



GISELLE MÁRCIA DE MELO

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA PÓS
CÂMARA FRIA: CHOQUE TÉRMICO, ACLIMATAÇÃO E
TRATAMENTO DE SEMENTES**

**LAVRAS – MG
2023**

GISELLE MÁRCIA DE MELO

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA PÓS CÂMARA FRIA:
CHOQUE TÉRMICO, ACLIMATAÇÃO E TRATAMENTO DE SEMENTES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do Título de Mestre.

Dr. Everson Reis Carvalho
Orientador

Dr. Antonio Rodrigues da Cunha Neto
Coorientador

**LAVRAS - MG
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Melo, Giselle Márcia de.

Qualidade fisiológica de sementes de soja pós câmara fria :
choque térmico, aclimação e tratamento de sementes / Giselle
Márcia de Melo. - 2023.

47 p. : il.

Orientador(a): Everson Reis Carvalho.

Coorientador(a): Antonio Rodrigues da Cunha Neto.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Armazenamento de sementes. 2. Soja. 3. Aclimação. I.
Carvalho, Everson Reis. II. Cunha Neto, Antonio Rodrigues da.
III. Título.

GISELLE MÁRCIA DE MELO

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA PÓS CÂMARA FRIA:
CHOQUE TÉRMICO, ACLIMATAÇÃO E TRATAMENTO DE SEMENTES**

**PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SOYBEAN SEEDS AFTER COLD CHAMBER:
THERMAL SHOCK, ACCLIMATION AND SEED TREATMENT**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do Título de Mestre.

APROVADA em 17 de janeiro de 2023.

Prof. Dra. Heloisa Oliveira dos Santos UFLA

Prof. Dra. Thaisa Fernanda de Oliveira UFLA

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho
Orientador

Dr. Antonio Rodrigues da Cunha Neto
Coorientador

**LAVRAS - MG
2023**

*A Deus e à Nossa Senhora Aparecida, por guiarem meus caminhos
e me concederem tantas bençãos.*

Ao meu marido Marcel Marden C. B Miguel e à minha filha Cecília Helena de Melo.

Aos meus pais Maureli Paulo de Melo e Maria Madalena Cardoso de Melo.

Aos meus irmãos Imgradd, Ronan e Raquel.

Aos meus amigos Carlos e Antonio.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta etapa não seria possível sem as contribuições que recebi ao longo desse ciclo. Todavia, sirvo presente para manifestar meus profundos agradecimentos a todos que direta ou indiretamente fizeram parte desse capítulo da minha história especialmente a Deus e à Nossa Senhora Aparecida, pela proteção e por me concederem uma vida repleta de saúde.

Ao meu marido Marcel e à minha filha Cecília, por serem minha fonte inesgotável de força e superação.

Aos meus pais, pelo cuidado e orações.

Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos, em especial à minha cunhada Elisa, pela união e apoio.

À minha madrinha Maria e ao meu padrinho Everson, pela força e incentivo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Universidade Federal de Lavras-UFLA, em particular ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade que me foi concedida para a realização do curso.

Ao meu orientador Prof. Dr. Everson Reis Carvalho, pela ajuda, paciência e orientação proporcionada durante a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador, Dr. Antonio Rodrigues da Cunha Neto pelas contribuições prestadas.

Às Profas. Dra. Heloisa Oliveira dos Santos e Dra. Thaisa Fernanda de Oliveira, por fazerem parte da banca da minha defesa.

À Secretária do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Marli Túlio, pela ajuda prestada em todos os momentos.

Aos técnicos do Laboratório Central de Análise de Sementes da UFLA, nomeadamente Geraldo e Jaqueline, pela ajuda e disponibilidade.

Muito obrigada!

“Para enxergar claro, basta mudar a direção do olhar”

(Antoine de Saint-Exupéry)

RESUMO

No armazenamento de sementes de soja, o controle de umidade e temperatura são essenciais para garantir a longevidade e qualidade fisiológica das sementes. A redução da temperatura das sementes é uma técnica viável para preservar sua qualidade fisiológica, uma vez que reduz o metabolismo da semente durante o armazenamento de entressafra. Após o período de armazenamento em câmara fria e transporte até o produto, a semente enfrenta variações na temperatura que podem afetar o seu desempenho no campo. Sendo assim, o objetivo com este trabalho foi verificar como as mudanças de temperatura e períodos após o armazenamento em câmara fria e aclimação afetam a qualidade e a bioquímica das sementes. Foram utilizadas sementes da cultivar M6410IPRO que ficaram armazenadas em câmara fria por 6 meses em temperatura e umidade controlada de 10 °C e 50%. O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado e realizado dois ensaios separadamente, um com sementes com tratamento químico, realizado após a aclimação, e outro sem. Em cada experimento foi usado o arranjo fatorial 2 x 6, sendo 2 processos de aclimação pós câmara fria (com e sem aclimação) e seis períodos pós armazenamento em câmara a 25 °C (0, 7, 14, 28, 35 e 42 dias). A aclimação foi realizada a 20° C por um período de 72h após o armazenamento em câmara fria. Foram avaliados os seguintes parâmetros: grau de umidade, primeira contagem de germinação, germinação entre papel, germinação entre papel e vermiculita, emergência de plântulas, envelhecimento acelerado, captura e processamento computacional de imagens de alta resolução e análises enzimáticas do metabolismo antioxidante. A aclimação, a 20 °C por 72h após o armazenamento de sementes de soja em câmara fria e seca, ameniza efeitos de choque térmico e favorece a manutenção da qualidade fisiológica das sementes, principalmente para sementes que serão tratadas após a retirada da câmara fria. Para sementes não aclimatadas, o período mais prolongado, a 25 °C, acima de 28 dias após armazenamento em câmara fria, atenua problemas com choque térmico e, conseqüentemente, efeitos sobre a qualidade fisiológica. A aclimação pós câmara fria afeta a formação de espécies reativas de oxigênio e a atuação de sistemas antioxidantes, essa técnica favorece a expressão de enzimas antioxidantes como a SOD.

Palavras-chave: Glycine max. Armazenamento. Vigor. Processamento pós-colheita. Amplitude térmica.

ABSTRACT

In the storage of soybean seeds, humidity and temperature control are essential to guarantee the longevity and physiological quality of the seeds. Reducing seed temperature is a viable technique to preserve its physiological quality since it reduces seed metabolism during off-season storage. After the period of storage in a cold chamber and transport to the producer, the seed faces variations in temperature that can affect its performance in the field. Therefore, the objective of this work was to verify how changes in temperature and periods after cold storage and acclimatization affect seed quality and biochemistry. Seeds of the cultivar M6410IPRO were used, which were stored in a cold chamber for 6 months at a controlled temperature and humidity of 10 °C and 50%. The experimental design used was completely randomized and two tests were carried out separately, one with seeds with chemical treatment, carried out after acclimatization, and the other without, in each experiment a 2 x 6 factorial arrangement was used, with 2 post-cold chamber acclimatization processes (with and without acclimatization) and six periods after storage in a chamber at 25°C (0, 7, 14, 28, 35 and 42 days). Acclimatization was performed at 20°C for a period of 72 hours after storage in a cold chamber. The following parameters were evaluated: moisture content, first germination count, germination between paper, germination between paper and vermiculite, seedling emergence, accelerated aging, capture and computational processing of high resolution images and enzymatic analysis of antioxidant metabolism e. Acclimatization at 20°C for 72 hours after storage of soybean seeds in a cold and dry chamber alleviates the effects of thermal shock and favors the maintenance of the physiological quality of the seeds, especially for seeds that will be treated after removal from the cold chamber. For non-acclimatized seeds, a longer period at 25°C, over 28 days, after storage in a cold chamber attenuates problems with thermal shock and, consequently, effects on physiological quality. Post-cold chamber acclimatization affects the formation of reactive oxygen species and the performance of antioxidant systems, this technique favors the expression of antioxidant enzymes such as SOD.

Keywords: *Glycine max.* Storage. Vigor. Post-harvest processing. Thermal amplitude.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	A cultura da soja e a qualidade de sementes	12
2.2	Armazenamento de sementes.....	13
2.3	Tratamento de sementes.....	16
2.4	Enzimas.....	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Armazenamento e tratamento de sementes	19
3.2	Avaliação da qualidade fisiológica	20
3.3	Quantificação de peroxidação lipídica e peróxido de hidrogênio	22
3.4	Análises bioquímicas enzimáticas: metabolismo antioxidante	22
3.5	Delineamento experimental e análise estatística	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1	Qualidade fisiológica	24
4.2	Análises bioquímicas e enzimáticas.....	35
5	CONCLUSÕES.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

A soja é a maior cultura cultivada do Brasil. A produção brasileira corresponde à metade do comércio global do grão. Desde a safra de 2020 o país vem acumulando recordes na produção mundial, advindo ao Brasil o título de maior produtor do grão do mundo. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022), o Brasil vai colher mais de 150 milhões de toneladas de soja na safra 22/23.

Atualmente, a soja é o principal item de exportação do agronegócio nacional, mas no início do século passado, quando o produto que mais se destacava era o café, a oleaginosa praticamente inexistia no país. O ano de 1901 é considerado o marco na introdução da soja no Brasil. Em São Paulo, começou o cultivo na Estação Agropecuária de Campinas e a Distribuição de sementes para produtores. Na década de 1970, a criação da Embrapa revolucionou o agronegócio no país. Por meio de pesquisas desenvolvidas na Embrapa foram obtidas cultivares mais propícias ao clima brasileiro e abriu caminho para o cultivo chegar às áreas do Cerrado.

O avanço do cultivo no Brasil acompanhou o crescimento da demanda internacional pela oleaginosa nas décadas seguintes. A China passou a ser o maior importador da soja brasileira no fim dos anos 1990, e mantém essa posição até os dias atuais. O Mato Grosso é hoje o maior estado produtor do grão no país e, recentemente, a cultura tem se expandido para as regiões Norte e Nordeste, seguindo os caminhos da migração rural de empreendedores e pequenos produtores.

Dentre os fatores que levaram à expansão da cultura no Brasil destaca-se a produção de sementes de alta qualidade. A utilização de sementes de soja de alta qualidade é de fundamental importância para o sucesso do cultivo. A produção de sementes de soja com esses padrões é um grande desafio ao setor produtivo, principalmente em regiões tropicais e subtropicais. Para que esse objetivo seja alcançado é imprescindível investir em tecnologias específicas para a produção de sementes, em conjunto com um bom sistema de controle de qualidade.

A semente passa por um longo caminho até a chegada ao produtor, passando pelos processos de colheita, beneficiamento e armazenamento. O armazenamento de sementes envolve etapas que vão desde a maturidade fisiológica da semente no campo, até o momento em que ela é semeada e se iniciam os processos de embebição e de germinação.

A armazenagem da semente após o beneficiamento até a sua retirada do armazém é variável, e dura em média 6 meses ou mais até o início da próxima safra. Neste período o foco

é preservar a viabilidade e o vigor da mesma. O armazenamento em armazéns com isolamento térmico e refrigeração são instalações ideais para a preservação da qualidade fisiológica da semente de soja.

A semente de soja nessas condições mantém a qualidade que veio do campo por um longo período de armazenamento, permitindo a travessia do período da entressafra sem redução do vigor, ou com o mínimo de queda possível. No entanto o que se tem observado junto às empresas produtoras é que essas sementes armazenadas em câmara fria sofrem uma queda na viabilidade e vigor quando são retiradas abruptamente do ambiente climatizado e já encaminhadas à revenda e ao produtor, principalmente em regiões com alta temperatura no momento do transporte e semeadura, como por exemplo o estado do Mato Grosso.

Essa rápida deterioração nas sementes pode ser causada pelos efeitos do choque térmico, uma vez que a semente se encontra em temperatura e umidade relativa estável e vem a sofrer variações constantes nesses dois fatores importantes para a manutenção da qualidade fisiológica da semente. As trocas de calor ocorrem principalmente por condução, de semente a semente, o contato da semente fria com o ar quente gera a condensação dos gases aumentando a umidade da massa de sementes. A combinação de umidade e temperatura elevada contribui para a aceleração do processo de deterioração. Estudos nessa linha são escassos, visto que em escala comercial é relativamente recente a prática de armazenamento de sementes de soja em câmara fria, devido ao aumento de seus valores, por isso, são necessários estudos para avaliar procedimentos corretos de retirada da câmara fria e expedição das sementes, para que as mesmas cheguem até a semeadura com alta qualidade fisiológica.

Assim, o objetivo nesse trabalho foi verificar como as mudanças de temperatura, com possíveis choques térmicos, e períodos após o armazenamento em câmara fria, afetam a qualidade e os processos bioquímicos nas sementes de soja, e avaliar o processo de aclimação após câmara fria visando a manutenção da qualidade fisiológica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da soja e a qualidade de sementes

A soja (*Glycine max*) é uma planta que pertence à família Fabaceae. Seus grãos são usados pela agroindústria (produção de rações), indústria química e de alimentos. A cultura da soja é uma das principais *comodities* do mundo. O Brasil é o maior produtor e exportador de soja e a previsão para a safra brasileira de 2022/23 é de 152,4 milhões de toneladas (CONAB, 2022).

No Brasil, o primeiro relato sobre o surgimento da soja através de seu cultivo é de 1882, no estado da Bahia (BLACK, 2000). Em seguida, foi levada por imigrantes japoneses para São Paulo, e somente em 1914 a soja foi introduzida no estado do Rio Grande do Sul, sendo este, por fim, o lugar onde as variedades trazidas dos Estados Unidos melhor se adaptaram às condições edafoclimáticas, principalmente em relação ao fotoperíodo (BONETTI, 1981).

Conforme Kiihl e Garcia (1989), a implantação de programas de melhoramento de soja no Brasil possibilitou o avanço da cultura para regiões de baixas latitudes através do desenvolvimento de cultivares mais adaptadas por meio da incorporação de genes que atrasam o florescimento mesmo em condições de fotoperíodo indutor, conferindo a característica de período juvenil longo. O trabalho nesses programas de melhoramento nesses últimos anos vem desenvolvendo novas cultivares com alta estabilidade e adaptabilidade, as quais apresentam caracteres agronômicos desejáveis e alta produtividade de grãos para as regiões produtoras no território brasileiro. Mas o sucesso do cultivo também está relacionado à utilização de sementes de alta qualidade.

A produção de sementes de soja de alta qualidade é fundamental para o sucesso da produtividade da cultura. No entanto a produção é bastante complexa em relação a outras plantas cultivadas, pois as sementes de soja se caracterizam por apresentarem grande sensibilidade aos agentes mecânicos, patogênicos e às condições climáticas. Desta forma, situações ligeiramente desfavoráveis para outras espécies podem contribuir significativamente para acelerar a deterioração de sementes de soja (MARCOS FILHO *et al.*, 2015). Diante deste cenário, a produção de sementes de qualidade se torna um fator importante para as altas produtividades da cultura.

Para ser considerada uma semente de alta qualidade, a semente de soja deve ter altas taxas de vigor, germinação e sanidade, bem como garantias de purezas física e varietal. Esses

atributos respondem pelo desempenho da semente no campo, o que contribui para que sejam alcançados altos níveis de produtividade (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2018).

As características relacionadas à qualidade fisiológica das sementes são avaliadas por meio de dois parâmetros fundamentais, que são a viabilidade e vigor, sendo a viabilidade medida pelo teste de germinação conduzido em condições favoráveis, já o vigor detecta atributos mais sutis da qualidade fisiológica não revelados pelo teste de germinação (MARCOS FILHO, 2015; ROCHA *et al.*, 2017).

O vigor é a soma de propriedades que confere à semente o potencial para germinar e estabelecer plântulas normais sob uma ampla diversidade de condições ambientais (MARCOS FILHO, 2015).

O vigor da semente exerce influência sobre a velocidade e a uniformidade de emergência e sobre o tamanho e peso da plântula, portanto, pode-se esperar que sementes de alto vigor apresentem maior desempenho no campo, sobretudo na fase de plântula, que depende essencialmente das reservas da semente para o seu crescimento (KOLCHINSK *et al.*, 2006).

Em lotes de sementes de soja de uma mesma cultivar é possível observar níveis de germinação equivalentes, porém, com diferenças no vigor, determinadas pela influência da época de semadura (BORNHOFEN *et al.*, 2015) e das condições de temperatura e umidade relativa durante o armazenamento (ALENCAR *et al.*, 2008).

A produção de sementes de soja de elevada qualidade depende de diversos fatores, desde a implantação dos campos, nutrição, manejo de pragas e doenças e plantas daninhas, colheita, beneficiamento, tratamento e armazenamento das sementes. Armazenamento esse que demanda cuidados especiais para que a qualidade seja preservada até o momento da semeadura, principalmente em importantes regiões produtoras em que a temperatura na entressafra, período de armazenamento, as temperaturas são elevadas, como é o caso do Centro-oeste.

2.2 Armazenamento de sementes

As sementes devem ser armazenadas em ambiente apropriado para a manutenção de suas qualidades biológicas, químicas e físicas. A manutenção dessas qualidades depende, dentre outros fatores, das características intrínsecas das sementes, das condições ambientais no momento da colheita das boas práticas de limpeza, secagem e armazenamento. As perdas de sementes armazenadas são acentuadas pela carência de estruturas adequadas para o manejo e

conservação. O manejo inadequado com elevado teor de umidade e temperatura acelera o metabolismo da semente, acelerando o processo de deterioração (FARONI, 1992).

No armazenamento de sementes de soja, o controle de umidade e temperatura são essenciais para garantir a longevidade e a qualidade fisiológica das sementes. Sementes de soja geralmente são armazenadas entre 11 e 13% de umidade. Na armazenagem convencional, as sementes são armazenadas à temperatura ambiente. Baixas temperaturas favorecem a preservação das qualidades iniciais, mas nem sempre é possível se obter valores adequados de temperatura, pelo sistema convencional (SMANIOTTO *et al.*, 2014).

A associação entre temperatura e umidade, influencia diretamente na longevidade das sementes durante o armazenamento. A redução da temperatura das sementes é uma técnica viável para preservar sua qualidade fisiológica uma vez que reduz o metabolismo da semente. O resfriamento artificial de sementes é uma ferramenta importante para controlar a temperatura e a umidade relativa do ar, o que permite uma redução do consumo de substâncias de reserva de sementes por patógenos ou por seu próprio processo de respiração (VILLELA; MENEZES, 2009).

O alto teor de água na semente aliado à altas temperaturas, aceleram o metabolismo, levando à redução da qualidade da semente. A queda do potencial de armazenamento, segundo Delouche e Baskin (1973), é uma das manifestações do processo de deterioração que culmina com a redução do poder germinativo.

A deterioração pode ocorrer, também, devido ao aquecimento da massa de sementes produzido pelo calor e aumento de umidade que se desprende da respiração da própria semente e de microrganismos associados (BROD, 2005).

O clima no território brasileiro sofre grandes variações em curtos períodos de tempo, principalmente quando se refere à temperatura, o que pode acarretar sérios problemas na qualidade das sementes. A fim de amenizar esse impacto, o resfriamento artificial se apresenta como uma alternativa consolidada para minimizar perdas na qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento (ZUCHI, 2013).

Temperaturas baixas, em torno de 15 °C, reduzem a atividade dos insetos e outros organismos, prolongando a vida útil das sementes, mantendo sua qualidade física, vigor e o poder germinativo por um período mais longo. Desta maneira, pesquisas têm avaliado o efeito positivo do resfriamento artificial e manutenção das características fisiológicas de todos os tipos de sementes, o que traz benefícios para a entrega de sementes de alto padrão fisiológico para o mercado.

Carvalho *et al.* (2014), ao avaliarem o resfriamento de sementes de soja e o tipo de embalagens usadas no armazenamento no estado do Mato Grosso, verificaram que após o resfriamento artificial das sementes até 13 °C, a massa de sementes se manteve estável até 20 °C por aproximadamente duas semanas.

Zuchi *et al.* (2013) ao avaliarem a qualidade fisiológica de sementes submetidas ao processo de resfriamento dinâmico, verificaram que duas das três cultivares em estudo mantiveram a qualidade fisiológica das sementes. Esses autores sugeriram que mais estudos sobre o resfriamento de sementes e estabilidade térmica das sementes são necessários.

Apesar dos resultados positivos consolidados sobre a manutenção da qualidade fisiológica de sementes de soja em ambientes com temperatura controlada, atualmente tem surgido relatos junto às empresas produtoras de rápida deterioração após o armazenamento sob condições controladas, principalmente em regiões de alta temperatura no momento da semeadura, como por exemplo o estado do Mato Grosso.

Há uma carência de informações sobre os efeitos do choque térmico após o armazenamento em câmara fria. A condução de calor em uma massa de sementes é um fenômeno físico complexo, as trocas de calor ocorrem principalmente por condução de semente a semente, e o ar intergranular de forma lenta (CARDOSO *et al.*, 2004).

A respiração de uma massa de sementes é um ponto importante a ser considerado com relação à umidade e a temperatura. O processo respiratório numa massa de sementes é o umedecimento e a elevação da temperatura. O aumento do processo respiratório das sementes implica no aumento do consumo de reservas (PESKE *et al.*, 2019).

De acordo com Brackmann *et al.* (2010), as variáveis psicrométricas temperatura e UR do ar, em armazéns convencionais (sem atmosfera modificada ou controlada), sofrem influência de acordo com as condições do ambiente.

Outro fator que pode alterar a conservação das sementes ao longo do armazenamento é o tratamento químico, realidade hoje na cadeia produtiva, sobretudo com o advento do tratamento industrial de sementes (TSI).

2.3 Tratamento de sementes

A manutenção da qualidade da semente durante o período de armazenamento é um aspecto a ser considerado dentro do processo produtivo de qualquer cultura, de modo que o sucesso da lavoura depende, principalmente, da utilização de sementes com alto padrão de qualidade (FREITAS *et al.*, 2004).

Dentre as diversas técnicas de manejo adotadas para a manutenção da qualidade da semente destaca-se o tratamento químico. Este processo consiste em aplicar compostos capazes de proteger as sementes contra os efeitos deletérios de patógenos, realizando o controle de doenças no período inicial do estabelecimento da lavoura, favorecendo a emergência e o desenvolvimento das plântulas (BALARDIN *et al.*, 2011).

O tratamento de sementes utilizando fungicidas, inseticidas e nematicidas têm sido utilizados na cultura da soja devido a importância do valor da semente e a necessidade de proteger e melhorar o seu desempenho em condições de estresses bióticos (DAN *et al.*, 2010). Estudos relatam que 95% dos sojicultores utilizam sementes tratadas na busca constante de maior proteção às sementes e plântulas no estabelecimento da cultura (HENNING *et al.*, 2010). O tratamento de sementes com fungicidas favorece o desenvolvimento inicial de plântulas de soja, principalmente sob restrição hídrica no solo (CARVALHO *et al.*, 2022).

Devido ao crescimento do mercado de soja, aumentou a demanda por sementes já tratadas com produtos fitossanitários, principalmente utilizando-se da técnica de tratamento de sementes industrial (TSI) (BRZEZINSKI *et al.*, 2015). No tratamento industrial de sementes (TSI), por questões logísticas, se faz necessário a retirada das sementes do ambiente controlado para tratamento, com consequente armazenamento das sementes, mesmo que por curto período, até a efetiva semeadura.

O armazenamento de sementes tratadas demanda cuidados especiais em relação às não tratadas, por isso, atualmente são necessárias pesquisas para atender demandas específicas desse novo cenário, como monitorar e analisar essa qualidade ao longo do armazenamento e a influência da temperatura (MAGRO, 2016).

Apesar de todas as vantagens, o tratamento de sementes pode apresentar alguns entraves como a toxidez que os produtos podem gerar às sementes armazenadas e influência dos mesmos na avaliação da qualidade fisiológica. Estudos detectaram que quando sementes são tratadas de algumas culturas como a soja, com inseticidas, há redução na taxa de germinação

e sobrevivência de plântulas, dependendo da concentração e da forma como são armazenadas e/ou aclimatadas (DAN *et al.*, 2012).

Estudos realizados para avaliar o efeito do tempo de armazenamento sobre o vigor de sementes de soja tratadas com inseticidas e fungicidas, concluíram que esse maior tempo de armazenamento ocasionou redução significativa nos níveis de vigor das sementes de soja para todos os tratamentos. Além disso, concluiu-se que os tratamentos com moléculas inseticidas tendem a apresentar maior fitotoxidez em relação aos fungicidas (ROCHA *et al.*, 2020).

Vale ressaltar que não só o ingrediente ativo e o tempo de armazenamento afetam o armazenamento seguro para a qualidade fisiológica (*Seed safety*), mas também as condições durante esse armazenamento de sementes tratadas devem ser consideradas, conforme relataram Mavaieie *et al.* (2019) e Morais *et al.* (2022).

2.4 Enzimas

O processo de deterioração de sementes pode envolver transformações físicas, fisiológicas e bioquímicas, dentre as quais se destacam o esgotamento de reservas, queda da atividade enzimática, peroxidação de lipídeos e reações não enzimáticas, quebra parcial das proteínas, alteração nas membranas celulares com redução da integridade, aumento da permeabilidade e desorganização das membranas celulares (PRIESTLEY, 1986). Embora a deterioração aumente com a elevação do grau de umidade das sementes, os mecanismos celulares funcionais de reparo são mantidos pelo metabolismo durante a respiração aeróbica (IBRAHIM; ROBERTS, 1983).

Conforme Bewley e Black (1994), além da perda da integridade das membranas durante o processo de deterioração, também há uma redução da produção de ATP, diminuição na síntese de proteínas e ácidos nucleicos e degeneração cromossômica. Aguilar *et al.* (1992) sugerem que a perda da viabilidade de sementes é acompanhada por redução na capacidade de sintetizar proteínas devido ao declínio de componentes como ribossomos, RNA mensageiro e alterações ao nível de transcrição e tradução com o envelhecimento das sementes e à degradação de macromoléculas, tais como: proteínas, lipídios, ácidos nucleicos e, conseqüentemente, a diminuição de atividades bioquímicas de sementes (COOLBEAR, 1995). O fato da deterioração não ocorrer de maneira uniforme, constitui uma dificuldade a mais para generalizar a ocorrência destes eventos.

Para explicar o processo de deterioração, a degeneração das membranas e a inativação enzimática têm sido as mais enfocadas. Delouche e Baskin (1973), em estudos de envelhecimento artificial de sementes de milho, afirmaram que o processo de deterioração inicia com a desorganização de membranas e perda da sua integridade.

Ávila *et al* (2012) verificaram que o vigor e a viabilidade apresentaram tendência contrária à atividade dos agentes antioxidantes, ao longo do envelhecimento acelerado, até 48 horas.

De acordo com Timóteo e Marcos Filho (2013) as análises enzimáticas foram sensíveis quanto ao potencial fisiológico, o que indica o início da deterioração das sementes, em consequência do período de armazenamento. O potencial de armazenamento é variável, conforme o genótipo de milho, e que a associação entre germinação, vigor e atividade de isoenzimas permite avaliar tal parâmetro com segurança.

Em sementes de soja armazenadas em condições não controladas, ocorre queda de atividade dos sistemas isoenzimáticos malato desidrogenase, álcool desidrogenase, esterase, isocitrato liase, superóxido dismutase e peroxidase, principalmente após seis meses, no armazenamento em câmaras fria e seca, essas atividades são mantidas (CARVALHO *et al.*, 2014).

O uso de expressões isoenzimáticas são eficientes para monitoramento e avaliação da deterioração de sementes de soja ao longo do armazenamento, porém, são escassas as informações dessa relação bioquímica a possíveis choques térmicos em sementes de soja, após o armazenamento em câmara fria, associado ao tratamento químico.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Armazenamento e tratamento de sementes

O experimento foi realizado no Laboratório Central de Análise de Sementes, Departamento de Agricultura, Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL), da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no estado de Minas Gerais, Brasil. Foram utilizadas sementes de soja da cultivar M6410IPRO, produzidas no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia – CDTT, Ijaci, MG. As sementes foram colhidas quando apresentavam 16% de umidade e submetidas à trilha, em trilhadora experimental, sistema radial, e secagem até 12%. As sementes foram beneficiadas e acondicionadas em sacos de papel multifoliado e armazenadas em câmara fria a 10 °C e 50 % UR, por um período de 6 meses.

Após o armazenamento em câmara fria, que ocorreu entre os meses de abril e setembro, parte das sementes foram retiradas para o processo de aclimação em câmara do tipo B.O.D. (Demanda Bioquímica de Oxigênio) por 72 h a 20 °C, e a outra metade das sementes permaneceu na câmara fria. Após o período de 72h as sementes foram retiradas da B.O.D. de 20 °C, no qual metade deste lote foi submetido ao tratamento químico de sementes, em seguida levadas para a B.O.D. de 25 °C por diferentes períodos de armazenamento.

As sementes que permaneceram na câmara fria foram retiradas na mesma data em que as sementes aclimatadas foram retiradas da B.O.D., e metade do lote também passou pelo processo de tratamento químico de sementes. Esses procedimentos foram repetidos, totalizando os períodos de armazenamento a 25 °C após câmara fria de 42, 35, 28, 14, 7 e 0 dias. Após esses períodos as sementes foram avaliadas quanto à qualidade fisiológica e expressões enzimáticas.

O tratamento de sementes foi realizado com a utilização da máquina *Momeso Arktos* Laboratório L2K, para simulação de tratamento industrial em bateladas. Foram utilizados fungicidas, inseticidas, polímero e pó secante com as dosagens listadas na Tabela 1. Após o tratamento, as sementes permaneceram à sombra, em uma temperatura de aproximadamente 20 °C por 10 minutos e, posteriormente, foram levadas para o armazenamento semanal.

Tabela 1 - Produtos comerciais e doses utilizados para o tratamento de sementes de soja.

Ingrediente Ativo (i.a)	Produto Comercial	Dose p.c. 100 kg-1 sementes
600 g/L Ciantraniliprole	Fortenza 600 FS	60ml/100kg
20 g/L Metalaxil-M		
150 g/L Tiabendazol	Maxim Advanced	100ml/100kg
25 g/L Fludioxonil		
350 g/L Tiametoxam	Cruiser 350 FS	200ml/100kg
-	Polímero soja	100ml/100kg
-	Pó secante	100g/100kg

Fonte: Da autora (2023).

Ao final do período de armazenamento foram realizadas análises de qualidade fisiológica e expressões enzimáticas por meio das metodologias descritas a seguir.

3.2 Avaliação da qualidade fisiológica

As análises da qualidade fisiológica das sementes foram realizadas por meio dos seguintes testes:

- a) Teor de água: foi avaliado pelo método de estufa a 105 °C durante 24 horas, em 3 repetições, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem.
- b) Germinação (GEP): as sementes foram distribuídas uniformemente entre duas folhas de papel germitest, com volume de água destilada para embebição na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida, os rolos foram acondicionados em germinador, tipo Mangelsdorf, à temperatura de 25 °C. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes. As contagens de plântulas normais foram realizadas aos cinco e oito dias e os resultados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).
- c) Primeira contagem de germinação: foi realizada em conjunto com o teste de germinação descrito, contando-se o número de plântulas normais aos cinco dias após semeadura, os resultados foram expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).
- d) Germinação entre vermiculita e papel (GVP): foi conduzida com os mesmos procedimentos descritos para a germinação entre papel (EP), no entanto, após a semeadura das sementes sobre o papel umedecido foi adicionado um volume de 100 ml de vermiculita umedecida com água na proporção 1:1. A vermiculita foi distribuída uniformemente sobre as sementes e, em seguida, coberta com a folha germitest e

confeccionados os rolos adaptados conforme Rocha *et al.* (2020). Os rolos foram mantidos em germinador a 25 °C e as avaliações realizadas aos cinco e oito dias após a semeadura, semelhante ao teste de germinação descrito nas Regras para Análise de Sementes, os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

- e) Primeira contagem de germinação com vermiculita: foi realizada em conjunto com o teste de germinação com vermiculita entre papel, com avaliação de plântulas normais aos cinco dias após semeadura, os resultados foram expressos em porcentagem.
- f) Emergência de plântulas sob condições controladas: o substrato utilizado foi composto pela mistura de areia e solo na proporção 2:1, respectivamente, em seguida levado a bandejas plásticas. Após semeadura, sementes foram cobertas com uma camada de aproximadamente 2 cm do substrato e umedecidas a 60% da capacidade de retenção. As bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal à temperatura de 25 °C. Foram conduzidas quatro repetições de 50 sementes. A partir da emergência do primeiro cotilédone visível, foram realizadas avaliações diárias, computando-se o número de plântulas normais totalmente emergidas até o oitavo dia após a semeadura.
- g) Índice de Velocidade de emergência de plântulas: foi realizado em conjunto com a emergência de plântulas, a partir da emergência das primeiras plântulas, foram feitas contagens diárias até o oitavo dia, com os resultados expressos em índice de velocidade de emergência (IVE), de acordo com cálculo proposto por Maguire (1962).
- h) Envelhecimento acelerado com germinação em papel: o método utilizado foi o da caixa plástica tipo gerbox adaptada, contendo 40 mL de água destilada e uma camada única de sementes cobrindo toda a tela suspensa. Posteriormente, as caixas tampadas foram mantidas em câmara tipo BOD a 42 °C por 48 horas (MARCOS FILHO, 1999). Em seguida, quatro repetições de 50 sementes foram submetidas à metodologia descrita para o teste de germinação entre papel (BRASIL, 2009), e a avaliação foi realizada cinco dias após a semeadura, com os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.
- i) Captura e processamento computacional de imagens de alta resolução: as sementes foram colocadas para germinar, seguindo as metodologias descritas para o teste de germinação com 20 sementes por rolo. As avaliações foram realizadas aos 5 dias após a semeadura. As avaliações foram feitas no GroundEye®, versão S120. As plântulas foram inseridas na bandeja do módulo de captação para a obtenção de imagens de alta

resolução. Subsequentemente, para a calibração da cor de fundo, foi utilizado o modelo de cor CIEL*a*b com índice de luminosidade de 0 a 100, dimensão “a” -13,9 a 46,1 e dimensão “b” de -57,1 a -40,6 (ANDRADE, 2017). Após a calibração da cor do fundo, a análise das imagens foi feita automaticamente através da extração dos valores médios dos seguintes parâmetros: Média do tamanho total (parte aérea mais raiz primária), média do tamanho da parte aérea e média do tamanho da raiz primária.

3.3 Quantificação de peroxidação lipídica e peróxido de hidrogênio

Amostras com 0,2 g de sementes maceradas em nitrogênio líquido acrescido de 20% de PVPP (m/v), homogeneizadas em 1,5 mL de ácido tricloroacético (TCA) 0,1% (m/v) e centrifugadas a 12.000 g por 15 minutos a 4 °C. O peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi determinado medindo-se a absorvância a 390 nm em um meio de reação contendo tampão fosfato de potássio 100 mM com pH 7,0 e iodeto de potássio 1 M (VELIKOVA *et al.*, 2000).

A peroxidação lipídica foi determinada por meio da quantificação de espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico, conforme descrito por Buege e Aust (1978). O extrato foi obtido de acordo com Velikova *et al.* (2000). Alíquotas (250 µL) do sobrenadante foram adicionadas ao meio de reação de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,5% (m/v) e 10% (m/v) de TCA, incubando-se, em seguida, a 95 °C por 30 minutos. A reação foi paralisada por resfriamento rápido em gelo e as leituras foram determinadas em espectrofotômetro, a 535 nm e 600 nm.

3.4 Análises bioquímicas enzimáticas: metabolismo antioxidante

Amostras de 0,2 g de sementes foram acondicionadas em envelopes de papel alumínio e congeladas em nitrogênio líquido (NL). O extrato enzimático foi obtido pela maceração do material em NL. Foram adicionados 1,5 mL do tampão de extração contendo: tampão fosfato de potássio 400 mM (pH 7,8), EDTA 0,1 mM, ácido ascórbico 10 mM e PVPP. O extrato foi centrifugado a 10.000 rpm por 10 minutos a 4 °C e o sobrenadante coletado e armazenado a -80 °C até as análises enzimáticas do superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) e proteínas resistentes ao calor. Todas as análises foram realizadas em triplicata (BIEMELT *et al.*, 1998).

- a) Atividade da SOD: a atividade desta enzima foi avaliada pela capacidade de inibição da fotorredução do azul de nitrotetrazólio cloreto (NBT). A placa contendo as amostras

juntamente com o tampão, foram iluminadas com lâmpada fluorescente de 20 W por 7 minutos e as leituras realizadas a 560 nm (GIANNOPOLITIS; RIES, 1977).

- b) Atividade APX: a APX foi determinada pela diminuição da absorbância do ascorbato ($\epsilon = 2,8 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$) a 290 nm a cada 15 segundos durante 3 minutos. Uma unidade de APX é definida pela quantidade de enzima que oxida $1 \mu\text{mol min}^{-1}$ de ácido ascórbico (NAKANO; ASADA 1981)

3.5 Delineamento experimental e análise estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado e realizado dois experimentos separados, um com sementes sem tratamento químico e o outro com sementes tratadas. Em cada experimento foi utilizado o arranjo fatorial 2×6 , sendo dois processos de retirada das sementes da câmara fria (com e sem aclimação de sementes) e seis períodos de armazenamento pós câmara fria a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (0, 7, 14, 28, 35 e 42 dias). Para análises de imagem e análises bioquímicas foi utilizado o esquema fatorial 2×4 , sendo dois processos de retirada da câmara fria (com e sem aclimação de sementes) e quatro períodos de armazenamento após câmara fria a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (0, 14, 28, 42). As análises bioquímicas foram realizadas em triplicata.

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do software Sisvar® (FERREIRA, 2014), a 5% de probabilidade pelo teste F, e para avaliação das médias foi utilizado o teste Scott e Knott, a 5%, exceto para grau de umidade que foi apresentado descritivamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Qualidade fisiológica

Por meio das análises de variância foi possível observar efeitos significativos para sementes com tratamento químico no tempo de armazenamento no teste de primeira contagem de germinação, emergência de plântulas e envelhecimento acelerado, e interação significativa da aclimação e tempo de armazenamento nos testes de germinação em papel, germinação com vermiculita + papel. Para as sementes sem tratamento químico foi possível observar efeitos significativos para tempo de armazenamento no teste de germinação, tanto em papel, quanto em papel + vermiculita, a aclimação foi significativa para primeira contagem de germinação, houve interação significativa para primeira contagem de germinação em vermiculita, e em ambos os testes de envelhecimento acelerado. Para emergência e IVE não foram constatadas diferenças significativas (TABELA 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância dos resultados em primeira contagem de germinação (PCG), germinação (GERM), primeira contagem de germinação com vermiculita (PCGV), germinação vermiculita (GVERM), emergência (EM), índice de velocidade de emergência (IVE) e envelhecimento acelerado entre papel (EAP) de sementes de soja submetidas a aclimação pós-câmara fria e armazenadas por diferentes períodos a 25 °C.

FV	GL	COM TRATAMENTO						
		PCG	GERM	PCGV	GVERM	EM	IVE	EAP
Tempo	5	157,53*	75,17	21,88	30,52	16,68*	0,33	303,48
Aclima	1	75,53	46,02	80,08	3,52	5,33	0,86	161,33
Tempo*Aclima	5	35,75	53,67*	147,48*	29,42*	3,88	1,07	179,28*
Resíduo	36	36,68	14,72	21,25	8,60	6,40	0,86	38,18
CV (%)		7,15	4,20	5,28	3,10	2,63	12,21	9,95
Media		84,70	91,39	87,29	94,64	96,33	7,61	62,08
FV	GL	SEM TRATAMENTO						
		PCG	GERM	PCGV	GVERM	EM	IVE	EAP
Tempo	5	29,93	38,52*	31,55	30,92*	11,02	0,06	311,93
Aclima	1	96,33*	1,02	30,08	20,02	1,68	0,91	936,33
Tempo*Aclima	5	23,93	7,42	28,48*	13,32	7,88	0,41	123,73*
Resíduo	36	18,27	10,40	9,36	5,96	7,15	0,48	34,27
CV (%)		4,70	3,42	3,25	2,55	2,77	8,55	8,11
Média		90,91	94,27	94,12	95,85	96,47	8,16	72,16

* valor significativo para $p < 0,05$

Fonte: Da autora (2023).

Para análise de imagens de alta resolução em sementes com tratamento químico houve efeito significativo somente para interação sobre o comprimento da raiz. Já para as sementes sem tratamento químico o período de armazenamento foi significativo sobre o comprimento do hipocótilo, assim como interação tempo e aclimação para comprimento de raiz e comprimento total das plântulas (TABELA 3).

Tabela 3 - Resumo da Análise de variância de comprimento de parte aérea (PA), comprimento de raiz (RAIZ) e comprimento total (TOTAL) obtidas por meio de análise de imagens de alta resolução.

FV	GL	COM TRATAMENTO		
		PA	RAIZ	TOTAL
Tempo	3	0,221	3.094	3.620
Aclima	1	0,108	0,273	0,725
Tempo*Aclima	3	0,209	2,587*	3.985
Resíduo	8	0,106	1.041	1.651
CV (%)		9,71	14,17	12,17
Média		3.360	7.202	10.562
Total	47			

FV	GL	SEM TRATAMENTO		
		PA	RAIZ	TOTAL
Tempo	3	0,659*	5.604	7.764
Aclima	1	0,085	0,630	1.178
Tempo*Aclima	3	0,162	5,089*	5,989*
Resíduo	8	0,085	0,983	1.459
CV (%)		7,45	10,64	9,11
Média		3.933	9.310	13.252
Total	47			

* valor significativo para $p < 0,05$

Fonte: Da autora (2023).

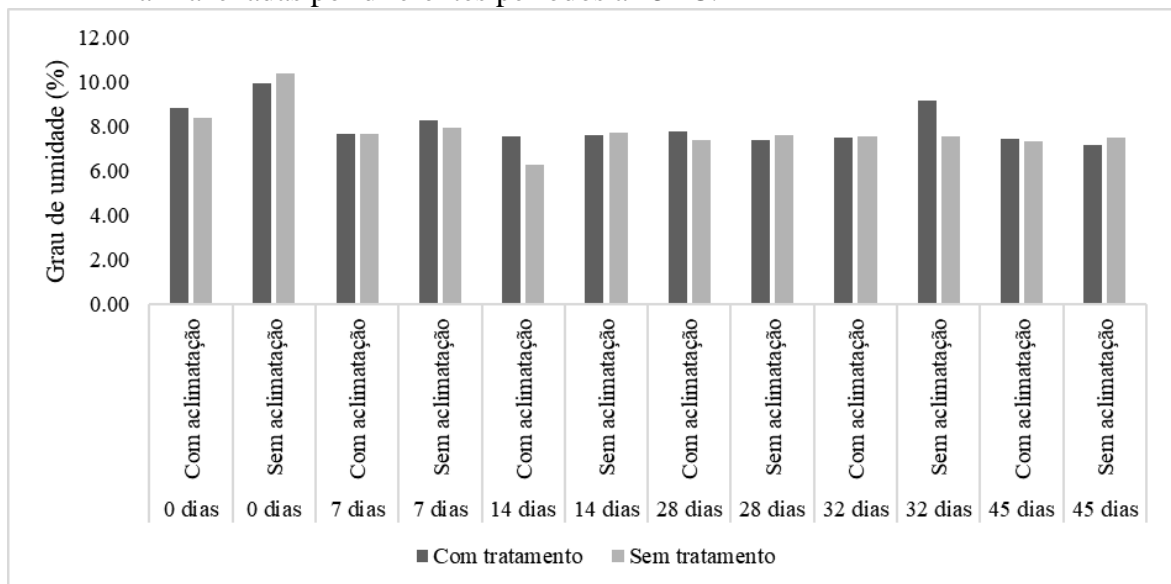
Verificou-se que, para sementes que foram aclimatadas e tratadas, os valores de teor de água foram próximos, independente do período de armazenamento a 25 °C, com média de 7,77%, exceto para aquelas sementes que não ficaram armazenadas a 25 °C (0 dias), que permaneceram em câmara fria até o momento do tratamento de sementes, os valores foram mais elevados, com valor médio de 8,58%. Ao analisar as sementes sem tratamento, estas apresentaram comportamento semelhante as sementes com tratamento (FIGURA 1).

Esse fato está relacionado ao equilíbrio higroscópico em função da umidade relativa do ambiente, visto que no armazenamento a 25 °C a umidade relativa do ambiente não foi

controlada, ficando dependente das variações ao longo do período de armazenamento. O ponto de equilíbrio higroscópico corresponde ao teor de água da semente em equilíbrio com determinada umidade relativa do ar, de forma que as pressões de vapor d'água do ar e da semente praticamente se igualem. O teor de água correspondente ao ponto de equilíbrio aumenta com a elevação da umidade relativa do ar e vice-versa (MARCOS FILHO, 2015).

Com relação à aclimação das sementes, as que passaram pelo processo a 20 °C por 72 h apresentaram média de umidade de 7,59%, enquanto as sementes que não passaram pelo processo de aclimação e foram direto para o armazenamento a 25 °C apresentaram média de umidade de 8,17% (FIGURA 1).

Figura 1 - Grau de umidade de sementes de soja submetidas a aclimação pós-câmara fria e armazenadas por diferentes períodos a 25 °C.



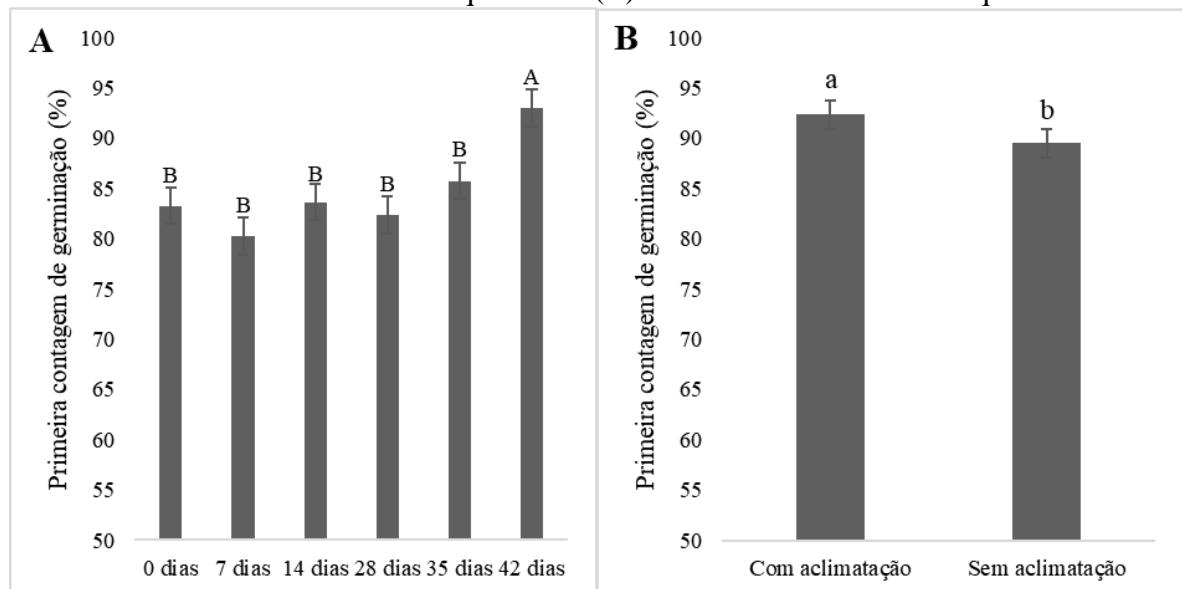
Fonte: Da autora (2023).

A primeira contagem de germinação é um dos parâmetros para determinação de vigor das sementes, observou-se que para as sementes com tratamento químico pós-câmara fria, que o maior tempo de armazenamento a 25 °C favoreceu o vigor das sementes (FIGURA 2A). Todos os tempos pós câmara fria apresentaram vigor acima de 80%, porém, com 42 dias, o vigor foi de 93%. Para as sementes sem tratamento (FIGURA 2B), as sementes que foram aclimatadas pós câmara fria apresentaram vigor superior quando comparadas com as sementes que não foram aclimatadas ao serem retiradas da câmara fria, independentemente do tempo de armazenamento. Indicando que a variação térmica quando as sementes são retiradas da câmara fria pode afetar o vigor das mesmas.

As variações da temperatura afetam a velocidade, a porcentagem e a uniformidade de germinação. As razões que determinam os efeitos da alternância da temperatura não são totalmente conhecidas, mas supõe-se que essa variação térmica cria uma alteração no balanço promotores/inibidores da germinação em que estes têm a concentração reduzida durante os períodos de temperatura mais baixa, enquanto a dos promotores aumenta durante os ciclos de temperaturas mais altas (MARCOS FILHO, 2005).

Dentre os estresses que as sementes podem sofrer durante o armazenamento, o estresse térmico pode afetar diretamente o vigor das sementes que estão armazenadas. Dessa forma, ainda é necessário elucidar como o estresse térmico, através da alta amplitude térmica ou condição de choque térmico, se torna um fator determinante na qualidade fisiológica de sementes de soja devido aos danos causados (CARVALHO *et al.*, 2014; MAVAIÉIE *et al.*, 2019).

Figura 2 - Porcentagem em primeira contagem de germinação de sementes de soja submetidas a aclimação pós-câmara fria e armazenadas por diferentes períodos a 25 °C. (A) sementes com tratamento químico e (B) sementes sem tratamento químico.



Médias seguidas de mesma letra não apresentaram diferenças significativas, a 5%.

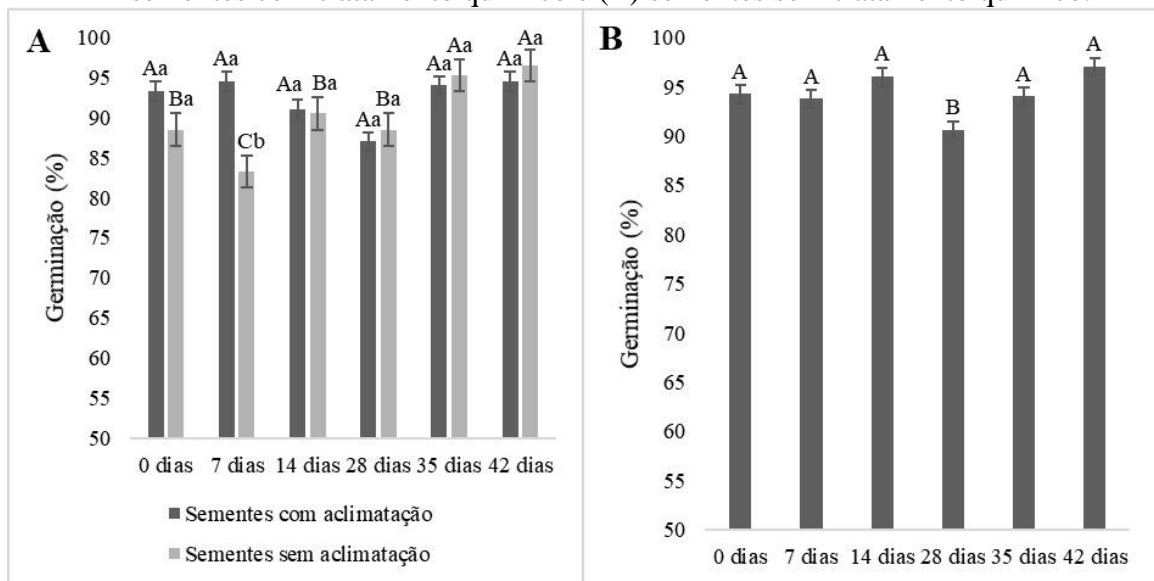
Fonte: Da autora (2023).

Para a germinação das sementes tratadas, foi constatado efeito positivo da aclimação para sementes armazenadas aos 7 dias a 25 °C. Em relação ao armazenamento após câmara fria, para sementes aclimatadas não houve diferença significativa de germinação ao longo do armazenamento (FIGURA 3A). Já para sementes sem aclimação, os menores valores de germinação foram observados nos períodos mais curtos de armazenamento a 25 °C pós câmara

fria, até 28 dias, e os melhores valores foram constatados após 35 dias de armazenamento a 25 °C (FIGURA 3A). Para sementes tratadas, as aclimações foram importantes para amenizar efeitos de um possível choque térmico sobre a germinação das sementes, e para sementes não aclimatadas o período mais prolongado a 25 °C pós câmara fria, acima de 28 dias, amenizou possíveis problemas com choque térmico. Para as sementes sem tratamento químico apenas o fator tempo foi significativo, com resultado inconsistente em relação às tratadas, com o valor mais baixo para 28 dias (FIGURA 3 B).

Carvalho *et al.* (2016), após resfriamento dinâmico de sementes de soja, a 13 °C antes do ensaque, verificaram que em condições de armazém não controlado em Campo Novo do Parecis, no Mato Grosso, Brasil, a massa de sementes demorou 7 dias para reequilibrar a temperatura com o ambiente.

Figura 3 - Porcentagem de germinação de sementes de soja submetidas a aclimação pós-câmara fria e posteriormente armazenadas por diferentes períodos a 25 °C. (A) sementes com tratamento químico e (B) sementes sem tratamento químico.



Médias seguidas de mesma letra maiúscula não apresentaram diferenças significativas entre períodos de armazenamento, e letras minúsculas para o fator aclimação, a 5%.

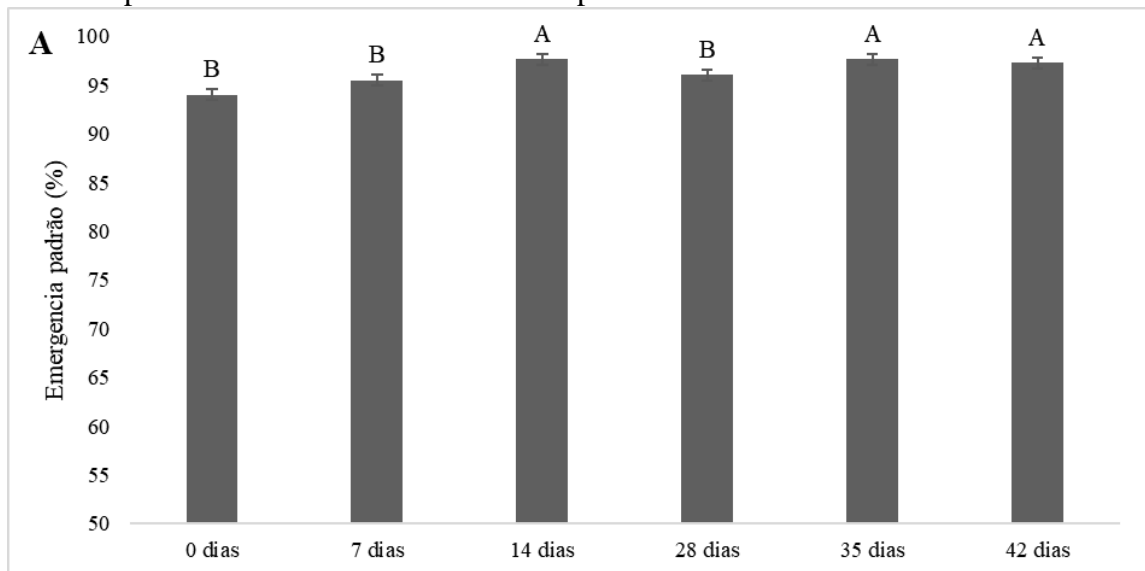
Fonte: Da autora (2023).

Para emergência de plântulas oriundas de sementes tratadas, observou-se que períodos maiores a 25 °C após o armazenamento em câmara fria proporcionaram maiores porcentagens de emergência, os tempos de armazenamento de 14, 35 e 42 dias apresentaram porcentagem de emergência acima de 97% e foram superiores aos demais (FIGURA 4A). A exemplo do verificado também para germinação, acima de 28 dias, períodos mais prolongados a 25 °C após câmara fria favoreceu a qualidade de sementes. Fatos relacionados à atenuação de possíveis

efeitos danosos que choques térmicos podem causar na qualidade das sementes após o armazenamento em câmara fria.

Já é difundido na literatura, a importância do armazenamento para as sementes de soja, uma vez que esta técnica proporciona melhores resultados relacionados a qualidade fisiológica quando comparados a condição de não armazenamento. Diversos trabalhos relatam a importância do armazenamento de sementes de soja em condições controladas de temperatura, visto que a soja é uma espécie cotiledonar e oleaginosa e perde a viabilidade após atingir o ponto de maturação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; SMANIOTTO *et al.*, 2014).

Figura 4 - Porcentagem de emergência de plântulas para sementes tratadas em função dos períodos de armazenamento a 25° após 6 meses em câmara fria.

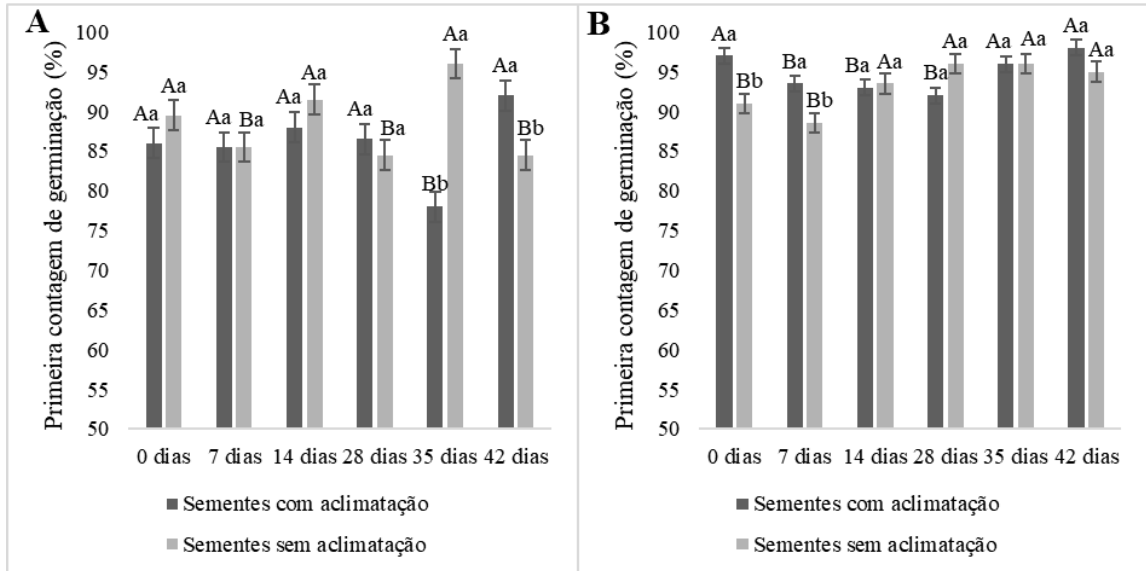


Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5 % de significância.

Fonte: Da autora (2023).

Para primeira contagem de germinação em papel + vermiculita, as sementes tratadas apresentaram diferenças em função da aclimação, porém, contraditórias, com armazenamento de 35 dias sementes aclimatadas foram as de menor valor, já aos 42 dias foram as sementes de melhor porcentagem de germinação (FIGURA 5A). Para sementes não tratadas, quando ocorreu diferença, 0 e 7 dias, as aclimatadas foram mais vigorosas (FIGURA 5B). Reforçando a importância da aclimação pós câmara fria.

Figura 5 - Porcentagem em primeira contagem de germinação em papel + vermiculita de sementes de soja submetidas a aclimação pós-câmara fria e posteriormente armazenadas por diferentes períodos a 25 °C. (A) sementes com tratamento químico e (B) sementes sem tratamento.



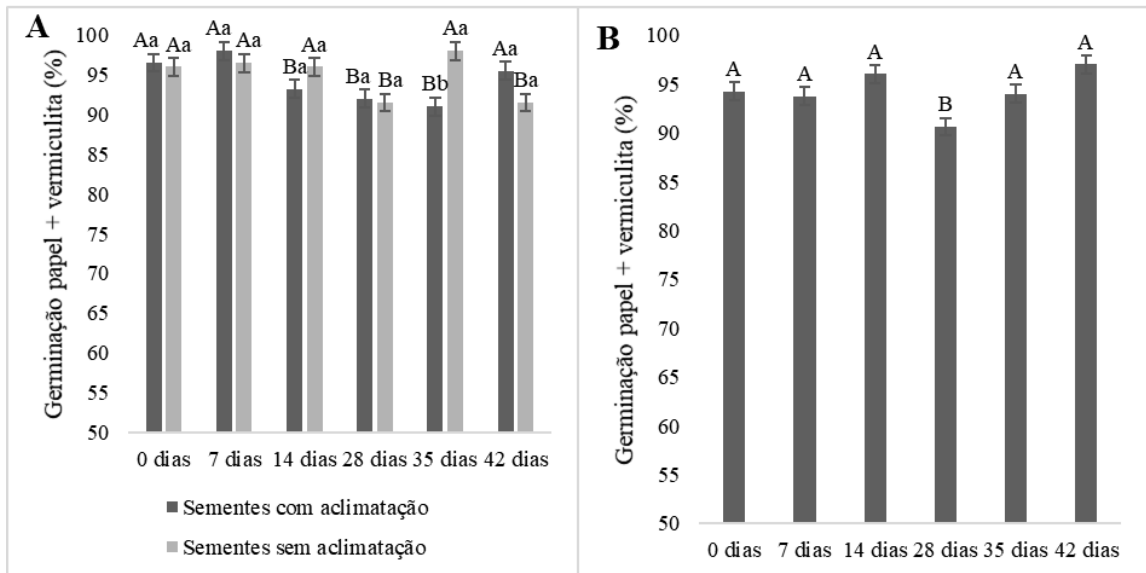
Médias seguidas de mesma letra maiúscula não apresentaram diferenças significativas entre períodos de armazenamento, e letras minúsculas para o fator aclimação, a 5%.

Fonte: Da autora (2023).

Para germinação em papel + vermiculita de sementes tratadas, aos 35 dias as sementes sem aclimação, foram melhores, porém, aos 42 dias, o contrário foi constatado, as sementes com aclimação obtiveram melhor desempenho (FIGURA 6A). Para não tratadas, somente sementes armazenadas com 28 dias a 25 °C apresentaram menor germinação (FIGURA 6B).

Existem relatos da redução da qualidade fisiológica causada por produtos químicos durante o tratamento de sementes, que aumentam com o decorrer do tempo de armazenamento das sementes tratadas (DAN *et al.*, 2010; FERREIRA *et al.*, 2016). O tipo de substrato utilizado no teste de germinação pode afetar os resultados, em metodologias com água prontamente disponível são mais comuns maior fitotoxidez em sementes tratadas, principalmente com uso de alguns inseticidas (ROCHA *et al.*, 2020).

Figura 6 - Porcentagem de germinação em papel + vermiculita de sementes de soja submetidas a aclimação pós-câmara fria e posteriormente armazenadas por diferentes períodos a 25 °C. (A) sementes com tratamento químico e (B) sementes sem tratamento químico.



Médias seguidas de mesma letra maiúscula não apresentaram diferenças significativas entre períodos de armazenamento, e letras minúsculas para o fator aclimação, a 5%.

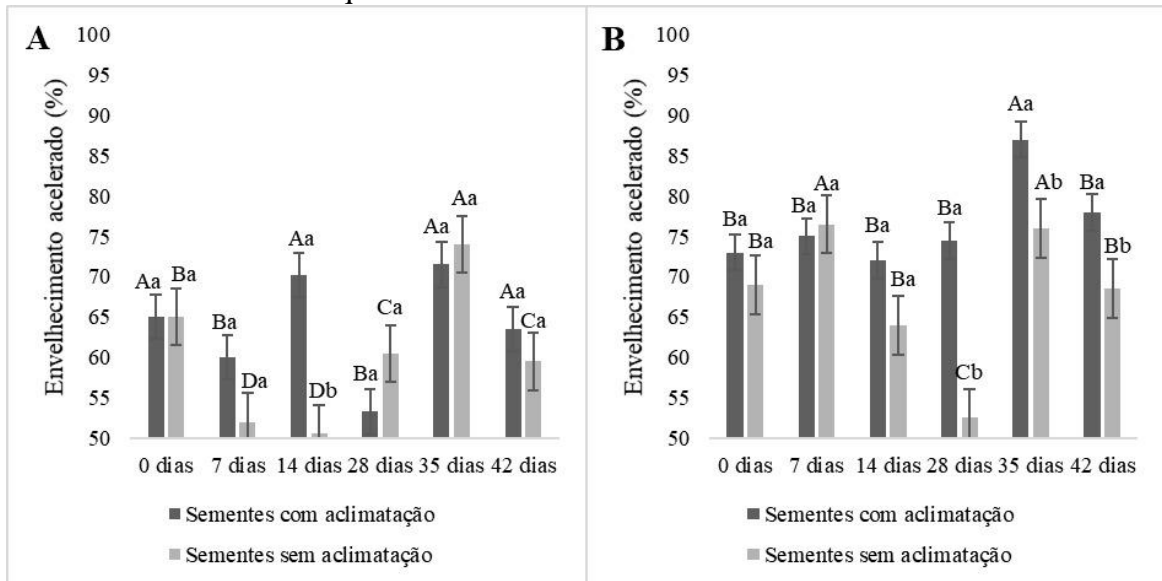
Fonte: Da autora (2023).

Para vigor por meio de envelhecimento acelerado, em sementes tratadas, constatou-se diferenças entre aclimatadas e não aclimatadas com 14 dias. A aclimação proporcionou melhor vigor nas sementes (FIGURA 7A). Para sementes não tratadas também houve diferenças em função da aclimação, aos 28, 35 e 42 dias de armazenamento a 25 °C pós câmara fria, sempre com sementes aclimatadas com maior vigor (FIGURA 7B).

Confirmando a importância da aclimação pós-armazenamento em câmara fria para o vigor das sementes, com danos constatados logo após a retirada da câmara fria como também com o avanço do armazenamento. Reforçando os danos causados por oscilações bruscas de temperatura pós armazenamento câmara fria e seus efeitos danosos sobre a qualidade, principalmente sobre vigor.

Dessa forma, ressalta-se que a utilização de cultivares mais vigorosas as quais vão possuir maior porcentagem de germinação e emergência, refletem uma melhor qualidade fisiológica das sementes de soja, além disso, associadas a um armazenamento com temperatura adequada, garantem a conservação e manutenção da qualidade das sementes. Por outro lado, o armazenamento com temperaturas descontroladas, provoca uma maior redução do potencial fisiológico de sementes de soja (FERREIRA *et al.*, 2017).

Figura 7 - Porcentagem de germinação após envelhecimento acelerado de sementes de soja submetidas a aclimação pós câmara fria e posteriormente armazenadas por diferentes períodos a 25 °C. (A) sementes com tratamento químico e (B) sementes sem tratamento químico.



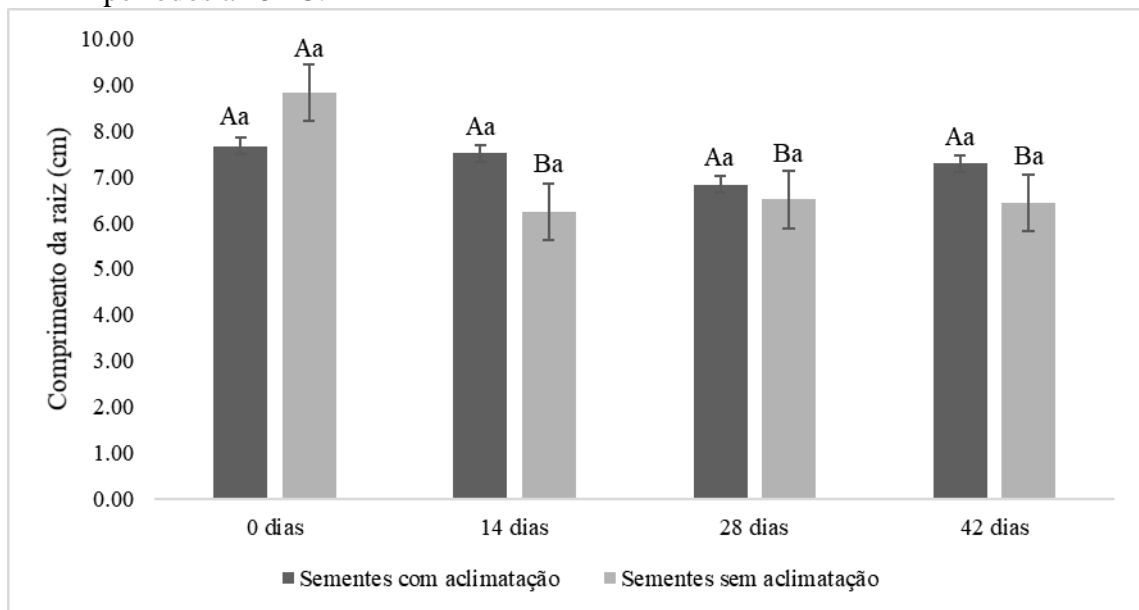
Médias seguidas de mesma letra maiúscula não apresentaram diferenças significativas entre períodos de armazenamento, e letras minúsculas para o fator aclimação, a 5%.

Fonte: Da autora (2023).

Para análise de imagem de alta resolução, ao avaliar o comprimento de raiz para plântulas oriundas de sementes tratadas, não houve diferença entre as que foram aclimatadas ou não, independentemente do tempo de armazenamento. Para as sementes sem aclimação, sementes que não foram armazenadas a 25 °C apresentaram maior comprimento de raiz (FIGURA 8).

Essa variação dos resultados pode ser resultante do fato de que algumas moléculas usadas no tratamento de sementes podem levar a anormalidades nas plântulas, porém, sem redução no comprimento das plântulas em algumas situações (BRZEZINSKI *et al.*, 2015; FERREIRA *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2018).

Figura 8 - Comprimento da raiz de plântulas de soja submetidas a aclimação pós câmara fria, tratamento químico das sementes e posteriormente armazenadas por diferentes períodos a 25 °C.



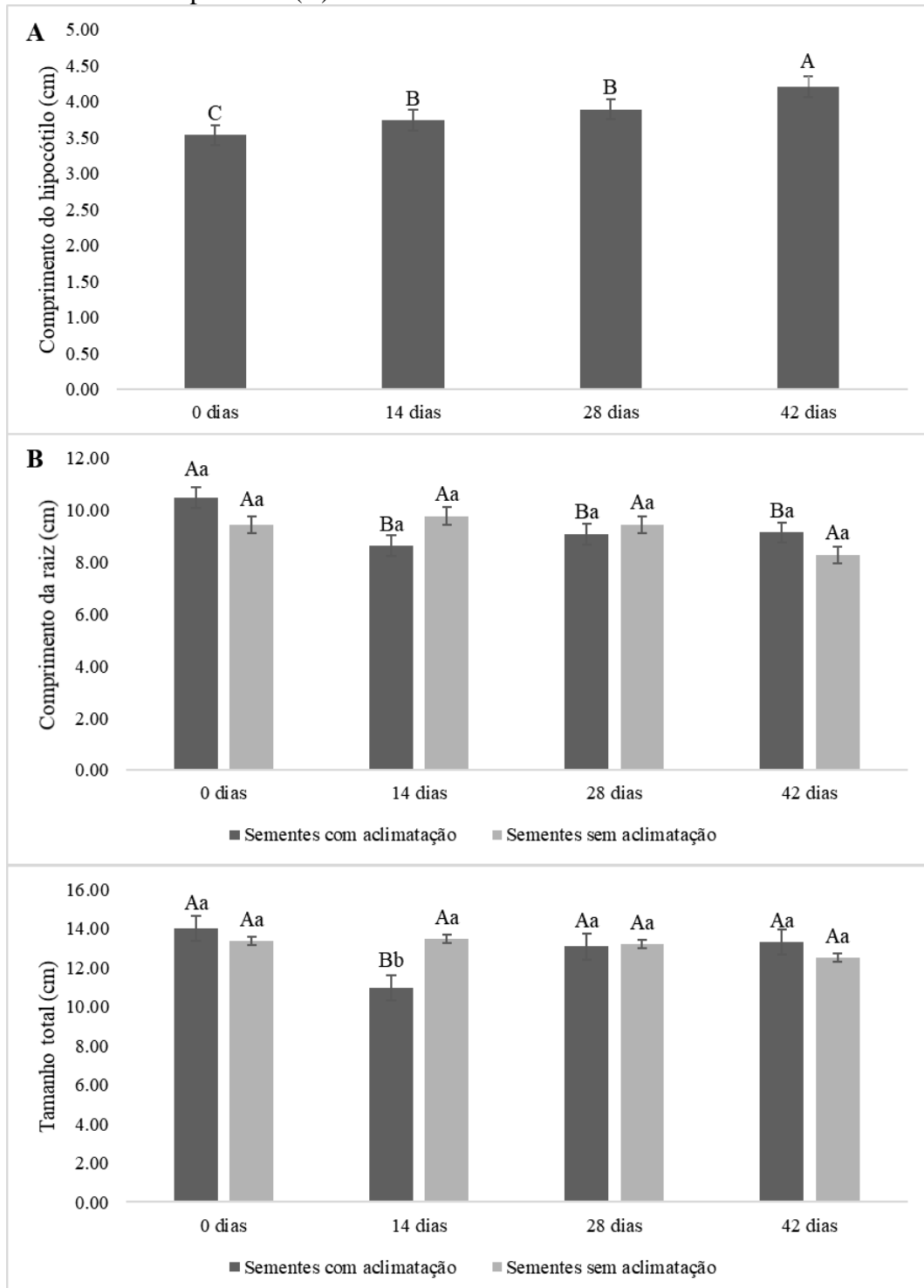
Médias seguidas de mesma letra maiúscula não apresentaram diferenças significativas entre períodos de armazenamento, e letras minúsculas para o fator aclimação, a 5%.

Fonte: Da autora (2023).

Com relação às sementes sem tratamento, para o comprimento do hipocótilo verificou-se melhores resultados com o avanço do período de armazenamento a 25 °C, após armazenamento em câmara fria, com maior comprimento de hipocótilo aos 42 dias (FIGURA 9A), reforçando o efeito benéfico de se aguardar um maior período de tempo antes da sua utilização/semear, que provavelmente está relacionado a um menor estresse térmico. Porém, para as características comprimento de raiz e comprimento de plântulas esse fato não foi observado (FIGURAS 9 A e 9 B).

Os testes de comprimento de plântulas ou de suas partes têm sido eficazes para detectar diferenças no potencial fisiológico de sementes (KRZYZANOWSKI, 1991; VANZOLINI *et al.*, 2007; MARCOS FILHO *et al.*, 2009). Segundo Vanzolini e Carvalho (2002), sementes com alto vigor possuem a capacidade de gerar plântulas com maior desenvolvimento, além da sua maior capacidade de transformação e suprimento de reservas, fato este constatado para sementes de soja que tiveram o aumento do hipocótilo associado com o alto vigor e o processo de armazenamento.

Figura 9 - Comprimento do hipocótilo (cm) de plântulas de soja em função dos períodos de armazenamento a 25°C após 6 meses em câmara fria (A). Comprimento da raiz (cm) de plântulas de soja submetidas a aclimação pós câmara fria e posteriormente armazenadas por diferentes períodos (B). Tamanho total (cm) de plântulas de soja submetidas a aclimação pós câmara fria e posteriormente armazenadas por diferentes períodos (C).



Médias seguidas de mesma letra maiúscula não apresentaram diferenças significativas entre períodos de armazenamento, e letras minúsculas para o fator aclimação, a 5%.

Fonte: Da autora (2023).

4.2 Análises bioquímicas e enzimáticas

Por meio da análise de variância verificou-se que para a quantificação de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), tanto para as sementes tratadas quanto para as não tratadas, houve diferença entre as sementes aclimatadas e não aclimatadas. A quantificação da peroxidação lipídica apresentou interação significativa, tempo e aclimação, tanto para as sementes tratadas quanto para as não tratadas. Para atividade da superóxido dismutase (SOD) somente a interação tempo x aclimação foi significativa para as sementes tratadas. Para a ascorbato peroxidase (APX), em sementes sem tratamento químico houve diferença em função da aclimação e para tratadas a interação dos fatores foi significativa (TABELA 4).

Tabela 4 - Resumo da Análise de variância do peróxido de hidrogênio (H_2O_2), peroxidação lipídica (P.LIP), superóxido dismutase (SOD) e ascorbato peroxidase (APX).

FV	GL	COM TRATAMENTO			
		H_2O_2	P.LIP	SOD	APX
Tempo	3	0,029	6,96	904,05	168,35*
Aclima	1	0,422*	26,62	761,94	108,88
Tempo*Aclima	3	0,014	13,14*	1162,87*	5,58
Resíduo	8	0,019	1,13	63,73	30,02
CV (%)		20,44	11,75	8,7	9,51
Média		0,683	9,07	91,79	57,64
Total	15				

FV	GL	SEM TRATAMENTO			
		H_2O_2	P.LIP	SOD	APX
Tempo	3	0,02	4,39	11,2	1,34
Aclima	1	0,843*	31,16	39,14	127,44
Tempo*Aclima	3	0,023	8,24*	25,61	446,09*
Resíduo	8	0,037	2	224,34	51,6
CV (%)		30,16	13,69	11,3	12,73
Média		0,641	10,34	132,58	56,42

* valor significativo para $p < 0,05$

Fonte: Da autora (2023).

Foi constatado maior acúmulo de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) com o período mais avançado de armazenamento a 25 °C, 42 dias, tanto para sementes tratadas quanto para as não tratadas (FIGURA 10A e B). Concentrações baixas de H_2O_2 ocorrem naturalmente nas plantas e são mantidos em níveis não-tóxicos pelo sistema antioxidante enzimático e não-enzimático. Entretanto, em condições de estresse, ocorre o acúmulo de espécies reativas de oxigênio e

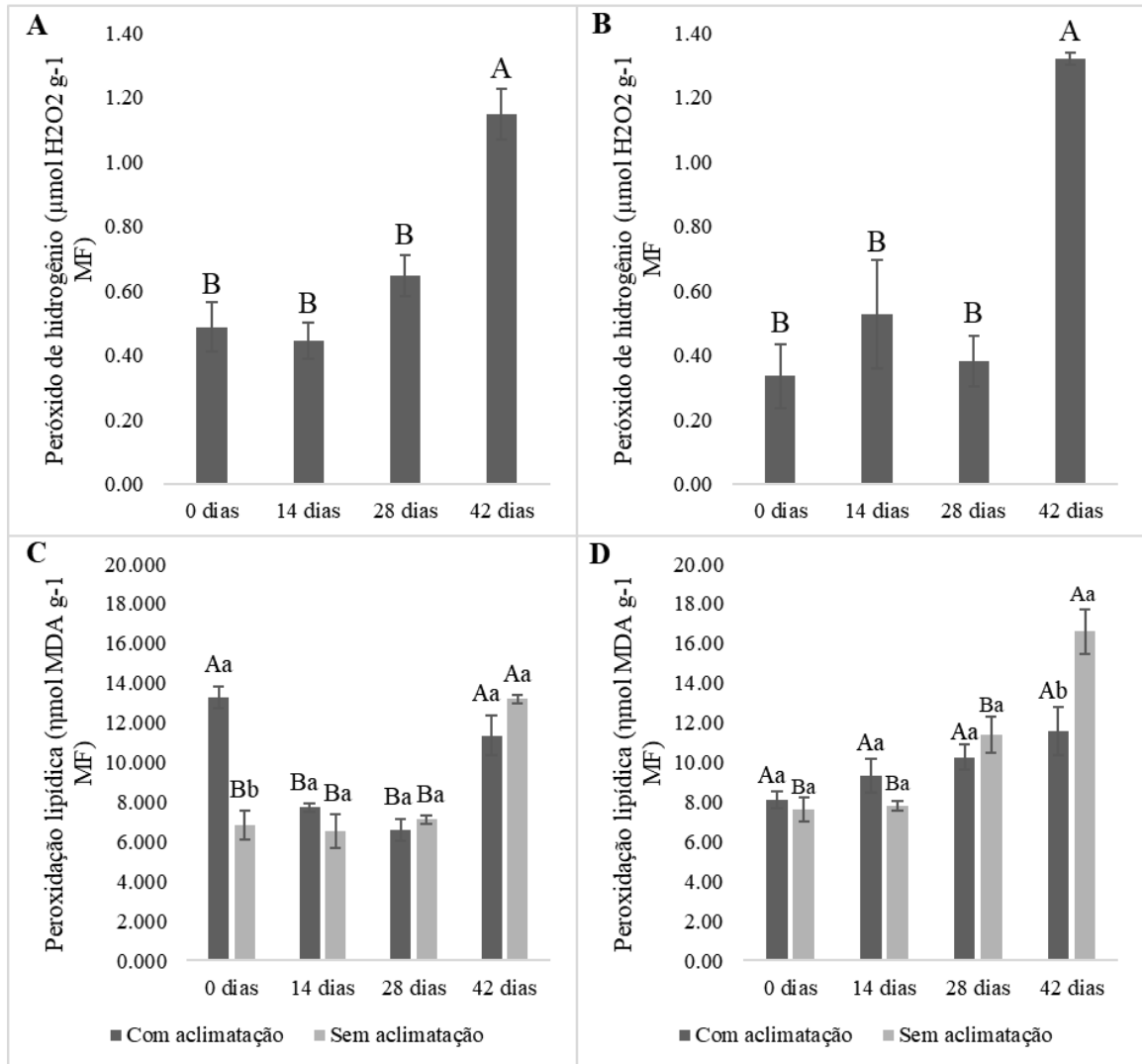
outros compostos que podem gerar toxidez e prejudicar a qualidade das sementes (ALSCHER, ERTURK; HEALTH, 2002; MOLLER; JENSEN; HANSSON, 2007).

Para sementes tratadas, as maiores peroxidações lipídicas foram constatadas aos 0 dias e aos 42 dias para aclimatadas, para as sementes não aclimatadas ao final do período de armazenamento, também 42 dias (FIGURA 10C e D). Para sementes não tratadas a maior peroxidação lipídica também foi observada ao final dos 42 dias armazenamento pós câmara fria, em sementes não aclimatadas. Nesse período de armazenamento, sementes sem aclimação apresentaram maior peroxidação lipídica em relação às aclimatadas, fato que pode estar associado a uma menor qualidade fisiológica. Em geral, observou-se melhor qualidade de sementes quando as mesmas foram aclimatadas, a exemplo da variável primeira contagem de germinação em papel + vermiculita aos 42 dias. A maior peroxidação lipídica em sementes com grande parte de suas reservas lipídicas, como a soja, pode ser prejudicial à qualidade fisiológica.

Vários estudos mostraram que em condições de variação de temperatura e tempos de armazenamento, pode ser gerado estresse desencadeando a produção e acumulação de radical superóxido e outras espécies reativas de oxigênio que podem prejudicar as membranas celulares causando peroxidação lipídica e assim altera o metabolismo celular (CARVALHO *et al.*, 2014).

A extensão do acúmulo de EROs e os danos causados são determinados pelo sistema antioxidante, que preserva a integridade das proteínas, lipídios e outros componentes celulares para que possam participar do metabolismo (MELO *et al.*, 2021).

Figura 10 - Peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica. (A e B) sementes com tratamento e (C e D) sementes sem tratamento.



Letras iguais maiúsculas não diferem estatisticamente para comparação entre o fator tempo e letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente para comparação entre o fator aclimação, ambos a 5 % de significância.

Fonte: Da autora (2023).

As plantas desenvolveram um complexo sistema antioxidante para restringir os efeitos nocivos das EROs, que constituem a defesa primária contra os radicais livres gerados em condições de estresse. Como uma das principais linhas de defesa contra as EROs, a enzima superóxido dismutase (SOD) catalisa a dismutação do radical superóxido (O_2^-) em H_2O_2 e O_2 e as peroxidases (PRX) são especializadas na remoção de H_2O_2 , quebrando esta molécula em água e oxigênio (MOLLER, JENSEN; HANSSON, 2007; EL-SHABRAWI *et al.*, 2010; DEUNER *et al.*, 2011; CARVALHO *et al.*, 2014).

Ao caracterizar a atividade da enzima superóxido dismutase (FIGURA 11A e B) para sementes tratadas, entre aclimatadas e não aclimatadas, somente houve diferença no início do armazenamento, em que a maior atividade da superóxido dismutase foi constatada em sementes aclimatadas. Fato esse pode ter favorecido a maior qualidade fisiológica das sementes aclimatadas, como já demonstrado no teste de germinação (FIGURA 2B), pois a SOD é a primeira enzima que atua na defesa do organismo contra EROs. A SOD é considerada uma enzima chave na manutenção intracelular de radicais superóxido e peróxido em níveis não tóxicos às células. A SOD é responsável pela eliminação de produtos tóxicos mantendo o equilíbrio homeostático e integridade das membranas (MELO *et al.*, 2021).

Para períodos de armazenamento, sementes aclimatadas apresentaram maior atividade de SOD no início do armazenamento a 25 °C, 0 dias, com posterior queda. Já para as sem aclimatação, os valores já foram mais baixos desde o início do armazenamento, não diferindo entre os períodos (FIGURA 11A). Para as sementes não tratadas não houve diferença entre os tratamentos e a atividade foi de 132,59 U SOD min⁻¹ g⁻¹ MF.

É importante a manutenção da atividade de isoenzimas dos sistemas antioxidantes, como a (SOD) e a peroxidase, pois atuam na remoção e redução de espécies reativas de oxigênio (ERO) que podem causar danos celulares e afetar a qualidade das sementes (MOLLER *et al.*, 2007; DEUNER *et al.*, 2011, CARVALHO *et al.*, 2014).

A atividade da ascorbato peroxidase em sementes tratadas foi maior em sementes sem aclimatação (FIGURA 11C). Já para sementes sem tratamento (FIGURA 11D), houve diferença em função da aclimatação nos períodos de armazenamentos de 28 e 42 dias, sendo que aos 28 dias foi constada maior atividade em sementes aclimatadas e aos 42 dias, o inverso (FIGURA 11D). Ao longo do armazenamento pós câmara fria, para sementes aclimatadas observou-se diminuição da atividade aos 42 dias, já para não aclimatadas o menor valor de APX foi constatado aos 28 dias (FIGURA 11D). Resultados inconsistentes em relação ao constatado para qualidade fisiológica das sementes.

A APX desempenha um papel fundamental no ciclo da ascorbato-glutationa e na eliminação de H₂O₂ dos cloroplastos no citosol de células vegetais. Esta enzima desempenha um papel importante na biossíntese da parede celular, bem como no crescimento celular, diferenciação e desenvolvimento, além de estar envolvida nas respostas ao estresse gerado por fatores ambientais (MELO *et al.*, 2021).

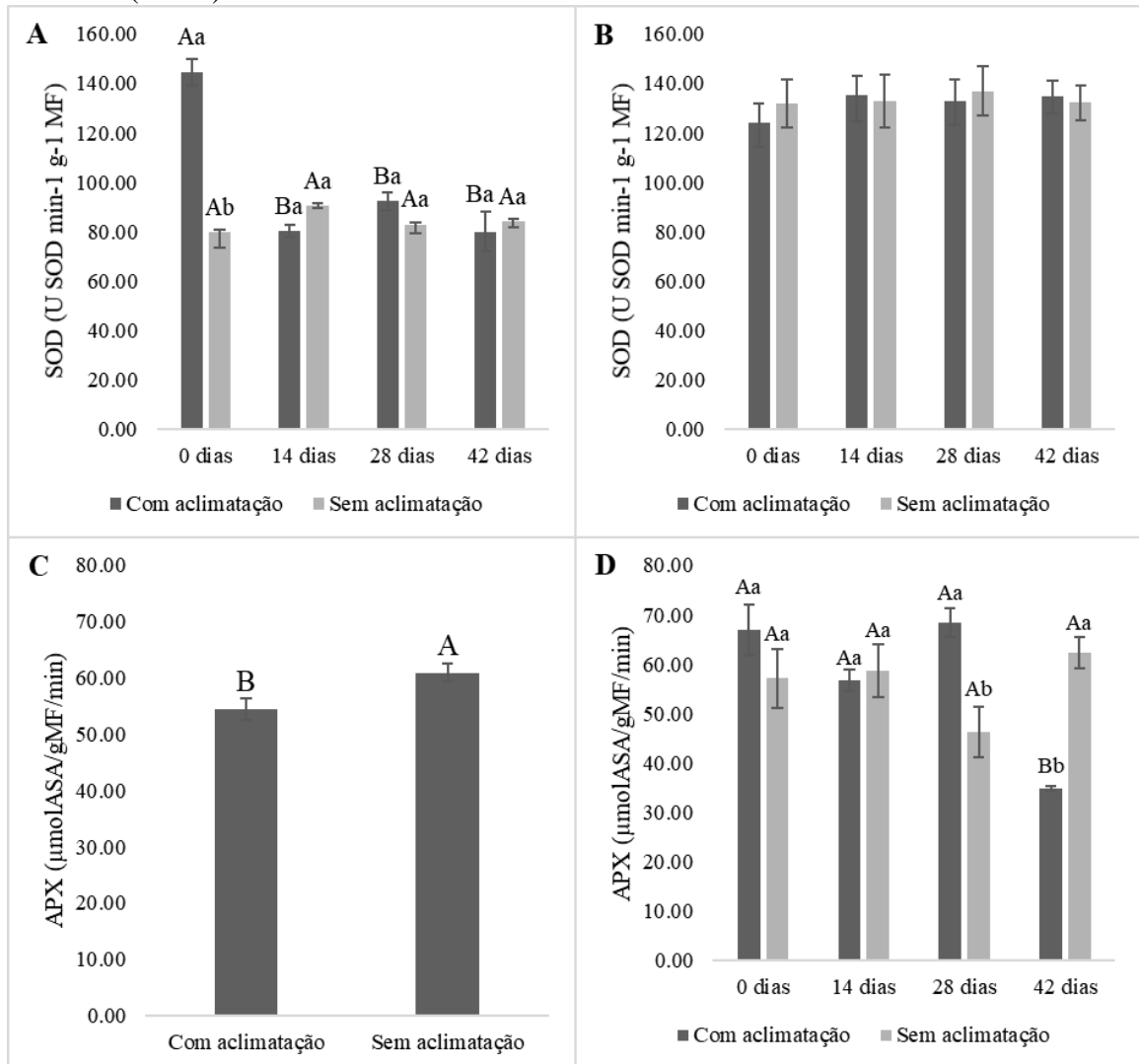
Carvalho *et al.* (2014) relataram que sementes armazenadas em condições não controladas apresentaram queda de atividade, em diversos sistemas enzimáticos, dentre essas

enzimas, estão a superóxido dismutase e peroxidase do sistema antioxidante, principalmente após 6 meses de armazenamento. Já em câmara fria e seca as atividades foram mantidas e conseqüentemente uma maior qualidade fisiológica.

De forma geral, as sementes com tratamento e sem tratamento apresentaram melhor desempenho quando aclimatadas, visto os parâmetros fisiológicos de germinação. Tanto as sementes quanto as não tratadas aos 42 apresentaram maior conteúdo de peróxido de hidrogênio, entretanto, somente as sementes não tratadas possuem maior peroxidação lipídica quando não submetidas à aclimação. Ressaltando a importância da aclimação das sementes após o armazenamento em câmara fria.

Em relação as enzimas do sistema antioxidante, a atuação da SOD em sementes aclimatadas justifica a alta porcentagem de germinação nos testes fisiológicos, já em relação a APX, sua atuação é justificada nos testes fisiológicos onde mesmo nos períodos mais longos de armazenamento, das quais tiveram maior concentração de peróxido de hidrogênio obtiveram bons resultados de germinação.

Figura 11 - Superóxido dismutase e ascorbato peroxidase. (A e C) sementes com tratamento e (B e D) sementes sem tratamento.



Letras iguais maiúsculas não diferem estatisticamente para comparação entre o fator tempo e letras iguais minúsculas não diferem estatisticamente para comparação entre o fator acclimação, ambos a 5 % de significância.

Fonte: Da autora (2023).

5 CONCLUSÕES

A aclimação, 20 °C por 72h, após o armazenamento de sementes de soja em câmara fria e seca ameniza efeitos de choque térmico e favorece a manutenção da qualidade fisiológica das sementes, principalmente para sementes que serão tratadas após a retirada da câmara fria.

Para sementes não aclimatadas, o período mais prolongado a 25 °C, acima de 28 dias, após armazenamento em câmara fria atenuou problemas com choque térmico e conseqüentemente efeitos sobre a qualidade fisiológica.

A aclimação pós câmara fria reduz a formação de espécies reativas de oxigênio e favorece a expressão de enzimas antioxidantes como a SOD.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, R *et al.* Changes in protein synthesis in embryonic axes after long term storage maize seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 2, n. 4, p.191-198, Dec. 1992.
- ALENCAR, E.R.; FARONI, L.R.D.; LACERDA FILHO, A.F.; FERREIRA, L.G.; MENEGHITTI, M.R. Qualidade dos grãos de soja em função das condições de armazenamento. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16. n. 2. p. 155- 166, 2008.
- ALSCHER, R.G.; ERTURK, N.; HEALTH, L.S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of experimental Botany**, [S.l.], v. 53, n. 372, p. 1331-1341, 2002.
- ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A. de L.; SOUZA, C.G.M. de; MANDARINO, J.M.G.; BAZO, G.L.; CABRAL, Y.C.F. Physiological quality, content and activity of antioxidants in soybean seeds artificially aged. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 34, p. 397-407, 2012.
- BALARDIN, R.S.; SILVA, F.D.L. da; DEBONA, D. DALLA CORTE, G., DALLA FAVERA, D.; TORMEN, N.R. Seed treatment with fungicides and insecticides as reducing the effects of water stress in soybean plants. **Rural Science**, [S.l.], n. 4, p. 1120-1126, 2011.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 3rd Edition. New York: Plenum Press, 1994, 445 p.
- BIEMELT, S.; KEETMAN, U.; ALBRECHT, G. Re-aeration following hypoxia or anoxia leads to activation of the antioxidative defense system in roots of wheat seedlings. **Plant Physiology**, [S.l.], v.116, n. 2, p. 651-658, 1998.
- BLACK, R.J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. *In*: CÂMARA, G.M.S. (Ed.). **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p.1-18.
- BONETTI, L.P. Distribuição da soja no mundo: origem, história e distribuição. *In*: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p. 1-6.
- BORNHOFEN, E.; BENIN, G.; GALVAN, D.; FLORES, M. F. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S.l.], v. 45, n. 1, p. 46- 55, 2015.
- BRACKMANN, A.; GASPERIN, A. R.; WEBER, A.; ANESE, R. O. Condições de temperatura, umidade relativa e atmosfera controlada para armazenamento de cebolas da cultivar ‘Crioula’. **Ciência Rural**, [S.l.], v. 40, n.8, p. 1709-1713, 2010
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.
- BROD, F.P.R. Como armazenar. **Caderno técnico de máquinas – Mecanização**, [S.l.], n. 43, p. 3-10, jul. 2005.
- BRZEZINSKI, C.R. *et al.* **Desenvolvimento de plântulas de soja em função do tratamento químico e épocas de armazenamento de sementes**. [S.l.]: Embrapa Soja, 2015.

- BUEGE, J.A.; AUST, S.D. **Microsomal lipid peroxidation**. *Methods in Enzymology*, [S.l.], v. 52C, p. 302-310, 1978.
- CARDOSO, P.C.; BAUDET, L.; PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.A. Armazenamento em sistemas a frio de sementes de soja tratados com fungicida. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 26, n.1, p. 15-23, 2004.
- CARVALHO, E.R. *et al.* Restrição hídrica no solo e desempenho de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.l.], v. 26, p. 59-66, 2021.
- CARVALHO, E.R. *et al.* Pre-packing cooling and types of packages in maintaining physiological quality of soybean seeds during storage. **Journal of Seed Science**, [S.l.], v. 38, p. 129-139, 2016.
- CARVALHO, E.R. *et al.* Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 49, p. 967-976, 2014.
- CARVALHO, E. R.; MAVAIEIE, D.P. D.R.; OLIVEIRA, J.A.; CARVALHO, M.V.D.; VIEIRA, A.R. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 49, p. 967-976, 2014.
- CARVALHO, E. R.; OLIVEIRA, J. A.; VON PINHO, É. V. D. R.; COSTA NETO, J. Enzyme activity in soybean seeds produced under foliar application of manganese. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.l.], v. 38, p. 317-327, 2014.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileiro – grãos – safra 2022/2023**: Brasília: CONAB, 2022.
- COOLBEAR, P. Mechanisms of seed deterioration. *In: Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implications*. BASRA, A.S (Ed.). Food Products Press, 1995. p. 223-275.
- DAN, L.G.M. *et al.* Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, 2012.
- DAN, L.G.M.; DAN, H.A.; BARROSO, A.L.L.; BRACCINI, A. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 3, p. 427-452, 1973.
- DEUNER, C. *et al.* Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 33, n. 4, p. 711-720, 2011.

EL-SHABRAWI, H. *et al.* Redox homeostasis, antioxidant defense, and methylglyoxal detoxification as markers for salt tolerance in Pokkali rice. **Protoplasma**, [S.l.], v. 245, n. 1-4, p. 85-96, 2010.

FARONI, L.R.D'A. Manejo das pragas de grãos armazenados e sua influência na qualidade do produto final. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 17, n. 1, p. 36-43, 1992.

FERREIRA, C.F.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E.; SOARES, V.N. Cooling of soybean seeds and physiological quality during storage. *Journal of Seed Science*, [S.l.], v. 39, n. 4, p. 385-392, 2017.

FERREIRA, T.F. **Qualidade de sementes de soja tratadas com inseticidas e fungicidas antes e após o armazenamento**. 2016. 77 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

FERREIRA, T.F.; FERREIRA, V.F.; OLIVEIRA, J.A.; CARVALHO, M.V.; MIGUEL, L.S. Isoenzyme activity in maize hybrid seeds harvested with different moisture contents and treated. **Journal of Seed Science**, [S.l.], v. 37, n. 2, p. 139-146, jun. 2015.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4.0. (Ed.). *In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA*, 2000, 45., São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 225-258.

FREITAS, T.M. de Q.; MENEGHETTI, R.C.; BALARDIN, R.S. Dano devido à podridão vermelha da raiz na cultura da soja. **Ciência Rural**, [S.l.], v. 34, n. 4, p. 991-996, 2004.

GIANNOPOLITIS, C.N.; RIES, S.K. **Superoxide dismutases I. Occurrence in higher plants**. **Plant Physiology**, [S.l.], v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977.

GREGG, B. R.; LAY, A. G.; VIRDI, S. S.; BALIS, J. S. **Seed processing**. New Delhi, India: United States Agency for International Development, 1970. 396p.

HENNING, F.A.; MERTZ, L.M.; JACOB JUNIOR, E.A.; MACHADO, R.D.; FISS, G.; ZIMMER, P.D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, Londrina, v. 69, n. 3, p. 727- 734, 2010.

IBRAHIM, A.E.; ROBERTS, E.H. Viability of lettuce seeds: I. Survival in hermetic storage. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 34, n. 142, p. 620-630, 1983.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 163- 166, 2006.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 15-50, mar. 1991.

MAGRO, L.M. **Temperatura de armazenamento e germinação de sementes de soja**. 2016. 42 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015.

_____. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 253-289.

_____. Testes de vigor: importância e utilização. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A.L.P.; LIMA, L.B. de. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de sementes**, [S.l.], v. 31, p. 102-112, 2009.

MAVAIEIE, D.P.R.; CARVALHO, E.R.; FERREIRA, V.F.; OLIVEIRA, J.A.; FERREIRA, T.F.; REIS, L.V. Performance of treated seeds of different soybean cultivars in function of environments and storage periods. **Brazilian Journal of Agriculture**, [S.l.], v. 94, n. 3, p. 179-195, 2019.

MELO, G.M.D.; SANTOS, H.O.D.; OLIVEIRA, T.F.; CUNHA, A.R.D., PEREIRA, A.A.S.; GUARALDO, M.M.D.S. Effect of priming and different types of drying on the physiological quality of *Urochloa ruziziensis* seeds. **Journal of Seed Science**, [S.l.], v. 43, 2021.

MOLLER, I.M.; JENSEN, P.E.; HANSSON, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. **Annual Review of Plant Biology**, [S.l.], v. 58, p. 459-481, 2007.

MORAIS, T.R. **Vigor e germinação de sementes de soja com mancha-púrpura**. 2022. 49 p. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Instituto Federal Goiano – Urutaí, GO, 2022.

NAKANO, Y.; ASADA, K. O peróxido de hidrogênio é eliminado pela peroxidase específica do ascorbato em cloroplastos de espinafre. **Physiology**, [S.l.], v. 67, n. 3, p. 450-455, 1987.

PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. In: PESKE, S.T.; BARROS, A.C S.A.; SCHUCH, L O.B. **Produção de sementes**. 4 ed. Pelotas: UFPel, 2019.

PRIESTLEY, D.A. **Seed aging**, Comstock Publ Assoc. New York: Ithaca, 1986.

ROCHA, G.C.; NETO, A.R.; CRUZ, S.J.S.; CAMPOS, G.W.B.; DE OLIVEIRA CASTRO, A. C.; SIMON, G.A. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. Physiological quality of treated and stored soybean seeds. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 50-65, 2017.

ROCHA, D.K.; CARVALHO, E.R.; PIRES, R.M.D.O.; SANTOS, H.O.D.; PENIDO, A.C.; ANDRADE, D.B.D. Does the substrate affect the germination of soybean seeds treated with phytosanitary products? **Ciência e Agrotecnologia**, [S.l.], v. 44, 2020.

SANTOS, S.F.; CARVALHO, E.R.; ROCHA, D.K.; NASCIMENTO, R.M. Constituições e volumes de calda no tratamento industrial de sementes de soja e a qualidade fisiológica durante o armazenamento. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 67-74, 2018.

SMANIOTTO, T.A.D.S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K.A.; DE OLIVEIRA, D.E.; SIMON, G.A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.l.], v. 18, p. 446-453, 2014.

TIMÓTEO, T.S.; MARCOS FILHO, J. Seed performance of different corn genotypes during storage. **Journal of Seed Science**, [S.l.], v. 35, p. 207-215, 2013.

VANZOLINI, S.; ARAKI, C.A.S.; SILVA, A.C.T.M.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântulas na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 29, n. 2, p. 90-96, 2007.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N.M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v. 24, n. 1, p. 33-41, 2002.

VELIKOVA, V.; YORDANOV, I.; EDREVA, A.J.P.S. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. **Plant Science**, [S.l.], v. 151, n. 1, p. 59-66, 2000.

VILLELA, F.A.; MENEZES, N.L. O Armazenamento de cada semente. **Revista SEED NEWS**, Pelotas-RS, Ano XIII, n. 4, 2009.

ZUCHI, J.; FRANÇA NETO, J. B.; SEDIYAMA, C. S.; LACERDA FILHO, A. F.; REIS, M. S. Physiological quality of dynamically cooled and stored soybean seeds. **Journal of Seed Science**, [S.l.], v. 35, p. 353-360, 2013.