

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

TAINARA ALVES SALDANHA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE GIRASSOL DE DIFERENTES
TAMANHOS**

Alegrete

2025

TAINARA ALVES SALDANHA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE GIRASSOL DE DIFERENTES
TAMANHOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharela em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Eracilda Fontanela

Coorientadora: Amanda Rithieli Pereira dos Santos

Alegrete

2025

TAINARA ALVES SALDANHA

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE GIRASSOL DE DIFERENTES TAMANHOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharela em Engenharia Agrícola.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 17, julho de 2025.

Banca examinadora:

Prof.^a Dra. Eracilda Fontanela

Orientadora

(UNIPAMPA)

Prof. Dr. Carlos Aurélio Dilli Gonçalves

(UNIPAMPA)

Eng. Agríc. Giulian Rubira Gautério

(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **ERACILDA FONTANELA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/07/2025, às 21:26, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CARLOS AURELIO DILLI GONCALVES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/07/2025, às 09:37, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **GIULIAN RUBIRA GAUTERIO, ENGENHEIRO-AREA**, em 25/07/2025, às 10:56, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1788789** e o código CRC **D1A6423C**.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela força e coragem durante esta longa caminhada. A minha família, mais especificamente a minha avó, Joana, que sonhava com um futuro brilhante para mim e hoje brilha mais que qualquer estrela no céu. Assim como as palavras deste presente trabalho serão eternas, sei que tudo o que vivemos estará para sempre eternizado em mim.

Obrigada por tanto.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me fortalecido a ponto de superar as dificuldades, e também pela saúde, que me permitiu alcançar esta etapa tão importante da minha vida.

À minha família, em especial à minha avó Joana Alves Saldanha (*in memoriam*), que continua sendo minha maior força na vida, o meu agradecimento e reconhecimento por tudo que fez por mim. A força e o conforto de saber que nunca estarei só e serei sempre capaz de tudo por maiores que sejam as dificuldades, sua lembrança me inspira e me faz persistir.

À minha orientadora, Profa. Dra. Eracilda Fontanela, a minha coorientadora, Profa. Dra. Amanda Rithieli Pereira dos Santos, e não menos importante a Profa. Dra. Lanes Beatriz Acosta Jaques, expresso minha mais profunda gratidão. O apoio de vocês foi essencial para o meu crescimento e deixou uma marca que levarei sempre comigo.

À todos (as) os (as) professores (as) que, ao longo dos anos, não apenas me ensinaram, mas também me transformaram. Cada um de vocês, com sua paciência, sabedoria e dedicação, moldou em mim uma profissional e uma pessoa melhor. Sou eternamente grata por terem compartilhado comigo não apenas conhecimentos, mas experiências que ultrapassam as fronteiras da sala de aula. Vocês foram fundamentais para a minha formação, não apenas para o mercado de trabalho, mas para a vida como um todo.

À Universidade Federal do Pampa – Campus Alegrete, minha eterna gratidão por ter me acolhido de braços abertos e por me proporcionar não apenas a estrutura, mas também o ambiente que foi fundamental para o meu crescimento. Os momentos vividos aqui foram únicos e me impulsionaram a sonhar alto, trazendo o conforto necessário nos dias desafiadores, a alegria nos dias de conquista e a ambição que me fez seguir em frente, sempre em busca de algo maior.

A todos aqueles que, mesmo não mencionados, estiveram ao meu lado, levo comigo cada gesto de apoio e incentivo. Prometo reconhecer essa proximidade todos os dias da minha vida. Agradeço também aos colegas que caminharam comigo desde o início e aos que encontrei ao longo do percurso. Cada um de vocês tem um lugar especial na minha jornada, e serei eternamente grata por suas contribuições.

“Ninguém baterá tão forte quanto a vida.
Porém, não se trata de quão forte pode
bater, se trata de quão forte pode ser
atingido e continuar seguindo em frente.
É assim que a vitória é conquistada”.

Sylvester Stallone, Rocky Balboa

RESUMO

A qualidade fisiológica das sementes ao longo do armazenamento pode ser influenciada por características físicas, como o tamanho. Neste estudo, avaliou-se o comportamento fisiológico de sementes de girassol classificadas em três tamanhos (2,36 mm, 4,75 mm e 4,8 mm), durante 150 dias de armazenamento em condições semi-herméticas. Foram analisadas variáveis como germinação, vigor, comprimento de plântulas, índice de velocidade de emergência (IVE), esfericidade, além da incidência de plântulas anormais e sementes mortas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, com aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias, utilizando o software Sisvar. Os resultados evidenciaram influência significativa do tamanho sobre a manutenção da qualidade fisiológica durante o armazenamento. Sementes menores (2,36 mm) apresentaram maior estabilidade ao longo do tempo, enquanto as maiores (4,75 mm) foram mais suscetíveis à deterioração. Sementes de 4,8 mm tiveram desempenho intermediário. Assim, o uso de sementes menores é mais indicado para armazenamento prolongado, por favorecer maior viabilidade e desempenho fisiológico.

Palavras-chave: vigor de sementes; armazenamento; *Helianthus annuus* L.; tamanho físico; qualidade fisiológica.

ABSTRACT

Seed physiological quality during storage can be influenced by physical traits such as size. This study evaluated the physiological behavior of sunflower seeds classified into three sizes (2.36 mm, 4.75 mm, and 4.8 mm) over 150 days of storage under semi-hermetic conditions. Variables such as germination, vigor, seedling length, emergence speed index (ESI), sphericity, and the incidence of abnormal seedlings and dead seeds were analyzed. The experiment followed a completely randomized design in a 3x3 factorial scheme with four replications. Data were subjected to analysis of variance, and significant means were compared using Tukey's test at 5% probability, with the Sisvar software. The results showed a significant influence of seed size on the maintenance of physiological quality during storage. Smaller seeds (2.36 mm) exhibited greater stability over time, while larger seeds (4.75 mm) were more prone to deterioration. Seeds of 4.8 mm showed intermediate performance. Thus, smaller seeds are recommended for long-term storage due to better preservation of viability and physiological performance.

Keywords: seed vigor; storage; *Helianthus annuus L.*; physical size; physiological quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Avaliação do crescimento radicular e do hipocótilo em plântulas de girassol.....	22
Figura 2 - Medição do tamanho de sementes de girassol com paquímetro.....	23
Figura 3 - Montagem do teste de germinação.....	24
Figura 4 - Contagem de plântulas anormais durante o teste de germinação.....	25
Figura 5 - Emergência de plântulas em substrato de areia.....	26
Figura 6 - Avaliação a campo do índice de velocidade de emergência em substrato de areia.....	27
Figura 7 - Emergência de plântulas durante o armazenamento para os tratamentos avaliados.....	28
Figura 8 - Temperatura durante a emergência por dia de armazenamento e IVE....	29
Figura 9 - Percentuais de Germinação, Primeira Contagem de plântulas e Viabilidade de sementes de girassol durante o armazenamento.....	31
Figura 10 - Esfericidade média das sementes de girassol classificadas em três tamanhos (T1 = 2,36 mm; T2 = 4,75 mm; T3 = 4,8 mm).....	32
Figura 11 - Distribuição dos dados individuais de esfericidade das sementes de girassol em função do tamanho.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para as variáveis referentes a qualidade de sementes de girassol, em função do tamanho da semente e tempo de armazenamento.....	31
Tabela 2 – Primeira contagem de germinação em função do tamanho da semente (2,36; 4,75; 4,8 mm) e tempo de armazenamento (0, 90 e 150 dias) para sementes de girassol.....	32
Tabela 3 – Germinação em função do tamanho da semente (2,36; 4,75; 4,8 mm) e tempo de armazenamento (0, 90 e 150 dias) para sementes de girassol.....	32
Tabela 4 – Plântulas anormais em função do tamanho da semente (2,36; 4,75; 4,8 mm) e tempo de armazenamento (0, 90 e 150 dias) para sementes de girassol.....	33
Tabela 5 – Sementes mortas em função do tamanho da semente (2,36; 4,75; 4,8 mm) e tempo de armazenamento (0, 90 e 150 dias) para sementes de girassol.....	34
Tabela 6 – Comprimento de plântulas da raiz em função do tamanho da semente (2,36; 4,75; 4,8 mm) e tempo de armazenamento (0, 90 e 150 dias) para sementes de girassol.....	35
Tabela 7 – Comprimento de plântulas do hipocótilo em função do tamanho da semente (2,36; 4,75; 4,8 mm) e tempo de armazenamento (0, 90 e 150 dias) para sementes de girassol.....	36

LISTA DE SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
IVE	Índice de Velocidade de Emergência
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PCG	Primeira Contagem de Germinação
SISVAR	Sistema para Análises Estatísticas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Geral.....	16
2.2 Específicos.....	16
3 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1 Girassol – aspectos gerais.....	17
3.2 Semente de girassol.....	18
3.3 Armazenamento.....	19
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1 Material experimental.....	21
4.2 Métodos.....	21
4.2.1 Condições do armazenamento.....	21
4.2.2 Análises.....	22
4.2.2.1 Comprimento de plântulas.....	22
4.2.2.2 Esfericidade.....	23
4.2.2.3 Teste de germinação e primeira contagem de plântulas.....	24
4.2.2.4 Teste de emergência.....	25
4.2.2.5 Índice de velocidade de emergência.....	26
4.2.3 Delineamento e análises estatística.....	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5.1 Emergência e índice de velocidade de emergência (IVE).....	28
5.2 Germinação, primeira contagem e viabilidade.....	30
5.3 Esfericidade.....	31
5.4 Análise da variância (ANOVA).....	33
5.4.1 Primeira contagem de germinação (PCG).....	34
6 CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus L.*) é uma cultura de grande importância econômica e agrícola, não apenas devido ao óleo de alta qualidade que produz, mas também por sua capacidade de adaptação a diversas condições ambientais. Mundialmente, o girassol ocupa a posição de quinta maior oleaginosa em termos de produção, ficando atrás da soja, canola, algodão e amendoim (USDA, 2024; FAO, 2024). É reconhecido como uma importante fonte de óleo vegetal comestível e outros produtos derivados, como o farelo. Contudo, sua produção tende a ser menor em comparação com outras culturas oleaginosas.

A qualidade das sementes é composta por um conjunto de atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, os quais influenciam diretamente o desempenho das plantas no campo. Esses fatores determinam o potencial de germinação, vigor, uniformidade de emergência, resistência a doenças e longevidade durante o armazenamento (SILVA; SANTOS, 2023).

Do ponto de vista físico, características como tamanho, forma, cor e peso afetam o desempenho das sementes desde a semeadura até a colheita. Sementes com maior uniformidade tendem a germinar e se desenvolver de maneira mais equilibrada, impactando positivamente o estande de plantas e a produtividade final (LIMA *et al.*, 2022b). A integridade física das sementes, livre de rachaduras ou danos, também é crucial para garantir sua viabilidade e vigor (SILVA *et al.*, 2023).

Os aspectos sanitários das sementes envolvem a presença de patógenos e pragas que podem comprometer a germinação e o desenvolvimento das plântulas. Sementes sadias favorecem uma emergência mais uniforme e segura, reduzindo perdas iniciais na lavoura (SANTOS *et al.*, 2022a).

Os aspectos fisiológicos das sementes referem-se à sua capacidade de germinar e crescer em condições ideais, mantendo um vigor adequado. Esse fator impacta a uniformidade do estande inicial, a capacidade de desenvolvimento da planta no campo, a produtividade e, sobretudo, a longevidade das sementes durante o armazenamento. A qualidade fisiológica das sementes pode ser determinada por meio de testes de germinação e vigor, que avaliam a habilidade das sementes de iniciar e sustentar o crescimento (ALMEIDA *et al.*, 2024). Em particular, o vigor das sementes é um indicador crucial da sua capacidade de desenvolver plântulas saudáveis, mesmo em condições adversas (PEREIRA *et al.*, 2021). A qualidade

fisiológica das sementes é, portanto, baseada em três pilares fundamentais: germinação, vigor e longevidade, que juntos definem a capacidade das sementes de garantir um crescimento vigoroso e sustentável ao longo do tempo.

A integração eficaz desses fatores contribui para o sucesso das práticas agrícolas e a maximização da produtividade. O conhecimento detalhado sobre a qualidade das sementes ajuda a prevenir a desuniformidade na emergência das plântulas, minimiza falhas no estande e reduz a probabilidade de queda na produtividade associada ao uso de sementes de baixa qualidade.

A pureza física das sementes refere-se à proporção de sementes livres de impurezas, como sementes de outras espécies, fragmentos vegetais e materiais inertes. Por outro lado, a germinação avalia a capacidade das sementes de produzir plântulas saudáveis quando submetidas a condições ambientais e de umidade adequadas (ALMEIDA *et al.*, 2021).

A qualidade fisiológica das sementes é avaliada por meio de testes de germinação e vigor. A germinação de sementes é um processo vital que influencia o sucesso da cultura. Silva *et al.* (2020) destacam que a germinação ideal ocorre entre 20°C e 25°C, com uma umidade relativa de 60% a 70%. Esses parâmetros são essenciais para garantir uma taxa de germinação alta e uniforme, influenciando diretamente o vigor das plântulas e o rendimento da cultura.

Para a comercialização de sementes de girassol no Brasil, o padrão mínimo exigido para o teste de germinação, conforme as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), é de 70%. Esse valor pode variar de acordo com as especificações regulamentares e atualizações normativas. Além disso, a integridade e a saúde das sementes desempenham um papel crucial na capacidade de germinação. Segundo Santos *et al.* (2022b), sementes com altos níveis de vigor e baixa incidência de patógenos tendem a germinar de forma mais rápida e bem-sucedida.

O vigor, outro fator essencial, está associado à capacidade das sementes de germinarem rapidamente e produzirem plântulas robustas e uniformes, mesmo em condições desfavoráveis (FERREIRA; OLIVEIRA, 2020). Além disso, a sanidade das sementes, que se refere à ausência de doenças e patógenos, é essencial para prevenir a disseminação de enfermidades nas culturas (COSTA, 2019). Assim, a avaliação e o monitoramento constantes desses padrões de qualidade são

indispensáveis para garantir o êxito da agricultura e a sustentabilidade dos sistemas de cultivo.

A longevidade, por sua vez, depende de diversos fatores relacionados ao processamento pós-colheita e às condições de armazenamento, como temperatura, umidade e luminosidade. A degradação fisiológica das sementes ao longo do tempo pode comprometer seu uso, tornando essencial o controle rigoroso das condições de conservação (SILVA; SOUSA, 2022a; FERREIRA *et al.*, 2023b).

Entre as variáveis físicas que influenciam diretamente a qualidade das sementes de girassol, destacam-se o tamanho e a esfericidade. Sementes maiores geralmente apresentam maior reserva de nutrientes, o que favorece o desenvolvimento inicial das plântulas, enquanto sementes menores podem apresentar menor vigor e maior suscetibilidade à deterioração (LIMA *et al.*, 2018a; SANTOS *et al.*, 2022a). Além disso, sementes com maior esfericidade tendem a apresentar melhor fluidez em máquinas agrícolas e melhor distribuição na semeadura, o que também influencia o desempenho no campo (SILVA *et al.*, 2020).

O armazenamento adequado é determinante para manter a viabilidade das sementes ao longo do tempo. Temperatura e umidade controladas reduzem a proliferação de fungos, a oxidação de compostos e a perda de vigor. Sementes maiores, com maior reserva energética, tendem a resistir melhor às condições adversas de armazenamento, ao passo que sementes menores exigem maior rigor no controle ambiental para evitar a perda de qualidade (RODRIGUES *et al.*, 2021a; MARTINS; OLIVEIRA, 2021).

A qualidade das sementes de girassol é crucial para o sucesso agrícola, pois influencia a germinação, o vigor das plantas e, conseqüentemente, a produtividade. No entanto, ainda há uma lacuna no conhecimento sobre como o tamanho das sementes afeta sua qualidade fisiológica durante o armazenamento. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho de conclusão de curso é avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol com diferentes tamanhos, armazenadas por 150 dias, visando determinar as condições ideais para o armazenamento e a conservação das sementes.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a qualidade fisiológica de diferentes tamanhos de sementes de girassol armazenadas por um período de 150 dias, visando a determinação das condições seguras de armazenamento e conservação de sementes.

2.2 Específicos

- I. Identificar os tipos de tamanho que permitam o armazenamento seguro de sementes de girassol;
- II. Avaliar as alterações dos parâmetros de comprimento de plântulas, esfericidade, germinação, índice de velocidade de emergência de sementes de girassol ao longo do armazenamento.

3 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Girassol – aspectos gerais

O girassol (*Helianthus annuus L.*) é uma planta oleaginosa de ciclo anual, pertencente à ordem Asterales e à família Asteraceae, originária da América do Norte. O gênero deriva do grego “*helios*”, que designa sol, e de “*anthus*”, que tem significado de flor ou “flor do sol”, que gira acompanhando o sol. Atualmente, é uma das principais fontes de óleo vegetal comestível globalmente, destacando-se como a terceira maior fonte de óleo vegetal em termos de produção e consumo (GONÇALVES *et al.*, 2023).

Mundialmente, o girassol é cultivado em todos os continentes, com uma área de cultivo de cerca de aproximadamente 27,5 milhões de hectares, sendo os principais produtores mundiais a Ucrânia, Rússia, Argentina, China e União Européia (FAO, 2024; USDA, 2024).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024), comparando as safras de 2022/2023 e 2023/2024, houve um aumento de 8,4% na área cultivada com girassol no Brasil, totalizando aproximadamente 65 mil hectares destinados à cultura. Os principais estados produtores são Goiás, Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Minas Gerais, com Goiás se destacando como o maior produtor nacional, responsável por aproximadamente 75% da área cultivada. No Rio Grande do Sul, os municípios de Júlio de Castilhos, Cruz Alta e Ijuí são os principais centros de produção de girassol, notáveis tanto pela extensão das áreas cultivadas quanto pela alta produtividade da cultura no estado.

O girassol é uma cultura com excelente perspectiva de expansão no Brasil, em função de suas características (ampla adaptação aos diferentes ambientes, qualidade do óleo, tolerância à seca, etc). Para isso, há necessidade de adequá-lo de forma harmônica aos diferentes sistemas de produção relativos às culturas tradicionais, tais como milho, soja, arroz e outras (LUSTRI *et al.*, 2017).

Em termos de altura pode variar significativamente, geralmente entre 1,5 e 3 metros, e em algumas variedades, pode ultrapassar 4 metros. Seu sistema radicular profundo permite que a planta acesse água e nutrientes em camadas mais profundas do solo, favorecendo um crescimento vigoroso (ALMEIDA *et al.*, 2023). As folhas são grandes e dispostas alternadamente ao longo do caule. A

inflorescência, característica distintiva da planta, é uma cabeça terminal composta por floretes dispostos em espiral. Cada flor individual dá origem a uma semente que, após a polinização, se desenvolve e é colhida para diversos fins.

Amplamente reconhecido por sua capacidade de se adaptar a uma variedade de condições climáticas e tipos de solo, tornando-o uma cultura viável em diversas regiões do mundo. Podendo ser cultivado em climas que vão desde temperados e subtropicais, apresentando um ciclo de crescimento relativamente curto, que varia de 70 a 120 dias, dependendo da variedade e das condições ambientais (ZANIN *et al.*, 2022). Além disso, o girassol desempenha um papel importante na rotação de culturas, ajudando a melhorar a estrutura do solo e a reduzir a erosão, aspectos que são fundamentais para a sustentabilidade agrícola.

Uma produção eficaz depende, em grande parte, da qualidade das sementes empregadas, permitindo que o potencial da cultura seja plenamente expresso. Aspectos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários contribuem para determinar essa qualidade, uma vez que múltiplas características podem interagir e influenciar no desempenho das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2017; SILVA *et al.*, 2018). A sanidade das sementes é o principal agente para um bom arranjo de plantas na lavoura, imprescindível quando buscamos alcançar altos níveis de produtividade. Esses aspectos são cruciais para garantir que as sementes possam expressar plenamente seu potencial no campo, influenciando diretamente a produtividade e a saúde das culturas (SOUZA *et al.*, 2021).

3.2 Semente de girassol

As sementes de girassol (*Helianthus annuus L.*) são fundamentais tanto na agricultura quanto na indústria alimentícia e de ração animal. Em termos de características físicas e fisiológicas, as sementes são avaliadas incluindo tamanho, forma, integridade, e vigor. Sementes de maior tamanho geralmente apresentam melhor capacidade de germinação e vigor, frequentemente têm reservas de nutrientes mais abundantes, que podem promover um crescimento mais vigoroso, resultando em plantas mais saudáveis e produtivas (BROWN; GREEN, 2022).

O elemento de maior interesse econômico é o fruto, indevidamente chamado de semente. Cada semente de girassol é composta por três principais partes: o pericarpo (casca externa), o endosperma e o embrião. O pericarpo é a camada

externa, que fornece proteção mecânica e pode influenciar a facilidade de remoção da casca durante o processamento. O endosperma contém os nutrientes necessários para o desenvolvimento inicial da plântula, enquanto o embrião é a parte responsável pelo crescimento da nova planta (MILLER *et al.*, 2022).

Economicamente, as sementes de girassol desempenham um papel primordial em várias indústrias. Além da produção de óleo, que é amplamente utilizado para cozinhar e em produtos alimentícios processados, as sementes são uma fonte importante de proteína e fibra para rações animais. O mercado de sementes de girassol também está em desenvolvimento devido ao aumento da demanda por óleos vegetais mais saudáveis e produtos alimentícios sustentáveis (DAVIS *et al.*, 2024).

Além disso, a esfericidade das sementes influencia a uniformidade da semeadura e a eficiência do plantio. Sementes com formas mais esféricas tendem a se comportar de maneira mais previsível durante o processo de plantio, o que pode resultar em uma germinação mais uniforme (MILLER *et al.*, 2022). Além disso, a qualidade fisiológica das sementes é medida através de testes de germinação e vigor, que indicam a capacidade das sementes de emergir e se estabelecer em condições variadas (SMITH *et al.*, 2021).

3.3 Armazenamento

O armazenamento adequado das sementes de girassol é fundamental para manter sua qualidade e longevidade. A eficácia do armazenamento depende de vários fatores, incluindo temperatura, umidade e ventilação. Sementes armazenadas em condições ideais podem manter sua capacidade germinativa por períodos mais longos, enquanto condições adversas podem acelerar a deterioração, resultando na perda de viabilidade e vigor (ANDERSON *et al.*, 2024).

O armazenamento visa preservar as características das sementes imediatamente após o pré-processamento, incluindo a viabilidade, que está diretamente relacionada à capacidade de germinação e vigor das sementes (LIU *et al.*, 2021). Esse processo é essencial para manter as condições ideais das sementes até seu uso final, garantindo que elas permaneçam em condições técnicas adequadas para a sua aplicação (GONZALEZ *et al.*, 2023).

A durabilidade das sementes durante o armazenamento é afetada pela interação entre umidade, temperatura e condições de embalagem. O tipo de embalagem é crucial para o armazenamento eficaz de sementes, pois influencia diretamente na preservação de sua qualidade. Embalagens que protegem as sementes de umidade e luz são especialmente recomendadas. Oliveira *et al.* (2021) destacam que o uso de embalagens herméticas é particularmente benéfico, pois ajuda a manter a integridade das sementes de girassol ao minimizar a troca de gases e proteger as sementes de condições ambientais adversas.

Além disso, sementes de girassol armazenadas por longos períodos ainda podem manter sua viabilidade se armazenadas em condições ideais. No entanto, a perda gradual de vigor pode ocorrer, tornando necessário o monitoramento regular da qualidade das sementes (RODRIGUEZ *et al.*, 2019). A umidade é um dos fatores mais críticos no armazenamento de sementes. Sementes devem ser armazenadas em condições de baixa umidade para minimizar a deterioração. De acordo com Lee *et al.* (2020), a umidade relativa do ar deve ser controlada para evitar a absorção de água pelas sementes, o que pode levar ao crescimento de fungos e redução da viabilidade.

Temperaturas baixas e umidade controlada são condições ideais para prolongar a vida útil das sementes. O armazenamento em ambientes refrigerados e o uso de embalagens herméticas ajudam a prevenir a absorção de umidade e a formação de fungos, que podem comprometer a qualidade das sementes (DAVIS *et al.*, 2024). Além disso, a longevidade das sementes é influenciada pelo período de armazenamento. A cada ano de armazenamento, pode ocorrer uma redução na capacidade germinativa das sementes, tornando essencial o monitoramento contínuo e o uso de sementes frescas quando possível (ANDERSON *et al.*, 2024).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita da Universidade Federal do Pampa – Campus Alegrete, utilizando sementes de girassol (*Helianthus annuus L.*) provenientes do estado do Rio Grande do Sul. As sementes foram colhidas manualmente, garantindo um nível de umidade adequado para o armazenamento e, em seguida, submetidas a um processo de secagem natural até atingirem aproximadamente 12% de umidade (base úmida). Posteriormente, as sementes foram submetidas a uma limpeza manual cuidadosa, utilizando peneiras de diferentes diâmetros (2,36 mm, 4,75 mm e passantes na 6,3 mm), com o objetivo de remover impurezas e materiais estranhos. Este processo também possibilitou a classificação das sementes de acordo com seu tamanho, visando os tratamentos subsequentes. As peneiras com diâmetros de 2,36 mm, 4,75 mm e 6,3 mm correspondem, respectivamente, aos tamanhos 8, 4 e 3 do sistema de classificação *mesh*, que indica o número de aberturas por polegada linear.

4.2 Métodos

4.2.1 Condições do armazenamento

As sementes foram armazenadas por um período de 150 dias em embalagens de aço reciclável, com 18% de permeabilidade, caracterizadas como semi-herméticas. Essa permeabilidade é adequada para minimizar a entrada de umidade e a exposição à luz, fatores que podem comprometer a qualidade das sementes. As referidas embalagens apresentavam formato circular de dimensões 17 cm de diâmetro e 13,1 cm de altura, respectivamente. A escolha dessas embalagens visa assegurar a manutenção da viabilidade das sementes durante o armazenamento. O armazenamento foi realizado em condições controladas de temperatura, durante o período de armazenamento as sementes foram avaliadas em 3 momentos (no ponto inicial de armazenamento - 0, 90 e 150 dias).

4.2.2 Análises

4.2.2.1 Comprimento de plântulas

Para avaliação do comprimento de plântulas, o substrato de papel foi embebido em água destilada na proporção equivalente a 2,5:1 vezes o peso do substrato seco, em quatro repetições de 10 sementes. As sementes de girassol foram posicionadas de forma que a micrópila estivesse voltada para a parte inferior do papel. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos, posicionados verticalmente na incubadora BOD durante 14 dias a 25°C. Este procedimento foi conduzido conjuntamente com a emergência de plântulas, conforme recomendado por Krzyzanowski *et al.* (2020). Ao término do período, com o auxílio de uma régua graduada, foi realizada a medição das partes das plântulas normais emergidas (raiz primária e hipocótilo), conforme ilustra a Figura 1. Os resultados médios por plântulas são expressos em centímetros.

Figura 1 - Avaliação do crescimento radicular e do hipocótilo em plântulas de girassol



Fonte: Autora (2025).

4.2.2.2 Esfericidade

Para determinar a esfericidade, foi selecionada uma amostra representativa de sementes e, com o auxílio de um paquímetro digital, foram medidas as três dimensões principais de cada semente, conforme ilustra a Figura 2. O cálculo da esfericidade seguiu a fórmula proposta por Sahay e Singh (2019):

$$\Phi = \left(\frac{T}{L}\right)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{W}{L}\right)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{T}{W}\right)^{\frac{1}{3}}$$

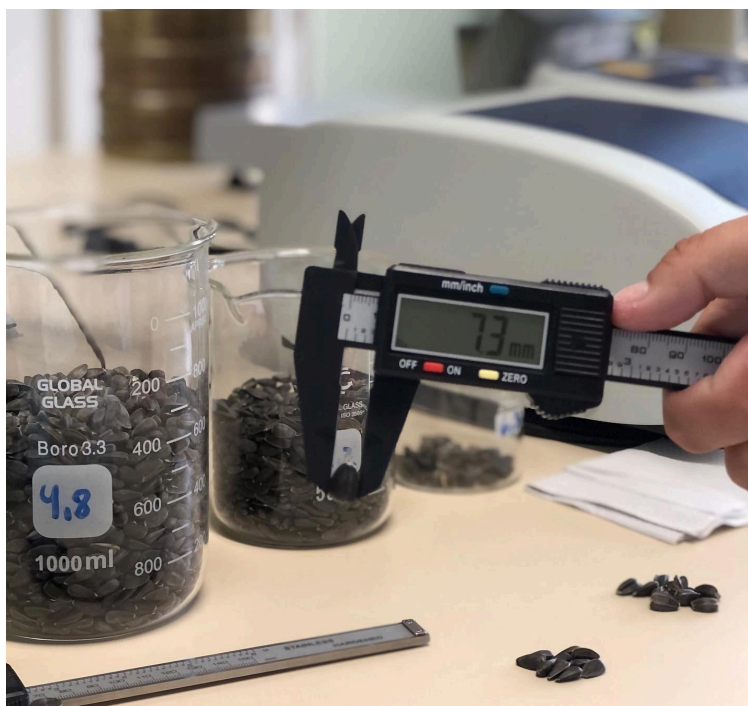
Onde:

L = comprimento (maior dimensão; mm);

W = largura (dimensão intermediária; mm);

T = espessura (menor dimensão; mm).

Figura 2 - Medição do tamanho de sementes de girassol com paquímetro



Fonte: Autora (2025).

4.2.2.3 Teste de germinação e primeira contagem de plântulas

A germinação foi realizada com quatro repetições de 50 sementes para os três tratamentos, sendo as sementes semeadas em substrato de papel (RP) e mantidas em incubadora BOD graduada a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Visando o adequado umedecimento, foram embebidas em água na proporção da massa de 2,5:1. A montagem do teste está ilustrada na Figura 3. As contagens das plântulas foram efetuadas no 4° e 10° dia após a semeadura para germinação e viabilidade, de acordo com os parâmetros definidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em percentagem, considerando a média das repetições e contabilizando plântulas normais, anormais e sementes mortas, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 3 - Montagem do teste de germinação



Fonte: Autora (2025).

Figura 4 - Contagem de plântulas anormais durante o teste de germinação



Fonte: Autora (2025).

4.2.2.4 Teste de emergência

A emergência de plântulas em substrato de areia foi realizada conforme o método descrito por Krzyzanowski *et al.* (2020). Foram estabelecidas quatro repetições com 100 sementes para cada tratamento. A areia utilizada foi previamente lavada e acondicionada em bandejas plásticas, sendo irrigada durante dois dias consecutivos para adequação do leito. Para a semeadura, sulcos longitudinais foram abertos em cada bandeja, utilizando-se um sulcador de madeira, com profundidade de 3 cm e espaçamento de 4 cm entre eles. As contagens das plântulas emergidas foram realizadas diariamente, sempre no mesmo horário, até que os dados estabilizassem. Em cada dia de contagem foi registrado a temperatura do ambiente da emergência por termohigrômetro, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Emergência de plântulas em substrato de areia



Fonte: Autora (2025).

4.2.2.5 Índice de velocidade de emergência

O índice de velocidade de emergência foi determinado por meio da realização simultânea do teste de emergência em substrato de areia, registrando-se diariamente, no mesmo horário, o número de plântulas que apresentavam folhas cotiledonares visíveis, conforme ilustrado na Figura 6. Ao término do experimento, com base nos registros diários do número de plântulas emergidas, o índice de velocidade de emergência foi calculado conforme a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVE = \left(\frac{G_1}{N_1}\right) + \left(\frac{G_2}{N_2}\right) + \dots + \left(\frac{G_n}{N_n}\right)$$

Onde:

IVE = índice de velocidade de emergência (dias);

G = número de plântulas normais computadas nas contagens;

N = número de dias da semeadura a cada contagem.

Figura 6 - Avaliação a campo do índice de velocidade de emergência em substrato de areia



Fonte: Autora (2025).

4.2.3 Delineamento e análises estatística

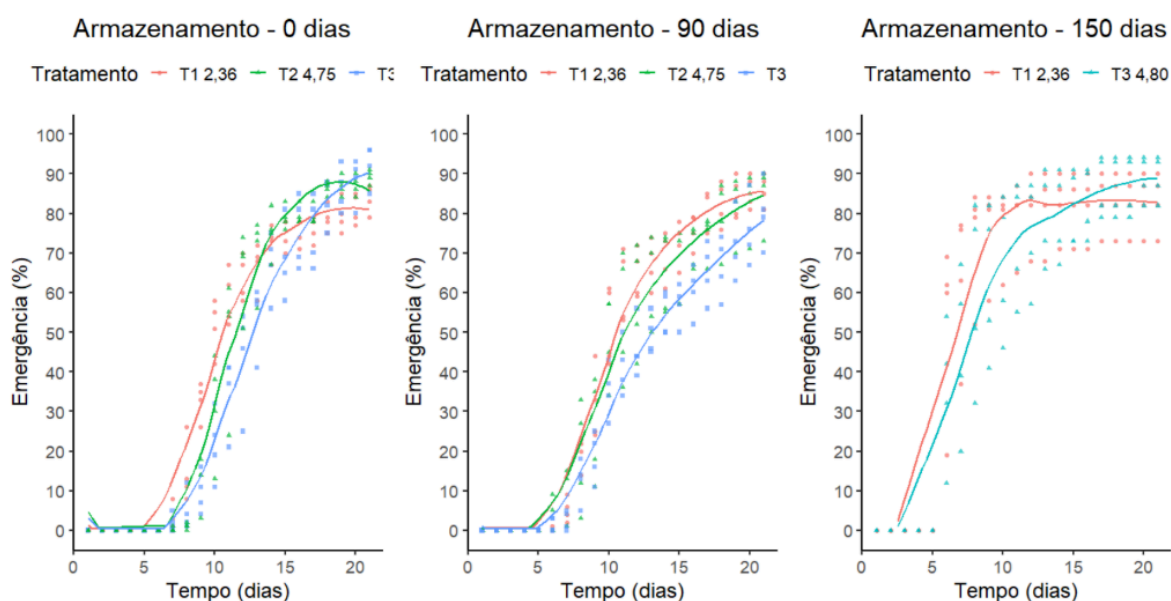
O experimento foi realizado com um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial de (3x3), e 4 repetições, sendo 3 tamanhos de peneira (2,36, 4,75 e maior que 4,80 mm) e 3 tempos de armazenamento (0, 90 e 150 dias). Todos os resultados obtidos passaram pela avaliação da normalidade e foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA). Nos casos em que houve significância estatística, os resultados foram complementados com o teste de comparações múltiplas de Tukey com 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram conduzidas no software Sisvar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Emergência e índice de velocidade de emergência (IVE)

Os resultados referentes à emergência estão ilustrados na Figura 7, enquanto a Figura 8 apresenta os dados de temperatura e o Índice de Velocidade de Emergência (IVE) ao longo do período de armazenamento.

Figura 7 - Emergência de plântulas durante o armazenamento para os tratamentos avaliados



Fonte: Autora (2025).

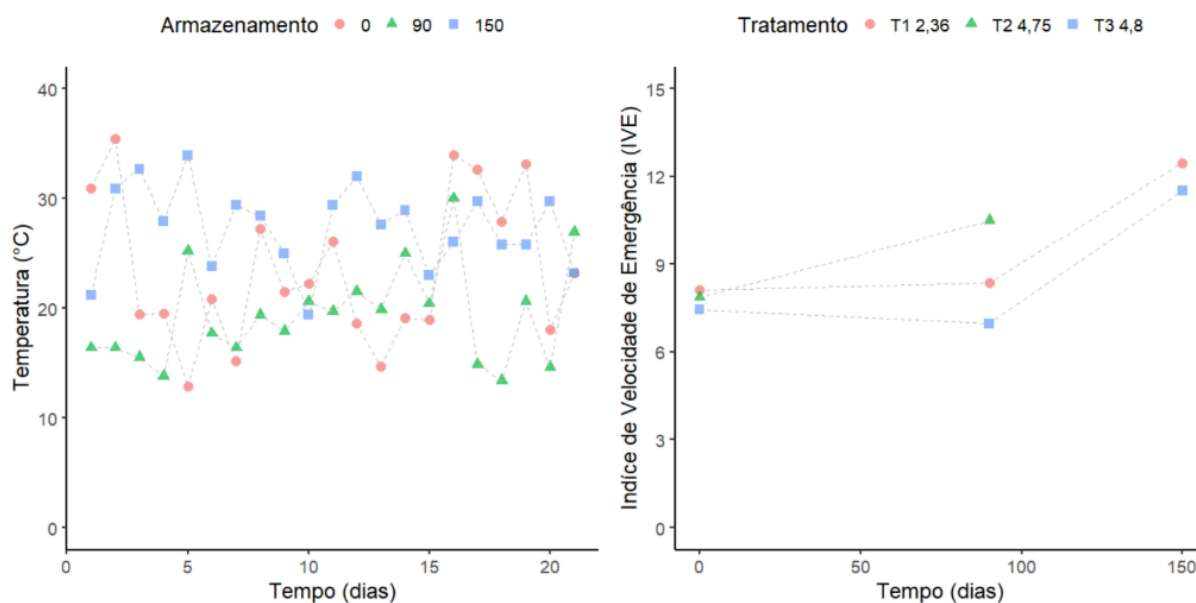
Observa-se que houve diferenças no comportamento da emergência ao longo dos períodos de armazenamento, que podem ser atribuídas a fatores ambientais, principalmente como temperatura registrada durante a condução do experimento. A emergência, diferentemente da germinação, é fortemente influenciada por condições ambientais, evidenciando que não apenas as características próprias da semente, mas também o ambiente, exercem influência determinante (SILVA *et al.*, 2020; ALMEIDA *et al.*, 2024).

A emergência foi mais rápida em sementes com tamanhos menores, conforme podemos observar na peneira 2,36 mm, para todos os tempos de armazenamento. No entanto, essa classe não apresentou os maiores valores de

emergência, esse fato é contraditório, visto que espécies como soja apresentam desempenho melhor para sementes com maiores tamanhos (PÁDUA *et al.*, 2010).

Essa observação também difere parcialmente de estudos realizados com girassol, que apontam maior vigor e longevidade em sementes de maior porte (LIMA *et al.*, 2018b; RODRIGUES *et al.*, 2021b).

Figura 8 - Temperatura durante a emergência por dia de armazenamento e IVE



Fonte: Autora (2025).

A temperatura variou entre 12,9 e 35,4°C ao longo do período de emergência, uma amplitude que possibilita a verificação do desempenho das sementes em condições adversas, conjuntamente com o IVE, podemos observar que apenas sementes da peneira 4,75 mm foram favorecidas com a condição de temperatura baixa no momento da emergência em 90 dias de armazenamento, embora não apresenta interação significativa entre tratamentos, as demais peneiras tiveram comportamento semelhante de aumento do IVE ao longo do armazenamento, o que é esperado, visto que a temperatura auxiliou no aumento da emergência.

Segundo Lee *et al.* (2020), temperaturas entre 20 e 30 °C favorecem a emergência uniforme de plântulas de girassol. Assim, é plausível considerar que a amplitude térmica observada, especialmente nos primeiros 90 dias, tenha

contribuído positivamente para o aumento progressivo do IVE. Apenas o período de 150 dias diferiu dos demais IVE, significativamente pelo teste Tukey, com os melhores valores desse índice.

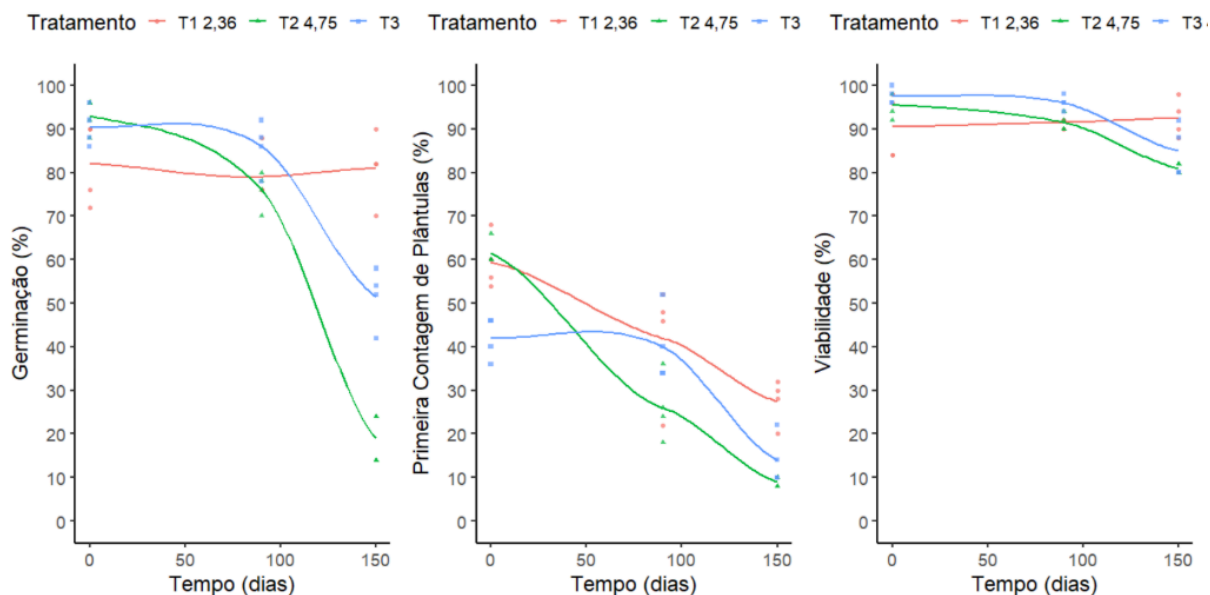
A elevação do IVE nesse tempo final pode indicar um efeito adaptativo, no qual as sementes fisiologicamente mais aptas resistiram às condições de armazenamento, expressando maior velocidade de emergência. Essa resposta pode estar relacionada à ativação de mecanismos fisiológicos que preservam a viabilidade e o vigor, como relatado por Ferreira *et al.* (2023a) e Rodriguez *et al.* (2019), que destacam a capacidade de certas sementes de manterem desempenho mesmo após períodos prolongados, desde que as condições de armazenamento sejam adequadas.

5.2 Germinação, primeira contagem e viabilidade

A Figura 9 apresenta o comportamento da germinação, da primeira contagem de plântulas e da viabilidade das sementes de girassol ao longo dos 150 dias de armazenamento. Observa-se um comportamento sigmoidal durante o armazenamento, comportamento semelhante à longevidade, evidenciando a superioridade na manutenção da germinação da peneira de 2,36 mm que está em platô, não apresentando comportamento de redução em 150 dias de armazenamento.

Por outro lado, as sementes da peneira de 4,75 mm apresentaram o maior declínio nos parâmetros de qualidade fisiológica pelo conjunto avaliado em germinação, primeira contagem de plântulas e viabilidade, visto que reduziu abruptamente ao longo dos 150 dias. Sementes maiores como as de peneira acima de 4,8 mm apresentaram o mesmo comportamento de decréscimo, no entanto, não tão abruptamente como a peneira 4,75 mm. A diferença de comportamento entre peneiras de tamanhos próximos reforça a importância de avaliações mais específicas do formato e esfericidade das sementes, já que não apenas o tamanho pode influenciar a taxa de deterioração durante o armazenamento (MILLER *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2020).

Figura 9 - Percentuais de Germinação, Primeira Contagem de plântulas e Viabilidade de sementes de girassol durante o armazenamento



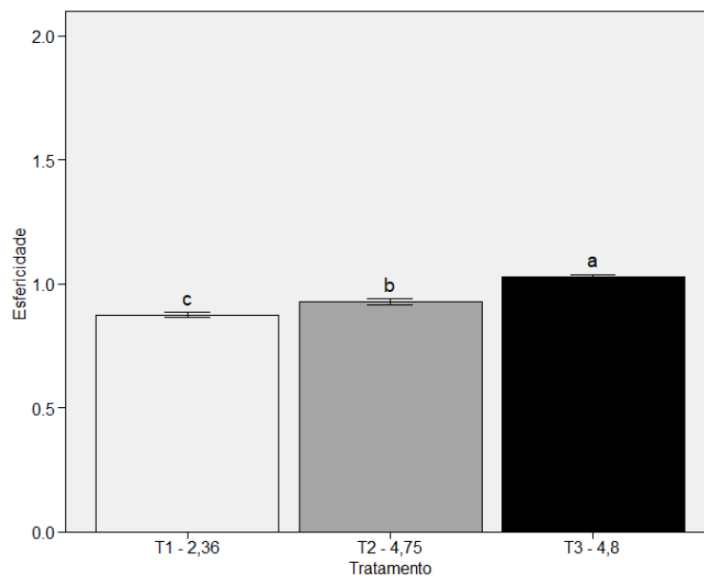
Fonte: Autora (2025).

Esses resultados indicam que, no contexto deste trabalho, sementes menores apresentaram maior estabilidade fisiológica, tanto em termos de germinação quanto de vigor (primeira contagem) e viabilidade ao longo do tempo de armazenamento. Reforçando a possibilidade de se considerar sementes de menor tamanho como mais adequadas para a conservação e uso em períodos prolongados, especialmente quando submetidas a ambientes semi-herméticos ou com limitações de controle climático.

5.3 Esfericidade

A Figura 10 apresenta os valores médios de esfericidade das sementes de girassol classificadas em três tratamentos de tamanho: T1 (2,36 mm), T2 (4,75 mm) e T3 (4,8 mm). Observa-se que houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, conforme indicado pelas letras distintas associadas às médias, segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade. O tratamento T3 apresentou maior esfericidade, seguido por T2 e, por fim, T1 com o menor valor.

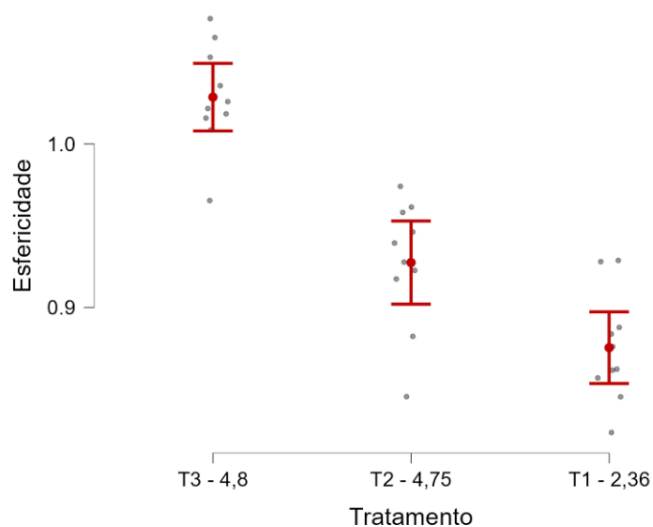
Figura 10 - Esfericidade média das sementes de girassol classificadas em três tamanhos (T1 = 2,36 mm; T2 = 4,75 mm; T3 = 4,8 mm)



Fonte: Autora (2025).

A Figura 11 reforça essa diferença por meio da distribuição individual dos dados experimentais com seus respectivos intervalos de confiança. Observa-se menor variabilidade nos tratamentos com sementes maiores, indicando maior consistência nos resultados obtidos (SILVA *et al.*, 2020; MILLER *et al.*, 2022).

Figura 11 - Distribuição dos dados individuais de esfericidade das sementes de girassol em função do tamanho



Fonte: Autora (2025).

Conforme Lima *et al.* (2018a) e Silva *et al.* (2020), sementes mais esféricas tendem a apresentar melhor desempenho físico, contribuindo com a integridade da estrutura. Além disso, maior esfericidade está frequentemente associada a uma melhor conformação e melhor condição física da semente, aspectos que contribuem positivamente para a uniformidade de emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas (ZANIN *et al.*, 2022).

Os resultados obtidos confirmam estudos anteriores que demonstram correlação entre o tamanho da semente e sua forma física. Sementes maiores, como as observados do tratamento T3, resultam em sementes com maior esfericidade, o que pode ser explicado pela maior quantidade de reservas acumuladas e pelo melhor preenchimento do tegumento durante o desenvolvimento do aquênio (ALMEIDA *et al.*, 2024; LIMA *et al.*, 2018a).

5.4 Análise da variância (ANOVA)

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise de variância para as variáveis relacionadas à qualidade fisiológica de sementes de girassol, considerando os fatores de tamanho físico da semente e tempo de armazenamento. Observa-se que ambos os fatores (tamanho da semente: X_1 e tempo de armazenamento: X_2) exerceram efeito estatisticamente significativo ($p < 0,05$) sobre todas as variáveis analisadas, com exceção do comprimento da raiz, que não foi influenciado significativamente pelo fator tempo isolado. A interação entre os fatores também foi significativa para todas as variáveis, o que demonstra que os efeitos do tempo sobre a qualidade das sementes são dependentes da classe de tamanho considerada, indicando um comportamento não uniforme entre os tratamentos ao longo do armazenamento.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para as variáveis referentes a qualidade de sementes de girassol, em função do tamanho da semente e tempo de armazenamento.

ANOVA							
Quadrados Médios							
F.V.		PCG	GE	PLA	SM	CPRZ	CPH
Tamanho da semente (X ₁)	da	118,31*	7,93*	196,00*	8,00*	31,07*	13,75*
Tempo armazenamento (X ₂)	de	1050,14*	19,17*	735,58*	55,46*	505,40*	4,18*
X ₁ x X ₂		81,20*	8,72*	237,83*	21,06*	72,79*	24,77*
erro		10,78	0,41	5,95	4,12	5,09	0,30
CV (%)		18,38	11,16	26,86	46,69	16,13	10,62

* e ns, significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

FV – Fator de Variação; **PCG** – Primeira contagem de germinação (%); **GE** – Germinação (%); **PLA** – Plântulas anormais; **SM** – Sementes mortas; **CPRZ** – Comprimento de plântulas do hipocótilo; **CPH** – Comprimento de plântulas da raiz; **CV** – Coeficiente de Variação.

Fonte: Autora, (2025).

Esses resultados reforçam que as características físicas das sementes exercem influência direta sobre a sua fisiologia, tanto de forma isolada quanto em interação com as condições de armazenamento, conforme destacado por Carvalho e Nakagawa (2017), que apontam o tamanho, a massa e a integridade como fatores determinantes para o desempenho fisiológico ao longo do tempo.

5.4.1 Primeira contagem de germinação (PCG)

A avaliação da primeira contagem de germinação (PCG) evidenciou que, no tempo inicial (0 dias), as sementes da classe 4,75 mm apresentaram os maiores valores médios (30,75%), estatisticamente semelhantes às sementes de 2,36 mm (29,75%). Com o avanço do armazenamento, observou-se uma redução significativa na PCG em todas as classes, sendo a queda mais acentuada nas sementes de 4,75 mm, que atingiram apenas 4,62% ao final de 150 dias. Em contrapartida, as sementes menores (2,36 mm) demonstraram maior estabilidade fisiológica, mantendo 13,75% no mesmo período, o que sugere maior resistência à deterioração durante o armazenamento, conforme os dados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Primeira contagem de germinação em função do tamanho da semente (2,36; 4,75; 4,8 mm) e tempo de armazenamento (0, 90 e 150 dias) para sementes de girassol.

Tempo de armazenamento (dias)	Tamanho da semente (mm)		
	2,36	4,75	4,8
0	29,75 Aa	30,75 Aa	21,00 Ba
90	21,00 Ab	13,00 Bb	20,00 Aa
150	13,75 Ac	4,62 Bc	7,0 Bb

*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

Fonte: Autora, (2025).

Esse comportamento pode ser atribuído à maior atividade respiratória e metabólica inicial das sementes de tamanho intermediário, o que acelera a degradação celular e a perda de vigor em ambientes de armazenamento, conforme destacado por Marcos Filho (2015) e Ferreira *et al.* (2023b). As sementes de menor dimensão, por sua vez, apresentam menor teor de lipídios e enzimas oxidativas, o que as torna mais tolerantes ao estresse fisiológico causado pelo tempo de armazenagem.

5.4.2 Germinação total

Em relação a germinação total, as três classes de tamanho apresentaram percentuais semelhantes no tempo inicial, com médias variando entre 41,00 e 46,50%, sem diferenças estatísticas significativas. No entanto, houve redução acentuada nas sementes maiores: 4,75 mm com 4,75% e 4,8 mm com 25,75%. As sementes de 2,36 mm mantiveram elevado desempenho germinativo (40, 50%), demonstrando melhor conservação da viabilidade fisiológica ao longo do tempo.

Tabela 3 – Germinação em função do tamanho da semente (2,36; 4,75; 4,8 mm) e tempo de armazenamento (0, 90 e 150 dias) para sementes de girassol.

Tempo de armazenamento (dias)	Tamanho da semente (mm)		
	2,36	4,75	4,8
0	41,00 Aa	46,50 Aa	45,25 Aa
90	39,50 Aa	38,00 Ab	43,00 Aa
150	40,50 Aa	4,75 Cc	25,75 Bb

*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

Fonte: Autora, (2025).

Esse comportamento confirma que sementes de maior porte, embora apresentem elevada germinação inicial, são mais suscetíveis à perda de viabilidade ao longo do armazenamento. Por outro lado, sementes menores demonstraram maior estabilidade ao longo do tempo, possivelmente em razão de características fisiológicas que favorecem a preservação da qualidade em condições prolongadas de armazenamento (PESKE *et al.*, 2012).

5.4.3 Plântulas anormais

A análise da variável plântulas anormais revelou um aumento significativo na frequência de anormalidades morfológicas com o decorrer do armazenamento, especialmente nas sementes da peneira de 4,75 mm, que atingiram 31,25% de plântulas anormais aos 150 dias. As sementes de 2,36 mm, por outro lado, apresentaram apenas 5,75% de plântulas anormais nesse mesmo período, indicando maior estabilidade fisiológica e menor suscetibilidade à deterioração durante o armazenamento.

Tabela 4 – Plântulas anormais em função do tamanho da semente (2,36; 4,75; 4,8 mm) e tempo de armazenamento (0, 90 e 150 dias) para sementes de girassol.

Tempo de armazenamento (dias)	Tamanho da semente (mm)		
	2,36	4,75	4,8
0	4,25 Aa	1,25 Ac	3,50 Ab
90	6,25 Aa	7,75 Ab	5,00 Ab
150	5,75 Ca	31,25 Aa	16,75 Ba

*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

Fonte: Autora, (2025).

Segundo Carvalho e Nakagawa (2017), plântulas anormais estão geralmente associadas à perda de integridade de estruturas como a radícula e o hipocótilo, causadas por danos nos tecidos, falhas na reorganização de proteínas e na atividade enzimática durante a embebição. O alto índice de anormalidades nas sementes maiores reforça sua menor resistência ao envelhecimento fisiológico em condições de armazenamento.

5.4.4 Sementes mortas

Os dados apresentados na Tabela 5 demonstram a influência significativa do tamanho da semente e do tempo de armazenamento sobre a porcentagem de sementes mortas de girassol. Ao longo dos 150 dias, observou-se que as sementes de maior tamanho (4,75 mm e 4,8 mm) apresentaram aumento expressivo na mortalidade. Aos 150 dias, as sementes de 4,75 mm atingiram 9,12%, diferindo estatisticamente das demais ($p < 0,05$), enquanto as sementes de 4,8 mm apresentaram 7,50%.

Tabela 5 – Sementes mortas em função do tamanho da semente (2,36; 4,75; 4,8 mm) e tempo de armazenamento (0, 90 e 150 dias) para sementes de girassol.

Tempo de armazenamento (dias)	Tamanho da semente (mm)		
	2,36	4,75	4,8
0	4,75 Aa	2,25 Aa	1,25 Aa
90	4,25 Aa	4,25 Aa	2,00 Aa
150	3,75 Aa	9,12 Bb	7,50 Bb

*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

Fonte: Autora, (2025).

As sementes de 2,36 mm apresentaram maior estabilidade ao longo do armazenamento, com leve redução nos valores e sem diferença estatística entre os períodos. Essa maior resistência pode estar relacionada a características fisiológicas que tornam as sementes menos suscetíveis à deterioração ao longo do tempo (PESKE *et al.*, 2012; FERREIRA *et al.*, 2023b).

Sementes maiores, por acumularem mais reservas, geralmente apresentam metabolismo mais intenso, o que pode favorecer a formação de compostos prejudiciais durante o armazenamento. Isso compromete a integridade celular e aumenta a mortalidade, conforme descrito por Silva *et al.* (2023) e Marcos-Filho (2015).

5.4.5 Comprimento da raiz primária

A Tabela 6 mostra o comportamento do comprimento da raiz primária conforme os diferentes tamanhos de sementes e tempos de armazenamento. No tempo inicial (0 dias), as sementes de 4,75 mm apresentaram o maior crescimento

radicular (21,71 cm), indicando maior vigor. No entanto, esse desempenho não se manteve ao longo do tempo, e, aos 150 dias, as sementes dessa classe não apresentaram crescimento (0,00 cm), indicando perda total da viabilidade fisiológica.

Tabela 6 – Comprimento de plântulas da raiz em função do tamanho da semente (2,36; 4,75; 4,8 mm) e tempo de armazenamento (0, 90 e 150 dias) para sementes de girassol.

Tempo de armazenamento (dias)	Tamanho da semente (mm)		
	2,36	4,75	4,8
0	19,50 Ab	21,71 Ac	19,64 Ac
90	12,63 Aa	14,91 Ab	15,55 Ab
150	11,16 Ba	00,00 Aa	10,81 Ba

*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

Fonte: Autora, (2025).

Por outro lado, as sementes de 2,36 mm e 4,8 mm apresentaram maior estabilidade ao longo do tempo. Aos 150 dias, as sementes de 2,36 mm mantiveram comprimento radicular médio de 11,16 cm, superior ao da classe 4,75 mm, mesmo com redução em relação aos tempos anteriores. As sementes de 4,8 mm tiveram comportamento semelhante, com 10,81 cm no final do armazenamento.

A queda acentuada observada nas sementes de 4,75 mm confirma sua maior sensibilidade à deterioração fisiológica. Isso pode ser reflexo da perda de integridade dos tecidos meristemáticos e de enzimas relacionadas ao desenvolvimento inicial da raiz, especialmente em condições de armazenamento semi-hermético, como destacado por Krzyzanowski *et al.* (2020) e Lima *et al.* (2018a). Os resultados indicam que, embora sementes maiores possam apresentar crescimento inicial superior, sua longevidade fisiológica tende a ser menor, o que limita sua eficiência em condições de armazenamento prolongado.

5.4.6 Comprimento do hipocótilo

A Tabela 7 apresenta os valores médios do comprimento do hipocótilo de plântulas de girassol em função dos diferentes tamanhos de sementes e tempos de armazenamento. Observa-se que, no tempo inicial (0 dias), as sementes de 4,75 mm apresentaram o maior comprimento (6,18 cm), seguidas pelas sementes de 2,36 mm (5,53 cm) e 4,8 mm (5,33 cm). As diferenças foram estatisticamente significativas apenas entre os tratamentos 4,75 mm e 4,8 mm ($p < 0,05$).

Tabela 7 – Comprimento de plântulas do hipocótilo em função do tamanho da semente (2,36; 4,75; 4,8 mm) e tempo de armazenamento (0, 90 e 150 dias) para sementes de girassol.

Tempo de armazenamento (dias)	Tamanho da semente (mm)		
	2,36	4,75	4,8
0	5,53 Aa	6,18 Ab	5,33 Aa
90	4,98 Aa	5,72 Ab	5,41 Aa
150	6,66 Bb	00,00 Aa	6,96 Bb

*. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

Fonte: Autora (2025).

Com o avanço do armazenamento para 90 dias, houve uma pequena redução nos valores médios de comprimento para as sementes de 2,36 mm (4,98 cm) e 4,75 mm (5,72 cm), mantendo-se ainda sem diferenças estatísticas entre si. Enquanto as sementes de 4,8 mm apresentaram leve aumento (5,41 cm), mas estatisticamente semelhantes aos tempos anteriores.

Aos 150 dias, os tamanhos de sementes apresentaram respostas fisiológicas distintas. As sementes de 4,75 mm não apresentaram nenhum crescimento do hipocótilo (0,00 cm), indicando total perda de viabilidade. Por outro lado, as sementes de 4,8 mm mostraram maior desenvolvimento de hipocótilo (6,96 cm), superando estatisticamente os demais tratamentos neste período. As sementes de 2,36 mm também apresentaram um aumento significativo (6,66 cm), comportamento inesperado diante da tendência de redução observada anteriormente, possivelmente refletindo a sobrevivência das sementes mais vigorosas, como sugerido por Ferreira *et al.* (2023c).

Os resultados indicam que, mesmo após longo período de armazenamento, as sementes de 2,36 mm e 4,8 mm ainda preservam estruturas fisiológicas essenciais para o desenvolvimento inicial, como também observado no crescimento radicular. Em contrapartida, as sementes de 4,75 mm apresentaram deterioração acentuada, com perda total da capacidade de crescimento, evidenciando morte embrionária.

Segundo Krzyzanowski *et al.* (2020) e Lima *et al.* (2022a), o hipocótilo é uma das primeiras estruturas a refletir o estado fisiológico da semente, e sua ausência de crescimento está geralmente relacionada a danos no eixo embrionário e falhas na atividade enzimática necessária à expansão celular.

6 CONCLUSÕES

Os resultados evidenciaram que o tamanho físico das sementes de girassol influencia significativamente sua qualidade fisiológica ao longo de 150 dias de armazenamento em condições semi-herméticas. Foram verificadas diferenças expressivas entre as classes de tamanho avaliadas (2,36 mm, 4,75 mm e 4,8 mm) quanto às variáveis germinação, vigor, comprimento de plântulas, índice de velocidade de emergência, esfericidade, ocorrência de sementes mortas e plântulas anormais.

As sementes menores (2,36 mm) apresentaram melhor desempenho fisiológico e maior estabilidade durante o armazenamento, com menores índices de deterioração e maior capacidade de emergência e desenvolvimento inicial. Em contrapartida, sementes maiores (4,75 mm) foram mais suscetíveis à perda de viabilidade, com reduções acentuadas nos parâmetros fisiológicos, indicando menor resistência ao envelhecimento. Todavia, as sementes de 4,8 mm mostraram comportamento intermediário, com bom desempenho inicial, porém com redução gradual ao longo do tempo.

A classificação física por tamanho demonstrou ser uma estratégia eficaz para a conservação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. O uso de sementes menores é mais indicado para períodos prolongados de armazenamento, por favorecer a manutenção da viabilidade e o desenvolvimento inicial das plântulas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. *et al.* **Germinação de sementes: um guia prático**. Rio de Janeiro: Editora AgroVida, 2021.

ALMEIDA, F. L., Silva, V. C., & Santos, A. B. (2024). **Assessment of sunflower seed quality through different vigor tests**. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 210, n. 2, p. 134–142, 2024.

ALMEIDA, J. A.; GOMES, A. F.; SILVA, P. A. **Sunflower Production and Crop Management**. *Advances in Agronomy*, v. 154, p. 31-67, 2023. DOI: 10.1016/bs.agron.2023.05.002.

ANDERSON, T. R.; SMITH, J. L.; LEE, A. H. **Seed storage and longevity of sunflower seeds: Current strategies and innovations**. *Journal of Agricultural Science*, v. 98, n. 2, p. 145-156, 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA / ACS, 2009. 399 p.

BROWN, C.; GREEN, P. J. **Impact of seed size on germination and vigor in sunflower (*Helianthus annuus*)**. *Crop Science*, v. 62, n. 4, p. 2301-2310, 2022.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2017.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 7, sétimo levantamento, abril 2024.

COSTA, D. S. **Sanidade de sementes de oleaginosas: diagnóstico e controle de patógenos**. *Revista Fitossanidade*, v. 5, n. 3, p. 45–53, 2019.

DAVIS, E. F.; MARTIN, R. W.; THOMPSON, L. B. **Advances in sunflower seed quality assessment: New methodologies and applications**. *Seed Technology*, v. 34, n. 1, p. 67-80, 2024.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT Database**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 5 mar. 2024.

FERREIRA, A. L. *et al.* **Influência do armazenamento em diferentes condições ambientais sobre a viabilidade de sementes de girassol**. *Revista de Ciência e Agrotecnologia*, v. 47, n. 4, p. e022345, 2023a.

FERREIRA, A. P. *et al.* **Influência das Condições Ambientais na Degradação das Sementes**. *Journal of Seed Science*, v. 41, n. 1, p. 45-56, 2023b.

FERREIRA, E. F. *et al.* **Influência da temperatura e umidade na longevidade de sementes de espécies tropicais**. *Acta Agronômica*, v. 41, n. 2, p. 112-125, abr. 2023c.

FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, M. T. V. **Vigor de sementes: importância e métodos de avaliação**. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 42, n. 2, p. 210–217, 2020.

GONÇALVES, M. C.; ALMEIDA, C. R.; SILVA, R. M. **Sunflower (*Helianthus annuus L.*) production and utilization: recent trends and future prospects**. *Journal of Oilseed Research*, v. 40, n. 1, p. 35-50, 2023.

GONZALEZ, M. E.; MARTINEZ, A. A.; CASTRO, P. R. **Seed storage and its impact on seed quality in sunflower**. *Field Crops Research*, v. 287, p. 108954, 2023. DOI: 10.1016/j.fcr.2022.108954.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. (org.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 2020. 601 p.

LEE, J. H.; KIM, Y. S.; PARK, J. H. **Effects of storage conditions on the germination and vigor of sunflower seeds**. *Field Crops Research*, v. 243, p. 100-108, 2020. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.07.005.

LIMA, C. R.; SILVA, J. T.; ALMEIDA, P. F. **Pre-sowing treatments to enhance sunflower seed germination and vigor**. *Journal of Seed Science and Technology*, v. 50, n. 4, p. 295–305, 2022a.

LIMA, C. R. *et al.* **Aspectos físicos e fisiológicos de sementes de girassol em função do tamanho e da densidade.** *Revista de Agricultura*, v. 97, n. 1, p. 55–62, 2018a.

LIMA, C. R. *et al.* **The role of soil moisture and temperature on sunflower seed germination.** *Crop Science*, v. 58, n. 6, p. 2265–2275, 2018b. DOI: 10.2135/cropsci2018.02.0116.

LIMA, F. M. *et al.* **Tamanho e forma das sementes de girassol: implicações na uniformidade de germinação.** *Informações Agronômicas*, v. 173, p. 10–15, 2022b.

LIU, X.; YANG, Y.; LI, H. **Influence of seed size on seedling growth and root development in sunflower.** *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 206, n. 5, p. 593-603, 2021. DOI: 10.1007/s11032-020-09577-3.

LUSTRI, J. M.; CAVALCANTI, F. M.; SILVA, R. A. **Perspectivas para o cultivo de girassol no Brasil: análise e estratégias.** In: Simpósio de Oleaginosas, 2017, Brasília. Anais... Brasília: Editora Embrapa, 2017. p. 45-55.

MAGUIRE, J. D. **Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor.** *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: ABRATES, 2015. p.3.1-3.24.

MARTINS, D. P.; OLIVEIRA, T. R. **Condições de armazenamento e qualidade de sementes oleaginosas.** *Revista de Armazenamento*, v. 59, n. 1, p. 43–50, 2021.

MILLER, J. K.; ADAMS, R. T.; COLLINS, E. F. **The role of seed shape in germination and seedling development of sunflower.** *Agricultural Research Journal*, v. 45, n. 5, p. 321-335, 2022.

OLIVEIRA, R. C.; MENDES, A. T.; COSTA, C. P. **Packaging and seed quality preservation: A study with sunflower seeds.** *Seed Science and Technology*, v. 49, n. 2, p. 345-356, 2021. DOI: 10.1007/s11032-021-01143-x.

PÁDUA, G. P. de; ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRANÇA NETO, J. B. **Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja.** *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, p. 9–16, 2010.

PEREIRA, R. F.; CARDOSO, S. M.; ROCHA, T. R. **Effect of accelerated aging on sunflower seed vigor and germination.** *Seed Technology*, v. 45, n. 2, p. 112–120, 2021.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Produção de sementes.** 4. ed. Pelotas: Editora Universitária/UFPel, 2012.

RODRIGUES, E. M. *et al.* **Desempenho de sementes de girassol em função do tamanho e do armazenamento em diferentes embalagens.** *Revista Agropecuária Catarinense*, v. 34, n. 2, p. 70–76, 2021a.

RODRIGUES, M. A., *et al.* **Influence of seed storage conditions on germination and seedling vigor of sunflower.** *Journal of Seed Science*, v. 43, n. 3, p. 290-299, 2021b. doi: 10.1590/2317-1545v43n317.

RODRIGUEZ, A. C.; FERNANDES, R. L.; GARCIA, J. M. **Longevity of sunflower seeds under different storage conditions.** *Crop Science*, v. 59, n. 4, p. 1763-1771, 2019. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.11.013.

SAHAY, P.; SINGH, V. **Physical properties of sunflower seeds.** *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 78, n. 4, p. 67-75, 2019.

SANTOS, E. L. dos *et al.* **Avaliação sanitária e fisiológica de sementes de girassol em diferentes regiões produtoras do Brasil.** *Revista Sementes & Tecnologia*, v. 4, n. 1, p. 33–40, 2022a.

SANTOS, T. A.; FERREIRA, J. P.; ALMEIDA, E. M. **Physiological quality of sunflower seeds under different storage conditions.** *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 34, n. 3, p. 187–195, 2022b.

SILVA, A. B.; SOUSA, C. D. **Conservação da longevidade de sementes: práticas e desafios.** *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 44, n. 3, p. 78-92, jul. 2022a.

SILVA, A. P. da *et al.* **Análise da integridade física de sementes de girassol e seus reflexos no desempenho fisiológico.** *Revista Ciência Agrícola*, v. 65, n. 2, p. 98–105, 2023.

SILVA, J. A.; OLIVEIRA, R. T.; LIMA, C. P. **Efeito da temperatura e umidade na germinação de sementes de girassol.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 55, n. 6, p. 711-722, dez. 2020.

SILVA, J. A.; SANTOS, M. B. **Qualidade de sementes.** *Revista Agricultura Sustentável*, v. 5, n. 2, p. 45–55, maio 2023.

SILVA, J. *et al.* **Germinação de sementes de girassol: condições ideais para cultivo.** *Revista Brasileira de Agricultura*, v. 48, n. 3, p. 220–230, 2020.

SILVA, M. R.; SANTOS, R. A. **Qualidade de sementes: princípios e aplicações práticas.** *Revista Brasileira de Tecnologia de Sementes*, v. 25, n. 3, p. 15–24, 2023.

SILVA, R. F.; SOUSA, J. M. **Armazenamento de sementes: princípios, métodos e implicações fisiológicas.** *Revista Brasileira de Sementes*, v. 44, n. 2, p. 201–209, 2022b.

SILVA, R. T. *et al.* **Pureza das sementes: procedimentos e importância.** *Revista de Pesquisa Agrícola*, v. 35, n. 1, p. 56–65, 2018.

SILVA, R. T.; SOUSA, J. M. **Técnicas de armazenamento e preservação da longevidade das sementes.** *Revista Brasileira de Agricultura*, v. 39, n. 2, p. 178–189, 2022c.

SMITH, A. B.; JOHNSON, L. K.; GREEN, R. E. **Seed quality characteristics and their influence on sunflower crop performance.** *Journal of Crop Improvement*, v. 58, n. 4, p. 402–418, 2021.

SOUZA, C. R.; LIMA, A. R.; MENDES, P. V. **Tecnologias emergentes na avaliação da qualidade das sementes.** *Engenharia Agrícola*, v. 41, n. 4, p. 789–802, 2021.

USDA – United States Department of Agriculture. **Relatório anual de produção de girassol.** 2024. Disponível em: <https://www.sunflowernsa.com/stats/usda-reports/January-Annual-Crop-Production/2024-January-Annual-Crop-Production/>. Acesso em: 17 abr. 2025.

ZANIN, M. A.; ALVES, S. C.; REIS, S. R. **Post-harvest processing and storage of sunflower seeds: advances and challenges.** *Field Crops Research*, v. 283, p. 108537, 2022. DOI: 10.1016/j.fcr.2021.108537.