões de toneladas para o mercado interno, destinado ao processamento. Em contrapartida a exportação de soja em grão deve gerar em torno de U\$ 28,561 bilhões (74,1 milhões de toneladas), exportação de farelo U\$ 5,910 bilhões (16,7 milhões de toneladas) e exportação do óleo de soja U\$ 0,761 bilhão (1,0 milhão de toneladas), totalizando U\$ 35,232 bilhões.

2.3 Armazenamento: capacidade e manutenção da qualidade

De acordo com levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022) o Brasil possui capacidade de armazenamento estático de 180,8 milhões toneladas de grãos, sendo 89% correspondente ao armazenamento à granel – do tipo silo – e 11% armazenado de forma convencional. Somente as regiões sul e centro-oeste concentram cerca de 75% da capacidade total do país.

Ainda segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022), de 2010 a 2022 o Brasil apresenta crescimento médio na capacidade de armazenamento de grãos de 2,45%, entretanto este crescimento é reduzido ao analisar o período entre 2018 e 2022, correspondente a 1,05%. Visto que a previsão de crescimento na produção de grãos no Brasil para a safra 2021/22 é de 6,7%, é observável e preocupante que a capacidade de estocagem de produtos não venha acompanhando a tendência produtiva.

Na soja o processo de deterioração tem início após o processo de maturação fisiológica e evolui de forma progressiva ao longo da vida da semente, como consequência há comprometimento na sua qualidade (TOLEDO *et al.*, 2009). De acordo com Cunha *et al.* (2019) o processo de deterioração é natural e inerente ao metabolismo do grão, entretanto o ataque de agentes bióticos afeta a viabilidade e vigor do produto. Ainda segundo Cunha *et al.*, (2019) o tratamento das sementes no processo de armazenamento pode reduzir o desenvolvimento de agentes indesejados e agregar valor às sementes, pois sua prática é eficiente no que diz respeito ao controle dos agentes patógenos.

No intuito de armazenar a soja, recomenda-se que ela possua em torno de 11% de base úmida, após o processo de secagem, assim trabalha-se em uma margem de segurança e evita-se a ocorrência de trincas durante o manuseio (DE SOUSA *et al.*, 2008). Segundo Faroni (1998) os principais fatores influentes na qualidade do armazenamento são umidade e temperatura. Manter a massa de grãos a baixas temperaturas favorece a preservação da qualidade do grão, pois reduz a atividade biológica de insetos e contém a proliferação de fungos (LAZZARI, 1997).

Para a classificação da soja, em referência à Instrução normativa do MAPA nº 11, de 15 de maio de 2007, leva-se em consideração os requisitos de identidade e qualidade intrínseca e extrínseca, de amostragem e de marcação ou rotulagem, identificando teor de

grãos queimados, ardidos, mofados, fermentados, germinados, danificados, imaturos e chochos, além da condutividade elétrica.

2.4 Fungos e o armazenamento de soja

Em alusão à Ely (2018) os grãos mofados, especificamente, são aqueles grãos ou pedaços de grãos que indicam a olho nu a presença de fungo em forma de mofo ou bolor. A presença de mofo é resultante da proliferação de fungos nos grãos armazenados sob umidade, como consequência tem-se o processo acelerado de deterioração do grão de soja (SRAVANTHI *et al.*, 2013).

Para unidades armazenadoras os tipos comuns de fungos encontrados são do gênero *Aspergillus* e *Penicillium*, sendo o *Aspergillus flavus* o de maior ocorrência para a soja (HENNING, 2005). Os fungos advindos do campo, chamados de fitopatogênicos, comumente encontrados, englobam o *Fusarium* spp, *Cercospora kikuchii* e *Fusarium pallidoroseum*, entretanto acabam perdendo sua viabilidade quando sujeitos ao armazenamento. Algumas espécies do gênero *Fusarium* são responsáveis pela produção de micotoxinas, substâncias que podem provocar efeitos tóxicos a seres humanos e animais.

De acordo com dados levantados por Henning e Lorini (2019) em relação à safra de soja de 2017/18, o *Aspergillus flavus* apresentou ocorrência de 2,91% na média nacional produzida, sendo o Rio Grande do Sul e Goiás os estados de maior incidência, 7,95% e 3,65%, respectivamente. Ainda segundo Henning e Lorini (2019), o fungo de campo *Fusarium graminearum* apresentou índice de incidência baixo, em torno de 0,10% na média nacional, com os estados sulistas evidenciando maior ocorrência, 3,5% em amostra obtida no Paraná (Ponta Grossa) e em Santa Catarina (Xanxerê), associando-se a este fato situações de alta umidade e temperaturas mais amenas.

A presença de alguns tipos de fungos, segundo Goulart (2018) pode ser prejudicial à semente de soja. Ele cita que fungos provenientes do campo, como *Phomopsis sojae* e *Fusarium semitectum* podem afetar a capacidade germinativa do grão, assim como *Aspergillus flavus*, entretanto este último tem contaminação a partir do armazenamento. Outros efeitos originados a partir da presença de patógenos, ainda segundo Goulart (2018), é a deterioração do grão, desenvolvimento deficiente da plântula, escurecimento seguido de murchamento das folhas e consequente morte, além de apodrecimento da haste da vagem. Em contrapartida, há muitas espécies de fungos frequentemente encontradas,

tanto em campo quanto no armazenamento, que não são diretamente prejudiciais à semente de soja, como *Alternaria alternata*, *Cladosporium* spp. e *Curvularia* spp.

2.5 Manutenção da qualidade de grãos armazenados

Por relevância, sabe-se que a umidade é um fator de extrema importância no processo de pós-colheita da soja, pois além de ser determinante no que diz respeito à presença de fungos durante o processo de armazenamento, ela tem capacidade de afetar o potencial de germinação e o vigor do grão (BRANDELERO *et al.*, 2019). Para Faroni *et al.* (2018), propiciar condições favoráveis à armazenagem do grão de soja viabilizam o mínimo de mudança possível das variáveis físicas e químicas do mesmo, como temperatura, umidade, oxigenação, insetos, entre outros.

Dentre as variáveis de interesse na análise do produto armazenado tem-se o teor de água como fator crucial. A capacidade do grão de dessorção ou adsorção de vapor d'água do ar circundante afeta a concentração final de água na soja, reduzindo ou elevando sua atividade biológica e conseqüentemente a velocidade de deterioração (BOTELHO *et al.*, 2019). A partir da ocorrência de atividade biológica no armazenamento, há possibilidade de perda qualitativa e quantitativa. Perda qualitativa diz respeito à redução de valores nutritivos, germinativos e comerciais. As perdas quantitativas referem-se à redução de matéria seca na massa total dos grãos (TIBOLA *et al.*, 2011; DE BARROS FRANÇA-NETO *et al.*, 2016).

Amparado em dados obtidos por Ely (2018) em estudo realizado para determinar a influência das variáveis tempo de armazenamento, temperatura e teor de água no grão, a soja armazenada com teor de água igual a 12% apresenta total viabilidade para diferentes gradientes de temperatura (15°C, 25°C e 35°C) em relação à proliferação de fungos (mofo) ao longo de um período de 180 dias, ao passo que para teores de água de 15 e 18%, mantidos às mesmas condições de tempo e temperatura, apresentam contaminação excessiva.

No tocante que diz respeito ao teor de óleo extraído e de proteína presente no grão sujeito ao armazenamento por 90 dias em sacos de nylon, sob temperatura média variando entre 23,4 e 27,0°C, e teor de água médio igual a 10%, o teor percentual de proteína apresentou redução durante o processo, equivalente a 2,67%. Em relação à taxa de extração de óleo é possível observar aumento percentual de 2,61% em média (SONNTAG, 2021). Segundo Melo *et al.*, (2020), para proporcionar grãos de qualidade, que visem minimizar as alterações em teores de óleo e proteína, bem como redução no

custo de industrialização, deve-se armazenar a soja com teor de água de 12% e temperatura abaixo de 16°C.

3 METODOLOGIA

3.1 Planejamento e execução do experimento

Este trabalho teve como localidade de realização a Área Experimental de Engenharia de Processos do Departamento de Engenharia Agrícola situado na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Os grãos de soja utilizados são originários da fazenda experimental da UFLA. Em seu desenvolvimento, buscou-se avaliar a eficiência de aplicação de antifúngico líquido, pelo período de 6 meses (abril a outubro) em grãos de soja armazenados em tambores metálicos e silos bolsa. Foram dispostos 3 tratamentos para os tambores e 3 tratamentos para os silos bolsa, com suas respectivas repetições. Cada tratamento corresponde a uma dosagem diferente do antifúngico aplicado nos grãos de soja, sendo um deles usado como testemunha (Tabela 1).

Tabela 1 – Tratamentos com aplicação do antifúngico líquido em grãos de soja com diferentes dosagens

Armazenamento em tambores (kg de antifúngico/ton de soja)	Armazenamento em silos bolsa (kg de antifúngico/ton de soja)
T0 – Sem antifúngico	S0 – Sem antifúngico
T1 – Com 1kg/ton	S1 – Com 1kg/ton
T2 – Com 2kg/ton	S2 – Com 2kg/ton

Para sua realização o trabalho demandou a construção de uma área experimental, onde foram alocados os tambores e os silos bolsa. Ao medir devidamente as dosagens, o antifúngico foi misturado à soja com o auxílio de uma betoneira nova para evitar contaminações. O material obtido foi pesado e colocado nos tambores e silos bolsa. O peso inicial do produto colocado nos tambores foi de 140 kg cada e nos silos bolsa 170 kg cada, sendo posteriormente fechados e vedados para evitar interferência de agentes externos. Para medição da temperatura e da umidade relativa no interior da massa de grãos acoplou-se termômetro em cada um dos tratamentos, além de um termômetro para

realizar as mesmas medições em ambiente externo. Houve monitoramento durante todo o período do experimento, com coletas realizadas semanalmente.

No decorrer do experimento as coletas foram feitas periodicamente e submetidas a análises físicas e biológicas. A periodicidade das análises foi representada na Tabela 2.

Tabela 2 – Análises laboratoriais com respectiva frequência de coleta

Análises Laboratoriais	Frequência de Coletas
Parâmetros físicos	(meses em que houve coleta)
Teor de água	abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro
Microscopia eletrônica de varredura	abril, julho, outubro
Evolução de dióxido de carbono	abril e outubro
Temperatura e Umidade relativa	semanal
Parâmetros biológicos	
Atividade da água	abril, junho, agosto e outubro
Incidência de fungos	abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro

Figura 1 – Detalhes das dimensões do tambor metálico construído para o armazenamento da soja

MODELO TAMBOR DE ACO INOX TAMPAS REMOVÍVEL – 200 Litros – Espessura 0,6 mm				
Capacidade	(A) Altura (cm)	(B) Diâmetro tambor (cm)	(C) Espaço entre flange (cm)	(D) Diâmetro flange (cm)
200 Litros	84,9 ± 0,3	61,0 ± 0,5	11,44	5,08

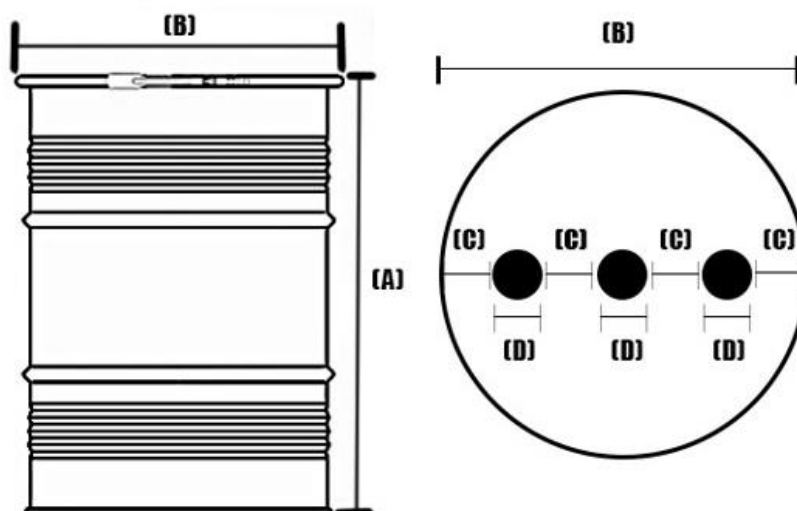
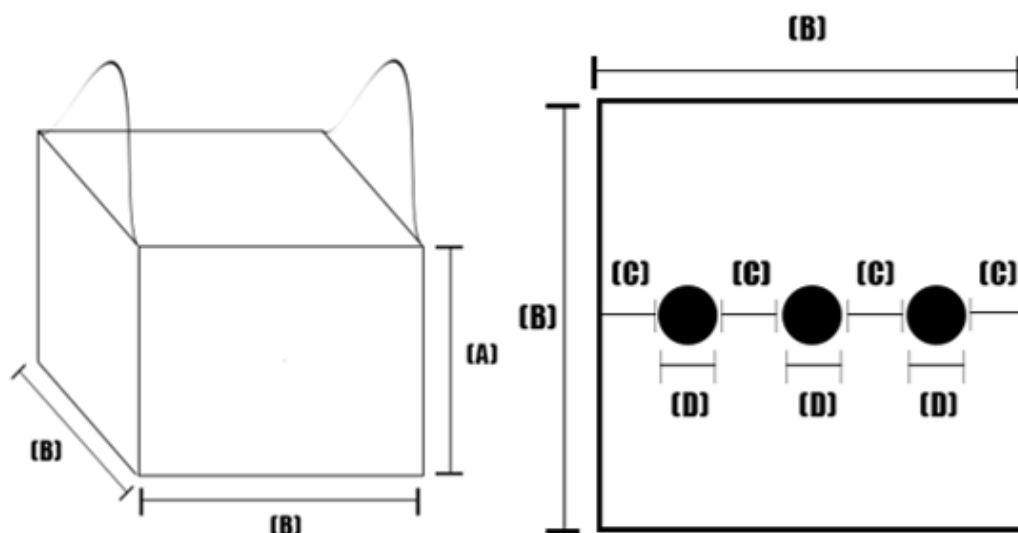


Figura 2 – Detalhes das dimensões do silo bolsa feito para armazenamento da soja

BIBBAG POLIPROPILENO – 500 QUILOS				
Capacidade	(A) Altura (cm)	(B) Base (cm)	(B) Base (cm)	(D) Diâmetro flange (cm)
500 Quilos	70	90	90	5,08



3.2 Temperatura e Umidade Relativa

O monitoramento das condições ambientais e do ar intergranular, como temperatura e umidade relativa, proporciona condições que visam evitar a respiração da massa de grãos e a deterioração do produto armazenado por longos períodos de tempo (KONG & CHANG, 2013; CORADI et al., 2020; LI et al., 2020). Na massa de grãos armazenados, temperaturas acima dos 25°C podem ser indicadores de deterioração, crescimento e reprodução de insetos ou fungos (MAIER et al., 2010).

Grãos de soja armazenados a temperatura média de 20 a 25°C, com umidade relativa do ar em torno de 65 a 70%, geralmente apresentam baixa incidência de micotoxinas (SADHASIVAM et al., 2017; TOSO et al., 2017).

Para obtenção da Temperatura (°C) e Umidade Relativa (%) do ambiente, realizou-se medições semanais. Na parte externa foi utilizado um termo higrômetro do modelo Thermopro TP-357, além de obter para as mesmas datas as medições de Temperatura (°C) e Umidade Relativa (%) realizadas por a estação meteorológica convencional da UFPA disponível na base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Na parte interna dos tambores e silos bolsa utilizou-se um termo

higrômetro colocado na parte central para medições semanais de Temperatura (°C) e Umidade Relativa (%).

3.3 Evolução de dióxido de carbono

Ao processo de deterioração dos grãos, os fungos, insetos e ácaros, além do metabolismo do próprio grão, são os responsáveis pela produção das variáveis CO₂, umidade e calor. Portanto a evolução de CO₂, bem como a incidência de seus níveis elevados no armazenamento dos grãos, contemplam a presença de insetos, fungos ou respiração excessiva, fatores causadores da deterioração do produto armazenado (MAIER et al., 2010; NEETHIRAJAN et al., 2010; KAUSHIK & SINGHAI, 2019).

Valores de CO₂ em torno de 1100ppm indicam deterioração inicial, entre 1100 e 3500ppm aponta leve infestação de insetos e microrganismos, de 3500 a 5000ppm alta infestação de insetos e microrganismos, 5000 a 9000ppm aponta deterioração grave, e valores acima de 10000ppm indicam condições muito inadequadas de armazenamento segundo Neethirajam *et al.* (2010).

Para determinar a concentração de CO₂ foi usado um equipamento que realiza a leitura da quantidade de CO₂ presente em um frasco adaptado com tampa rosqueável, onde as amostras ficam armazenadas pelo período de 30 dias, cada uma em um frasco. Caso a leitura exceda 30% de CO₂ antes dos 30 dias de análise, a amostra é descartada.

3.4 Teor de água

A determinação do teor de água nos grãos foi procedida pelo uso de uma estufa a 105 °C ± 1 °C durante 24 horas ± 0,5 h, de acordo com a Regra para Análises de Sementes (BRASIL, 2009). A partir da diferença de peso entre a massa inicial e a massa final do produto, após colocado na estufa, foi obtido o teor de água nos grãos.

Durante o tempo de armazenamento dos lotes (6 meses) o teor de água das amostras coletadas foi medido mensalmente e no momento inicial de armazenagem.

3.5 Atividade de água

A água disponível para o desenvolvimento microbiano e reações responsáveis pela deterioração são caracterizados pelo termo atividade de água (Aw). Desta forma, mensurar a atividade de água possibilita a avaliação da disponibilidade de água no

alimento sujeita às reações químicas e enzimáticas, bem como o crescimento de microrganismos como fungos, bactérias e leveduras.

Frente à diminuição da atividade de água em um alimento, os fungos são classificados como os microrganismos mais resistentes, diretamente responsáveis pela deterioração onde a faixa de atividade de água se situa entre 0,61 e 0,70 devido à inatividade de bactérias, extinguindo a competição (BEUCHAT, 1983).

No experimento realizou-se a análise da atividade de água através do ponto de orvalho com o auxílio do equipamento Aqualab series 3TE, da marca Decagon Devices.

3.6 Incidência de fungos

O papel de filtro (“blotter test”) é o principal método para a identificação de fungos através da análise de sementes de soja. Trata-se do método mais eficaz quando se fala da cultura da soja, é perfeitamente viável e experimentalmente comprovado quanto ao funcionamento (HENNING, 2005).

Para execução do método do Papel de Filtro (“blotter test”) ou teste de incubação em Substrato de Papel, faz-se o uso de 400 sementes, dispostas individualmente sobre uma camada umedecida de papel de filtro, no interior de recipientes do tipo placas de petri, gerboxes ou equivalentes. O recipiente deve ser tampado com material transparente para proporcionar passagem integral de luz incidente. Os recipientes são distribuídos sob lâmpada de luz fluorescente branca com distância de 30 a 40 cm, em câmaras que propiciam à temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ um fotoperíodo de 12 horas durante 7 ou 8 dias. A análise das sementes é realizada individualmente utilizando um estereomicroscópio com resolução de 30 a 80X, a partir da ocorrência de frutificações inerentes ao processo de proliferação dos fungos. Os resultados são apresentados em percentagem de ocorrência dos fungos, adotando duas casas decimais (BRASIL, 2009).

3.7 Microscopia eletrônica de varredura

As sementes com crescimento fúngico foram seccionadas e fixadas em solução Karnovsky modificado (glutaraldeído 2,5%, paraformaldeído 2,5%, tampão cacodilato 0,05 M, CaCl_2 0,001 M, pH 7,2) por um período de no mínimo 24 h. Em seguida, as amostras foram lavadas três vezes durante 10 min em tampão cacodilato 0,05 M e desidratadas em série crescente de acetona de 25%, 50%, 75%, 90%, por 10 min em cada, e em 100% por três vezes de 10 min. Após a desidratação, as amostras foram levadas ao

aparelho de ponto crítico Balzers CPD 030, para substituição da acetona por CO₂ e complementação da secagem. Em seguida, as amostras foram montadas em suportes de alumínio stubs com fita de carbono sobre uma película de papel alumínio e metalizadas com ouro no evaporador Balzers SCD 050. As observações microscópicas foram realizadas no Microscópio Eletrônico de Varredura de Ultra-alta Resolução de Emissão de Campo, MEV-FEG, Tescan Clara, do Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultraestrutural da Universidade Federal de Lavras - LME/UFLA. As imagens foram geradas e registradas digitalmente, nas condições de trabalho de 20 Kv, distância de trabalho de 6,5 a 9,95 mm e modo de escaneamento UH-RESOLUTION.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da Temperatura e Umidade Relativa durante o armazenamento

4.1.1 Temperatura e Umidade Relativa no ambiente (INMET)

Nas Figuras 3 e 4 estão apresentados os dados de temperatura e umidade relativa obtidos do INMET correspondente à estação meteorológica convencional da UFLA, caracterizando as condições do ambiente de armazenamento, durante todo período de realização do experimento.

Figura 3 – Temperatura do ambiente ao longo dos 6 meses de armazenamento

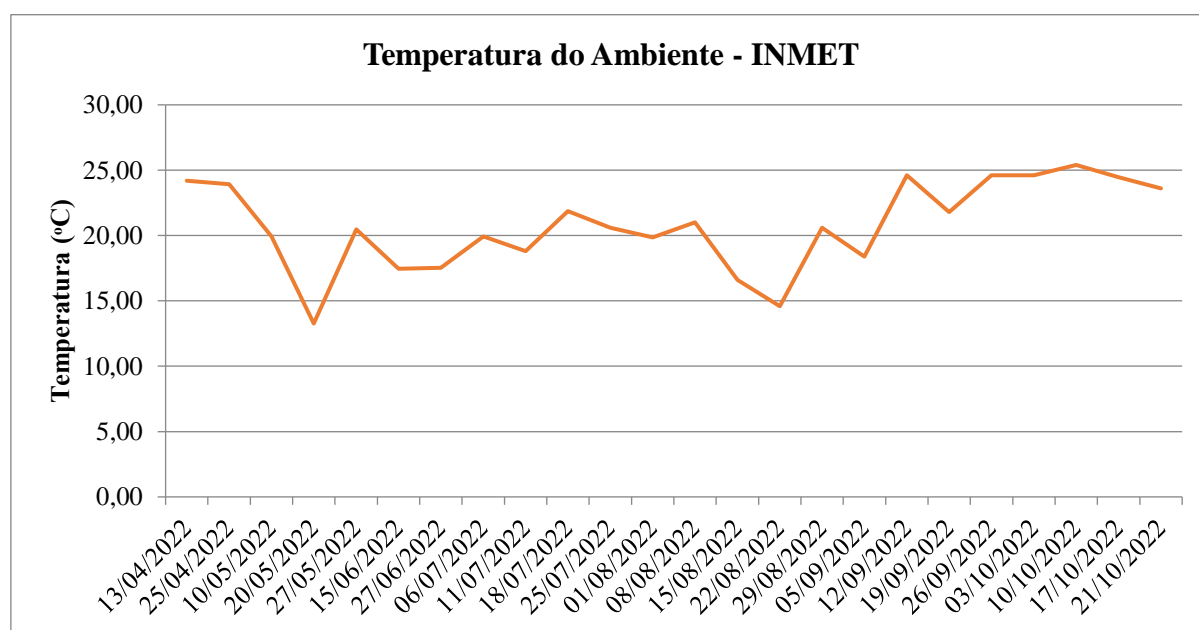
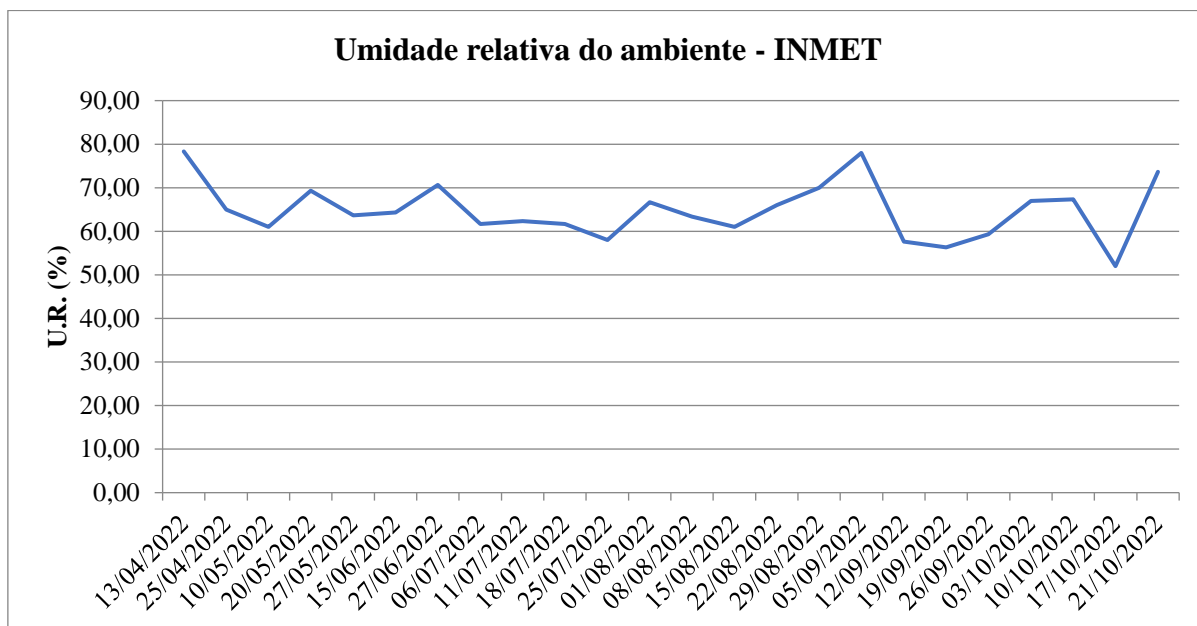


Figura 4 – Umidade Relativa do ambiente ao longo dos 6 meses de armazenamento



Os dados coletados referentes à temperatura e umidade relativa, obtidos do termo higrômetro na área experimental que caracterizam as condições de armazenamento durante o período de realização do experimento estão apresentados nas Figuras 5 e 6.

Figura 5 – Temperatura do ambiente ao longo dos 6 meses de armazenamento

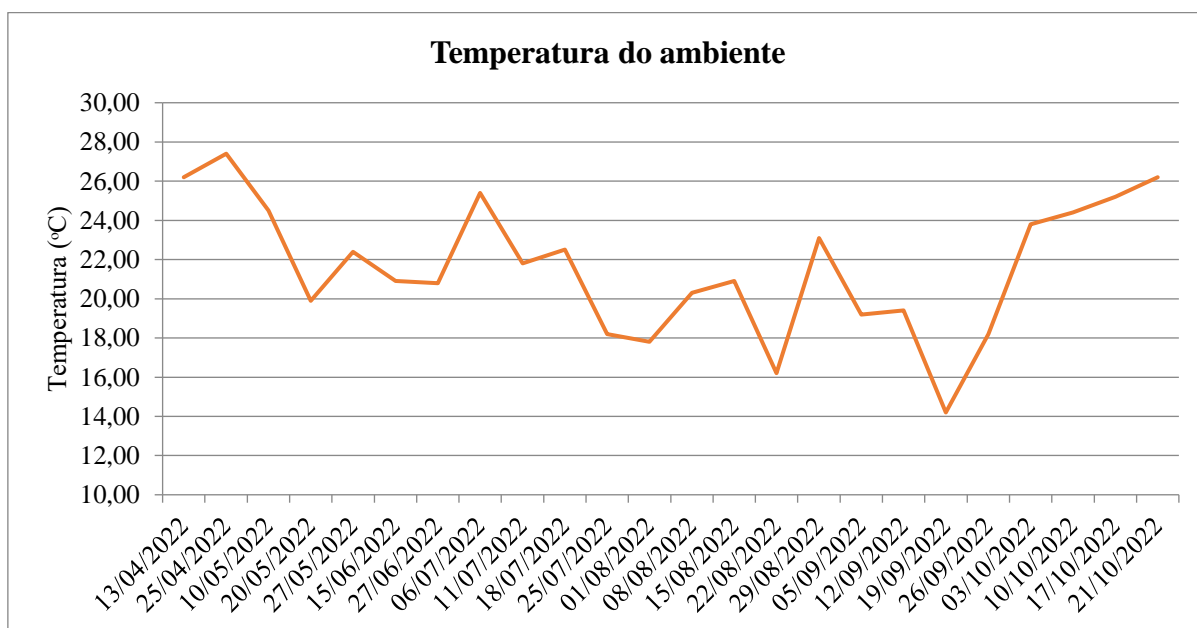
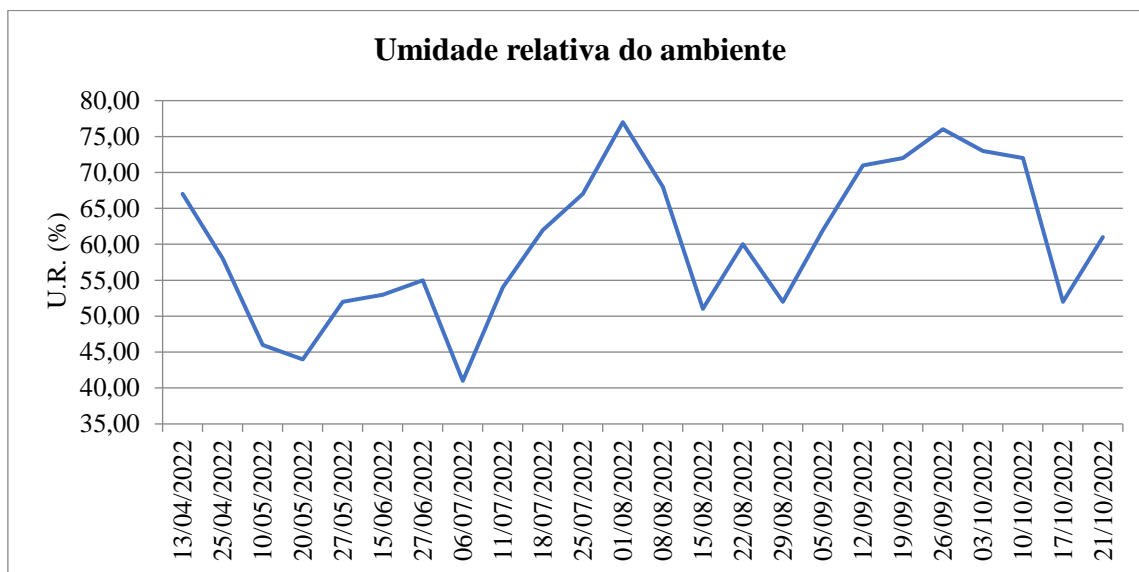


Figura 6 – Umidade Relativa do ambiente ao longo dos 6 meses de armazenamento



De acordo com os dados coletados no ambiente de armazenamento, ao longo dos três primeiros meses de experimento (abril, maio e junho) observou-se uma variação de temperatura de aproximadamente 7°C, sendo a máxima de 27°C e a mínima de 20°C. Quanto à umidade relativa, houve variação de 45 a 67% no mesmo período. Durante o mês de agosto até o fim de setembro a temperatura mínima registrada foi de 14°C, caracterizando assim um período mais frio. Já em outubro as temperaturas atingiram os 26°C. Um aumento da umidade relativa ocorreu no mês de julho, chegando ao ápice de 76%, apresentando média de 70% no mês de setembro, caracterizado por pequenas variações.

Os dados obtidos pelo INMET apresentam menores variações diárias para temperatura e umidade relativa, seus valores são baseados na média diária, onde a leitura é feita várias vezes ao longo do dia, sendo mais confiável e condizente com a realidade em relação ao termo higrômetro, que realiza a leitura apenas uma vez ao dia.

4.1.2 Temperatura e Umidade Relativa Interna dos tratamentos

Os dados coletados em referência à temperatura e umidade relativa internamente aos tambores e silos bolsa, que representam a massa de grãos de soja armazenados em cada tratamento estão representados nas Figuras 7 a 10.

Figura 7 – Temperatura interna dos tratamentos de soja armazenados em tambores, ao longo dos 6 meses do experimento

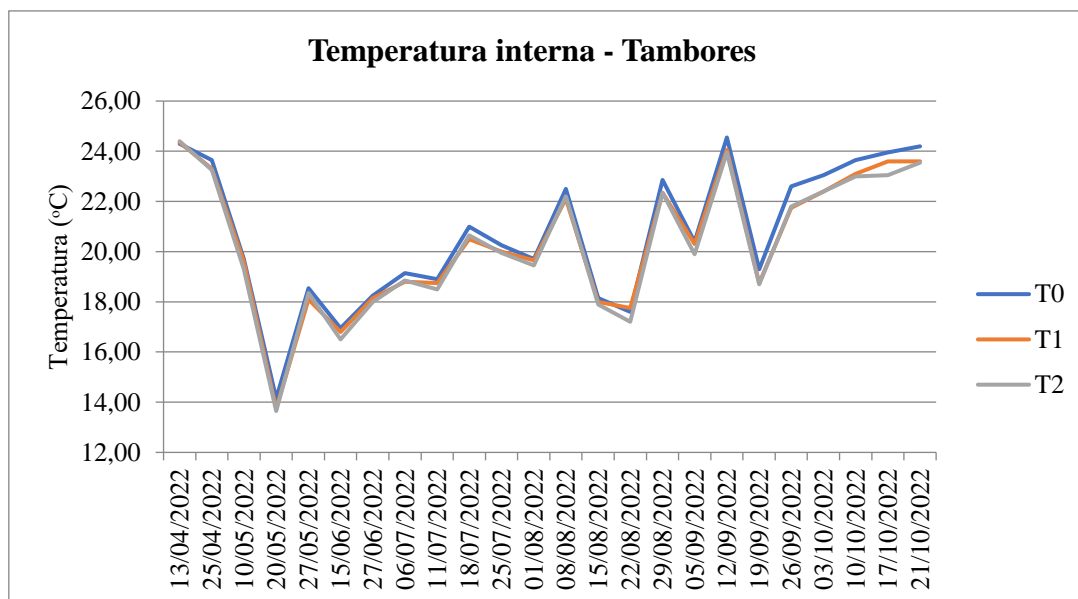


Figura 8 – Umidade relativa interna dos tratamentos de soja armazenados em tambores, ao longo dos 6 meses do experimento

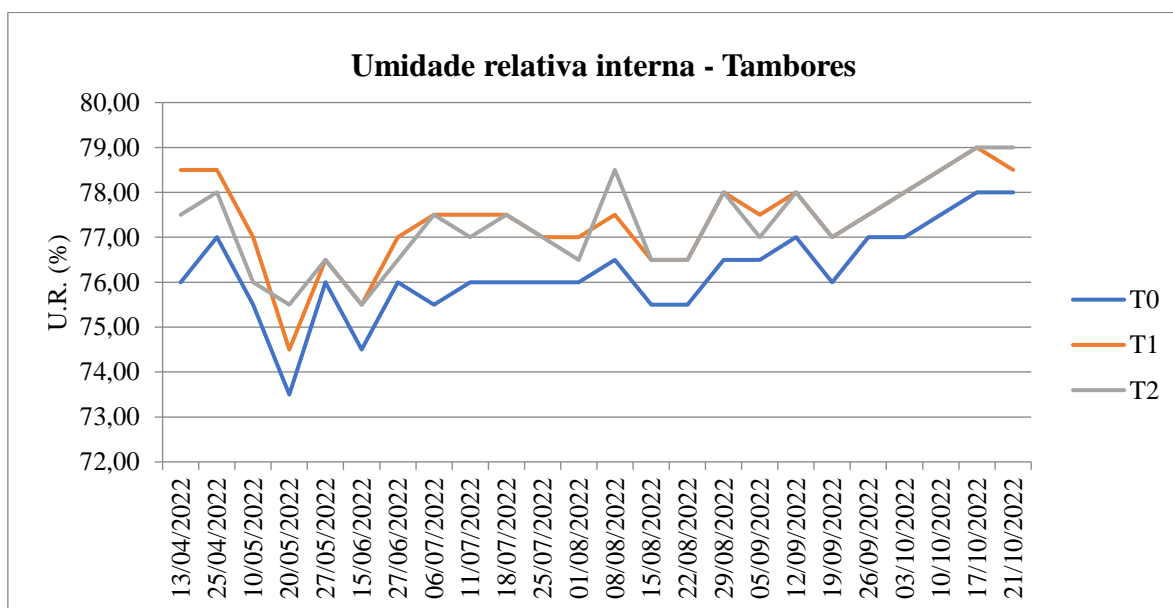


Figura 9 – Temperatura interna dos tratamentos de soja armazenados em silos bolsa, ao longo dos 6 meses do experimento

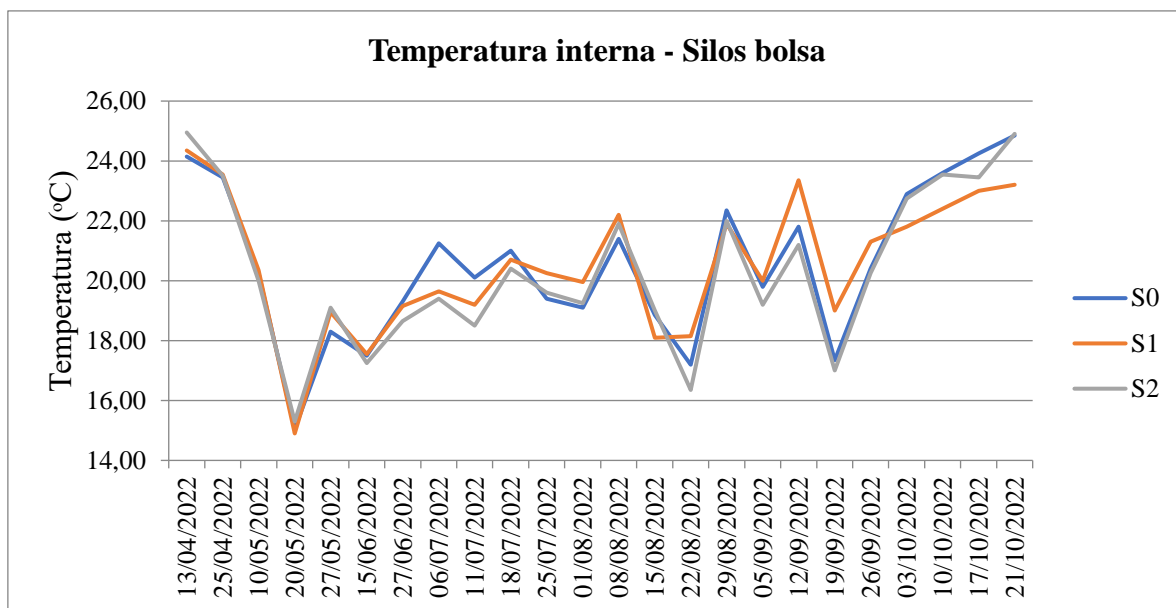
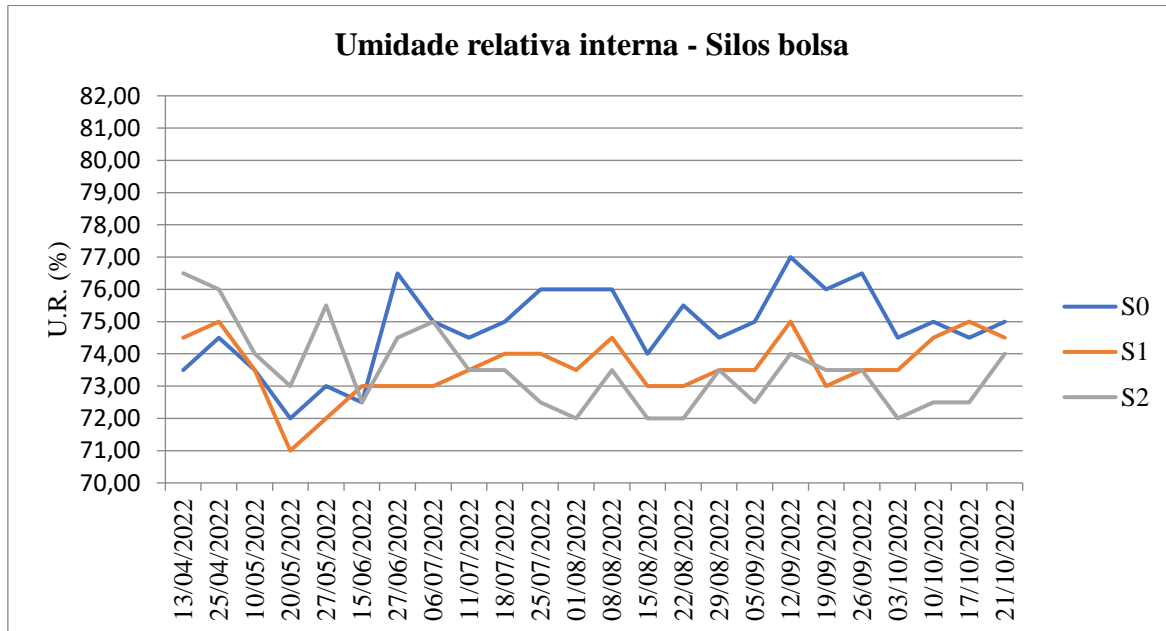


Figura 10 – Umidade relativa interna dos tratamentos de soja armazenados em tambores, ao longo dos 6 meses do experimento



A partir da análise das temperaturas medidas no interior da massa de grãos, é possível observar uma variação semelhante entre todos os tratamentos dos tambores ao longo dos meses, exceto para T0, que, em relação aos demais, apontou aumento entre os meses de setembro e outubro. Os silos apresentaram pequena variação de temperatura

entre os tratamentos, onde S0 teve maiores índices nos meses de julho e outubro e S1 em setembro. Nos meses restantes houve equilíbrio e alternância. A umidade relativa interna dos silos apontou divergências entre os tratamentos, onde S2 apresentou maiores índices entre abril e maio e decaiu nos meses seguintes, ao passo que S0 indicou aumento e a partir de então permaneceu com os maiores índices de umidade relativa até outubro. Para os tambores, os tratamentos T1 e T2 apresentaram as maiores medições de umidade relativa ao longo de todo o experimento, o que pode ser justificado pela adição de antifúngico líquido, que conseqüentemente aumenta o teor de água dos grãos tratados.

4.2 Evolução de Dióxido de Carbono

As coletas para análise da evolução de CO₂ nos silos bolsa (S0, S1 e S2) foram realizadas em abril (coleta 1) e agosto (coleta 3), ao passo que para os tambores (T0, T1 e T2) a coleta foi feita nos meses de junho (coleta 2) e outubro (coleta 4). Os resultados estão expostos nas Tabelas 3 e 4 e Figuras 11 e 12.

Tabela 3 – Evolução de CO₂ dos tratamentos de soja S0, S1, S2, correspondente a coleta 1 e 3

	Data	CO ₂ (%)		
		S0	S1	S2
Coleta 1	10/05/2022	0,61	0,29	0,33
	12/05/2022	0,90	0,33	0,48
	16/05/2022	1,27	0,69	0,52
	18/05/2022	1,61	0,87	0,68
	20/05/2022	0,76	0,64	0,62
	23/05/2022	0,91	0,71	0,65
	25/05/2022	1,01	0,76	0,77
	31/05/2022	1,26	0,88	0,98
	02/06/2022	1,19	0,84	0,95
	06/06/2022	1,60	1,00	1,05
	09/06/2022	1,58	1,00	1,08
10/06/2022	1,60	1,05	1,09	
Coleta 3	29/08/2022	1,68	0,46	0,30
	30/08/2022	1,82	0,38	0,26
	01/09/2022	1,59	0,54	0,34
	05/09/2022	2,14	0,89	0,42
	08/09/2022	2,25	1,10	0,51
	09/09/2022	2,49	1,14	0,52
	12/09/2022	2,43	1,41	0,60
14/09/2022	2,43	1,52	0,53	

	16/09/2022	2,84	1,67	0,62
	21/09/2022	3,06	2,03	0,70

Figura 11 – Evolução de CO₂ dos tratamentos de soja S0, S1, S2, correspondente a coleta 1 e 3.

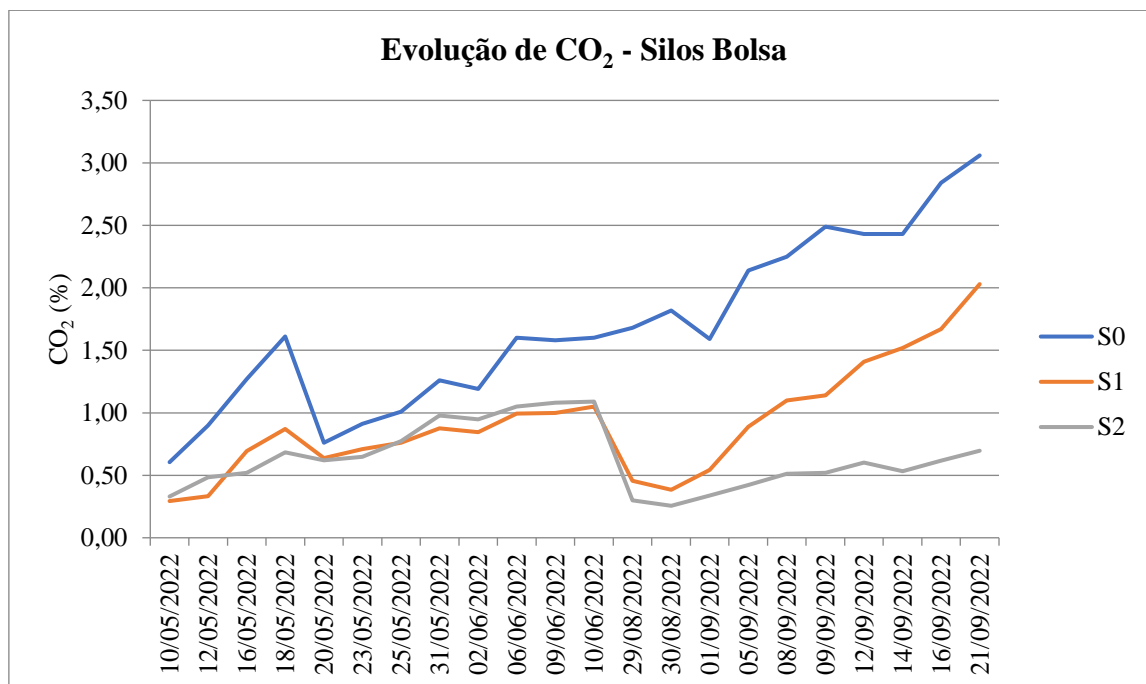
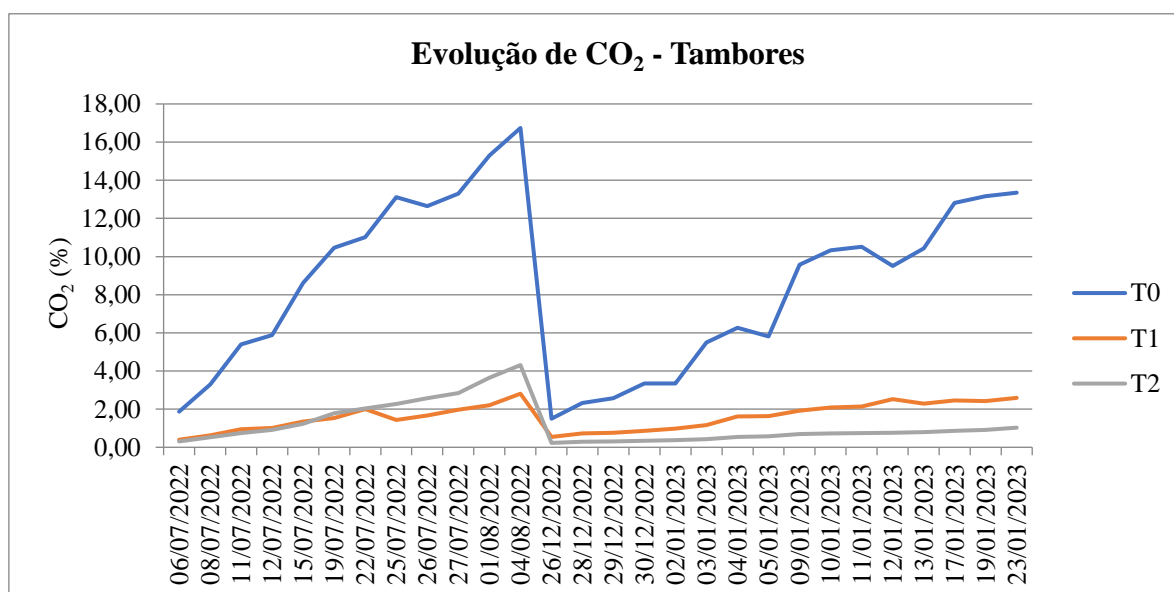


Tabela 4 – Evolução de CO₂ dos tratamentos de soja T0, T1, T2, correspondente a coleta 2 e 4

Data	CO ₂ (%)			
	T0	T1	T2	
06/07/2022	1,87	0,40	0,31	
08/07/2022	3,30	0,63	0,53	
11/07/2022	5,40	0,95	0,74	
12/07/2022	5,88	1,01	0,92	
15/07/2022	8,62	1,35	1,23	
19/07/2022	10,46	1,53	1,79	
22/07/2022	11,01	2,00	2,03	
25/07/2022	13,12	1,43	2,28	
26/07/2022	12,65	1,67	2,58	
27/07/2022	13,30	1,97	2,84	
01/08/2022	15,29	2,21	3,65	
04/08/2022	16,74	2,81	4,31	
Coleta 4	26/12/2022	1,50	0,55	0,23

28/12/2022	2,32	0,72	0,29
29/12/2022	2,57	0,76	0,31
30/12/2022	3,35	0,86	0,34
02/01/2023	3,34	0,98	0,38
03/01/2023	5,50	1,17	0,42
04/01/2023	6,26	1,61	0,54
05/01/2023	5,82	1,63	0,59
09/01/2023	9,58	1,92	0,70
10/01/2023	10,32	2,09	0,72
11/01/2023	10,52	2,13	0,75
12/01/2023	9,50	2,53	0,75
13/01/2023	10,43	2,29	0,80
17/01/2023	12,81	2,45	0,87
19/01/2023	13,17	2,43	0,91
23/01/2023	13,35	2,59	1,03

Figura 12 – Evolução de CO₂ dos tratamentos de soja T0, T1, T2, correspondente a coleta 2 e 4



Nas coletas 1 e 3 observou-se um pequeno aumento na evolução de CO₂ durante todo o experimento para S0, S1 e S2, de 2,45%, 0,76% e 0,37%, respectivamente. Em relação às coletas 2 e 4, que foram realizadas nos tratamentos T0, T1 e T2, notou-se aumento de 11,48%, 2,19% e 0,72%, respectivamente, na evolução do dióxido de carbono. Percebe-se que T0 apresentou o maior aumento dentre todos os tratamentos.

Em comparação aos diferentes tipos de armazenamento, observou-se que grãos de soja armazenados em silos bolsa atingem níveis de CO₂ menores que os tambores, devido

ao fato de que há influência do método de armazenagem em relação ao grau de dióxido de carbono (OCHANDIO et al., 2017).

Diante da verificação de eficiência do antifúngico, avaliando isoladamente os métodos de armazenagem, é possível observar que as amostras de grãos onde não houve tratamento apresentaram maior evolução de CO₂. O grau de deterioração da soja está diretamente relacionado a este fator, que se desenvolve devido ao metabolismo dos grãos, fungos e insetos presentes na massa de grãos, portanto elevados níveis de CO₂ são indicativos confiáveis da presença de fungos no produto armazenado (MAIER et al., 2010; NEETHIRAJAN et al., 2010; KAUSHIK; SINGHAI, 2019). Este fato se consolida ao observar a pequena variação de CO₂ em tratamentos que receberam o antifúngico.

Ainda segundo Neethirajan et al. (2010), considerando valores de evolução de CO₂ entre 0,11 e 0,35% a indicação de infestação por insetos e microrganismos é leve, portanto, os valores iniciais de S1, S2 e T2 estão enquadrados neste limite, T1 inicial se enquadra entre 0,35 e 0,5%, e indicam infestação alta de insetos e infecção de microrganismos. De 0,5 a 0,9% a deterioração é grave, sendo o limite para condições perigosas de armazenamento, ocorrendo em S0. No caso de T0, onde as condições de armazenamento estão acima de 1%, o armazenamento é considerado altamente inadequado.

4.3 Teor de água

As análises do teor de água foram realizadas ao longo de todos os 6 meses de armazenamento dos grãos de soja, desde o momento inicial, sendo feita mensalmente para cada um dos tratamentos. Os resultados obtidos estão expressos na Tabela 5.

Tabela 5 – Teor de água dos grãos de soja armazenados em tambores e silos, antes e durante período de armazenamento

Amostra	Teor de Água (%)						
	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
T0	12,16aAB	13,65bC	14,09cdC	14,69dC	14,79dC	14,34cdB	14,48dC
T1	11,92aA	12,13abA	12,50bA	12,56bA	12,61bA	12,24abA	11,91aA
T2	12,68abB	12,82abB	13,12bB	12,95abA	13,15bB	12,66abA	12,49aB
S0	13,50aA	13,60aA	13,31aA	12,64aA	12,52aA	11,96aA	12,79aA
S1	11,66aA	11,82aA	11,85aA	12,01aA	12,10aA	11,42aA	12,66aA
S2	11,40aA	11,62aA	11,47aA	11,64aA	11,72aA	10,99aA	11,54aA

*A análise estatística refere-se apenas dentro do mesmo método de armazenamento. Os valores com as mesmas letras minúsculas na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Figura 13 – Teor de água dos grãos de soja armazenados em tambores, antes e durante período de armazenamento

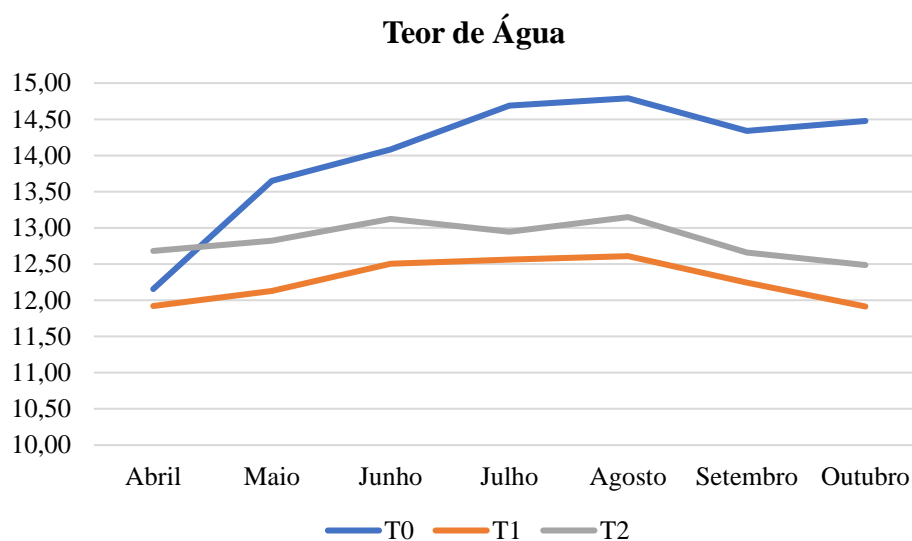
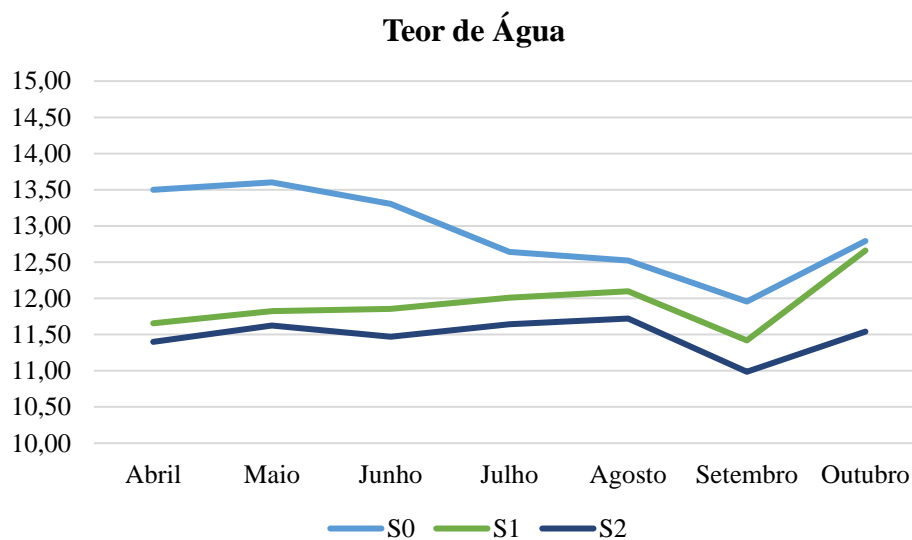


Figura 14 – Teor de água dos grãos de soja armazenados em silos bolsa, antes e durante período de armazenamento



Em relação aos dados obtidos percebe-se que T0 apresentou aumento significativo a partir de maio, sendo o tratamento com maior variação no teor de água, de aproximadamente 12 a 14,5%. T1 e T2, apesar de apresentarem pequenas variações ao longo do experimento, os valores iniciais e finais se mantiveram iguais estatisticamente. Para os grãos armazenados em silos bolsa não houve diferença significativa no teor de água ao longo dos meses de armazenamento, o mesmo ocorreu entre os tratamentos. De

acordo com Ochandio et al. (2017) a forma de armazenagem pode interferir na umidade dos grãos, pois pode ocorrer alterações no teor de água se estes tiverem contato com a umidade relativa do ambiente.

Segundo Mohler (2010), para armazenamento de soja no período de 1 a 5 anos, o teor de água deve estar na faixa de 9 a 12%, o que demonstra que T0 pode estar susceptível à degradação dos grãos, corroborando com Goulart (1997), que determina que o teor de água de soja para armazenamento deve ser inferior a 13,5%, especialmente em regiões quentes e úmidas.

4.4 Atividade de água

A análise de atividade de água (Aw) foi feita nos meses de abril, junho, agosto e outubro. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Atividade de água dos grãos de soja armazenadas em tambores e silos, antes e durante período de armazenamento

Aw – Tambores e silos				
Amostra	Abril	Junho	Agosto	Outubro
T0	0,724aA	0,780bB	0,789bB	0,783bBC
T1	0,714aA	0,737aA	0,741aA	0,732aA
T2	0,739aA	0,751aAB	0,745aA	0,757aAB
S0	0,747aA	0,742aA	0,730aA	0,762aA
S1	0,707aA	0,723aA	0,721aA	0,750aA
S2	0,707aA	0,705aA	0,709aA	0,739aA

*A análise estatística refere-se apenas dentro do mesmo método de armazenamento. Os valores com as mesmas letras minúsculas na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Figura 15 – Atividade de água dos grãos de soja armazenadas em tambores, antes e durante período de armazenamento

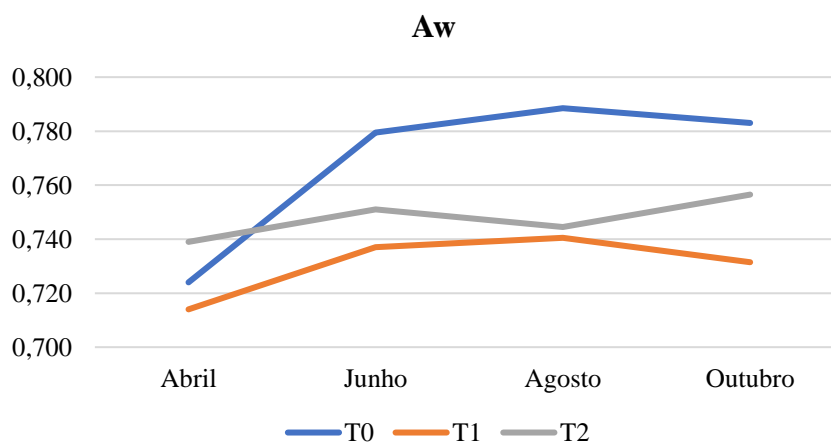
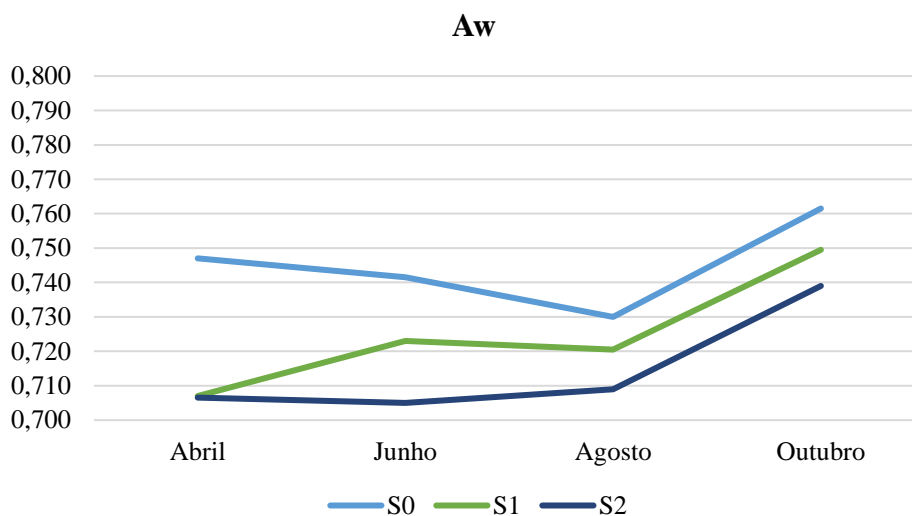


Figura 16 – Atividade de água dos grãos de soja armazenadas em silos bolsa, antes e durante período de armazenamento



A partir dos dados obtidos, observa-se que T0 foi o único tratamento que indicou diferenças significativas entre o início e fim do experimento. T1 e T2 não apresentaram variações significativas ao longo dos meses, assim como os tratamentos S0, S1 e S2.

De acordo com Da Silva et al. (2015) os fungos do gênero *Aspergillus*, *Penicillium* e *Eurotium* tem capacidade de se desenvolver sob condições de atividade de água inferiores a 0,85 e produzir micotoxinas. Visto que os tratamentos apresentam atividade de água na faixa de 0,70 a 0,79, todas estão sujeitas à presença dos fungos, entretanto quanto maior o valor da atividade de água, maiores as chances de agravar a proliferação fúngica, como acontece em T0. Outra alternativa é a inibição dos fungos através da aplicação de antifúngico.

4.5 Incidência de fungos

O comportamento e evolução dos principais fungos de armazenamento (*Aspergillus flavus* e *Penicillium* sp) estão representados nas Tabelas 7 e 8, com seus respectivos gráficos.

Tabela 7 – Incidência do fungo de armazenamento *Aspergillus flavus* e *Penicillium* nas amostras dos tambores ao longo dos 6 meses de armazenamento.

Amostra	Fungos (%)_Blotter Test	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
T0	<i>Aspergillus flavus</i>	4,63abA	4,88abA	0,25aA	13,88bB	8,75abA	13,75bB	10,63abB
	<i>Penicillium sp</i>	0,75aA	5,63abA	1,00aA	7,75abB	0,88aA	10,00bB	10,63bAB
T1	<i>Aspergillus flavus</i>	0,50aA	0,38aA	5,50aAB	0,75aA	1,25aA	1,88aA	1,25aA
	<i>Penicillium sp</i>	0,00aA	0,75aA	0,00aA	0,50aA	0,50aA	2,13aA	2,50aA
T2	<i>Aspergillus flavus</i>	0,75aA	0,50aA	0,75aA	0,50aA	2,50aA	1,00aA	1,25aA
	<i>Penicillium sp</i>	0,25aA	0,25aA	0,00aA	0,00aA	1,00aA	3,13aAB	1,88aA

*A análise estatística refere-se apenas para o mesmo fungo. Os valores com as mesmas letras minúsculas na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Figura 17 – Incidência do fungo de armazenamento *Aspergillus flavus* nas amostras dos tambores ao longo dos 6 meses de armazenamento.

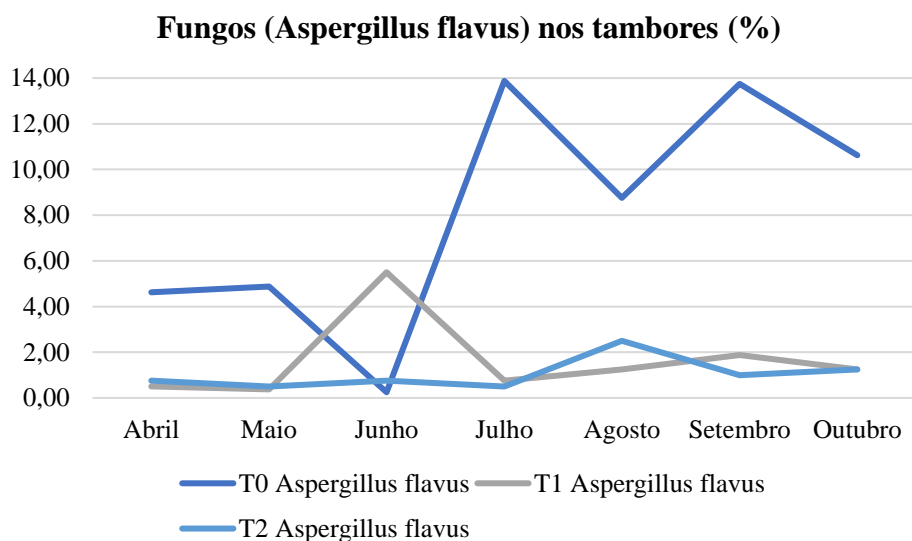


Figura 18 – Incidência do fungo de armazenamento *Penicillium* sp nas amostras dos tambores ao longo dos 6 meses de armazenamento.

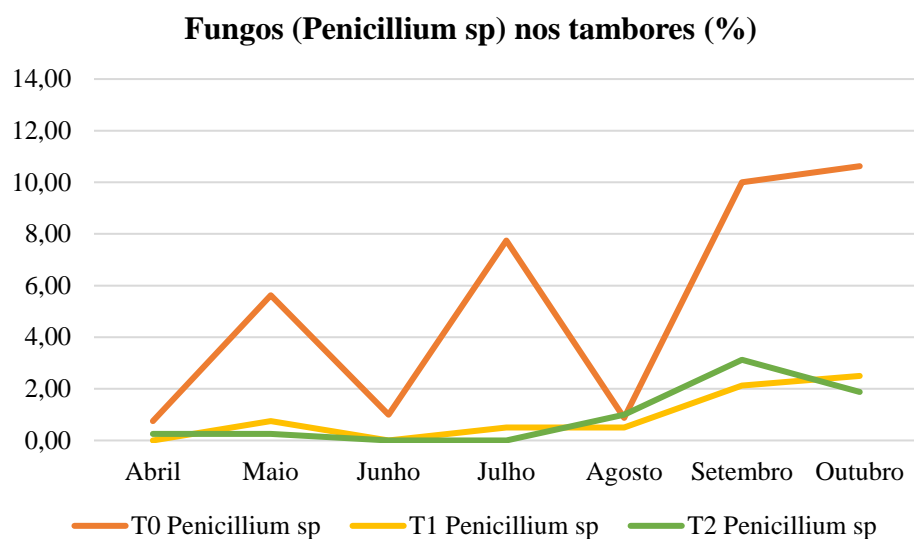


Tabela 8 – Incidência do fungo de armazenamento *Aspergillus flavus* e *Penicillium* nas amostras dos silos ao longo dos 6 meses de armazenamento.

Amostra	Fungos (%)_Blotter Test	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
S0	<i>Aspergillus flavus</i>	2,13aA	7,38aA	5,00aA	2,25aA	8,25aA	7,50aA	3,75aA
	<i>Penicillium</i> sp	6,25aA	16,50bB	2,75aA	0,63aA	8,25aA	6,88aA	3,88aA
S1	<i>Aspergillus flavus</i>	0,00aA	0,63aA	0,75aA	1,50aA	1,50aA	3,75aA	0,00aA
	<i>Penicillium</i> sp	6,25aA	0,88aA	0,00aA	0,50aA	0,00aA	3,38aA	1,00aA
S2	<i>Aspergillus flavus</i>	0,75aA	0,50aA	0,25aA	0,25aA	0,50aA	5,25aA	1,88aA
	<i>Penicillium</i> sp	0,25aA	0,75aA	0,00aA	0,63aA	0,25aA	5,63aA	1,25aA

*A análise estatística refere-se apenas para o mesmo fungo. Os valores com as mesmas letras minúsculas na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Figura 19 – Incidência do fungo de armazenamento *Aspergillus flavus* nas amostras dos silos bolsa ao longo dos 6 meses de armazenamento.

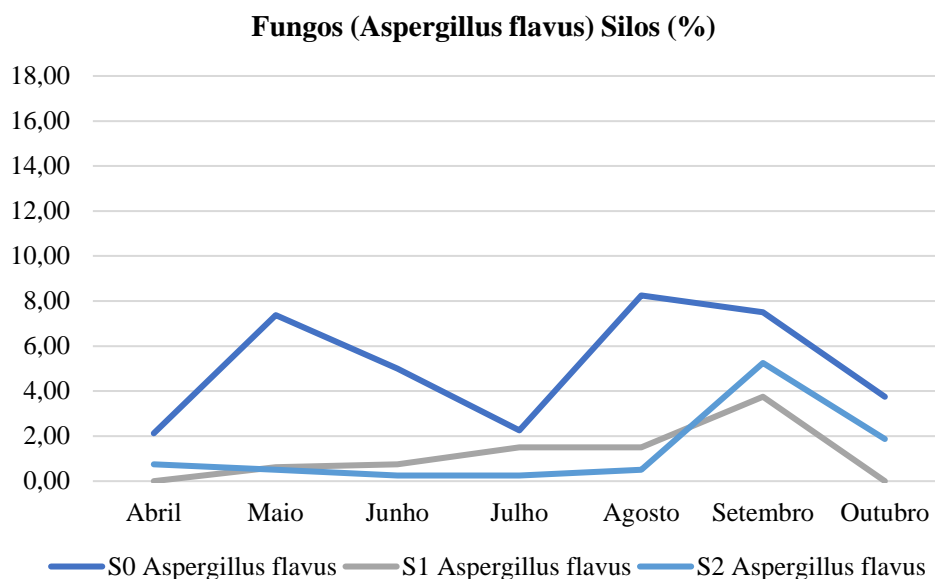
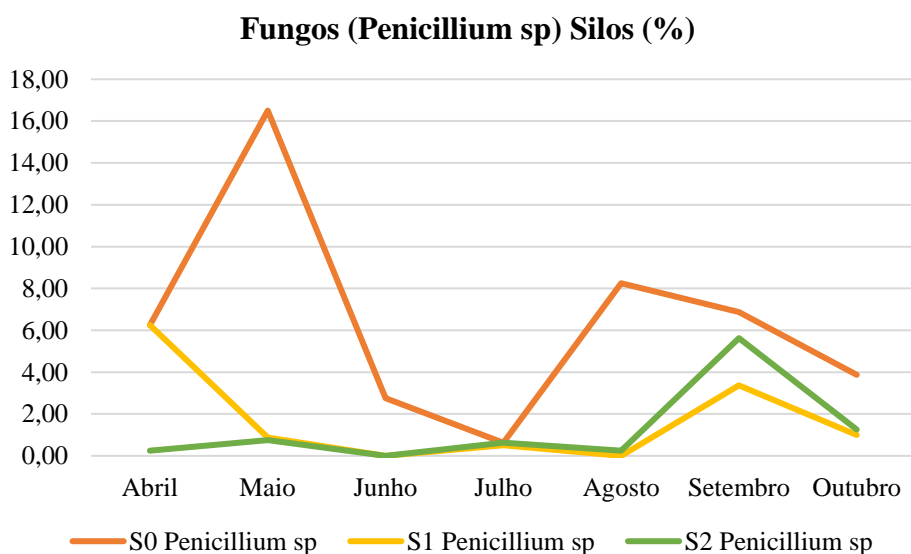


Figura 20 – Incidência do fungo de armazenamento *Penicillium sp* nas amostras dos silos bolsa ao longo dos 6 meses de armazenamento.



A partir da Tabela 7 pode-se observar que o tratamento T0 para o *Aspergillus flavus* não apresentou variação entre o início e o fim do experimento, entretanto em relação a T1 e T2 houve aumento significativo no resultado final. O *Penicillium sp* apontou aumento em T0 de 9,88%. T1 e T2 não apresentaram variação significativa ao longo dos meses para o *Aspergillus flavus* e para o *Penicillium sp*.

De acordo com análise de fungos para os silos bolsa, o tratamento S0 apresentou maior concentração de *Aspergillus flavus* e *Penicillium sp* em relação a S1 e S2 de abril

a outubro, entretanto nenhum deles apontou variações significativas ao fim do experimento. Em maio houve aumento significativo de *Penicillium sp* em S0. Para tratamentos onde não houve aplicação de antifúngico, o armazenamento em silos bolsa se mostrou mais eficiente.

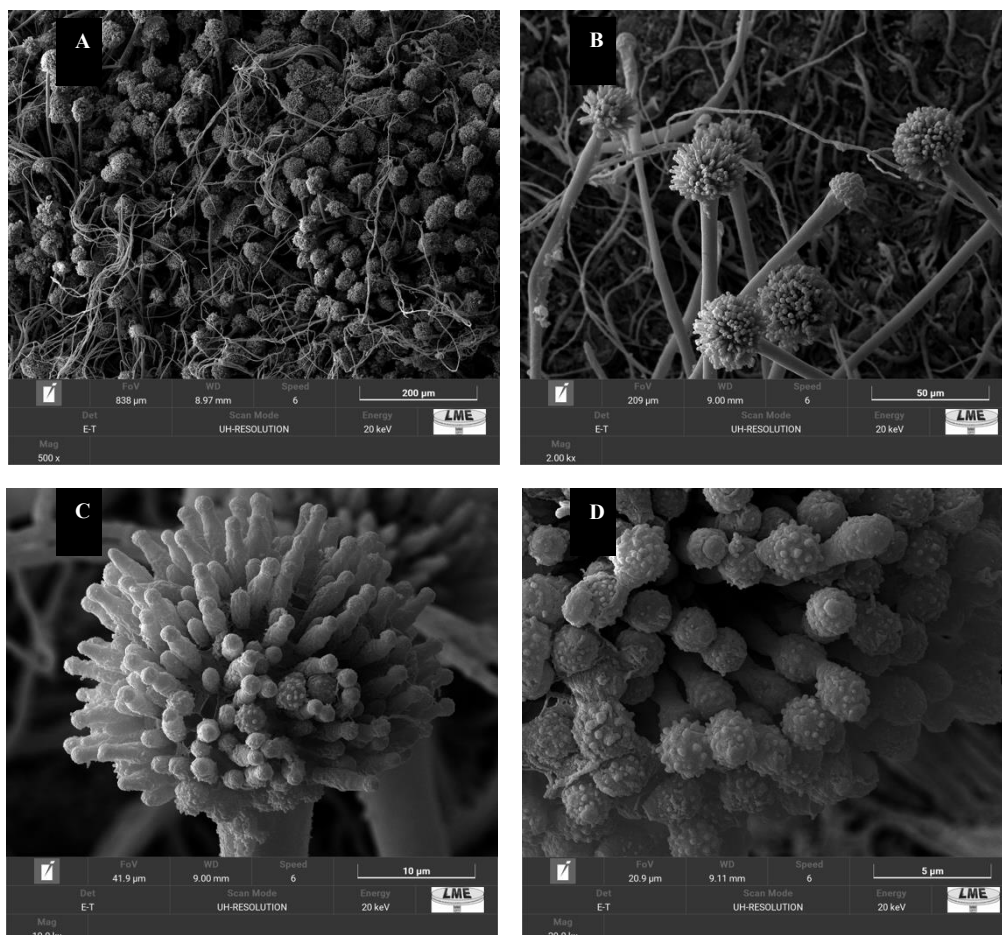
Segundo a Instrução Normativa N°11 do MAPA (2007) a tolerância de grãos mofados (presença de fungos) para soja de consumo in natura é de 1,5% e para soja destinada a outros usos é de 6%, portanto T0 e S0 não se enquadram nos limites de tolerância, e S1 está apta para consumo in natura. Outros tratamentos se enquadram no grupo 2 (destinação a outros usos).

Carvalho et al. (2021) explica que a concentração de *Aspergillus* e *Penicillium* tende a aumentar ao longo do período de armazenamento, desde que haja condições ideais ao seu desenvolvimento. A estabilidade e a baixa concentração de fungos nos tratamentos que tiveram aplicação de antifúngico explicitam a importância do controle destes agentes durante a armazenagem.

4.6 Microscopia eletrônica de varredura

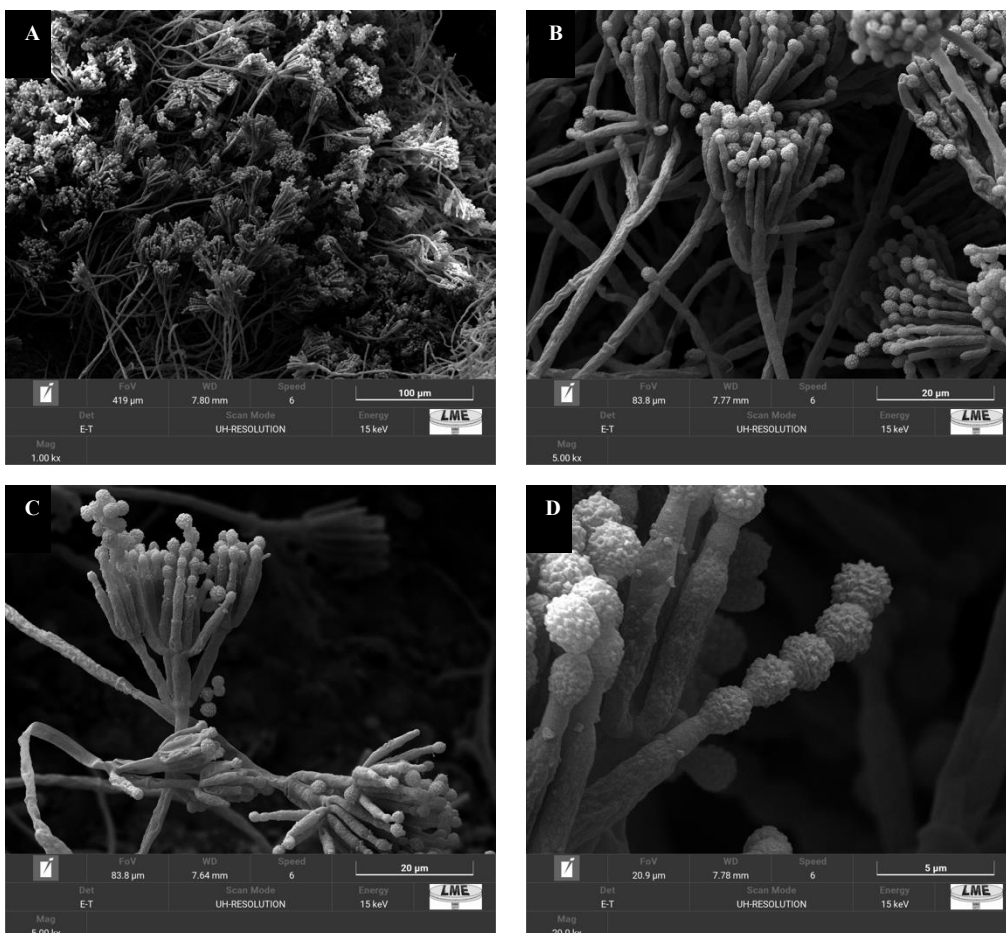
A microscopia eletrônica de varredura (MEV) permite a visualização detalhada com uma boa resolução dos fungos e microrganismos presentes nos grãos de soja, portanto ela é utilizada como objeto de análise da estrutura dos fungos e sua morfologia. A presença de hifas, esporos e outras estruturas destes seres auxiliam na caracterização dos fungos presentes nos grãos, bem como a identificação de sua espécie. As Figuras 15 e 16 foram obtidas como resultado da MEV realizada em sementes de soja.

Figura 21 – Microscopia eletrônica de varredura do fungo *Aspergillus flavus* em semente de soja. A) Crescimento do fungo sobre a semente mostrando muitos conidióforos e conídios. B) Conidióforos. C) Conidióforo único mostrando as fiálides. D) Conídios unicelulares globosos, formando cadeias.



Aspergillus flavus é a espécie do gênero *Aspergillus* mais comumente encontrada em grãos de soja. Este fungo é capaz de reduzir a qualidade das sementes que apresentam alto teor de umidade se houver retardamento da secagem por alguns dias. Além da queda de qualidade, a alta incidência de *A. flavus* também poderá promover redução da germinação das sementes de soja e ocorrência de plântulas em campo. *A. flavus* se desenvolvem nos grãos (Figura 21A) pela formação de colônias com coloração esverdeada, seus conidióforos possuem cabeça esférica (Figura 21B), conidial radiada, fiálides (Figura 21C), com conídios globosos e subglobosos com 3–6 µm de diâmetro (Figura 21D), podendo também ser elípticos ou periformes (GOULART, 2018).

Figura 22 – Microscopia eletrônica de varredura do fungo *Penicillium* sp. em semente de soja. A) Crescimento do fungo sobre a semente. B) Conidióforos. C) Conidióforos produzindo conídios em cadeia em semelhante a uma “vassoura”. D) Conídios unicelulares, subglobosos, sendo produzido em cadeia.



Sendo menos frequentes que *A. flavus*, as espécies de *Penicillium* geralmente são encontradas nas sementes de soja com qualidade mais baixa e são prejudiciais às sementes armazenadas com elevada umidade, podendo apresentar desenvolvimento lento a moderado de suas colônias na superfície das sementes (Figura 22A) com coloração normalmente verde ou azulada. Seus conidióforos (Figura 22B) medem cerca de 30-100 μ m x 4-5 μ m, são hialinos, retos, terminando em fiáldes que produzem conídios em cadeia semelhante a uma “vassoura” (Figura 22C). Os conídios (Figura 22D) são unicelulares, medindo 3,4-12 μ m x 3-8 μ m, subglobosos esféricos, mas geralmente elípticos, com coloração verde ou azulada (GOULART, 2018).

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos no armazenamento de soja durante o período de 6 meses notou-se pelas análises realizadas que os grãos tratados com dosagem de 2kg/ton de antifúngico tiveram menores variações para evolução de CO₂, teor de água e atividade de água. Entretanto com relação à incidência de fungos os tratamentos 1 e 2 foram eficientes quando comparados à soja sem tratamento.

Além disso, observou-se também que o método de armazenamento pode influenciar na manutenção da qualidade do produto.

REFERÊNCIAS

- ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Importância econômica e social
- AGUILA, LSHD; AGUILA, JSD; THEISEN, G. Perdas na colheita na cultura da soja. 2011.
- BEUCHAT, Larry R. Influência da atividade de água no crescimento, atividades metabólicas e sobrevivência de leveduras e bolores. **Journal of Food Protection** , v. 46, n. 2, pág. 135-141, 1983.
- BOTELHO, Fernando M. et al. Isotermas de sorção de castanha do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 776-781, 2019.
- BRANDELERO, Willian et al. Vigor e viabilidade de sementes de soja em resposta a umidade durante o processo de armazenagem. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 342-350, 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 11, de 15 de maio de 2007. Estabelece o Regulamento Técnico da soja. Diário Oficial da República Federativa do BRASIL, Brasília, 16 mai. 2007a, nº 93, Seção 1, p. 13- 15.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 29, de 8 de junho de 2011. Aprova os requisitos técnicos obrigatórios e recomendados para certificação de unidades armazenadoras. Diário Oficial da República Federativa do BRASIL, Brasília, 8 de jun. 2011a, nº 15, Seção 1, p. 12-32.
- BRASIL. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009, 202 p.
- BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009, 398 p.
- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Drying and storage of grains and oilseeds. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 450p.
- BRZEZINSKI, C. R.; HENNING, A. A.; ABATI, J.; HENNING, F. A.; FRANÇANETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; ZUCARELI, C. Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. **Journal of Seed Science**, Londrina. 37, n. 02, p. 147-153, abr./jun. 2015.
- CARVALHO, Everson Reis et al. Sanitary quality of cooled and stored soybean seeds. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, n. 2-3, 2021.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. (2020). Safra 2019/20 – Nono levantamento, Brasília, p.166, v. 7. junho 2020.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Calendário de plantio e colheita de grãos no Brasil. (2020). 2020

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Portal de armazéns do Brasil: plataforma para consulta de informações do Sistema de Cadastro Nacional de Unidades Armazenadoras (SICARM). 2022

CORADI, P. C.; MÜLLER, A.; SOUZA, G. A.; STEINHAUS, J. I.; WAGNER, R. Quality of soybean cultivars in the drying and storage processes in real scale and experimental. *Journal of Food Process Engineering*, v.43, e13418, p.1-11, 2020.

CUNHA, Ricardo Pereira da et al. Potencial de armazenamento de sementes de soja quimicamente tratadas. **Revista científica rural. Bagé, RS. Vol. 21, n. 1 (2019), p. 72-82.**, 2019.

DA SILVA, Pricila Maira et al. Fungos xerofílicos: métodos para isolamento e enumeração. 2015

DE BARROS FRANÇA-NETO, José et al. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. 2016.

DE SOUSA, Juarez et al. SECAGEM E ARMAZENAGEM DE PRODUTOS AGRÍCOLA S. 2008. (Souza e SILVA)

DE SOUZA, Mirian Oliveira; BACCHI, Mirian Rumenos Piedade; ALVES, Lucilio Rogerio Aparecido. Análise de fatores que influenciam o processamento de soja no Brasil. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 17, n. 3, p. 485-506, 2019.

DOS REIS, João Gilberto Mendes et al. Avaliação das estratégias de comercialização do milho em MS Aplicando o Analytic Hierarchy Process (AHP). **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, p. 131-146, 2016.

DUEÑAS, Montserrat et al. Bioactive phenolic compounds of soybean (*Glycine max* cv. Merit): modifications by different microbiological fermentations. **Polish journal of food and nutrition sciences**, v. 62, n. 4, 2012.

ELIAS, M. C. Armazenamento e Conservação dos Grãos. Polo de Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul Conselho Regional de Desenvolvimento da Região Sul. Pelotas, p.1-83, 2003.

ELY, Anderson. Redução da qualidade de grãos de soja durante o armazenamento em diferentes condições de umidade e temperatura. **Revista Thema**, v. 15, n. 2, p. 506-520, 2018.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Soja em números: Safra 2021/22. 2021

FARIAS, José Renato B.; NEPOMUCENO, Alexandre L.; NEUMAIER, Norman. Ecofisiologia da soja. 2007.

FARONI, L. R. D. A.; SOUSA, A. H. de. Atmosferas modificadas como alternativas de controle de insetos-pragas de produtos armazenados. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M.; FARONI, L. R. D. A. (Org.) Armazenagem de grãos. 1ed., Jundiaí: Instituto Bio Geneziz, 2018, 421-452p.

FARONI, L. R. A.; Fatores que influenciam a qualidade dos grãos armazenados. Viçosa, MG. 1998 p.1-15. ISTA. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION; Determination of other seeds by number. In: International rules for seed testing. ed. 2008. Bassersdorf, 2008, c.4, p.4.1-4.3

GALE, Fred; VALDES, Constanza; ASH, Mark. Interdependence of China, United States, and Brazil in soybean trade. 2019.

GIASSON, Larissa Aparecida. Qualidade fisiológica e potencial de armazenamento de sementes de soja. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, 2019.

GOULART, Augusto César Pereira. Fungos em sementes de soja: detecção e importância. 1997.

GOULART, A. C. P. Fungos em sementes de soja: detecção, importância e controle. 2 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Agropecuária, 2018. 71 p.

HEDLUND, Ezequiel Henrique; MARUJO, André Vinicius; DE MELO, Ana Julya. Emprego formal e exportação: o caso da soja na região sul do Brasil. **COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 4, out/dez, p. 284-300, 2021.

HENNING, Ademir Assis; LORINI, Irineu. Presença de fungos, bactéria e insetos-praga nos grãos de soja. 2019.

HENNING, A. A. Patologia e tratamento de sementes: noções gerais. 2. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 52 p. (Embrapa Soja. Documentos, 264).

IMEA –Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária. Nota explicativa revisão da metodologia do custo de produção. <http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/NOTA_EXPLICATIVA.pdf>. Acesso em: 20 de Agosto, 2015.

KAUSHIK, Rekha; SINGHAI, Jyoti. Sensing technologies used for monitoring and detecting insect infestation in stored grain. **Int. J. Eng. Tech**, v. 7, p. 169-173, 2018.

KONG, Fanbin; CHANG, Sam KC. Changes in protein characteristics during soybean storage under adverse conditions as related to tofu making. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 2, p. 387-393, 2013.

LAZZARI, Flávio A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. Ed. do autor, 1997.

LI, Jiang Tao et al. Multi-scale detection of stored-grain insects for intelligent monitoring. **Computers and electronics in agriculture**, v. 168, p. 105114, 2020.

MAIER, D. E. et al. Monitoring carbon dioxide concentration for early detection of spoilage in stored grain. **Julius-Kühn-Archiv**, n. 425, p. 505, 2010.

MELO, José Ricardo Fonseca Dias et al. EFEITO DA UMIDADE E DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE DO SOJA.

MÖHLER, Bruno Cardozo. Avaliação das características de secagem dos grãos de soja. 2010.

NEETHIRAJAN, S.; FREUND, M. S.; JAYAS, D. S.; SHAFAI, C.; THOMSON, D. J.; WHITE, N. D. G. **Development of carbon dioxide (CO₂) sensor for grain quality monitoring.** Biosystems engineering, v.106, n.4, p.395-404, 2010.

OCHANDIO, D.; BARTOSIK, R.; GASTÓN, A.; ABALONE, R.; BARRETO, A. A.; YOMMI, A. Modelling respiration rate of soybean seeds (*Glycine max* (L.)) in hermetic storage. Journal of Stored Products Research, v.74, p.36-45, 2017.

OLIVEIRA, Gustavo de LT. The geopolitics of Brazilian soybeans. **The Journal of Peasant Studies**, v. 43, n. 2, p. 348-372, 2016.

PONTELLI, Greice Eccel et al. Exportação de soja do Brasil e Estados Unidos sob a ótica da orientação de mercado para exportações. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. Supl. 1, p. 1-12, 2021.

QUEZADA, Martha Y. et al. Hermetic storage system preventing the proliferation of *Prostephanus truncatus* Horn and storage fungi in maize with different moisture contents. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, n. 3, p. 321-326, 2006.

REGINATO, Maiara Perez et al. Boas práticas de armazenagem de grãos. **ANAIS DO ENIC**, n. 6, 2014.

SADHASIVAM, S.; BRITZI, M.; ZAKIN, V.; KOSTYUKOVSKY, M.; TROSTANETSKY, A.; QUINN, E.; SIONOV, E. **Rapid detection and identification of mycotoxigenic fungi and mycotoxins in stored wheat grain.** Toxins, v.9, n.10, p.302, 2017.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Grãos: armazenamento de milho, soja, feijão e café. / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: Senar, 2018.

SILVA, Maria Sebastiana et al. Composição química e valor proteico do resíduo de soja em relação ao grão de soja. **Food Science and Technology**, v. 26, p. 571-576, 2006.

SILVA, Pricila Maira da et al. Fungos xerofílicos: métodos para isolamento e enumeração. 2015.

SONNTAG, Kauani Cláudia et al. Composição química de variedades de soja ao longo do armazenamento. 2021.

SOUZA, Luiz Carlos Ferreira de et al. Teor de proteína e de óleo nos grãos de soja em função do tratamento de sementes e aplicação de micronutrientes. **Ciência e agrotecnologia**, v. 33, p. 1586-15993, 2009.

SOUZA, Mirian Oliveira de et al. O complexo de soja: aspectos descritivos e previsões. 2010.

SRAVANTHI, B. et al. Effect of storage conditions on red lentils. **Journal of stored products research**, v. 53, p. 48-53, 2013.

TIBOLA, Casiane Salete et al. Gestão da qualidade do trigo na pós-colheita. 2011.

TOLEDO, Mariana Zampar et al. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa agropecuária tropical**, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

TOSO, R. E.; ARDOINO, S. M.; TORIBIO, M. S.; DIESSER, M. A. **Presencia de micotoxinas en alimentos balanceados para ponedoras: relevamiento realizado en General Pico, La Pampa, Argentina.** *Ciência Veterinária*, v.17, n.1, p.35-45, 2017.

VARNAVA, A.; NAVARRO, S.; DONAHAYE, E. Long-term hermetic storage of barley in PVC-covered concrete platforms under Mediterranean conditions. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, n. 1-2, p. 177-186, 1995.