

QUALIDADE FISIOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DE  
SEMENTES DE *Glycine max* L. Merrill DURANTE O ARMAZENAMENTO

Por

CÁSSIA LINO RODRIGUES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Bioenergia e Grãos.

Rio Verde - GO

Março - 2020

QUALIDADE FISIOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DE  
SEMENTES DE *Glycine max* L. Merrill DURANTE O ARMAZENAMENTO

Por

CÁSSIA LINO RODRIGUES

Comitê de Orientação:

Orientador: Prof. Dr. Jacson Zuchi – IF Goiano Polo de Inovação

Coorientadora: Prof. Dra. Silvia Sanielle Costa de Oliveira - IF Goiano Iporá

Coorientadora: Prof. Dra. Juliana de Fátima Sales - IF Goiano Rio Verde

Coorientador: Dr. Arthur Almeida Rodrigues

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

R696q Rodrigues, Cássia Lino  
Qualidade fisiológica e caracterização anatômica de  
sementes de Glycine max L. Merrill durante o  
armazenamento / Cássia Lino Rodrigues; orientador  
Jacson Zuchi; co-orientador Arthur Almeida  
Rodrigues. -- Rio Verde, 2020.  
45 p.

Dissertação ( em Bioenergia e Grãos) -- Instituto  
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

1. Anatomia. 2. Cultivar. 3. Deterioração. 4.  
Histoquímica. 5. Vigor. I. Zuchi, Jacson, orient. II.  
Rodrigues, Arthur Almeida, co-orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese                                  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação                | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização           | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação                       | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: | _____   |

Nome Completo do Autor: **Cássia Lino Rodrigues**

Matrícula: **2018102331540017**

Título do Trabalho: **Qualidade fisiológica e caracterização anatômica de sementes de *Glycine max* L. Merrill durante o armazenamento**

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

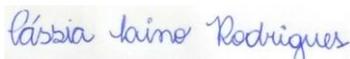
**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

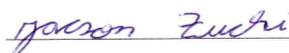
Rio Verde,  
Local

29/04/2020.  
Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)

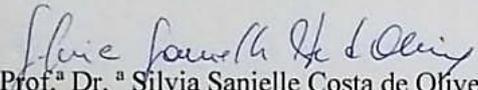
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENERGIA E GRÃOS

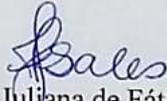
**QUALIDADE FISIOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO  
ANATÔMICA DE SEMENTES DE GLYCINE MAX L.  
MERRIL DURANTE O ARMAZENAMENTO**

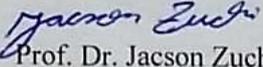
Autora: Cássia Lino Rodrigues  
Orientador: Jacson Zuchi

*TITULAÇÃO:* Mestre em Bioenergia e Grãos – Área de concentração  
Agroenergia.

APROVADA em 13 de março de 2020.

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvia Sanielle Costa de Oliveira  
Avaliadora externa  
IF Goiano/ Campus Iporá

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliana de Fátima Sales  
Avaliadora interna  
IF Goiano/ Campus Rio Verde

  
Prof. Dr. Jacson Zuchi  
Presidente da banca  
IF Goiano/ Campus Rio Verde

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que iluminou meu caminho, deu força e coragem durante toda esta caminhada.

Aos meus pais Carlos Lino Rodrigues e Marly B. de Jesus Rodrigues, pelo amor e carinho, apoio e incentivo aos estudos durante toda minha vida, que foi essencial para que chegasse até aqui.

As minhas irmãs Kelly e Mônica, pela amizade e apoio.

Ao meu namorado Arthur Almeida Rodrigues, pelo companheirismo, dedicação e incentivo durante todos os momentos, e pelas contribuições para realização deste trabalho.

Ao professor Jacson Zuchi, pela orientação, confiança e ensinamentos durante o curso e desenvolvimento deste trabalho.

A todos integrantes e amigos do Laboratório de Sementes e Laboratório de Anatomia Vegetal, que auxiliaram na execução deste trabalho.

A todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica.

A empresa Sementes Vitória, pela parceria e disponibilização das sementes utilizadas neste trabalho.

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, pela oportunidade de realização do Mestrado profissional em Bioenergia e Grãos.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa, que foi fundamental para realização deste.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.1. Soja ( <i>Glycine max</i> ) .....	5
2.2 Armazenamento de sementes .....	6
2.3. Vigor e deterioração de sementes .....	8
2.4. Cultivares de soja .....	9
2.5. Características morfoanatômicas das sementes .....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
3.1. Teste teor de água .....	12
3.2 Armazenamento .....	12
3.3. Teste de envelhecimento acelerado .....	13
3.4. Teste de tetrazólio .....	13
3.5. Teste de germinação .....	14
3.6. Teste de emergência .....	14
3.7. Teste de condutividade elétrica .....	15

3.8. Caracterização anatômica e histoquímica .....	15
3.9. Análises estatísticas .....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
5. CONCLUSÃO .....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39

QUALIDADE FISIOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DE SEMENTES DE  
*Glycine max* L. Merrill DURANTE O ARMAZENAMENTO

por

CÁSSIA LINO RODRIGUES

Sob Orientação do Professor Dr. Jacson Zuchi – IF Goiano Polo de Inovação

RESUMO

Durante o período de armazenamento é importante a manutenção da qualidade fisiológica das sementes. As condições de armazenamento como temperatura e umidade relativa influenciam na longevidade das sementes e a redução desses parâmetros pode aumentar expressivamente a vida útil das sementes. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica e características anatômicas de sementes de três cultivares de soja durante o armazenamento refrigerado e não refrigerado. Foram utilizadas sementes de três cultivares de soja, BRS 6970 IPRO, M 7110 IPRO e NS 7007 IPRO, indicadas para o cultivo na região Centro-Oeste, que ficaram armazenadas por 180 dias em condições de ambiente refrigerado e não refrigerado. A cada 60 dias de armazenamento foram realizadas as avaliações de qualidade fisiológica das sementes, por meio de testes de germinação e vigor, e caracterização anatômica e histoquímica. Cada cultivar respondeu de maneira distinta aos testes realizados, porém foi possível observar que o armazenamento em ambiente refrigerado foi mais eficiente na manutenção da qualidade fisiológica das sementes ao longo dos meses quando comparado ao não refrigerado. O ambiente não refrigerado aos 180 dias foi o período mais crítico do armazenamento, quando

houve maior redução da qualidade fisiológica e desestruturação celular mais intensa no cotilédone das sementes de soja.

**PALAVRAS-CHAVE:** anatomia, cultivar, deterioração, histoquímica, soja, vigor.

PHYSIOLOGICAL QUALITY AND ANATOMICAL CHARACTERIZATION OF *Glycine*  
*max* L. Merrill SEEDS DURING STORAGE

por

CÁSSIA LINO RODRIGUES

Under the Advisor: Dr. Jacson Zuchi - IF Goiano Polo de Inovação

ABSTRACT

During the storage period it is important to maintain the seeds physiological quality. Storage conditions, such as temperature and relative humidity, influence seed longevity and the reduction of these parameters can significantly increase seed life. Thus, the objective was to evaluate the physiological quality and anatomical characteristics of se three soybean cultivars seeds during refrigerated and non-refrigerated storage. Seeds from three soybean cultivars, BRS 6970 IPRO, M 7110 IPRO and NS 7007 IPRO, were used for cultivation in the Midwest region, which were stored for 180 days in conditions of refrigerated and non-refrigerated environment. Every 60 days of storage, the seeds physiological quality assessments were carried out, through germination and vigor tests, and anatomical and histochemical characterization. Each cultivar responded differently to the tests performed, however it was possible to observe that storage in a refrigerated environment was more efficient in maintaining the seeds physiological quality over the months when compared to the non-refrigerated one. The non-refrigerated environment at 180 days was the most critical period of storage, when there was the highest reductions of physiological quality and more intense cellular breakdown in the soybean seeds cotyledon.

KEYWORDS: anatomy, cultivar, deterioration, histochemistry, soy, vigor.

## 1. INTRODUÇÃO

A soja é uma das principais culturas agrícolas, com mais de 124 milhões de ha plantados e produção de 336,6 milhões de toneladas em 2018 em todo mundo (USDA 2018) e 115,1 milhões de toneladas na safra 2018/2019 no Brasil (Conab 2019). Sua alta produção está relacionada com a diversidade de produtos que podem ser obtidos por meio dos grãos, que são ricos em compostos nutritivos (proteínas e óleos) (Natarajan *et al.* 2006).

No Brasil, parte da produção de soja está localizada em regiões tropicais e subtropicais (Spera *et al.* 2014), e o clima apresenta alta temperatura e umidade, tornando difícil a conservação das sementes durante o armazenamento em ambiente não controlado. Além disso, no período entressafra, que ocorre entre a colheita e o próximo plantio, antes das sementes serem utilizadas para germinação ou matéria-prima para outros produtos, há um longo período de armazenamento durante o qual ocorre perda de qualidade das sementes (Smaniotto *et al.* 2014). Dessa forma, os estudos sobre as condições de armazenagem, temperatura e umidade relativa do ar, são fatores de grande importância para a conservação das sementes e produção de soja no país.

O armazenamento de sementes, direta e indiretamente, afeta sua viabilidade e ocasiona alterações nas reservas e estrutura celular e, por fim, na taxa de germinação (Cardoso *et al.* 2012). Como a semente possui característica higroscópica, pode aumentar seu teor de água quando a umidade do ambiente for alta e chegar ao estado de equilíbrio. Portanto, o alto teor de umidade e a temperatura aceleram a deterioração das sementes e favorece a contaminação por fungos, reduzindo sua viabilidade (Mohapatra *et al.* 2017). A soja pode ser armazenada com 10,5% de umidade, sem ser danificada por ataque de fungos. Entretanto, com esta umidade, pode desenvolver infestação de insetos, a menos que a temperatura seja mantida

abaixo de 20°C. O valor crítico de teor de umidade é de 11% para sementes oleaginosas (Athié *et al.* 1998).

O fator genético tem efeito significativo sobre o potencial de armazenamento das cultivares de soja, pois existem características que são peculiares e desenvolvidas para cada material e por isso alguns se sobressaem e adaptam melhor a determinadas condições do que outros.

As sementes durante o processo de armazenamento podem sofrer alterações nas características anatômicas das células, no processo bioquímico, incluindo a inativação enzimática e a interrupção das membranas celulares (Silva *et al.* 2008, Kaewnaree *et al.* 2011, Hu *et al.* 2012). As alterações que estão ocorrendo a nível celular podem ser acompanhadas através do uso de técnicas anatômicas e histoquímicas, que neste estudo são empregadas como ferramentas indicadoras da qualidade fisiológica das sementes, essa metodologia demonstra ser promissora e trará novas informações no estudo de deterioração das sementes armazenadas. Dessa forma, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica e caracterizar anatomicamente sementes de três cultivares de soja durante o armazenamento, em ambiente refrigerado e não refrigerado.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Soja (*Glycine max*)

A soja (*Glycine max*) é originária do extremo Oriente, na China, uma leguminosa de ciclo anual (90 a 160 dias), é uma espécie cultivada há milhares de anos (Hin 2002). A cultura da soja foi introduzida no Brasil no final do século XIX, com maior expressão a partir do final de 1940, quando cerca de 18.000 toneladas produzidas no Estado do Rio Grande do Sul constituíram a primeira exportação nacional de soja (Marcos Filho *et al.* 1982).

Devido ao melhoramento genético, seu cultivo avançou por todo Cerrado e chegou até a região Norte do país (Schnepf *et al.* 2001). A expansão continuou em novos territórios do bioma Cerrado, estabelecendo uma nova fronteira agrícola chamada de Mapitoba – Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, no Norte e Nordeste do país. O crescimento da cultura da soja no país esteve sempre associado aos avanços tecno científicos ao setor produtivo, como a mecanização e a criação de cultivares altamente produtivas adaptadas às diversas regiões (Freitas 2011).

Cerca de 39% da produção mundial de soja em grão é exportada, com o domínio do Brasil e dos Estados Unidos, que respondem por 80% desse volume. No ano agrícola 2012/13, o Brasil assumiu o posto de maior exportador mundial de soja em grão. China e União Europeia foram o destino de mais de 3/4 desses grãos. A China necessita importar aproximadamente 87% do que consome anualmente, o que a torna extremamente dependente da terceirização da produção para outros produtores, como Brasil e Estados Unidos. Cerca de 33% da produção mundial de farelo é exportada. Argentina, Brasil e Estados Unidos são responsáveis por 83,38% do volume comercializado (Hirakuri & Lazzarotto 2014).

Nacionalmente, a soja corresponde a 52,9% da área total de grãos do País. O Centro-Oeste é o maior produtor e possui a maior área nacional de soja. Os estados de Goiás, Mato

Grosso e Mato Grosso do Sul estão entre os cinco principais produtores nacionais do grão. A região Centro-Oeste representa 48,81% da produção de soja no Brasil (Hirakuri & Lazzarotto 2014). A estimativa para produção de soja no Brasil na safra 2019/2020 é de mais de 122 milhões de toneladas, sendo o estado de Goiás responsável por 9,8% dessa produção (Conab 2020).

Para o Brasil, a cultura da soja tem expressiva importância socioeconômica e representa uma das principais fontes de renda no agronegócio e, por isso, constata-se que, com o passar dos anos, o nível de exigência dos produtores rurais vem crescendo em relação a otimização no uso de insumos e sementes de qualidade na lavoura (Antonini *et al.* 2018). Isso tem levado a indústria de sementes a aprimorar constantemente para melhorar a produção e a padronização dos lotes, visando a obtenção e comercialização de sementes com alto vigor e germinação (Embrapa 2018).

## **2.2. Armazenamento de sementes**

O conhecimento das características fisiológicas das sementes durante o armazenamento é de suma importância para seleção de sementes vigorosas. Desta forma, informações a respeito do comportamento das sementes diante das prováveis condições climáticas que ocorrem durante o armazenamento, podem auxiliar na tomada de decisão e promover aumento na produtividade (Ludwig *et al.* 2015).

As sementes de soja durante o armazenamento sofrem rápida perda de vigor e viabilidade, principalmente em regiões com condições climáticas subtropicais. Assim, as condições de armazenamento como temperatura e umidade relativa têm grande influência na longevidade das sementes, e a redução desses parâmetros aumenta significativamente a vida útil das sementes (Sauer *et al.* 1992). No entanto, o armazenamento correto das sementes até o momento de sua utilização é uma etapa importante do processo de produção de sementes de

alta qualidade, uma vez que o armazenamento não melhora a qualidade, somente a mantém e preserva a viabilidade e vigor por um período maior ou menor de tempo (Azevedo *et al.* 2003, Pascuali 2012).

De acordo com Demito & Afonso (2009), as sementes de soja resfriadas artificialmente, mantiveram o poder germinativo dentro do padrão comercial (80%), por causa das melhores condições de armazenagem, atribuída aos menores valores de temperatura ocorrentes durante o período de 140 dias de armazenamento. Cardoso *et al.* (2004) observaram que sementes de soja com grau de umidade inicial de 14%, armazenadas na parte superior das pilhas em sistema de aeração a frio, sofrem redução de qualidade fisiológica, após dois meses de armazenamento. Dessa forma, a temperatura e umidade relativa são dois parâmetros que são determinantes no processo de perda da viabilidade das sementes durante o armazenamento e alterações na qualidade do produto (Kong *et al.* 2008).

As condições climáticas de zonas tropicais e subtropicais apresentam elevadas temperaturas e alta umidade, condições que favorecem o aumento da atividade respiratória das sementes, acelerando a deterioração durante o armazenamento. Assim, os produtores de sementes dessas regiões estão investindo na climatização dos armazéns, visando a manutenção da qualidade inicial das sementes (Pascuali 2012). O processo de refrigeração pode ser utilizado em armazéns de sementes acondicionadas em sacos ou em silos a granel, para resfriar o ar em ambientes quentes ou com temperaturas acima de 20°C. No Brasil, existem alguns sistemas utilizados para a conservação de sementes por resfriamento, os equipamentos fornecem ar frio e seco para o interior do armazém possibilitando a conservação da temperatura em torno de 15°C. Ainda assim, em sementes de soja, recomenda-se o armazenamento com teores de água de, no máximo, 12% (Peske 2003).

Durante o período de armazenagem das sementes de soja, os danos que mais atuam na redução da germinação e vigor são causados pela umidade e danos mecânicos, que podem

evoluir expressivamente nessa fase, resultando em sérias reduções na qualidade (Moreano *et al.* 2011). O uso de temperaturas mais baixas pode reduzir o desenvolvimento de danos às sementes e durante o armazenamento reduzir o metabolismo das sementes (Demitto & Afonso 2009). De acordo com Harrington (1972) existe uma regra prática que prognostica que o tempo de viabilidade é dobrado para cada decréscimo de 1% no conteúdo de umidade da semente ou 5°C na temperatura ambiente.

### **2.3 Vigor e deterioração de sementes**

Vigor de sementes e deterioração estão fisiologicamente ligados, de modo que o vigor diminui à medida que a deterioração aumenta. Então, deterioração é o processo de envelhecimento e morte da semente, enquanto vigor é o principal componente da qualidade afetado pelo processo da deterioração (Delouche 2002).

Dentre as alterações que ocorrem no processo de deterioração se destacam o esgotamento de substâncias de reservas, alterações nas membranas celulares com redução da integridade, aumento da permeabilidade e desorganização das membranas celulares (Priestley 1986). As sementes expostas aos fatores ambientais de estresse podem apresentar deterioração, que ocorre por uma série de alterações físicas, bioquímicas, citológicas e fisiológicas, que se inicia a partir da maturidade fisiológica, em ritmo progressivo, culminando na morte da semente (Marcos Filho 2005).

Os efeitos da deterioração são causados por fatores bióticos e abióticos, genéticos, procedimentos de colheita, secagem, beneficiamento, manuseio e de armazenamento (Villela & Peres 2004). Assim, combinações da temperatura, grau de umidade e período de armazenamento, podem promover a deterioração das sementes (Ellis & Roberts 1980). O processo de deterioração é inevitável, mas pode ser retardado dependendo das condições de armazenamento e das características da semente (Cardoso *et al.* 2012).

O vigor está associado a diversas características relacionadas ao desempenho do lote de sementes como, taxa e uniformidade da germinação e crescimento de plântulas; capacidade de emergência de sementes sob condições ambientais desfavoráveis; desempenho após armazenamento. Um lote vigoroso de sementes é potencialmente capaz de ter bom desempenho, mesmo sob condições ambientais que não são ideais para as espécies (ISTA 2014).

Pádua & Vieira (2001) afirmam que lotes de sementes com porcentagens de germinação parecidas, mas com diferentes níveis de vigor, podem apresentar comportamentos diferenciados em relação à deterioração, dependendo das condições de armazenamento. Nesse sentido, o armazenamento em ambiente favorável para a manutenção da qualidade surge como estratégia para manter a composição química do produto, minimizando a redução do poder germinativo e vigor das sementes (Puzzi 2000).

## **2.4 Cultivares de soja**

### **2.4.1 BRS 6970IPRO**

A cultivar BRS 6970IPRO foi desenvolvida pela Embrapa em parceria com outras instituições e lançada no mercado em 2015, é uma soja transgênica com tolerância ao herbicida glifosato e com a tecnologia Intacta RR2 PROT<sup>M</sup>. É superprecoce com excelente potencial produtivo, apresenta resistência ao nematoide de galhas *Meloidogyne javanica* e moderada resistência ao oídio. Seu tipo de crescimento é indeterminado e o grupo de maturidade relativa é 6.9.

### **2.4.2 M 7110 IPRO**

A cultivar M 7110 IPRO é uma soja transgênica com tolerância ao herbicida glifosato desenvolvida pela Monsoy. Possui algumas características como precocidade que possibilita melhor janela para semeadura de milho ou algodão safrinha, tem ampla adaptação geográfica e

apresenta hábito de crescimento indeterminado, proporcionando maior segurança para semeaduras antecipadas.

Cultivar que apresenta excelente estabilidade produtiva e arquitetura de plantas, possui também resistência ao acamamento. O ciclo é superprecoce que varia de 100 a 105 dias, grupo de maturação 6.8, exigência de média a alta fertilidade e recomendação de 320 a 400 mil plantas por ha (Monsoy 2020).

#### **2.4.3 NS 7007 IPRO**

A cultivar NS 7007 IPRO foi desenvolvida pela Nidera Sementes. Suas características incluem alta produtividade, alta capacidade de engalhamento e potencial para antecipar a safrinha pela sua precocidade. É resistente ao acamamento e possui baixo fator de reprodução para *Pratylenchus brachyurus*.

Possui hábito de crescimento indeterminado e grupo de maturação 7.1, sendo indicada para plantio em diversas regiões, entre elas GO (Sudeste e Centro Oeste). A indicação para a região Centro Oeste de GO é a colheita de 95 a 105 dias e a população de 300 a 380 mil plantas por ha (Nidera 2020).

### **2.5. Características morfoanatômicas das sementes**

Durante o processo de germinação, a caracterização morfoanatômica e histoquímica das sementes tem papel de suma importância no estabelecimento das plantas e na produtividade das culturas (Mohamed *et al.* 2018, Rodrigues *et al.* 2019). Cada espécie possui comportamento único de germinação derivado das propriedades de reserva das sementes, das condições ambientais e dos fatores genéticos (Mayer & Poljakoff-Mayber 1975).

A morfologia das sementes tem sido destaque na compreensão da anatomia e da histoquímica do processo germinativo. A análise da anatomia e da histoquímica assume papel chave na compreensão dos mecanismos associados a germinação das sementes, permitindo a

visualização das alterações celulares e de tecidos relacionados com este processo, assim como a mobilização das reservas para o desenvolvimento da plântula após a germinação (Oliveira *et al.* 2011, Loureiro *et al.* 2013).

Condições de estresse podem proporcionar as sementes colapso em suas células, no endosperma e embrião; esses danos alteram o processo de embebição e promovem a perda de líquidos (Silva *et al.* 2008). Além disso, os danos celulares podem comprometer o acúmulo de compostos nas sementes, como os lipídios e carboidratos que são geralmente consumidos durante a germinação e têm papéis importantes nesse processo (Han *et al.* 2017, Cabral *et al.* 2019).

Desse modo, essas alterações podem ser relacionadas aos estresses submetidos as sementes durante o armazenamento, refletindo no processo germinativo, fornecendo subsídios para o monitoramento do desempenho das mesmas sob condições de estresse, como aqueles sob temperaturas acima ou abaixo da faixa ótima de germinação. No entanto, existe uma carência de estudos sobre o conhecimento da anatomia e histoquímica das sementes armazenadas. O uso dessas ferramentas como indicadores da qualidade fisiológica das sementes demonstra ser promissor e trará novas informações no estudo de deterioração das sementes armazenadas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Sementes e Laboratório de Anatomia Vegetal do IF Goiano/Campus Rio Verde. Foram utilizadas sementes de três cultivares de soja (*Glycine max* L. Merrill) produzidas pela Sementes Vitória na safra 2017/2018: BRS 6970 IPRO (categoria S1 e peneira 7,0), M 7110 IPRO (categoria S2 e peneira 7,0) e NS 7007 IPRO (categoria C1 e peneira 7,0).

#### **3.1. Teste de teor de água**

O teor de água inicial das sementes foi determinado pelo método de estufa a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, adaptado de acordo com Brasil (2009), antes do armazenamento das sementes, utilizando quatro repetições de, aproximadamente, 5 gramas de sementes. A pesagem das sementes foi realizada em balança analítica e a porcentagem do teor de água foi calculada na base do peso úmido. As cultivares BRS 6970 IPRO, M 7110 IPRO e NS 7007 IPRO foram armazenadas com 10,1%, 10,5% e 10,0% de teor de água, respectivamente.

#### **3.2. Armazenamento**

As amostras coletadas (6 kg de sementes) foram homogeneizadas e divididas em oito subamostras de 400g (uma subamostra para cada período e ambiente de armazenamento) para cada cultivar e então foram armazenadas em sacos plásticos no Laboratório de Sementes do IF Goiano – Campus Rio Verde, em duas condições: ambiente refrigerado e não refrigerado, pelo período de 6 meses (de junho a dezembro de 2018).

As avaliações foram realizadas ao 0, 60, 120 e 180 dias de armazenamento, utilizando os seguintes testes de qualidade de sementes, de modo que as sementes não foram submetidas a tratamento de fungicida.

### **3.3. Teste de germinação**

Quatro repetições de 50 sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel Germitest, umedecido 2,5 vezes a massa seca do papel, e cobertas com uma folha adicional umedecida nas mesmas condições. Logo após, foram confeccionados os rolos, que foram mantidos em germinador tipo “Mangesdorf” regulado para manter a temperatura constante de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  e fotoperíodo de 24 h. As avaliações ocorreram com 5 e 8 dias após a semeadura. Os valores de sementes germinadas foram expressos em porcentagem, segundo os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil 2009).

### **3.4. Teste de envelhecimento acelerado**

Antes e durante o armazenamento foi realizado o teste de envelhecimento acelerado (EA) de cada cultivar. Nesse teste, 200 sementes de soja foram dispostas em caixas do tipo gerbox em camada única sobre tela de aço inox, contendo 40 mL de água destilada. Os gerbox contendo as sementes foram mantidos em câmara BOD - Biochemical Oxygen Demand (Tecnal, TE-4013, Brasil) por 48 horas regulada a  $41^\circ\text{C}$  com acompanhamento diário da temperatura através de termo-higrômetro ( $\pm 0,3^\circ\text{C}$  de variação). Após esse período, as sementes de cada cultivar foram distribuídas em rolo de papel (4 repetições de 50 sementes), assim como no teste de germinação e mantidas em germinador a  $25^\circ\text{C}$  por 5 dias, quando foi realizada a leitura do teste (Marcos Filho 1999).

### **3.5. Teste de tetrazólio**

As análises foram realizadas em 4 repetições de 50 sementes cada, as amostras foram acondicionadas em papel “germitest” umedecidos com 2,5 vezes sua massa seca pelo período de 16 horas a 25°C, colocadas em saco plástico para evitar perda de água no germinador. Após o pré-umedecimento, as sementes foram colocadas em copos plásticos, sendo totalmente submersas na solução de tetrazólio com concentração de 0,075% e levadas para estufa a temperatura de 40°C por 150 minutos (Krzyzanowski *et al.* 1999) na ausência de luz. Após a coloração, as amostras foram retiradas da estufa e as sementes lavadas em água corrente.

A avaliação do vigor das sementes foi conduzida por meio da leitura individual com apoio de lupa de mesa. Na leitura do teste, cada semente foi classificada por meio de oito classes de vigor para sementes de soja de acordo com os tipos de danos analisados, dano mecânico, dano por umidade e dano por percevejo, levando em consideração a localização dos danos na semente. Sendo as classes: mais alto vigor (classe 1), alto vigor (classe 2), vigor médio (classe 3), vigor baixo (classe 4), vigor muito baixo (classe 5), não viável (classe 6), não viável (classe 7) e semente morta (classe 8). O resultado de vigor foi obtido com o somatório das sementes nas classes 1, 2 e 3 (Krzyzanowski *et al.* 1999).

### **3.6. Teste de emergência de plântulas em areia**

Foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes, dispostas em 2 linhas de 25 sementes e profundidade de 3 cm, em canteiros contendo areia lavada como substrato. O sistema de irrigação foi por aspersão com programação para irrigar 4 vezes ao dia. As contagens foram realizadas diariamente, após a semeadura até a estabilização da emergência, utilizando como critério o número de plântulas com o surgimento dos eófilos. Ao final das contagens, foi registrado o número total de plântulas emergidas de acordo com Brasil (2009).

### **3.7. Teste de condutividade elétrica**

A análise foi feita utilizando 4 repetições de 50 sementes, cada repetição foi pesada em balança analítica de precisão (com 2 casas decimais) e depois adicionado 75 mL de água destilada no recipiente, que foi mantido em germinador a 25°C por 24 h. Após esse período, foi realizado a leitura da condutividade elétrica, utilizando um condutivímetro de bancada (marca Tecnal, modelo Tec-4MP). O resultado obtido no condutivímetro foi dividido pelo peso inicial da amostra de cada repetição e expresso em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  (Krzyzanowski *et al.* 1999).

### **3.8. Caracterização anatômica e histoquímica**

A execução dos testes se deu mediante a retirada de amostras, da região dos cotilédones, de cinco sementes de cada cultivar em cada período de armazenamento. Em seguida, o material vegetal foi fixado em Karnovsky (1965), por 24 horas. Após este período, as amostras foram pré-lavadas em tampão fosfato e desidratadas em série etílica crescente, pré-infiltrado e infiltrado em historesina (Leica, Alemanha), conforme recomendações do fabricante.

Para avaliação estrutural, as amostras foram seccionadas transversalmente a 10  $\mu\text{m}$  de espessura em micrótomo rotativo de mesa (Modelo 1508R, Logen scientific, China) e os cortes corados com azul de toluidina (O'Brien *et al.* 1964). Para a análise histoquímica, os cortes foram corados com Xylidine ponceau (XP) para proteínas totais (O'Brien & McCully 1981). As observações foram realizadas e as imagens fotografadas em microscópio Olympus (BX61, Tokyo, Japão) acoplado com câmera DP-72 utilizando a opção de campo claro.

### **3.9. Análises estatísticas**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (4 períodos de armazenamento x 2 ambientes de armazenamento), com 4 repetições para cada cultivar.

Os dados quantitativos foram submetidos à análise de normalidade (Teste Shapiro-Wilk). Logo após, realizou-se a análise de variância, seguida de teste de comparação de média (Teste de Tukey  $p < 0,05$ ). Para realização das análises foi utilizado o programa estatístico Sisvar (Ferreira 2011).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Cultivar BRS 6970 IPRO

Não houve diferença de germinação entre o ambiente refrigerado e não refrigerado, exceto aos 180 dias de armazenamento, em que a germinação foi maior no ambiente refrigerado. (Tabela 1). De maneira similar, Sharma *et al.* (2007), verificaram redução de germinação e vigor de sementes de soja aos 180 dias, porém esta foi menor no armazenamento refrigerado. A temperatura é um dos principais fatores que aceleram a velocidade da deterioração das sementes, assim o ambiente refrigerado proporciona manutenção da qualidade e a longevidade das sementes durante o armazenamento.

Tabela 1. Germinação (%) e germinação (%) após teste de envelhecimento acelerado (EA) de 48 h de sementes de soja da cultivar BRS 6970 IPRO, durante o armazenamento em ambiente refrigerado e não refrigerado

Tempo	Não refrigerado	Refrigerado	Média
<b>Germinação</b>			
0	88 ± 1,71 aA	88 ± 1,71 bA	88 ab
60	92 ± 0,96 aA	92 ± 3,30 abA	92 ab
120	87 ± 2,38 aA	85 ± 1,73 bA	86 b
180	90 ± 2,50 aB	97 ± 0,96 aA	93 a
Média	89 A	90 A	
CV (%) = 4,57			
<b>Germinação após EA 48 h</b>			
0	66 ± 3,59 bA	66 ± 3,59 bA	66 b
60	83 ± 2,06 aA	84 ± 4,97 aA	83 a
120	82 ± 5,32 aA	85 ± 2,65 aA	83 a
180	78 ± 0,50 aA	83 ± 2,87 aA	80 a
Média	77 A	79 A	
CV (%) = 9,00			

Média ± Erro Padrão (n = 4). Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, e letras maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os ambientes de armazenamento refrigerado e não refrigerado não proporcionaram diferença de germinação pelo teste de envelhecimento acelerado (Tabela 1). Cultivares com sementes de alto vigor podem ter melhor desempenho durante o armazenamento (Delouche

2005). Em sementes de soja, o fator genético sobre o potencial de armazenamento foi correlacionado com seu vigor para algumas variedades, visto que o genótipo mostrou efeito altamente significativo sobre o potencial de armazenamento da semente (Peske 2003).

O vigor e a viabilidade, no teste de tetrazólio, foi menor no ambiente não refrigerado aos 180 dias de armazenamento (Tabela 2). Araújo (2016), submeteu sementes de soja ao processo de armazenamento em diferentes tipos de ambientes, e após 90 dias, as sementes armazenadas em condição de galpão tiveram redução no vigor em relação as armazenadas em câmara fria.

Tabela 2. Vigor (%) e viabilidade (%) pelo teste de tetrazólio em sementes de soja da cultivar BRS 6970 IPRO, durante o armazenamento em ambiente refrigerado e não refrigerado

<b>Tempo</b>	<b>Não refrigerado</b>	<b>Refrigerado</b>	<b>Média</b>
<b>Vigor</b>			
0	91 ± 2,36 aA	91 ± 2,36 aA	91 a
60	90 ± 0,96 aA	93 ± 1,73 aA	91 a
120	91 ± 1,71 aA	93 ± 1,26 aA	92 a
180	85 ± 1,71 aB	92 ± 3,16 aA	88 a
Média	89 B	92 A	
CV (%) = 4,46			
<b>Viabilidade</b>			
0	96 ± 1,41 abA	96 ± 1,41 aA	96 a
60	94 ± 1,63 abA	97 ± 1,50 aA	95 a
120	97 ± 0,50 aA	98 ± 1,15 aA	97 a
180	91 ± 0,58 bB	97 ± 1,71 aA	94 a
Média	94 B	97 A	
CV (%) = 2,74			

Média ± Erro Padrão (n = 4). Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, e letras maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A emergência de plântulas em areia não demonstrou diferença entre os ambientes refrigerado e não refrigerado (Tabela 3). De maneira similar, na emergência em solo, Pascuali (2012) observou que o comportamento da qualidade das sementes foi similar para os três ambientes de armazenamento testado (temperatura constante de 30°C, ambiente e sob refrigeração) com redução da emergência entre os 120 e 210 dias de armazenamento. Isso pode estar relacionado com as características da própria cultivar e também do vigor alto, que

manteve níveis elevados de emergência independente do ambiente em que as sementes estavam armazenadas.

Tabela 3. Emergência (%) de sementes de soja da cultivar BRS 6970 IPRO, durante o armazenamento em ambiente refrigerado e não refrigerado

<b>Tempo</b>	<b>Não refrigerado</b>	<b>Refrigerado</b>	<b>Média</b>
0	99 ± 0,58 aA	99 ± 0,58 aA	99 a
60	97 ± 2,36 aA	96 ± 0,82 aA	96 ab
120	98 ± 0,96 aA	98 ± 1,89 aA	98 ab
180	91 ± 4,43 aA	94 ± 2,00 aA	93 b
Média	96 A	97 A	

CV (%) = 4,35

Média ± Erro Padrão (n = 4). Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, e letras maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A condutividade elétrica das sementes não diferiu entre o ambiente refrigerado e não refrigerado. Contudo, demonstrou diferença entre os tempos de armazenamento, sendo que aos 120 e 180 dias de armazenamento os resultados foram maiores que nos períodos anteriores (Tabela 4). Com o envelhecimento da semente, ocorre aumento nos lixiviados, portanto, a quantidade de solutos lixiviados de uma semente deteriorada, embebida em água, é maior do que em uma não deteriorada. Há evidências de que o aumento dos lixiviados da semente ocorre antes da morte de células, portanto, são forte indicação de que o dano as membranas é um evento que ocorre logo no início do processo de deterioração (Peske 2003). Quanto menor o valor de condutividade elétrica, maior o potencial fisiológico da semente (Vieira *et al.* 2002).

Tabela 4. Condutividade elétrica ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de sementes de soja da cultivar BRS 6970 IPRO, durante o armazenamento em ambiente refrigerado e não refrigerado

<b>Tempo</b>	<b>Não refrigerado</b>	<b>Refrigerado</b>	<b>Média</b>
0	66,9 ± 3,31 aA	66,9 ± 3,31 aA	66,9 a
60	68,0 ± 1,53 abA	66,9 ± 3,00 aA	67,4 a
120	81,1 ± 3,03 abA	83,6 ± 6,59 bA	82,4 b
180	82,1 ± 2,67 bA	76,3 ± 4,72 abA	79,2 b
Média	74,5 A	73,4 A	

CV (%) = 10,26

Média ± Erro Padrão (n = 4). Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, e letras maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.1.1 Caracterização anatômica e histoquímica

O aumento no tempo de armazenamento, principalmente aos 120 e 180 dias, promoveu a desestruturação das células da região do cotilédone da semente de soja (Fig. 1 E, F, G, H), quando comparadas as imagens anatômicas de antes do armazenamento (Fig. 1 A-B).

Como o dano as membranas celulares é um evento que ocorre logo no início do processo de deterioração (Peske 2003), a caracterização anatômica das sementes demonstrou ser uma ferramenta de suma importância para acompanhar a evolução dos danos celulares durante o armazenamento.

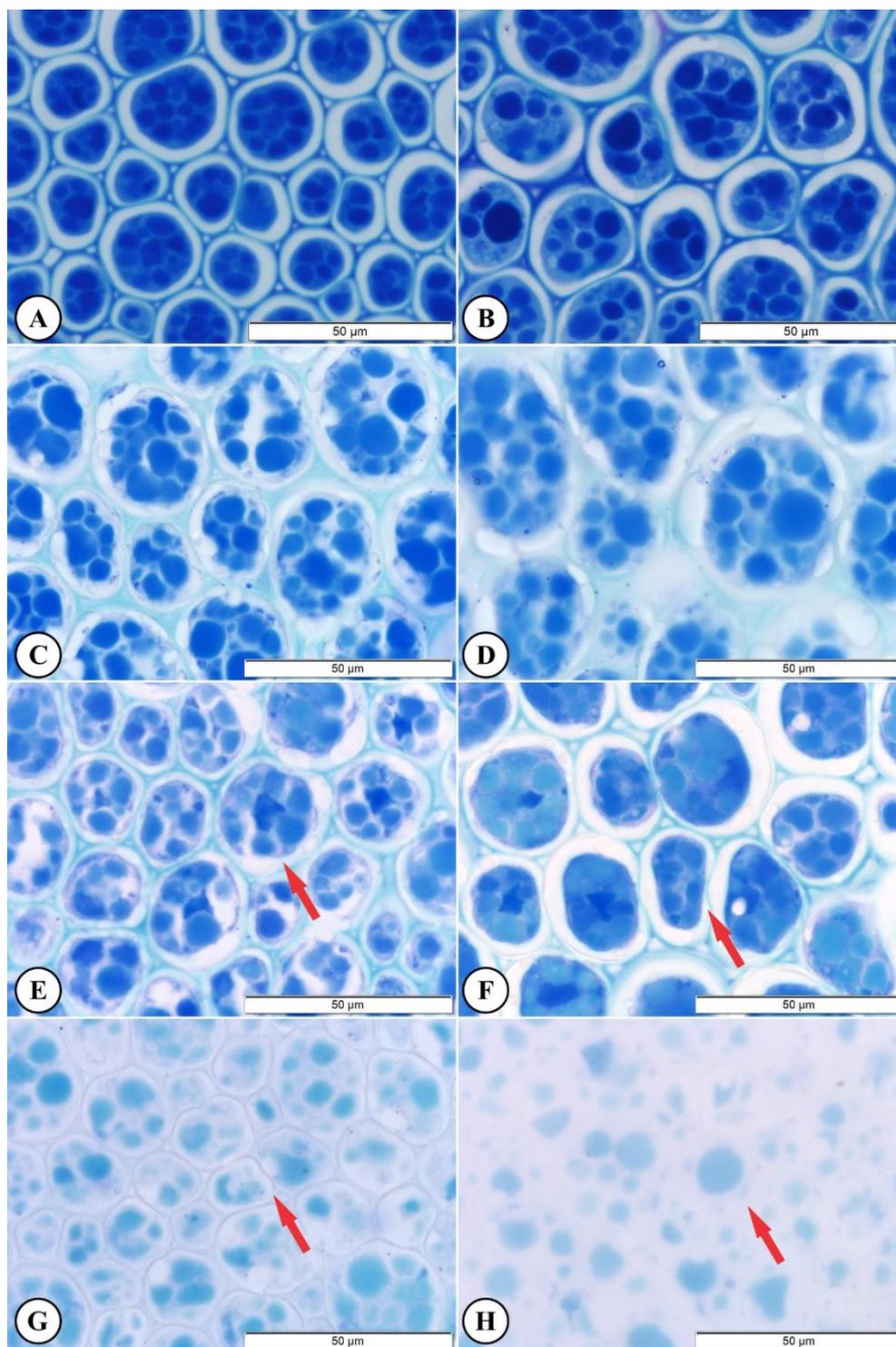


Figura 1. Cotilédone da semente de soja cultivar BRS 6970 IPRO após diferentes condições e tempos de armazenamento. (A-B) antes do armazenamento, (C-D) 60 dias de armazenamento, (E-F) 120 dias de armazenamento, (G-H) 180 dias de armazenamento. Coluna da esquerda: armazenamento não refrigerado e coluna da direita: armazenamento refrigerado. Setas vermelhas indicam alterações na estrutura celular.

Nas avaliações de acúmulo de proteína, observou-se que antes do armazenamento as células possuíam grandes áreas marcadas pelo corante XP (Fig. 2 A-B), e ao longo do tempo de armazenamento as proteínas foram extravasando pelas células, através da desestruturação e colapso das células do cotilédono, que ficou mais evidente aos 180 dias de armazenamento no ambiente não refrigerado (Fig. 2 G).

Quanto ao conteúdo de proteínas solúveis, Henning *et al.* (2010) observaram que sementes de soja mais vigorosas proporcionaram maiores quantidades de proteína em relação as de menor vigor. O conteúdo de proteína da semente está relacionado com a qualidade fisiológica destas, e além dos fatores genéticos, os teores de óleo e proteínas das sementes de soja também são fortemente influenciados pelo ambiente (Wilcox & Cavines 1992, Rao *et al.* 1993).

Assim, em ambiente desfavorável à conservação das sementes (não refrigerado) e com o tempo de armazenamento avançado (180 dias) houve a redução do vigor (Tabela 2) e também do conteúdo de proteínas (Fig. 2 G) nas sementes dessa cultivar.

As sementes necessitam do acúmulo de compostos na região do endosperma, armazenados principalmente na forma de carboidratos, lipídios e proteínas, que são degradados no desenvolvimento inicial da germinação (Suda & Giorgini 2000). As proteínas são fonte de nitrogênio e enxofre, indispensáveis para a síntese de novas proteínas, enzimas, ácidos nucleicos e compostos do metabolismo secundário essenciais durante a germinação até a formação de uma plântula capacitada a se manter de forma autotrófica (Buckeridge *et al.* 2004). Assim, a redução de área marcada pelo XP aos 180 dias em ambiente não refrigerado pode indicar um processo inicial de degradação de proteínas, que, conseqüentemente, altera o vigor das sementes.

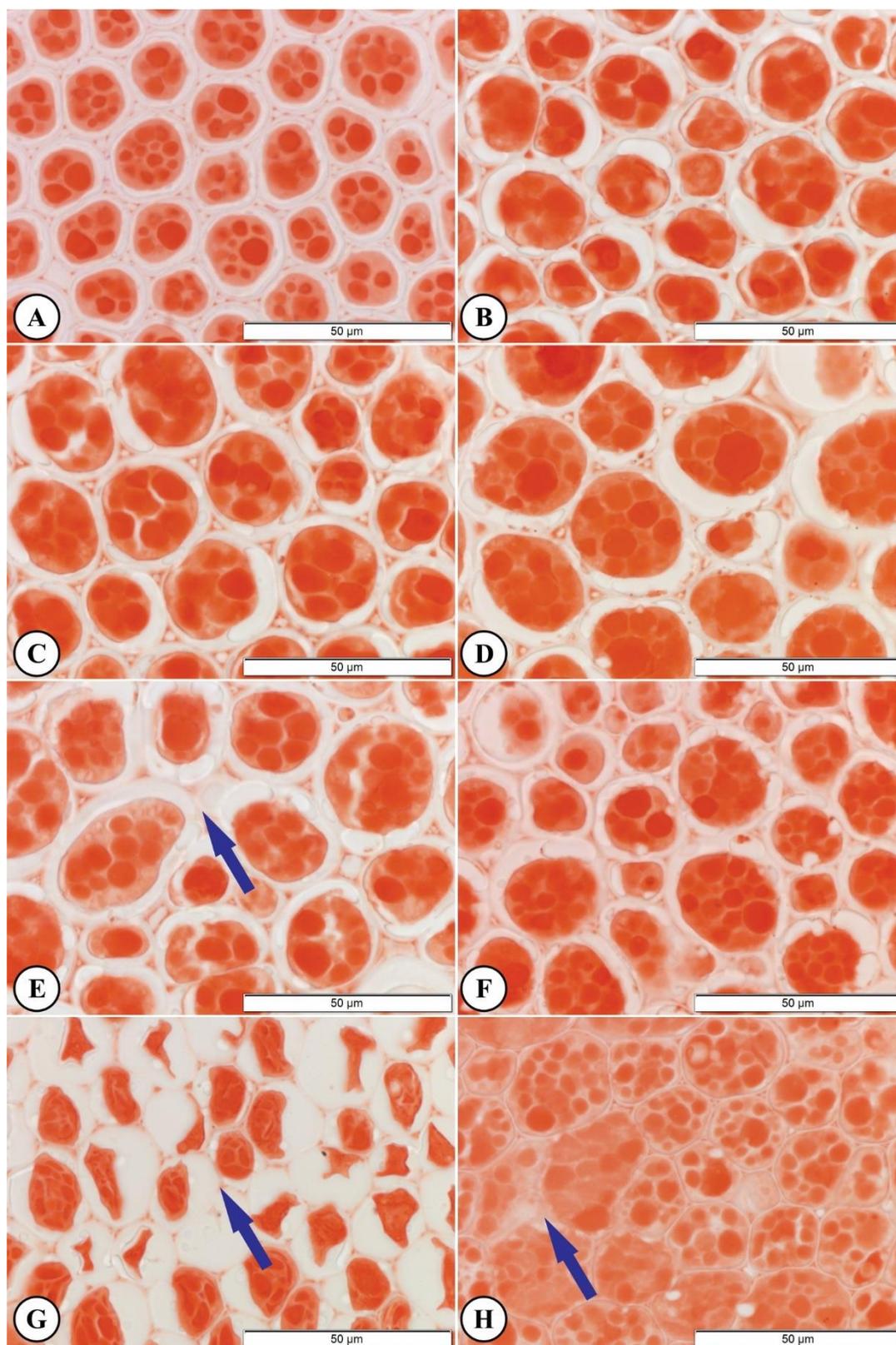


Figura 2. Cotilédone da semente de soja cultivar BRS 6970 IPRO após diferentes condições e tempos de armazenamento. (A-B) antes do armazenamento, (C-D) 60 dias de armazenamento, (E-F) 120 dias de armazenamento, (G-H) 180 dias de armazenamento. Coluna da esquerda: armazenamento não refrigerado e coluna da direita: armazenamento refrigerado. Setas azuis indicam diferença de acúmulo e extravasamento de proteínas nas células.

## 4.2 Cultivar M 7110 IPRO

Os ambientes de armazenamento proporcionaram a manutenção da germinação das sementes, porém no período inicial foi menor (Tabela 5). Possivelmente, isto pode ter ocorrido pelo fato de as sementes estarem contaminadas com *Phomopsis* spp. e/ou *Fusarium semitectum*, são fungos que perdem a viabilidade rapidamente, durante o armazenamento em condição ambiente. Com a perda da viabilidade dos inóculos destes fungos ocorre então aumento gradual na percentagem de germinação em laboratório (Goulart 2018). Logo, manteve-se o nível adequado de germinação para sementes de soja nos dois ambientes avaliados, de acordo com o valor mínimo referenciado por Brasil (2009) acima de 80%.

A germinação após o envelhecimento acelerado foi maior no ambiente refrigerado (Tabela 5). Em condições favoráveis de resfriamento, as sementes toleram períodos maiores de armazenamento e conseqüentemente preserva o vigor.

Tabela 5. Germinação (%) e germinação (%) após teste de envelhecimento acelerado (EA) de 48 h de sementes de soja da cultivar M 7110 IPRO, durante o armazenamento em ambiente refrigerado e não refrigerado

Tempo	Não refrigerado	Refrigerado	Média
<b>Germinação</b>			
0	74 ± 3,59 aA	74 ± 3,59 bA	74 b
60	85 ± 2,65 aA	86 ± 3,69 abA	85 a
120	83 ± 3,11 aA	88 ± 2,36 aA	85 a
180	83 ± 3,77 aA	88 ± 2,06 aA	85 a
Média	81 A	84 A	
CV (%) = 7,70			
<b>Germinação após EA 48h</b>			
0	64 ± 3,16 abA	64 ± 3,16 bcA	64 b
60	76 ± 3,46 aA	76 ± 4,27 abA	76 a
120	16 ± 5,10 cB	81 ± 4,50 aA	48 c
180	50 ± 4,83 bA	55 ± 2,52 cA	53 c
Média	52 B	69 A	
CV (%) = 13,21			

Média ± Erro Padrão (n = 4). Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, e letras maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na avaliação do vigor e viabilidade, pelo teste de tetrazólio, houve diferença entre o armazenamento refrigerado e não refrigerado, sendo que aos 180 dias, o vigor e a viabilidade foram maiores no ambiente refrigerado (Tabela 6). Krohn & Malavasi (2004) também observaram redução de vigor e viabilidade de sementes de soja, pelo teste de tetrazólio, após 6 meses de armazenamento, sendo a redução do vigor mais acentuada que a da viabilidade. O vigor expressa mais rapidamente o efeito da deterioração que a germinação, assim a perda total da viabilidade (morte da semente) é o último evento do processo (Delouche & Caldwell 1960).

Tabela 6. Vigor (%) e viabilidade (%) pelo teste de tetrazólio em sementes de soja da cultivar M 7110 IPRO, durante o armazenamento em ambiente refrigerado e não refrigerado

<b>Tempo</b>	<b>Não refrigerado</b>	<b>Refrigerado</b>	<b>Média</b>
<b>Vigor</b>			
0	73 ± 2,63 abA	73 ± 2,63 aA	73 a
60	77 ± 2,06 aA	77 ± 5,07 aA	77 a
120	77 ± 2,22 aA	78 ± 3,46 aA	77 a
180	64 ± 3,16 bB	82 ± 2,16 aA	73 a
Média	72 B	77 A	
CV (%) = 8,20			
<b>Viabilidade</b>			
0	88 ± 2,94 aA	88 ± 2,94 aA	88 a
60	85 ± 1,73 aA	91 ± 2,63 aA	88 a
120	88 ± 1,71 aA	93 ± 2,38 aA	90 a
180	84 ± 1,50 aB	94 ± 2,45 aA	89 a
Média	86 B	91 A	
CV (%) = 5,29			

Média ± Erro Padrão (n = 4). Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, e letras maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Não houve diferença no percentual de emergência entre o ambientes refrigerado e não refrigerado (Tabela 7). Contudo, os resultados de emergência de plântulas foram superiores aos de germinação, Henning & França Neto (1980) e França Neto & West (1989) explicam as razões das discrepâncias entre os resultados dos testes. A infecção das sementes de soja por *Phomopsis* spp. e *F. semitectum* está condicionada quase que exclusivamente ao tegumento. Nesse caso, quando as sementes são germinadas em rolo de papel, há constante contato entre o

tegumento infectado, os cotilédones e o eixo embrionário, resultando em altos índices de plântulas infectadas e sementes mortas. Entretanto, quando essas mesmas sementes são testadas areia, os tegumentos infectados são deixados no substrato durante o processo de emergência e, desse modo, as plântulas escapam dos efeitos causados pelos tegumentos infectados.

Tabela 7. Emergência (%) de sementes de soja da cultivar M 7110 IPRO, durante o armazenamento em ambiente refrigerado e não refrigerado

<b>Tempo</b>	<b>Não refrigerado</b>	<b>Refrigerado</b>	<b>Média</b>
0	98 ± 0,50 aA	98 ± 0,50 aA	98 a
60	97 ± 1,29 aA	94 ± 1,50 bB	95 a
120	96 ± 0,82 aA	98 ± 0,82 aA	97 a
180	95 ± 1,29 aA	95 ± 1,71 abA	95 a
Média	96 A	96 A	
CV (%) = 2,36			

Média ± Erro Padrão (n = 4). Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, e letras maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A condutividade elétrica diferiu entre os ambientes, sendo menor no ambiente refrigerado. A condutividade elétrica aumentou a partir dos 120 dias de armazenamento (Tabela 8). Prado (2018), relacionando os valores de condutividade elétrica a demais testes de vigor determinou a classificação dos lotes de sementes de soja em diferentes níveis de vigor: muito alto, CE < 70  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ; alto, CE entre 71 a 90  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ , sendo possível observar para esses dois níveis de vigor um bom desempenho dos lotes de sementes em campo, sob condições de baixa umidade do solo; médio, CE entre 91 a 110  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  sendo lotes inapropriados para semeadura sob condições de deficiência hídrica em campo e baixo, lotes que apresentaram CE > 111  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ , sendo considerados lotes inviáveis para semeadura.

Tabela 8. Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) de sementes de soja da cultivar M 7110 IPRO, durante o armazenamento em ambiente refrigerado e não refrigerado

<b>Tempo</b>	<b>Não refrigerado</b>	<b>Refrigerado</b>	<b>Média</b>
0	76,9 ± 1,23 aA	76,9 ± 1,23 aA	76,9 a
60	81,8 ± 1,20 aA	76,1 ± 0,70 aA	79,0 a
120	113,5 ± 5,01 bB	91,0 ± 3,75 bA	102,2 b
180	110,0 ± 5,40 bA	104,4 ± 3,41 cA	107,2 b
Média	95,5 B	87,1 A	
CV (%) = 7,13			

Média ± Erro Padrão (n = 4). Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, e letras maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.2.1 Caracterização anatômica e histoquímica

O aumento no tempo de armazenamento, principalmente aos 180 dias, promoveu a desestruturação das células da região do cotilédone da soja (Fig. 3 E, G, H), quando comparadas as imagens de antes do armazenamento (Fig. 3 A-B). Foi possível observar os efeitos da deterioração através das alterações e danos celulares que ocorreram no decorrer do armazenamento, que ficou mais evidente nas imagens do ambiente não refrigerado.

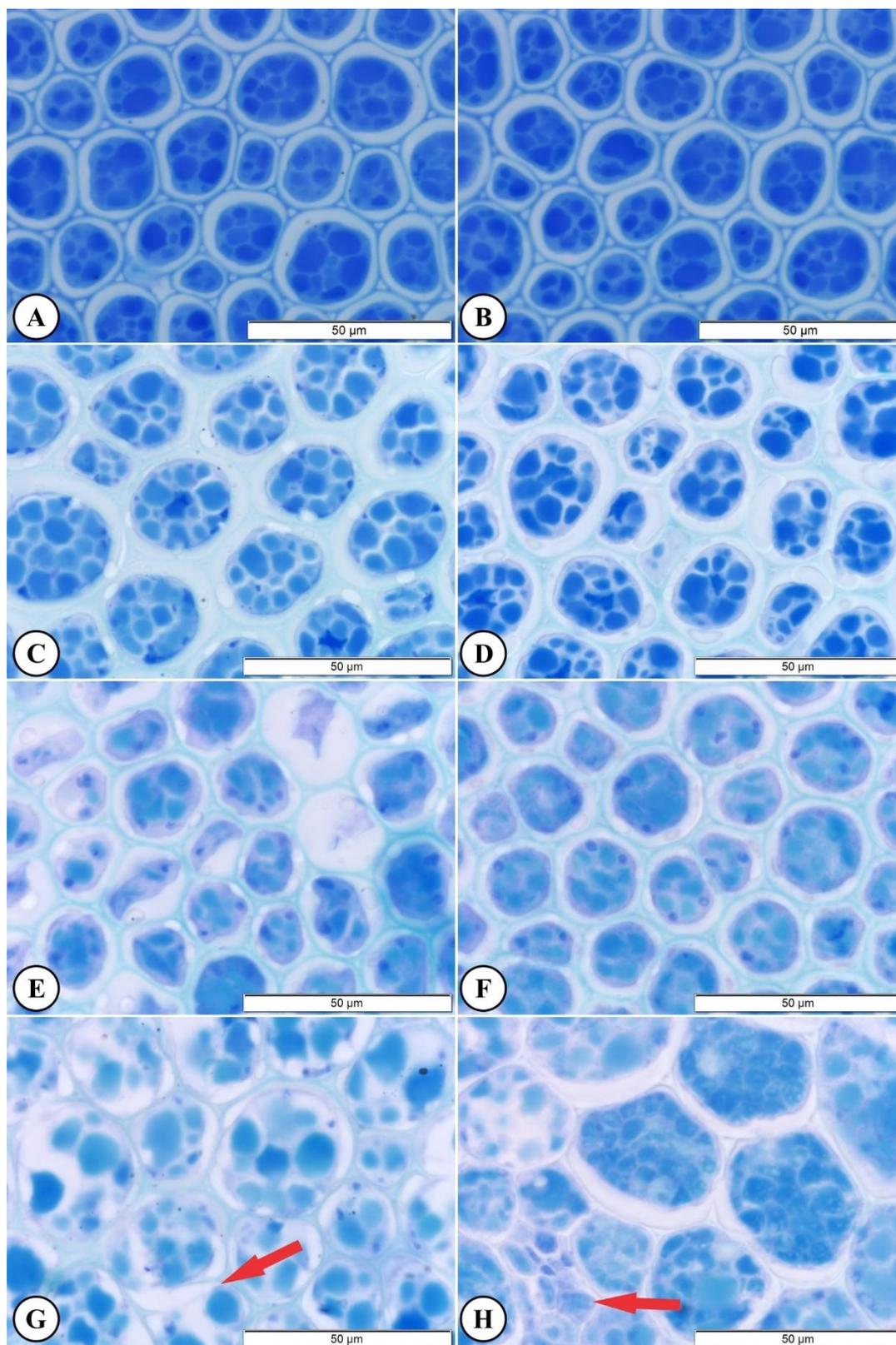


Figura 3. Cotilédone da semente de soja cultivar M 7110 IPRO, após diferentes condições e tempos de armazenamento. (A-B) antes do armazenamento, (C-D) 60 dias de armazenamento, (E-F) 120 dias de armazenamento, (G-H) 180 dias de armazenamento. Coluna da esquerda: armazenamento não refrigerado e coluna da direita: armazenamento refrigerado. Setas vermelhas indicam alterações na estrutura celular.

Nas avaliações de acúmulo de proteína, observou-se que antes do armazenamento as células possuíam grandes áreas marcadas pelo corante XP (Fig. 4 A-B), e ao longo do tempo de armazenamento as proteínas foram extravasando pelas células, através da desestruturação e colapso das células do cotilédono. Isto foi mais evidente aos 180 dias de armazenamento, no ambiente não refrigerado (Fig. 4 G).

Houve também aumento no tamanho das células e extravasamento das proteínas para os espaços intercelulares, que são indicativos de que as sementes sofreram algum tipo de estresse, como o tempo de armazenamento em condições desfavoráveis.

De acordo com Marcos Filho (2005), durante o processo de deterioração de sementes ocorrem decréscimo do teor e da síntese de proteínas, acréscimo do teor de aminoácidos, decréscimo do conteúdo de proteínas solúveis e desnaturação provocada por temperaturas altas. Bortolotto *et al.* (2008), trabalhando com sementes de arroz, verificou que o teor de proteína bruta na semente é capaz de diferenciar lotes de arroz com variações nos níveis de vigor, e correlacionar-se com a emergência em campo, quando esta ocorre em condições desfavoráveis.

A presença de compostos histoquímicos nas sementes é fundamental para determinar o vigor e o potencial de armazenamento das sementes, uma vez que estes podem ser influenciados pela variabilidade genética e condições de armazenamento (Carvalho & Nakagawa 2012). Na soja foi possível observar que o acúmulo de proteínas está relacionado com a capacidade das sementes em suportar as diferentes condições de armazenamento.

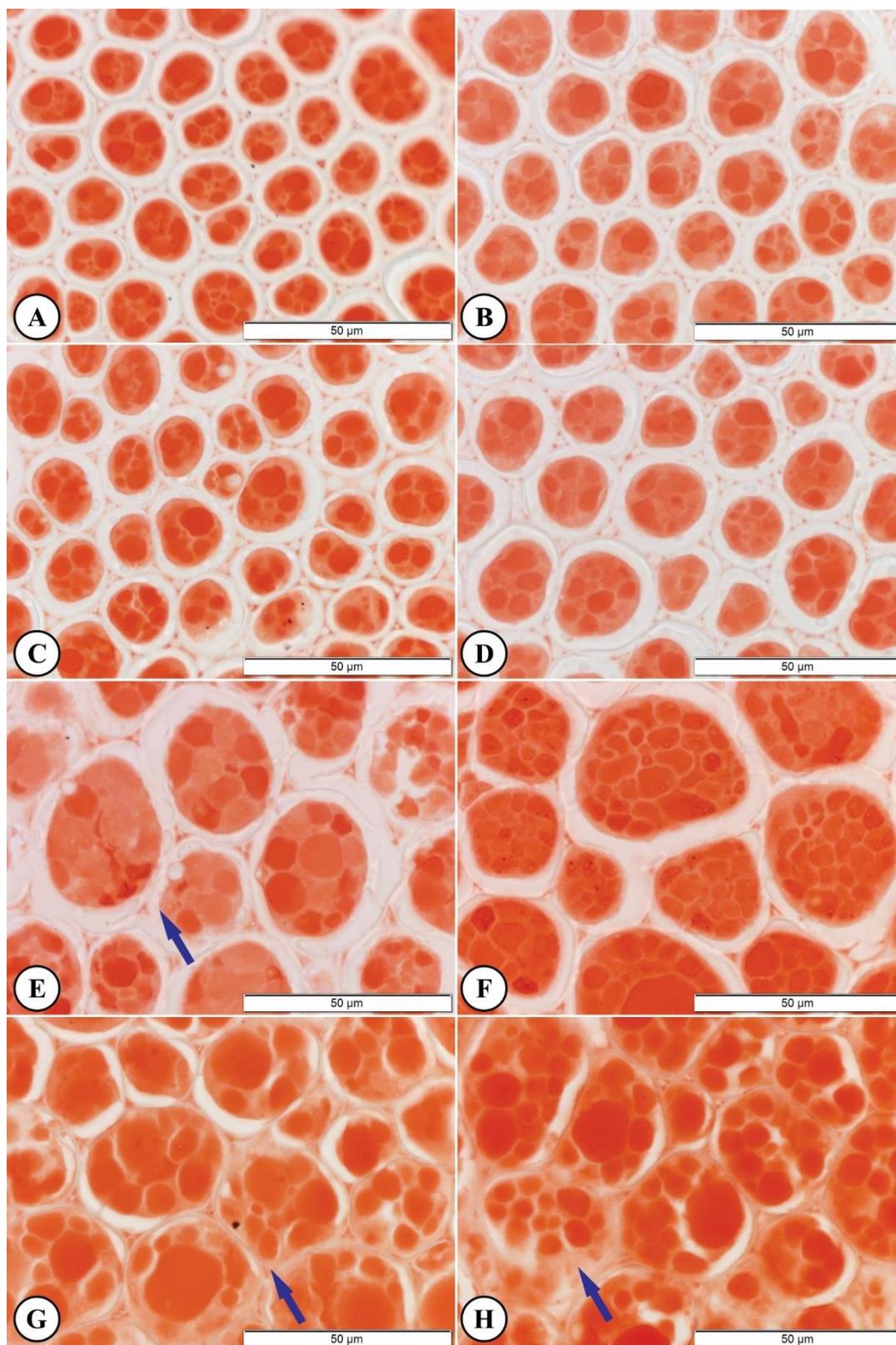


Figura 4. Cotilédone da semente de soja cultivar M 7110 IPRO, após diferentes condições e tempos de armazenamento. (A-B) antes do armazenamento, (C-D) 60 dias de armazenamento, (E-F) 120 dias de armazenamento, (G-H) 180 dias de armazenamento. Coluna da esquerda: armazenamento não refrigerado e coluna da direita: armazenamento refrigerado. Setas azuis indicam diferença de acúmulo e extravasamento de proteínas nas células.

### 4.3 Cultivar NS 7007 IPRO

A germinação foi maior no armazenamento em ambiente refrigerado e houve redução acentuada aos 180 dias de armazenamento em ambiente não refrigerado. (Tabela 9). Sementes de soja armazenadas em temperatura ambiente tendem a diminuir a germinação e o vigor (Demito & Afonso 2009). Quanto maior o tempo das sementes armazenadas em condições desfavoráveis, maiores são as possibilidades de avanço da deterioração, que pode diminuir a velocidade da germinação e aumentar o número de plantas anormais, até ocorrer a perda na capacidade de germinar.

Tabela 9. Germinação (%) e germinação (%) após teste de envelhecimento acelerado de 48 h de sementes de soja da cultivar NS 7007 IPRO, durante o armazenamento em ambiente refrigerado e não refrigerado

<b>Tempo</b>	<b>Não refrigerado</b>	<b>Refrigerado</b>	<b>Média</b>
<b>Germinação</b>			
0	93 ± 2,06 aA	93 ± 2,06 aA	93 a
60	86 ± 2,22 aA	84 ± 2,00 aA	85 a
120	82 ± 2,89 aA	88 ± 1,71 aA	84 a
180	46 ± 10,23 bB	80 ± 3,37 aA	63 b
Média	76 B	86 A	
CV (%) = 10,48			
<b>Germinação após EA 48 h</b>			
0	56 ± 4,08 bA	56 ± 4,08 bA	56 b
60	80 ± 2,71 aA	62 ± 2,50 bB	71 a
120	68 ± 2,45 abA	77 ± 5,26 aA	73 a
180	0 ± 0,00 cB	34 ± 4,55 cA	17 c
Média	51 B	57 A	
CV (%) = 13,16			

Média ± Erro Padrão (n = 4). Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, e letras maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A germinação após o envelhecimento acelerado foi afetada durante o armazenamento, sendo que aos 180 dias a germinação das sementes no ambiente não refrigerado foi zero (Tabela 9). Rocha (2016), em trabalho com sementes de soja armazenadas em ambiente controlado e ambiente não controlado, constatou redução da germinação, após teste de envelhecimento acelerado, durante o armazenamento, no entanto, maiores valores foram observados quando as sementes foram armazenadas em ambiente climatizado.

O vigor e a viabilidade, pelo teste de tetrazólio, diferiram entre os ambientes, na média e no tempo de 180 dias, sendo maiores no ambiente refrigerado (Tabela 10). O vigor expressa mais rapidamente o efeito da deterioração que a viabilidade, por isso é o primeiro a demonstrar queda na qualidade fisiológica das sementes e sua redução é mais acentuada (Delouche & Caldwell 1960).

Tabela 10. Vigor (%) e viabilidade (%) pelo teste de tetrazólio em sementes de soja da cultivar NS 7007 IPRO, durante o armazenamento em ambiente refrigerado e não refrigerado

<b>Tempo</b>	<b>Não refrigerado</b>	<b>Refrigerado</b>	<b>Média</b>
<b>Vigor</b>			
0	81 ± 3,10 aA	81 ± 3,10 aA	81 a
60	70 ± 4,97 abB	81 ± 4,80 aA	76 a
120	82 ± 2,50 aA	77 ± 1,73 aA	79 a
180	65 ± 2,38 bB	86 ± 2,94 aA	76 a
Média	74 B	81 A	
CV (%) = 8,65			
<b>Viabilidade</b>			
0	95 ± 1,73 aA	95 ± 1,73 aA	95 a
60	89 ± 3,77 abA	91 ± 2,87 aA	90 a
120	92 ± 2,06 abA	97 ± 0,58 aA	94 a
180	87 ± 0,96 bB	96 ± 1,26 aA	91 a
Média	90 B	95 A	
CV (%) = 4,56			

Média ± Erro Padrão (n = 4). Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, e letras maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A emergência de plântulas dessa cultivar foi menor no ambiente não refrigerado aos 180 dias de armazenamento (Tabela 11). Essa cultivar manteve elevada emergência, com resultados superiores aos de germinação, e também pode estar relacionado com a contaminação pelos fungos *Phomopsis* spp. e *F. semitectum*, que afetam as sementes no rolo de papel, mas não quando semeadas em areia.

Tabela 11. Emergência (%) de sementes de soja da cultivar NS 7007 IPRO, durante o armazenamento em ambiente refrigerado e não refrigerado

<b>Tempo</b>	<b>Não refrigerado</b>	<b>Refrigerado</b>	<b>Média</b>
0	98 ± 0,82 aA	98 ± 0,82 aA	98 a
60	98 ± 0,82 aA	97 ± 0,58 aA	98 a
120	98 ± 1,26 aA	98 ± 0,96 aA	98 a
180	94 ± 1,26 bB	98 ± 0,82 aA	96 a
Média	97 A	98 A	
CV (%) = 1,94			

Média ± Erro Padrão (n = 4). Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, e letras maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A condutividade elétrica apresentou menores valores até os 60 dias de armazenamento e foi maior no ambiente não refrigerado (Tabela 12), indicando menor potencial fisiológico das sementes, e colabora com o resultado da germinação apresentado anteriormente. Krishnan *et al.* (2004) observaram que à medida que se utilizava temperaturas mais elevadas no armazenamento ocorre aumento na condutividade elétrica.

Tabela 12. Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) de sementes de soja da cultivar NS 7007 IPRO, durante o armazenamento em ambiente refrigerado e não refrigerado

<b>Tempo</b>	<b>Não refrigerado</b>	<b>Refrigerado</b>	<b>Média</b>
0	77,8 ± 2,49 aA	77,8 ± 2,49 aA	77,8 a
60	71,8 ± 2,24 aA	71,9 ± 1,79 aA	71,8 a
120	96,0 ± 4,05 bA	89,8 ± 4,94 bA	92,9 b
180	107,1 ± 2,91 bB	94,4 ± 1,67 bA	100,7 b
Média	88,2 B	83,4 A	
CV (%) = 7,03			

Média ± Erro Padrão (n = 4). Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, e letras maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Estudos da relação entre teste de condutividade elétrica e de emergência de sementes de soja permitiram concluir que lotes de sementes, apresentando valores de CE até  $110 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ , podem ser considerados de alto desempenho, desde que submetidos a condições ambientais sem estresse, já para lotes de sementes expostos a pequena restrição hídrica, o limite crítico para CE é de  $90 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  (Vieira *et al.* 2004).

De acordo com esse estudo, em condições de estresse, as sementes da cultivar NS 7007 IPRO do ambiente não refrigerado, após 120 dias e as sementes do ambiente refrigerado aos 180 dias de armazenamento, não teriam bom desempenho no campo, pois a CE nesses períodos foram maiores que  $90 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### **4.3.1 Caracterização anatômica e histoquímica**

O aumento no tempo de armazenamento nos dois ambientes testados, aos 120 e 180 dias, promoveu a desestruturação das células da região do cotilédone da soja (Fig. 5 E, F, G, H), quando comparada as imagens anatômicas de antes do armazenamento (Fig. 5 A-B) que não apresentavam dano celular.

O armazenamento é uma das causas da deterioração nas sementes, sendo que um dos primeiros indícios desse processo é a alteração nas membranas celulares (Peske 2003). Observou-se por meio da análise anatômica que ocorreu danos e alterações no conteúdo celular, e também mudança no formato das células (Fig. 5 E e H).

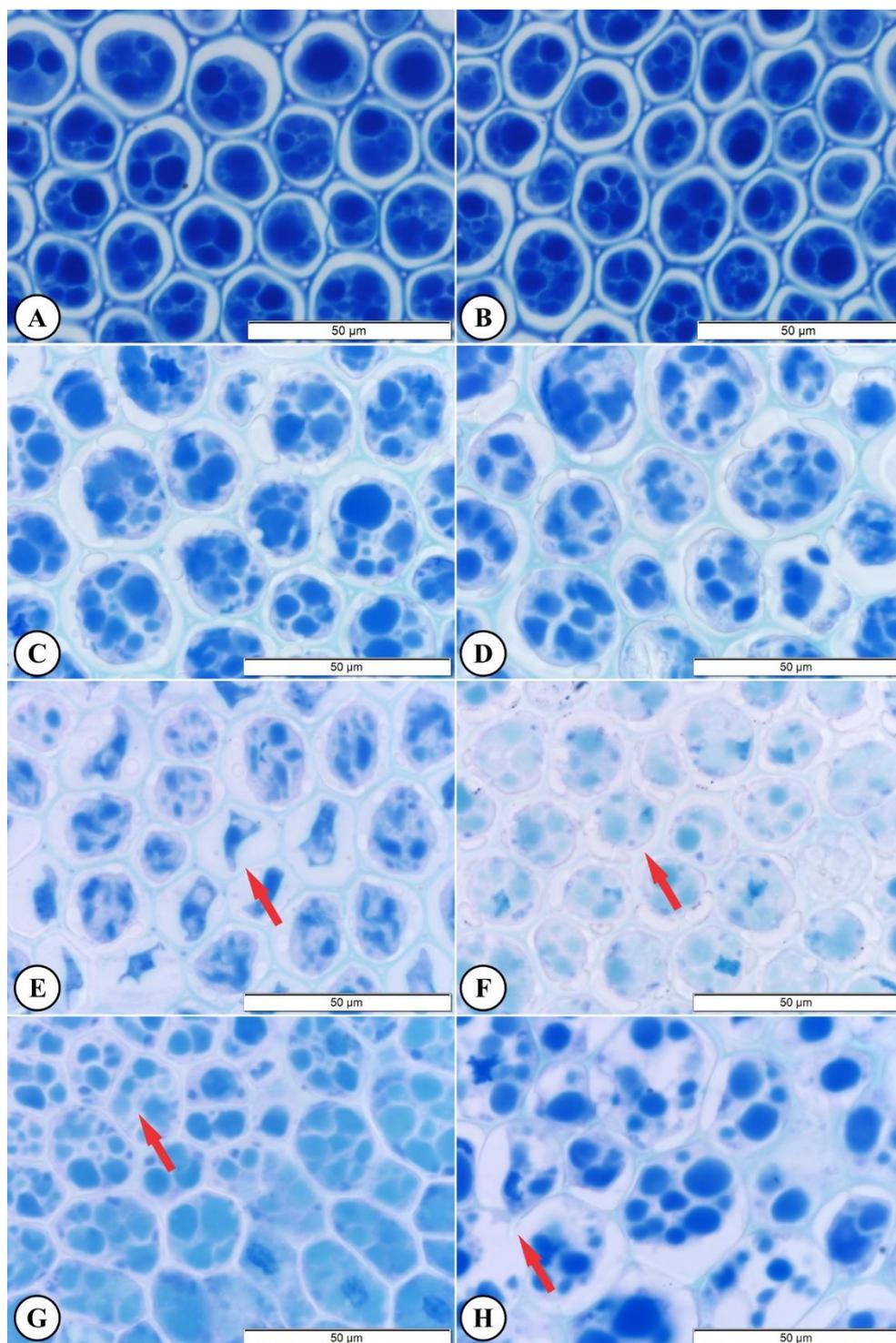


Figura 5. Cotilédone da semente de soja cultivar NS 7007 IPRO, após diferentes condições e tempos de armazenamento. (A-B) antes do armazenamento, (C-D) 60 dias de armazenamento, (E-F) 120 dias de armazenamento, (G-H) 180 dias de armazenamento. Coluna da esquerda: armazenamento não refrigerado e coluna da direita: armazenamento refrigerado. Setas vermelhas indicam alterações na estrutura celular.

Nas avaliações de acúmulo de proteína, observou-se que antes do armazenamento, as células possuíam grandes áreas marcadas pelo corante XP (Fig. 6 A-B), e ao longo do tempo de armazenamento as proteínas foram extravasando pelas células, através da desestruturação e colapso das células do cotilédone. Isto ficou mais evidente aos 180 dias de armazenamento no ambiente não refrigerado (Fig. 6 G).

As principais alterações nas sementes durante o armazenamento estão relacionadas ao esgotamento dos compostos de reserva, principalmente a queda parcial das proteínas, e as desestruturações das células do endosperma e embrião (Villela & Peres 2004). Essas alterações foram evidentes na cultivar NS 7007 IPRO com formação de células colapsadas na região do cotilédone, que conseqüentemente pode originar a formação de plântulas anormais.

As alterações na germinação da soja durante o armazenamento podem estar relacionadas com o colapso das células do cotilédone, principalmente aos 180 dias de armazenamento em ambiente não e com o extravasamento de proteínas. Naturalmente, as proteínas são degradadas durante a germinação de forma que a preservação da estrutura celular e o maior acúmulo dessas substâncias nos tecidos em relação aos longos períodos de armazenamento podem estar diretamente ligados com o potencial de germinação das sementes (Pritchard *et al.* 2002). Assim, é evidente que para essa cultivar, as condições de estresse durante o armazenamento podem promover alterações celulares no cotilédone, gerando plântulas não vigorosas.

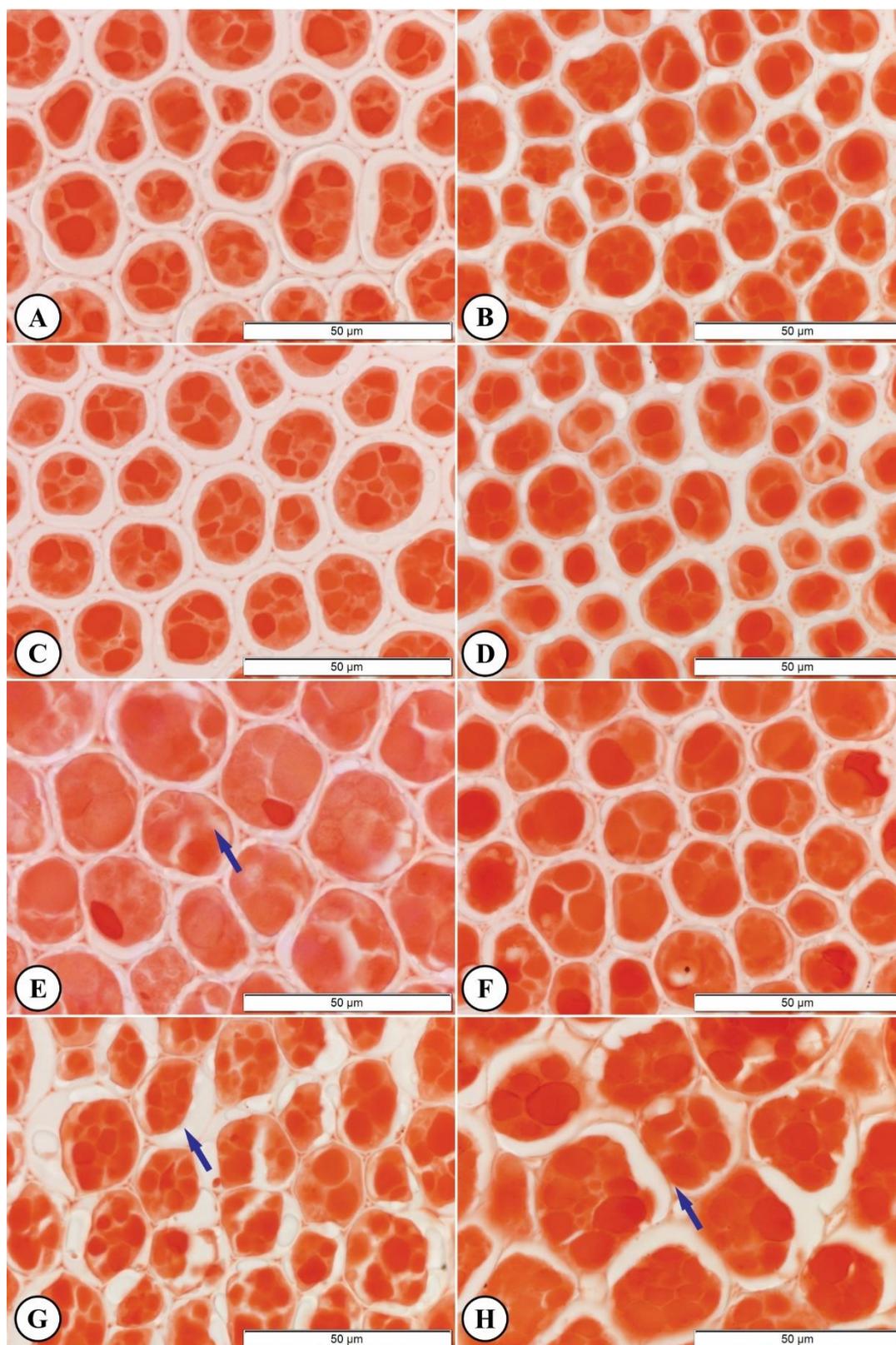


Figura 6. Cotilédone da semente de soja cultivar NS 7007 IPRO, após diferentes condições e tempos de armazenamento. (A-B) antes do armazenamento, (C-D) 60 dias de armazenamento, (E-F) 120 dias de armazenamento, (G-H) 180 dias de armazenamento. Coluna da esquerda: armazenamento não refrigerado e coluna da direita: armazenamento refrigerado. Setas azuis indicam diferença de acúmulo e extravasamento de proteínas nas células.

## **5. CONCLUSÃO**

O armazenamento em ambiente refrigerado foi mais eficiente na manutenção da qualidade fisiológica das sementes. O ambiente não refrigerado aos 180 dias foi o período mais crítico do armazenamento, quando houve maior redução da qualidade fisiológica e desestruturação celular mais intensa no cotilédono das sementes de soja.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Antonini, R.C., R.P. Bortolotto, J.F. Zamberlan, D. Dalla Nora, M.P.B. Pasini & J.E. Fiorin. 2018.** Adoção e uso da agricultura de precisão na região das missões do Rio Grande do Sul. *Holos*. 4:106-121.

**Araújo, P.V.L. 2016.** Influência da condição de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja. UnB, Brasília, 46p.

**Athié, I., M.F.P.M. Castro, R.A.R. Gomes & S.R.T. Valentini. 1998.** Conservação de grãos. Campinas: Fundação Cargill, 236 p.

**Azevedo, M.R.Q.A., J.P.G. Gouveia, D.M.M. Trovão & Queiroga, V.P. 2003.** Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7:519- 524.

**Balešević-Tubić, S., M. Tatić, V. Đorđević, Z. Nikolić & V. Đukić. 2010.** Seed viability of oil crops depending on storage conditions. *Helia*, 33:153-160.

**Bortolotto, R.P., N.L. Menezes, D.C. Garcia & N.M. Mattioni. 2008.** Teor de proteína e qualidade fisiológica de sementes de arroz. *Bragantia*, 67:513-520.

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

**Buckeridge, M.D., M.P.M. Aidar, H.P. Santos & M.A.S. Tiné. 2004.** Acúmulo de reservas. In: A. G. Ferreira & F. Borghetti (eds.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre, Artmed, 31-50.

**Cabral, A.L., J.F. Sales, K.F. Barbosa, A.A. Rodrigues, J. Zuchi, J.M.D. Silva, S.C. Vasconcelos Filho. 2019.** Dormancy breakage and germination in *Sapindus saponaria* L. seeds as a function of temperature and germination substrate. *Semina: Ciências Agrárias*, 40:3345-3358.

**Cardoso, P.C., L. Baudet, S.T. Peske & O.A. Lucca-Filho. 2004.** Armazenamento em sistema a frio de sementes de soja tratadas com fungicida. *Revista Brasileira de Sementes*, 26:15-23.

**Cardoso, R.B., F.F. da S. Binotti & E.D. Cardoso. 2012.** Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42:272-278.

**Carvalho, N.M. & J. Nakagawa. 2012.** Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5ª ed. Jaboticabal: Funep, 590p.

- Conab. 2019.** Acomp. safra bras. Grãos - Safra 2018/19 - Décimo primeiro levantamento, Agosto 2019. Brasília, 6:1-45.
- Conab. 2020.** Acomp. safra bras. Grãos - Safra 2019/20 - Quarto levantamento, Janeiro 2020. Brasília, 7:1-104.
- Delouche, J.C. & W.P. Caldwell. 1960.** Seed vigor and vigor tests. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts, Geneva, 50:124-129.
- Delouche, J.C. 2002.** Germinação, deterioração e vigor da semente. Rev. Seed News. 6:24-31. Disponível em: <https://seednews.com.br/edicoes/artigo/2018-germinacao-deterioracao-e-vigor-da-semente-edicao-novembro-2002>. Acesso em: 18/11/2019.
- Delouche, J.D. 2005.** Pensamentos e reflexões sobre armazenamento de sementes III. Revista Seed News, Pelotas, ano IX, n. 5.
- Demito, A. & A.D.L. Afonso. 2009.** Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. Engenharia na Agricultura, 17:7-14.
- Ellis, R.H. & E.H. Roberts. 1980.** Improved equations for the prediction of seed longevity. Annals of Botany. London, 45:13-30.
- Embrapa. 2017.** Cultivar de soja BRS 6970 IPRO. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-imagens/-/midia/3738001/cultivar-de-soja-brs-6970ipro>. Acesso em 23/01/2020.
- Embrapa. 2018.** Visão 2030: O futuro da agricultura brasileira. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília – DF. 212p.
- Ferreira, D.F. 2011.** Programa Sisvar – análises estatísticas. Lavras: Editora UFLA-Departamento de Ciências Exatas. 66 p.
- França, Neto J.B. & S.H. West. 1989.** Problems in evaluating viability of soybean seed infected with *Phomopsis* spp. Journal of Seed Technology. 13:122-135.
- Freitas, M.C.M. 2011.** A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia. 7:12.
- Goulart, A.C.P. 2018.** Fungos em Sementes de Soja: Detecção, Importância e Controle. Embrapa, 2ª edição revista e ampliada. Brasília – DF. 74 p.
- Han, C., S. Zhen, G. Zhu, Y. Bian & Y. Yan. 2017.** Comparative metabolome analysis of wheat embryo and endosperm reveals the dynamic changes of metabolites during seed germination. Plant Physiology and Biochemistry, Bari, 115:320-327.
- Harrington, J.F. 1972.** Seed storage and longevity. In: Kozłowski, T.T. (Ed.). Seed biology. New York: Academic Press, 3:119-152.

- Henning, A.A. & J.B. França Neto. 1980.** Problemas na avaliação da germinação de sementes de soja com alta incidência de *Phomopsis* sp. *Revista Brasileira de Sementes*, 2:9-22.
- Henning, F.A., L.M. Mertz, E.A. Jacob Junior, R.D. Machado, G. Fiss & P.D. Zimmer. 2010.** Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. *Bragantia*, Campinas, 69:727-734.
- Hin, C.J.A. 2002.** Perspectivas de mercado para soja sustentável na Holanda. CLM Onderzoek en Advies BV (Centro de Pesquisa para a Agricultura e Meio Ambiente) Utrecht, Holanda.
- Hirakuri, M.H. & J.J. Lazzarotto. 2014.** O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina: Embrapa Soja. 70 p.
- Hu, D., G. Ma, Q. Wang, J. Yao, Y. Wang, H.W. Pritchard & X. Wang. 2012.** Spatial and temporal nature of reactive oxygen species production and programmed cell death in elm (*Ulmus pumila* L.) seeds during controlled deterioration. *Plant Cell Environ.* 35:2045–59.
- ISTA - Internacional Seed Testing Association. 2014.** Seed vigour testing. International Rules for Seed Testing. Zurich: ISTA.
- Kaewnaree, P., S. Vichitphan, P. Klanrit, B. Siri & K. Vichitphan. 2011.** Effects of accelerated aging process on seed quality and biochemical changes in sweet pepper (*Capsicum annuum* Linn.) seeds. *Biotechnology*. 10:175–82.
- Karnovsky, M.J.A. 1965.** Formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolarity for use in electron microscopy. *Journal of Cell Biology*, 27:137-138.
- Kong, F., S.K.C. Chang, Z. Liu & L.A. Wilson. 2008.** Changes of soybean quality during storage as related to soymilk and tofu making. *Journal of Food Science*, 73:134-144.
- Krishnan, P., S. Nagarajan & A.V. Moharir. 2004.** Thermodynamic characterization of seed deterioration during storage under accelerated ageing conditions. *Biosystems Engineering*, 89:425-433.
- Krohn, N.G. & M.M. Malavasi. 2004.** Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com fungicidas durante e após o armazenamento. *Rev. bras. sementes*. 26:91-97.
- Krzyzanowski, F.C., R.D. Vieira & J.B. França Neto. 1999.** Vigor de sementes: conceitos e testes. ABRATES, Londrina, 218p.
- Loureiro, M.B., C.A.S. Teles, C.C.A. Colares, B.R.N. Araújo, L.G. Fernandez & R.D. Castro. 2013.** Caracterização morfoanatômica e fisiológica de sementes e plântulas de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 37:1093-1101.
- Ludwig, M.P., S. Oliveira, S.A.G. Avelar, M.P. Rosa, O.A. Lucca-Filho & R.L. Crizel. 2015.** Armazenamento de sementes de soja tratadas e seu efeito no desempenho de plântulas. *Tecnol. Ciên. Agropec.* 9:51-56.

**Marcos Filho, J. 1999.** Teste de envelhecimento acelerado. In: Krzyzanowski, F.C., R.D. Vieira & J.B. França Neto. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, cap. 3, 1-24.

**Marcos Filho, J. 2005.** Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 495p.

**Marcos Filho, J., H.V. Amorim, M.B. Silvarola & H.M.C. Pescarin. 1982.** Relação entre germinação, vigor e permeabilidade das membranas celulares durante a maturação de sementes de soja. In: Seminário Nacional de Pesquisa de Soja. Londrina: EMBRAPA CNPSo, p.676-683.

**Mayer, A.M. & A. Poljakoff-Mayber. 1975.** The Germination of Seeds, 2nd ed. Pergamon Press, New York.

**Mohamed, E., A.M.M. Kasen & K.A. Farghali. 2018.** Seed germination of Egyptian *Pancreaticum maritimum* under salinity with regard to cytology, antioxidant and reserve mobilization enzymes, and seed anatomy. *Flora*. 242:120–127.

**Mohapatra, D., S. Kumar, N. Kotwaliwale & K.K. Singh. 2017.** Critical factors responsible for fungi growth in stored food grains and non-chemical approaches for their control. *Industrial Crops and Products*, 108:162–182.

**Monsoy. 2020.** Cultivar M 7110 IPRO. Disponível em: [https://www.monsoy.com.br/pt-br/variedades/variedades/variedades-detail-template.html/M\\_7110ipro.html](https://www.monsoy.com.br/pt-br/variedades/variedades/variedades-detail-template.html/M_7110ipro.html). Acesso em: 23/01/2020.

**Moreano, T.B., A.L. Braccini, C.A. Scapim, F.C. Krzyzanowski, J.B. França-Neto & O.J. Marques. 2011.** Changes in the effects of weathering and mechanical damage on soybean seed during storage. *Seed Science and Technology*, 39:604-611.

**Natarajan, S.S., C. Xu, H. Bae, T.J. Caperna & W.M. Garrett. 2006.** Characterization of storage proteins in wild (*Glycine max*) and cultivated (*Glycine max*) soybean seeds using proteomic analysis. *J. Agric. Food Chem.* 54:3114–3120.

**Nidera Sementes. 2020.** Cultivar NS 7007 IPRO. Disponível em: <http://www.niderasementes.com.br/produto/ns-7007-ipro.aspx>. Acesso em: 23/01/2020.

**O’Brien, T.P., N. Feder & M.E. McCully. 1964.** Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma*, 59:368-373.

**Oliveira, A.K.M., E.D. Schleder & S. Favero. 2006.** Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore. *R. Árvore*, Viçosa-MG, 30:25-32.

**Oliveira, A.B., N.L.M. Alencar, M.I. Gallão & E. Gomes Filho. 2011.** Avaliação citoquímica durante a germinação de sementes de sorgo envelhecidas artificialmente e osmocondicionadas, sob salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, 42:223-231.

- Pádua, G.P. & R.D. Vieira. 2001.** Deterioração de sementes de algodão durante o armazenamento. Rev. Bras. de Sementes, 23:255-262.
- Pascuali, L.C. 2012.** Estimativa do potencial de armazenamento de soja, através do vigor das sementes. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. UFPel. Pelotas, 52p.
- Peske, S.T., M.A. Rosenthal & G.R.M. Rota. 2003.** Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. 1ª Edição. Pelotas - RS, 415p.
- Prado, J.P. 2018.** Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a condutividade elétrica. Dissertação de Mestrado, Unesp, Jaboticabal, 29p.
- Priestley, D.A. 1986.** Seed ageing: implications for seed storage and persistence in the soil. Ithaca: Cornell University, 304 p.
- Pritchard, S.L., W.L. Charlton, A. Baker, & L.A. Graham. 2002.** Germination and storage reserve mobilization are regulated independently in Arabidopsis. The Plant Journal, 31:639-647.
- Puzzi, D. 2000.** Abastecimento e armazenamento de grãos. Campinas: ICEA, 601p.
- Rao, A.C.S., J.L. Smith, V.K. Jandhjala, R.I. Papendick & J.F. Parr. 1993.** Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat. Agronomy Journal, 85:123-128.
- Rocha, G.C. 2016.** Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. Dissertação de Mestrado. UniRV, Rio Verde. 43p.
- Rodrigues, A. A., S.C. Vasconcelos-Filho, C. Muller, D.A. Rodrigues, J.F. Sales, J. Zuchi, A.C. Costa, C.L. Rodrigues, A.A. Silva & D.P. Barbosa. 2019.** Tolerance of *Eugenia dysenterica* to Aluminum: Germination and Plant Growth. Plants, 8:317.
- Sauer, D.B., C.M. Meronuck & C.M. Christensen. 1992.** Microflora. In: Armazenamento de grãos de cereais e seus produtos, Sauer, DB (Ed.). Associação Americana de Químicos de Cereais, EUA.
- Schnepf, R.D., E. Dohlman, & C. Bolling. 2001.** Agriculture in Brazil and Argentina: Developments and Prospects for Major Field Crops. Market and Trade Economics Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture (USDA), Agriculture and Trade Report. WRS-01-3.
- Sharma, S., S. Gambhir, & S.K. Munshi. 2007.** Changes in lipid and carbohydrate composition of germinating soybean seeds under different storage conditions. Asian Journal of Plant Science, 6:502-507.
- Silva, M.A.D., R.D. Vieira & J.M. Santos. 2008.** Influência do envelhecimento acelerado na anatomia da testa de sementes de soja, cv. Monsoy 8400. Rev. Bras. Sementes. 30:091-099.

- Smaniotto, T.A.S., O. Resende, K.A.F. Marçal, D.E.C. Oliveira & G.A. Simon. 2014.** Physiological quality of soybean seeds stored in different conditions. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 18:446-453.
- Spera, S.A., A.S. Cohn, L.K. VanWey, J.F. Mustard, B.F.T. Rudorff, J. Risso, M. Adami. 2014.** Recent cropping frequency, expansion, and abandonment in Mato Grosso, Brazil had selective land characteristics. *Environ. Res. Lett.* 9:12p.
- Suda, C.N.K. & J.F. Giorgini. 2000.** Seed reserve composition and mobilization during germination and initial seedling development of *Euphorbia heterophylla*. *Revista Brasileira Fisiologia Vegetal*, 12:226-245.
- USDA. 2018.** World Agricultural Supply and Demand Estimates. Interagency Commodity Estimates Committee Forecasts. [https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/Secretary\\_Briefing.pdf](https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/Secretary_Briefing.pdf). Acesso em 1 de novembro de 2018.
- Vieira, R.D., A. Scappa Neto, S.R.M. Bittencourt & M. Panobianco. 2004.** Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 61:164-168.
- Vieira, R.D., A.L. Penariol, D. Perecin & M. Panobianco. 2002.** Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1333-1338.
- Villela, F.A. & W.B. Peres. 2004.** Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: Ferreira, A.G. & F. Borghetti. (Org.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto alegre: Artmed, 265-281.
- Wilcox, J.R. & J.F. Cavines. 1992.** Normal and low linolenic acid soybean strains. Response to planting date. *Crop Science*, 32:1248-1251.