

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA RESFRIADAS SOB DIFERENTES
TEMPERATURAS**

MÔNICA CRISTINA REZENDE DOS ANJOS

CASCAVEL – PARANÁ – BRASIL

2023

MÔNICA CRISTINA REZENDE DOS ANJOS

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA RESFRIADAS SOB DIFERENTES
TEMPERATURAS**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração: Sistemas Biológicos e Agroindustriais.

Orientador: Prof. Dr. Divair Christ
Coorientador: Dr. Felipe Koch
Coorientadora. Prof. Naimara Vieira do Prado

CASCADEL – PARANÁ – BRASIL

2023

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Cristina Rezende dos Anjos, Mônica
POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA RESFRIADAS SOB
DIFERENTES TEMPERATURAS. / Mônica Cristina Rezende dos Anjos;
orientador Divair Christ; coorientador Felipe Koch e Naimara
Vieira do Prado . -- Cascavel, 2023.

74 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) --
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências
Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola, 2023.

1. Sementes de soja. 2. Resfriamento dinâmico. 3.
Potencial fisiológico. 4. Armazenamento. I. Christ, Divair,
orient. II. , Felipe Koch e Naimara Vieira do Prado,
coorient. III. Título.



unioeste


Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Reitoria
CNPJ 78.680.337/0001-84
Rua Universitária, 1619, Jardim Universitário
Tel.: (45) 3220-3000 - Fax: (45) 3225-4590 - www.unioeste.br
CEP: 85819-110 - Cx. P.: 701
Cascavel - PARANÁ



MÔNICA CRISTINA REZENDE DOS ANJOS

POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE SOJA RESFRIADAS SOB DIFERENTES TEMPERATURAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, linha de pesquisa Tecnologias de Produção Vegetal e Pós-colheita, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **DIVAIR CHRIST**
Data: 29/08/2023 09:39:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador(a) - Divair Christ


Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

MARIA DE FATIMA
ZORATO:4628116997
2

Assinado de forma digital por
MARIA DE FATIMA
ZORATO:46281169972 Dados:
2023.08.28 06:07:37 -03'00'

Maria de Fátima Zorato

MF Zorato – Treinamento e Desenvolvimento Profissional e de Gestão em Qualidade de Sementes - ME

Documento assinado digitalmente
 **SILVIA RENATA MACHADO COELHO**
Data: 28/08/2023 13:48:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Silvia Renata Machado Coelho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Cascavel, 25 de agosto de 2023.

BIOGRAFIA

Mônica Cristina Rezende dos Anjos, filha de Martinho Rezende e Cilei Thiesem, nasceu em Cascavel - PR, em 29 de dezembro de 1986. Em dezembro de 2003 concluiu o ensino médio na Escola Estadual Amâncio Morro, na cidade de Corbélia - PR. Concluiu o curso de graduação em Ciências Biológicas ênfase em Biotecnologia na Universidade Paranaense - UNIPAR em dezembro de 2007 obtendo os graus de licenciada e bacharel em Ciências Biológicas. Durante a graduação desenvolveu atividades relacionadas ao curso em questão. Em 2013, conclui o curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Proteção de Plantas, área de conhecimento: Ciências Exatas e da Terra, com carga horária de 360 horas no Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, recebendo o título de especialista. Em outubro de 2020, iniciou, como aluna especial, a disciplina de secagem e armazenamento de grãos no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Em março de 2021, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado, no Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, na área de Engenharia de Sistemas Biológicos Agroindustriais, na linha de pesquisa da Pós-colheita.

A Deus, Nossa Senhora Aparecida e a minha família. Em especial a meu esposo e pais, por estarem sempre comigo, dando-me força, paz e discernimento em tudo que necessito. Aqui estão os resultados dos seus esforços com muita gratidão.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois me deu vida, saúde, força e coragem, iluminou meu caminho, guiando meus passos para meu propósito, despertando-me para a conquista de mais um sonho.

Ao meu esposo Robson Meneguesso dos Anjos, pelo companheirismo, paciência, compreensão, atenção, carinho e amor, sempre me estimulando a dar melhor de mim.

Aos meus amados pais e irmãs, pelo amor incondicional e que, mesmo longe, sempre me deram muito apoio e nunca me esqueceram em suas orações.

Ao Professor orientador Dr. Divair Christ, pela orientação, paciência, dedicação, conselhos e pelos ensinamentos transmitidos na realização deste trabalho, sendo valiosa contribuição em minha formação.

Em especial, à coorientadora professora Dra. Naimara Vieira do Prado do Departamento Acadêmico de Física, Estatística e Matemática (DAFEM), pelas contribuições referentes às análises estatísticas dos dados levantados.

Aos colegas de trabalho, pelo incentivo, contribuições e sugestões nesta pesquisa, acompanhando diariamente meus acertos e erros e que, de alguma forma, souberam incentivar meu desenvolvimento pessoal.

À Coopavel, setor de sementes UBS, por permitir e liberar espaço, sementes e fornecer materiais e equipamentos para a realização dos ensaios.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, pelo apoio e ensinamentos.

Aos professores, membros da banca de qualificação, por suas sugestões e contribuições para esta pesquisa.

Enfim, obrigada a todos que direta ou indiretamente contribuíram com este trabalho, e para conclusão de mais uma etapa em minha vida.

Obrigada.

DOS ANJOS, Mônica Cristina Rezende. **Potencial fisiológico de sementes de soja resfriadas sob diferentes temperaturas.** Orientador: Prof. Dr. Divair Christ. Coorientador: Prof. Dr. Felipe Koch. Coorientadora. Prof^a. Dr^a. Naimara Vieira do Prado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel – Paraná, 2023.

RESUMO

A soja é considerada uma das culturas de grande importância mundial. No Brasil está presente em regiões de clima tropical e subtropical que apresentam altas temperaturas durante o período de armazenagem. Com isso, pesquisas realizadas no processo de armazenamento em baixas temperaturas são de importância fundamental para manter a qualidade, viabilidade e a produtividade das sementes. Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o potencial fisiológico das sementes de soja, aplicando resfriamento dinâmico com diferentes temperaturas em substituição ao processo de areação antecedendo o processo de armazenagem. As sementes foram submetidas a ensaios de determinação de teor de água, pureza física, germinação, envelhecimento acelerado, tetrazólio, massa seca de parte aérea e raiz e emergência em canteiro de areia. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em parcelas subdivididas no tempo, e os tratamentos foram constituídos por quatro temperaturas de armazenagem (12, 15, 18 e 32 °C (testemunha)) avaliados em oito períodos (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias). Os resultados foram submetidos à análise de variância, a 5% de significância, seguidos do teste de Tukey para comparação de médias. Os resultados obtidos nos ensaios demonstram índices superiores, acima dos padrões entre os primeiros períodos de armazenagem, porém com decréscimo do percentual de vigor, que está relacionado com a deterioração por umidade das sementes. Dessa forma, conclui-se que sementes de soja resfriadas artificialmente têm potencial fisiológico superior às sementes não resfriadas, principalmente em temperaturas de 12 °C, mantendo a longevidade, diminuindo as perdas em futuros plantios e proporcionando maiores produtividades.

Palavras-chave: sementes, resfriamento dinâmico, potencial fisiológico, armazenagem.

DOS ANJOS, Mônica Cristina Rezende. **Physiological potential of soybean seeds cooled at different temperatures**. Advisor: Prof. Dr. Divair Christ. Co-advisor: Prof. Dr. Felipe Koch. Co-advisor: Prof. Dr. Naimara Vieira do Prado. Thesis (Master's in Agricultural Engineering) – Western Paraná State University, Cascavel – Paraná, 2023.

ABSTRACT

Soybean is considered one of the globally significant crops. In Brazil, it is grown in regions with tropical and subtropical climates that experience high temperatures during the storage period. Therefore, research carried out on the storage process at low temperatures is of fundamental importance to maintain the quality, viability and productivity of soybean seeds. Thus, the present study aims to evaluate the physiological potential of soybean seeds by applying dynamic cooling at different temperatures as a replacement for the aeration process preceding storage. The seeds were submitted to tests to determine moisture content, physical purity, germination, accelerated aging, tetrazolium, dry mass of aboveground and root parts, and emergence in a sand bed. The experimental design was completely randomized in split-plot over time, with treatments consisting of four storage temperatures (12, 15, 18 and 32 °C – control) evaluated at eight time intervals (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, and 49 days). The outcomes were subjected to analysis of variance at a 5% significance level, followed by the Tukey test for mean comparison. The results obtained in the tests showed superior indices, above the standards, during the early storage periods, but with a decrease in the percentage of vigor, which is related to seed deterioration due to moisture. Consequently, it is concluded that artificially cooled soybean seeds have superior physiological potential compared to non-cooled seeds, especially at temperatures of 12 °C, which helps maintain longevity, reduces losses in future plantings, and leads to higher yields.

Keywords: seeds, dynamic cooling, physiological potential, storage.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XII
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Geral	3
2.2 Específicos	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 Morfologia da semente de soja.....	4
3.2 Classificação botânica, morfologia da planta da espécie soja	5
3.3 Produção e impacto socioeconômico da cultura da soja	6
3.4 Secagem	9
3.5 Armazenamento de sementes.....	11
3.5.1 Temperatura e umidade no ambiente de armazenamento.....	12
3.6 Deteriorações fisiológicas e microbiológicas, por umidade	13
3.7 Resfriamento artificial de sementes	14
3.8 Qualidade fisiológica das sementes	16
3.8.1 Análises de germinação de sementes de soja.....	17
3.8.2 Vigor das sementes.....	17
3.8.3 Teste de tetrazólio em sementes de soja	19
3.8.4 Teor de água em sementes.....	20
3.8.5 Emergência de plântulas	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 Local do experimento	22
4.2 Sementes utilizadas	22
4.3 Procedimento experimental	23
4.4 Resfriamento artificial das sementes de soja.....	24
4.5 Armazenamento das sementes	26
4.6 Monitoramento das temperaturas e umidade do local de armazenamento das sementes armazenadas	27
4.7 Análises da qualidade das sementes	28

4.7.1	Determinação do teor de água	28
4.7.2	Análise de pureza e determinação de outras sementes por número	29
4.7.3	Análise de tetrazólio	30
4.7.4	Primeira contagem (vigor) e teste de germinação	32
4.7.5	Envelhecimento acelerado	33
4.7.6	Massa seca	34
4.7.7	Emergência de plântulas em canteiro em substrato de areia.....	35
4.7.8	Análise estatística	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1	Caracterização inicial	38
5.2	Correlação entre as temperaturas do ambiente de armazenamento e as temperaturas da massa das sementes armazenadas	39
5.3	Umidade relativa do ambiente de armazenamento e teor de água das sementes armazenadas.....	42
5.4	Comparação entre o método da estufa a 105 °C/24horas e o método eletrônico para determinar o teor de água em sementes de soja.....	45
5.5	Análises de pureza e determinação de outras sementes por número.....	46
5.6	Avaliações do teste de tetrazólio	46
5.7	Avaliações da qualidade fisiológica para os ensaios de germinação	49
5.8	Avaliação dos ensaios de emergência de plântulas em canteiros de areia.....	54
5.9	Avaliação do teste de envelhecimento acelerado (vigor)	56
5.10	Avaliação da massa de matéria seca	58
5.11	Análise multivariada de dados.....	59
6	CONCLUSÃO	62
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
	REFERÊNCIAS	64
	APÊNDICES.....	75
	APÊNDICE A Demonstração do teor de água da massa de sementes em seus períodos com as diferentes temperaturas	76
	APÊNDICE B Resultados médios do grau de umidade (%) de sementes de soja, obtidos pelos métodos de estufa a 105°C/24 h e com equipamento eletrônico medidor de teor de água.....	77
	APÊNDICE C Ensaio de germinação, interação não significativa: efeito simples entre as temperaturas	78

APÊNDICE D	Resumo dos resultados dos ensaios de germinação, interação não significativa: efeito simples entre as temperaturas	79
APÊNDICE E	Ensaio de germinação, interação não significativa: Efeito simples entre os períodos	80
APÊNDICE F	Resumo dos resultados dos ensaios de germinação, interação não significativa: efeito simples entre os períodos.....	81
APÊNDICE G	Emergência em substrato areia para sementes de soja em condições de resfriamento artificial antes do armazenamento em substituição ao processo de areação	82
APÊNDICE H	Ensaio de envelhecimento acelerado (vigor), para os diferentes períodos e para cada temperatura.....	83
APÊNDICE I	Massa de matéria seca (g) da parte aérea das sementes de soja, em função dos períodos de armazenamento e das temperaturas de resfriamento	84
APÊNDICE J	Massa de matéria seca (g) do sistema radicular das sementes de soja, em função dos períodos de armazenamento e das temperaturas de resfriamento	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estrutura externa e interna de sementes de soja.....	4
Figura 2	Destinos e usos da soja brasileira produzida na safra de 2022.	7
Figura 3	Médias mensais das temperaturas máxima, mínima (a) e precipitação pluviométrica acumulada (b) do local de cultivo durante o desenvolvimento das plantas de soja até a colheita.	23
Figura 4	Fluxograma das etapas do experimento, procedimentos, coletas, instalações e avaliações da qualidade fisiológicas realizadas.	24
Figura 5	Equipamento de aeração condicionada. desenvolvido pela empresa Cool Seed, modelo GCH 120.....	25
Figura 6	Técnica de resfriamento artificial das sementes de soja.	26
Figura 7	Distribuição das unidades experimentais no local de armazenamento.	27
Figura 8	Equipamentos para verificação de temperatura e teor de água das sementes. .	27
Figura 9	Método estufa para determinação do teor de água das sementes.....	29
Figura 10	Ilustração da metodologia para o teste de tetrazólio.	31
Figura 11	Ilustração da instalação dos ensaios de germinação, vigor e massa seca.....	32
Figura 12	Ensaio de germinação para determinar a porcentagem de plântulas normais emergidas.....	33
Figura 13	Ilustração da instalação no ensaio de envelhecimento acelerado.....	34
Figura 14	Etapas da determinação da massa seca de plântulas de soja.	35
Figura 15	Demonstração das etapas para o ensaio de emergência em areia.....	36
Figura 16	Temperatura média real (°C) do ambiente - armazém e a temperatura média das sementes para as diferentes temperaturas de resfriamento registradas no período de armazenamento.....	40
Figura 17	Relação do teor de água das sementes armazenadas e a umidade relativa do ambiente (armazém) do período da pesquisa.....	44
Figura 18	Resultados médios de grau de umidade (%) de sementes de soja, obtidos pelos métodos de estufa a 105 °C/24 h e com equipamento eletrônico medidor de teor de água.	45
Figura 19	Sementes de soja da cultivar 59i60RSF IPRO no teste de tetrazólio com alto potencial, com sementes sem danos.	47
Figura 20	Danos ocasionados por percevejo (A), dano de umidade (B) e mecânico imediato (C) em sementes de soja no ensaio de tetrazólio	48

Figura 21	Ensaio de germinação 1º contagem, para diferentes temperaturas para os períodos de armazenamento.....	51
Figura 22	Valores médios de germinação 2º contagem, para diferentes temperaturas para os períodos de armazenamento.	52
Figura 23	Valores médios de germinação 2º contagem para diferentes temperaturas de armazenamento.....	53
Figura 24	Emergência em areia para sementes de soja em condições de resfriamento artificial antes do armazenamento em substituição ao processo de areação.	55
Figura 25	Massa de matéria seca (g) do sistema radicular das sementes de soja, em função dos períodos de armazenamento e das temperaturas de resfriamento.....	59
Figura 26	Biplot das variáveis dos conjuntos de dados levantados.	60
Figura 27	Dendrograma das análises de agrupamentos ou similaridade dos tratamentos para todas as variáveis respostas.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características iniciais da qualidade fisiológica das sementes	38
Tabela 2	Médias das temperaturas da massa das sementes, em cada período, para as diferentes temperaturas de resfriamento	41
Tabela 3	Médias e desvio padrão do teor de água das sementes a cada 7 dias, durante o período em que as sementes foram armazenadas	43
Tabela 4	Porcentagem (%) de sementes sem danos e danos causados por deterioração por umidade, percevejo e mecânica	48
Tabela 5	Resumo da análise de variância com os quadrados médios da primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), emergência em areia em casa de vegetação (EMG), vigor de envelhecimento acelerado (EA), massa seca da parte aérea (MPA) e massa seca do sistema radicular (MSR).....	49
Tabela 6	Ensaio de envelhecimento acelerado (vigor), para os diferentes períodos para cada temperatura	57
Tabela 7	Massa de matéria seca (g) da parte aérea das sementes de soja, em função dos períodos de armazenamento e das temperaturas de resfriamento	58

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é considerada uma das principais culturas agrícolas no mundo. As estimativas de produção no Brasil para a safra de 2022/2023 indicam uma produção total de mais 154.617,4 milhões de toneladas (CONAB, 2023). Houve aumento de 6,2% da área semeada, alcançando 44.075,6 mil de hectares (CONAB, 2022). Com esses índices, a soja se consolida como uma das culturas de maior importância no país e no mundo, atuando estrategicamente como um dos pilares da economia nacional (CONAB, 2020).

O desenvolvimento de tecnologias na produção de sementes proporciona desenvolvimento genético, físico, fisiológicos e sanitários, com alto potencial produtivo, resistentes a diversas pragas e doenças, tolerantes a herbicidas e melhor controle de plantas daninhas com características de adaptação em diferentes regiões com climas variados (TELHADO; CAPDEVILLE, 2021).

É importante ressaltar que as maiorias dessas tecnologias chegam à lavoura através das sementes e o nível de exigência dos produtores rurais vem crescendo em relação à otimização no uso de insumos e sementes de qualidade na lavoura (ANTONINI et al., 2018).

Sendo assim, a utilização de tecnologias mais adequadas, pode garantir a redução de perdas, a melhor qualidade do produto, a sustentabilidade e produtividade com baixo custo, garantido o melhor aproveitamento das sementes e prevenindo atrasos na semeadura, além de evitar danos na colheita e no armazenamento (TELHADO; CAPDEVILLE, 2021).

O resultado do armazenamento de sementes é diretamente influenciado por sua qualidade fisiológica, condições físicas, teor de água e temperatura das sementes e do ar no ambiente de armazenamento. As sementes armazenadas continuam o processo respiratório e a atividade metabólica pode ser retardada ou acelerada, desencadeando uma série de reações bioquímicas que afetam quantitativamente e qualitativamente os componentes das sementes, bem como suas propriedades tecnológicas (FERREIRA, 2015; SILVA, 2019).

A qualidade da semente de soja pode ser influenciada por diversos fatores, que podem ocorrer durante a fase de produção no campo, na operação de colheita, na secagem, no beneficiamento, no armazenamento, no transporte e na semeadura. No armazenamento, as boas práticas são fundamentais para manter a qualidade fisiológica, preservar a viabilidade e manter o vigor até a futura semeadura. Nessa fase, o processo de deterioração é inevitável, mas pode ser retardado melhorando-se as condições de armazenamento e as características da semente, um grande fator para que se obtenha a produtividade esperada (SMANIOTTO et al., 2014; SILVA, 2019).

Dentre os fatores que afetam a qualidade durante o armazenamento de sementes está o teor de água que é de extrema importância, pelo fato de interferir na atividade biológica, na atividade dos microrganismos e na suscetibilidade à danificação mecânica (FRANÇA NETO et al., 2016). Segundo Berbert et al. (2008), o teor de água é o fator de maior significância na prevenção da deterioração das sementes durante o armazenamento. Mantendo-se baixo o teor de água e a temperatura das sementes, o ataque de microrganismos e a respiração terão seus efeitos minimizados.

A água e a temperatura influenciam em todas as fases das sementes, desde o início do desenvolvimento da planta, no período de produção até a efetiva utilização da semente. A qualidade das sementes pode ser afetada por processos tecnológicos aplicados durante a produção, beneficiamento e armazenamento, visando manter a qualidade das mesmas (MENEGHELLO, 2014; SILVA, 2019).

O processo de produção de sementes em cooperativas é complexo e possui muitos entraves. Em geral, o grande gargalo é o momento do recebimento das sementes recém-colhidas, dificultando o escalonamento da semeadura. O ponto de colheita com umidade mais elevada causa uma sobrecarga na etapa de secagem e a solução, muitas vezes, demanda de um investimento elevado. Uma alternativa seria resfriar as sementes, em substituição ao processo de areação, pois, mesmo que a umidade esteja superior ao indicado, o resfriamento tende a retardar o metabolismo e, por consequência, retarda a deterioração por umidade. Sendo assim, essa prática tem potencial importante no processo de produção de sementes em todas as regiões de clima temperado ou tropical.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a qualidade fisiológica, viabilidade das sementes de soja com teor de água elevada, submetida ao processo de resfriamento com diferentes temperaturas, imediatamente após a colheita em substituição ao processo de aeração, antecedendo o processo de armazenamento.

2.2 Específicos

- a) Verificar se há correlação de temperaturas e umidade relativa do ar no ambiente (armazém) com as sementes de soja armazenadas.
- b) Determinar o potencial fisiológico de sementes de soja em temperatura ambiente e resfriadas artificialmente em diferentes temperaturas, imediatamente após a colheita e por períodos diferentes de armazenamento em ambiente não climatizado, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar.
- c) Identificar quanto tempo as sementes de soja com umidade elevada e resfriadas podem permanecer aguardando o processo de secagem, considerando um período seguro antes do armazenamento.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Morfologia da semente de soja

As sementes de soja são compostas por três partes. A primeira é formada por tecido protetor, chamado de tegumento, que tem como principais funções manter a união das partes internas da semente, protegendo-a contra danos, funcionando como barreira e impedindo a entrada de microrganismos, regulando a entrada e saída de gases e de água. É no tegumento que se localizam os pigmentos responsáveis pela cor das sementes (KOTZ, 2018).

As sementes de soja possuem um tecido meristemático (Figura 1) formado pelo eixo embrionário, a parte vital da semente. Ali se encontra o embrião, que é formado pela plúmula, pequena gema da qual procedem o caule e as folhas da planta. Também pelo hipocótilo, denominado região de transição entre a plúmula e a radícula. Futuramente, a radícula formará o sistema radicular das plantas (ZHANG et al., 2021).

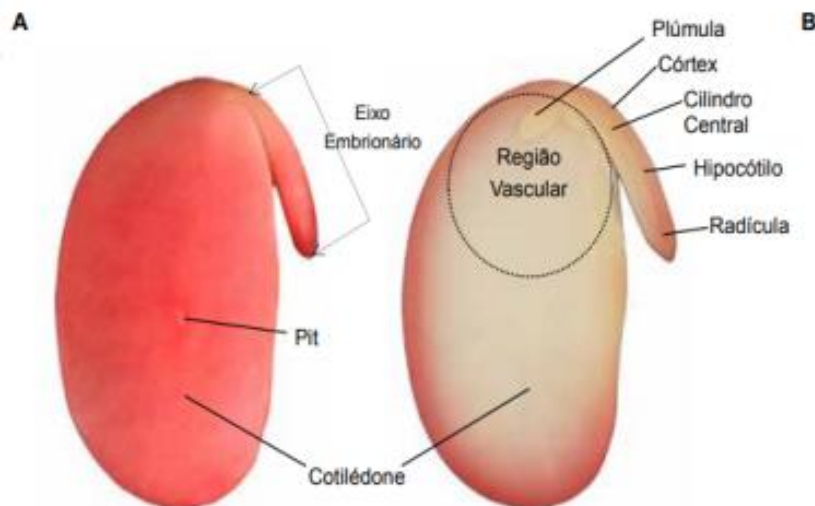


Figura 1 Estrutura externa e interna de sementes de soja.

Fonte: França Neto e Krzyzanowski (2018).

Nota: Estruturas de uma semente de soja de alta qualidade, após embebição e coloração pelo tetrazólio, com o tegumento removido; A - Face externa da semente; B - Face interna, ilustrando o padrão de difusão da coloração do tetrazólio; região vascular circundada por linha pontilhada.

A terceira parte das sementes possui tecidos de reserva chamados de cotilédones, parte nutritiva do embrião ligada ao eixo embrionário e que forma folhas temporárias e contém as reservas necessárias à germinação e ao desenvolvimento inicial da planta (ZHANG et al., 2021).

Sementes maduras de soja geralmente são lisas, ovais, globosas ou elípticas com um embrião grande e bem desenvolvido, envolto por um fino tegumento, dois cotilédones, um eixo hipocótilo-radícula e uma plúmula. O hilo é o ponto pelo qual a semente se liga ao fruto, localizado na superfície do tegumento que é proveniente de tecido materno; dessa forma, se não ocorrer mutação, a cor do hilo será idêntica em todas as sementes da mesma planta. Quando a semente perde muita água, torna-se seca e quebradiça e podem ocorrer rupturas no tegumento e nos cotilédones e/ou danos no eixo hipocótilo-radícula (MARCOS FILHO, 2005).

O desenvolvimento da semente compreende sequências de processos metabólicos, enzimáticos, morfológicos e estruturais complexos que ocorrem em diferentes compartimentos da semente (ZHANG et al., 2021).

3.2 Classificação botânica, morfologia da planta da espécie soja

A soja (*Glycine max* (L) Merrill). atualmente cultivada para a produção de grãos e sementes, é uma planta herbácea da classe Rosidae, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Papilionoideae, gênero *Glycine* L., espécie *max*. Uma planta anual, com estatura de 60 a 110 cm, caule hispido, pouco ramificado, raiz com eixo principal e muitas ramificações. O ciclo da cultura pode variar de 70 a 200 dias, dependendo da latitude de cultivo. O tipo de crescimento da haste principal da planta pode ser determinado, semideterminado ou indeterminado. É uma planta de dias curtos, uma vez que, sob dias longos, ela atrasa seu florescimento e alonga seu ciclo podendo ser de ciclo tardio, médio ou precoce (NEPOMUCENO; FARIAS; NEUMAIER, 2008).

As plantas possuem folhas trifolioladas, com flores de fecundação autógama, de cor branca, roxa ou intermediária. Desenvolvem vagens levemente arqueadas e, à medida que amadurecem, evoluem da cor verde para amarelo-pálido, marrom-claro, marrom ou cinza, e que podem conter de uma a cinco sementes lisas, elípticas ou globosas, de tegumento amarelo pálido, com hilo preto, marrom ou amarelo-palha (NEPOMUCENO; FARIAS; NEUMAIER, 2008; KOTZ, 2018). O desenvolvimento reprodutivo inicia-se no momento do florescimento e a semeadura da cultura ocorre de (setembro em alguns locais) outubro a dezembro nas principais regiões do país.

3.3 Produção e impacto socioeconômico da cultura da soja

A soja (*Glycine max L. Merrill*) é uma das culturas mais importantes na economia mundial, é originária do continente asiático, mais especificamente da China. No Brasil, apesar do elevado aumento do custo de produção, a soja ainda é uma cultura com boa rentabilidade e alta liquidez, possui significativa participação na oferta e na demanda de produtos agroindustriais. Em nível mundial, desempenha papel fundamental para o crescimento de várias regiões do país e tem sido a protagonista no aumento das áreas ocupadas, produção e exportação de grãos (EMBRAPA, 2016; CONAB, 2021; EMBRAPA, 2023).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2021), na safra 2020/2021 a oleaginosa registrou recorde de 138,1 milhões de toneladas produzidas. Cultivada em praticamente todas as regiões do território brasileiro, teve um aumento de 8,9%, em relação à safra 2019/2020. Na safra atual (2022/2023), a estimativa é de 154,8 milhões toneladas, 23,3% superior ao obtido na última safra com produtividade média de 3.532 kg/ha, confirmando recordes históricos de área de plantio, produtividade e produção, posições de destaque na economia do país, gerando riquezas e abrindo fronteiras (CONAB, 2022, 2023).

O Brasil é o país que apresenta o maior potencial de expansão da área cultivada. Os estados produtores, Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso do Sul foram os estados mais atingidos pelo déficit hídrico, nos dois últimos anos pelo efeito do fenômeno climático *La Niña*. Em cenário oposto, a maioria dos outros estados conseguiram produtividades superiores às obtidas na última safra, com destaque para o Piauí, que tem obtido rendimentos 14,8% superiores. Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, aproximam-se do final da colheita, superando mais de 97% da área semeada. No Paraná, na safra de 2022/2023, a estimativa de produção é 22.384,9 milhões de toneladas, com área plantada de 5,799,2 milhões de hectares com produtividade de 3.860 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022).

O Brasil atualmente é considerado um dos maiores protagonistas do agronegócio mundial devido a sua enorme extensão territorial e a grande quantidade de recursos naturais, como os solos férteis e biomas. A cultura da soja tem expressiva importância socioeconômica associada aos avanços tecnocientíficos ao setor produtivo. A cultura representa uma das principais fontes de renda no agronegócio, o que consagra o país como o único grande produtor de soja em regiões tropicais e subtropicais, fruto de desenvolvimento de tecnologia própria e adequada (GAZZONI; DALL'AGNOL, 2018). Isso faz do Brasil o maior exportador de grãos do mundo, seguido dos Estados Unidos (CONAB, 2022, 2023).

Sua alta produção nos dias atuais desempenha importante papel na economia. A soja é utilizada como base da alimentação animal, compõe a ração para engorda de suínos, bovinos e frangos. Por ser rica em compostos nutritivos (proteínas e óleos) e antioxidantes,

também está inserida na alimentação humana como fonte de proteína, como farinha, leite, proteína texturizada e creme (APROSOJA BRASIL, 2018). Os grãos também são utilizados como fonte alternativa de combustível, com menos agentes poluidores e que tende a substituir o diesel (FONTANA; DIAS; HICARO, 2018), também aplicada na área industrial, na fabricação de derivados não tradicionais, como tintas e vernizes, entre outros (ALBRECHT et al., 2010).

A Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais - ABIOVE demonstra o destino e o uso da soja no Brasil em 2022 (AGROADVANCE, 2023) (Figura 2). Nota-se que os 39% de grãos *in natura* que não foram exportados, foram destinados ao processamento da indústria para farelo (20%) e óleo (80%). Os derivados também são destinados à exportação, o que indica um aumento da demanda mundial pelo grão, tendo como principal país importador a China, responsável por receber quase 70% da exportação brasileira.

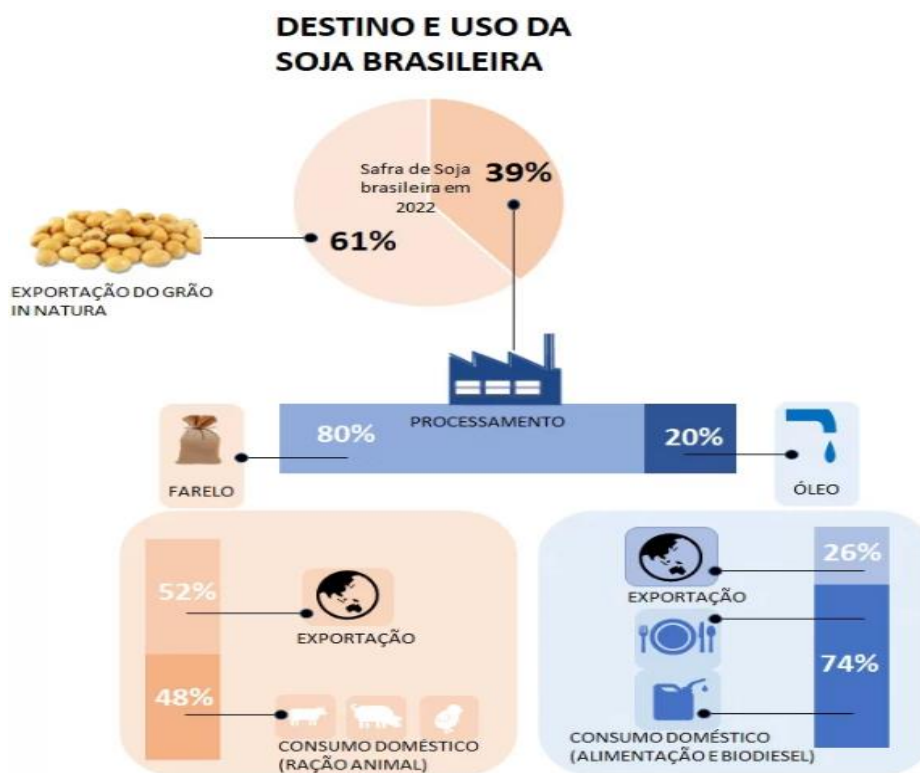


Figura 2 Destinos e usos da soja brasileira produzida na safra de 2022.

Dados: Agroadvance (2023).

Com o aumento da demanda, constata-se que o nível de exigência dos produtores rurais vem crescendo em relação à qualidade das sementes (ANTONINI et al., 2018). Isso tem levado a indústria de sementes a aprimorar-se constantemente para melhorar a produção e a padronização dos lotes, visando à obtenção e comercialização de sementes com elevado vigor e germinação (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 2018). O aprimoramento dessas características está diretamente relacionado à alta produtividade e a criação de

cultivares altamente produtivas adaptadas às diversas regiões (WENDT et al., 2014), para assim, melhorar nossa produtividade e atender à demanda mundial pelo grão e ou sementes (DUCLÓS, 2014).

Investimentos no processo de produção, beneficiamento e comercialização de sementes de soja são de grande importância ao desenvolvimento da agricultura brasileira, que segue controles de qualidade e tem acompanhamento agrônomo, elevando cada vez mais a meta de produtividade esperada (SEIXAS et al., 2020).

A qualidade das sementes está dividida em quatro atributos: o atributo físico define que as sementes devem estar livres de material inerte, como fragmentos de sementes, insetos, torrões e danos mecânicos; o atributo sanitário está relacionado à semente estar livre de patógenos como vírus, bactérias e fungos; o atributo genético corresponde a estar livre de misturas com outras cultivares e, por fim, o atributo fisiológico, que corresponde ao vigor e à capacidade de germinação da planta. Esses fatores somados determinam um bom estabelecimento e desenvolvimento das futuras plantas, seguindo os padrões nacionais de comercialização exigidos na legislação (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 2018).

No entanto, boas práticas, a partir do ponto de maturidade fisiológica e da colheita, no controle de umidade, pragas e doenças e nos processos de beneficiamento como a secagem e o armazenamento são desafios frequentes para reprodução de sementes. Essas medidas proporcionam maior segurança e padrões de qualidade superior com sementes mais vigorosas, maior produtividade e excelente desempenho no momento do plantio (SEIXAS et al., 2020). Sementes de qualidade garantem ao produtor o melhor desempenho no campo, maximizando os benefícios de outros insumos, como fertilizantes e defensivos (FRANÇA NETO et al., 2016).

Processos pós maturação fisiológica que comprometem a semente ocorrem em períodos críticos de clima e deficiência nutricional, aliados ao ataque de insetos e microrganismos, são considerados as principais causas da deterioração no campo e podem acarretar queda na qualidade das sementes e consequentes prejuízos ao produtor (SEDIYAMA, 2013).

No Brasil, nas regiões tropicais (São Paulo, Bahia, Piauí, Minas Gerais e Maranhão) e subtropicais (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), os períodos de semeadura para a produção de grãos tem como principal objetivo a obtenção de máximas produtividades utilizadas para produtos industrializados e para a produção de sementes (FRANÇA NETO et al., 2016). No entanto, para sementes de soja são aplicados maiores investimentos e diferentes tecnologias.

No Brasil, atualmente existem mais de 2 mil cultivares de soja registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Essas cultivares são classificadas em grupos distintos, que

são: as sementes convencionais, produzidas de forma tradicional, ou seja, sem o auxílio de tecnologias e aquelas produzidas com aplicação de biotecnologia e são elas: as sementes de soja RR e a Intacta RR 2 PRO que agrupam variedades transgênicas resistentes ao glifosato, que proporciona aumento de produtividade e proteção contra as principais lagartas da cultura da soja.

A Enlist cujas sementes de soja são tolerantes aos 3 herbicidas: Enlist® Colex-D® (novo 2,4-D sal colina), glifosato e glufosinato de amônio. A tecnologia Conkesta que são tolerantes a três herbicidas, que oferece proteção contra as principais lagartas da cultura da soja e por incorporar duas proteínas Bt (Cry1F e Cry1Ac) que oferecem ampla proteção contra importantes lagartas da cultura da soja, além de tolerância a três herbicidas (Glifosato, glufosinato de amônia e 2,4-D Sal Colina), permitindo flexibilidade no manejo de gramíneas e plantas daninhas de folhas largas.

A Xtend é uma biotecnologia que permite complementar a ação do Roundup® com a tolerância da soja a um novo herbicida, responsável pelo controle de plantas daninhas de folhas largas em pré-plantio. A Intacta 2 Xtend tem maior controle de plantas daninhas em pré-plantio, utilizando o herbicida Xtendicam (princípio ativo, dicamba), além de proteção contra lagartas por meio de 3 diferentes proteínas que atuam simultaneamente na proteção contra as principais lagartas da cultura da soja. Foram adicionadas duas novas proteínas (Cry1A.105 e Cry2Ab2) à INTACTA 2 XTEND® que, somadas à proteína Cry1Ac, resultam em um amplo espectro de proteção contra as principais lagartas da cultura da soja.

Enfim, a utilização dessas tecnologias contribui significativamente para o aumento na eficiência a campo, especialmente para a soja, que é a cultura de maior produção no Brasil.

3.4 Secagem

Há uma série de etapas depois da colheita que devem ser seguidas para a produção de sementes de alta qualidade, uma delas é a secagem. É um processo fundamental, pois permite a redução do teor de água a níveis adequados para o armazenamento, ou seja, de 12,5 % para sementes. A redução dos teores de água preserva as sementes de alterações físicas e químicas e torna possível a manutenção da qualidade inicial durante o armazenamento, possibilitando colheitas próximas da maturidade fisiológica (GARCIA et al., 2004; MENEGHELLO; VILLELA; PESKE, 2012; SILVA, 2019).

O processo da secagem deve considerar fatores como o teor de água inicial das sementes, a temperatura a ser empregada, a velocidade do fluxo de ar de secagem e o

período que as sementes estarão expostas ao ar aquecido (MIRANDA; SILVA; CAVARIANI, 1999). Ou seja, as temperaturas das quais as sementes podem ser expostas dependem diretamente do teor de água ou do tempo de exposição (ZONTA et al., 2011).

Para as sementes com umidade acima de 18%, a temperatura da massa não deve exceder 32 °C; entre 18% e 10% de umidade, essa temperatura deve ser de 38 °C e para umidades abaixo de 10% pode chegar até 43 °C (GARCIA et al., 2004).

Os métodos de secagem podem ser classificados quanto ao uso de equipamentos (natural ou artificial), à periodicidade no fornecimento de calor (contínuo ou intermitente) e à movimentação da massa de sementes (estacionário ou contínuo) (GARCIA et al., 2004; PESKE; VILLELA; MENEGHELLO, 2012).

O método de secagem natural consiste no uso da radiação solar e vento e depende muito das condições climáticas favoráveis. No método artificial, a fonte de calor empregada pode ser diversa e é executada através de equipamentos mecânicos ou elétricos forçando a entrada de ar na massa de sementes (GARCIA et al., 2004).

Nos secadores contínuos, geralmente os grãos passam por duas câmaras, uma de secagem e outra de resfriamento (GARCIA et al., 2004; PEREIRA; DAMACENO, 2022). Esses secadores são agrupados conforme o escoamento: de fluxo concorrente (grãos e ar na mesma direção); de fluxo contracorrente (ar perpendicular aos grãos); de fluxo cruzado (o ar flui de forma cruzada); de fluxo em cascata, composto de calhas em forma de “V” em linhas alternadas (PARK et al., 2007).

Os secadores estacionários, considerados como equipamentos de baixo custo, são instalados diretamente no próprio silo em que as sementes são armazenadas. Nesse caso, o ar aquecido é insuflado através da massa de sementes que permanece sem movimento, esse fluxo ocorre de baixo para cima. O fluxo de ar recomendado é de 8 a 10 m³ min⁻¹ ton⁻¹ ou de 0,20 m³ min⁻¹ para umidade da soja em 13%, em camada que não exceda 1,5 m e que a temperatura do ar de secagem varie de 40 a 43 °C (GARCIA et al., 2004; ZONTA et al., 2011).

Nos secadores intermitentes, há intervalos regulares de tempo de ar aquecido na câmara de secagem. Isso faz que as sementes passem por períodos sem aquecimento. Esses períodos permitem que a umidade seja redistribuída nas camadas de sementes, evitando o surgimento de gradientes hídricos e possíveis danos físicos. Devido aos intervalos regulares, a temperatura do ar de secagem pode alcançar de 70 a 80 °C (GARCIA et al., 2004; ZONTA et al., 2011).

Segundo Peske, Villela e Meneghello (2012), as vantagens da colheita de sementes com umidade alta e realização da secagem artificial é o aumento do potencial de armazenamento. Isso possibilita planejar a colheita, diminuir a perda das sementes e reduzir o período de permanência das sementes no campo.

A secagem natural ocorre na própria planta, entre o período da maturidade fisiológica e a colheita, recomendada para pequenas quantidades, pois tem riscos menores a danos mecânicos. Porém, é um procedimento mais demorado e depende de cada região, podendo variar devido à umidade relativa do ar e clima. O processo de secagem não aumenta o percentual de sementes quebradas, mas pode provocar fissuras internas ou superficiais, tornando as sementes mais suscetíveis à quebra durante o beneficiamento e o armazenamento (PESKE; VILLELA; MENEGHELLO, 2012).

3.5 Armazenamento de sementes

No Brasil, como os climas predominantes são tropical e subtropical, havendo necessidade de cuidados na preservação da qualidade das sementes para futuras semeaduras. Sendo assim, o armazenamento é uma etapa extremamente importante, pois, permite a preservação da qualidade física, fisiológica, sanitária e o valor nutritivo das mesmas, além de ser excelente alternativa para atender à logística de produção e comercialização de alimentos (SMANIOTTO et al., 2014; SILVA, 2019; ZIEGLER; DEMITO, 2019).

A armazenagem é o processo de guardar o produto com o intuito de preservar as qualidades físicas e químicas da colheita até a semeadura na safra seguinte. Pode-se dizer que o armazenamento é um sistema de conservação que depende de uma sequência de operações, como: limpeza, secagem, tratamento fitossanitário, transporte, classificação, acondicionamento, aeração, expurgo e combate de roedores, entre outros (ELIAS; OLIVEIRA; VANIER, 2017).

O armazenamento é a etapa em que a semente fica mais susceptível a danos, por isso, são necessários locais apropriados, secos e seguros, passíveis de aeração e de fácil combate a roedores, insetos e microrganismos (VIRGULINO, 2014). As condições adequadas de armazenamento podem auxiliar na tomada de decisão e preservar a produtividade, garantindo sementes de alta qualidade, pois, pode reduzir perdas de viabilidade, vigor, velocidade e intensidade de deterioração, sempre visando o menor desperdício possível (SMANIOTTO et al., 2014).

Importante salientar que o armazenamento não melhora a qualidade das sementes, somente mantém e preserva a viabilidade e o vigor por um período maior (AZEVEDO et al., 2003; PASCUALI, 2012).

Segundo Leitão, Oppelt e Silva (2020), as vantagens do armazenamento de grãos ou sementes, refletem em minimização das perdas quantitativas e qualitativas que podem ocorrer

no pós-colheita, melhorar a disponibilidade do produto para utilização oportuna, menor dependência do suprimento de produtos de outros locais e aumento do poder de barganha dos produtores quanto à escolha da época de comercialização dos seus produtos.

Segundo Smaniotto et al. (2014), as sementes tendem a perder o vigor e a germinação durante o armazenamento, devido à peroxidação dos lipídeos, isso pode ocorrer, principalmente se, durante o armazenamento, houver alto teor de água e de temperatura na massa de grãos. Nessa etapa, geralmente, deve-se buscar o equilíbrio entre a umidade relativa e a temperatura do ar.

3.5.1 Temperatura e umidade no ambiente de armazenamento

A umidade elevada das sementes, quando associada a temperaturas elevadas, causa uma elevação na taxa respiratória, pois as sementes gastam mais energia, diminuindo suas reservas, aumentando as atividades enzimáticas, metabólicas e dos ácidos graxos livres, causando a aceleração do seu metabolismo, o que contribui para aumentar a velocidade do processo de deterioração e danos físicos de amassamento no processo de beneficiamento (BAUDET; VILLELA, 2012).

A temperatura é um dos principais fatores que interferem na qualidade de armazenamento de grãos e ou sementes. A temperatura de armazenamento determina o tempo que as mesmas poderão ficar acondicionadas para manter as características fisiológicas ideais, ou seja, viáveis para serem semeadas (PARK et al., 2012).

Outro fator ligado à temperatura de armazenagem e que afeta a qualidade das sementes é o ataque de microrganismos, que podem encontrar na massa de grãos ou sementes as temperaturas ótimas para o seu desenvolvimento. As sementes podem ficar armazenadas por um período de oito meses, sem grandes prejuízos à sua qualidade fisiológica, se a temperatura da semente for inferior a 25 °C, o que em muitas regiões do país em função do clima tropical não é possível ocorrer de forma natural (PESKE; VILLELA; MENEGHELLO, 2012).

O teor de água é um dos fatores preponderantes para a conservação de sementes, considerado o fator mais importante e limitante do tempo de conservação. Pode-se dizer que o teor de água governa a qualidade do produto armazenado. Para que o processo de conservação seja eficaz por longos períodos, deve-se ter em vista a redução da umidade, pois sementes com altos teores constituem-se em locais de desenvolvimento microrganismos, insetos e ácaros (PUZZI, 2000).

3.6 Deteriorações fisiológicas e microbiológicas, por umidade

De acordo com Cunha et al. (2009), Marcos Filho (2015) e França Neto et al. (2016), a taxa de deterioração por umidade depende diretamente da temperatura, da umidade relativa do ar e do histórico das sementes, fatores que causam alterações físicas, fisiológicas, citológicas e bioquímicas, determinando a queda da qualidade e a morte das sementes.

O processo de deterioração por umidade começa logo após o ponto de maturidade fisiológica das sementes, principalmente desencadeado pela exposição da semente de soja a ciclos alternados de elevada e baixa umidade antes da colheita, devido à ocorrência de chuvas frequentes ou flutuações diárias de alta e baixa umidade relativa do ar, agravada por condições de elevadas temperaturas e por períodos mais longos de armazenamento, mesmo em ambientes refrigerados (MARCOS FILHO, 2015; KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 2018).

Segundo Baudet e Villela (2012), a deterioração de sementes é um processo natural, irreversível, não sendo possível recuperar a qualidade das sementes perdida durante os processos de pós-colheita, nem ressuscitar uma semente morta, mas é possível retardar ou acelerar sua velocidade, com o controle das condições ambientais durante o armazenamento.

A deterioração devido à umidade leva à redução do potencial fisiológico das sementes de soja que pode ser evidenciado através de queda da germinação, velocidade e uniformidade da emergência das plântulas, declínio da velocidade de crescimento, menor resistência a condições desfavoráveis do ambiente, decréscimo do potencial de conservação durante o armazenamento, aumento de taxa de anormalidades de plântulas associadas à morte de tecidos e formação de plantas estéreis sobretudo em regiões tropicais e subtropicais, devido aos níveis mais elevados de precipitação, causando perdas aos produtores e dificultando a colheita nas áreas úmidas (MARCOS FILHO, 2015; ZUFFO et al., 2017).

A deterioração é um processo degenerativo provocado, principalmente, pela produção e acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) por meio de estresse oxidativo, que são a peroxidação de lipídios, oxidação de proteínas, danos aos ácidos nucleicos, inibição enzimática e morte celular. Destacam-se como principais alterações, o esgotamento das reservas; o acúmulo de substâncias tóxicas; a alteração da composição química, como a oxidação dos lipídeos sobre a eficiência dos mitocôndrios e a quebra parcial das proteínas; a alteração das membranas celulares, com redução da sua integridade; alterações enzimáticas e alterações nos nucleotídeos em direção à morte das células (FERREIRA et al., 2015; KRZYZANOWSKI; DIAS; FRANÇA-NETO, 2022).

Segundo Marcos Filho (2015), durante a deterioração ocorre o decréscimo de açúcares solúveis, gerando a perda da capacidade de utilização de carboidratos, além de

alterações nos lipídios, devido à hidrólise enzimática, à peroxidação e à autooxidação que levam à destruição dos lipídios e originam produtos tóxicos e a degeneração das membranas, elevando o grau de umidade das sementes e a temperatura ambiente.

Portanto, o processo de absorção e perda de umidade das sementes pode resultar em microfissuras e/ou rupturas do tegumento das sementes, servindo como porta de entrada para bactérias e fungos patogênicos que podem acelerar o processo de deterioração das sementes e a perda da qualidade delas. Além disso, pode resultar em maior índice de danos mecânicos na colheita, uma vez que semente deteriorada é extremamente vulnerável aos impactos mecânicos (MARCOS FILHO, 2015).

Os fatores ambientais, como temperatura e umidade relativa e o teor de água das sementes afetam diretamente a velocidade dessa deterioração, aumentando a ocorrência de processos metabólicos e bioquímicos degenerativos (AZADI; YOUNESI, 2013). Podem intensificar o processo respiratório das sementes, influenciado pela atividade de grupo de enzimas que agem como catalisadoras da decomposição de substância de reserva, podendo causar estresse oxidativo, levando à formação de espécies reativas de oxigênio e radicais livres nas mesmas (ÁVILA; ALBRECHT, 2010). A germinação pode não ser afetada, mas o vigor é reduzido significativamente.

Fator importante a ser considerado que pode afetar a qualidade fisiológica das sementes por deterioração microbiológica no período de armazenamento é a presença de fungos patogênicos que podem reduzir a germinação, o vigor e a longevidade das sementes (MEDEIROS et al., 2016).

A presença de fungos, bactérias e insetos podem causar aquecimento da massa de sementes devido à intensidade de respiração (MARCOS FILHO, 2015).

3.7 Resfriamento artificial de sementes

No território brasileiro ocorrem grandes variações climáticas em curtos períodos de tempo. Oscilações de temperatura podem acarretar sérios problemas na qualidade das sementes. Para amenizar esse impacto, o resfriamento artificial apresenta-se como uma alternativa para minimizar perdas quantitativas e qualitativas, durante o período de armazenamento (ZIEGLER; DEMITO, 2019).

No Brasil, diversos estudos têm sido realizados em busca de informações sobre a manutenção da qualidade fisiológica de sementes que passam por tecnologias de resfriamento artificial (ZUCHI et al., 2013), como alternativa para redução da temperatura da

massa de sementes e manter o ar de armazenamento em equilíbrio higroscópico com os teores de água das sementes, permitindo a redução das atividades respiratórias e, conseqüentemente, a velocidade de deterioração (SMANIOTTO et al., 2014).

Sabe-se que o resfriamento artificial é uma importante alternativa para a conservação de sementes em armazém convencional, pois, sementes frias e secas possibilitam a redução do metabolismo das sementes, redução do desenvolvimento dos principais microrganismos patogênicos e insetos no armazenamento. Temperaturas mais baixas reduzem a taxa de metabolismo desses organismos, evitando que causem danos às sementes, mantendo o vigor e a viabilidade de germinação em níveis superiores ao que ocorre em temperatura ambiente (ZUCHI et al., 2013; DARONCH, 2018).

Segundo Demito e Afonso (2009), o resfriamento artificial de sementes de soja pode ocorrer por meio do resfriamento artificial estático, que consiste em insuflação de ar frio na massa de sementes, armazenadas em silos, conduzindo o ar em sistema de ventilação por meio da movimentação mecânica do ar proveniente do ventilador centrífugo do equipamento resfriador, até atingir a temperatura desejada na massa de sementes.

Outra forma é o resfriamento artificial dinâmico, pelo qual a semente é resfriada no seu movimento descendente por ação da gravidade em silos projetados para esta finalidade. O ar frio é conduzido em sentido contracorrente com o fluxo do produto. Esse processo, não ocasiona choque térmico e não há condensação de vapor de água na superfície da semente, pois o ar insuflado é frio e seco e pode diminuir o teor de água das sementes de soja e contribuir para retardar o processo de deterioração (DEMITO; AFONSO, 2009).

Nos últimos anos vem crescendo a utilização da tecnologia de resfriamento artificial em sementes, com o objetivo de preservar o potencial fisiológico do produto por períodos mais prolongados e reduzir a deterioração dos grãos e ou sementes (ZUCHI et al., 2013; ELY, 2018). O resfriamento das sementes de soja pode ser realizado antes do ensacamento, mas o sucesso dessa técnica depende da manutenção da temperatura inicial das sementes ensacadas em níveis seguros (DEMITO; AFONSO, 2009).

O resfriamento artificial de sementes é uma importante ferramenta que vem revolucionando o armazenamento, possibilitando a manutenção da qualidade fisiológica, maior percentual de aproveitamento e aumento da produtividade, trazendo segurança para multiplicadores de sementes, melhorando seu resultado econômico, garantindo o sucesso da lavoura e reduzindo os prejuízos na produção. Tornando-se uma técnica em que a temperatura e a umidade relativa do ar permitem uma redução da proliferação de patógenos e o consumo de substâncias de reserva das sementes (FERREIRA, 2015).

3.8 Qualidade fisiológica das sementes

A qualidade das sementes é definida por um conjunto de características que determinam a produtividade e a futura semeadura, indicando o potencial de desempenho sob condições adversas (CARVALHO; COELHO; SOUZA, 2014; KRZYZANOWSKI et al., 2016).

Fatores que afetam a qualidade das sementes, a velocidade e a intensidade de deterioração são: as condições iniciais das sementes; a adequação da região e da área de produção; as práticas culturais e as condições climáticas durante a maturação. Em relação à colheita antecipada, a formação incompleta deve provocar maior sensibilidade à deterioração. Os cuidados no momento da secagem artificial e no beneficiamento, em que ocorre a separação de materiais, como matérias inertes e insetos, entre outros, são essenciais; no armazenamento, que depende da temperatura e do teor de umidade das sementes; na embalagem adequada e na sanidade das sementes (MARCOS FILHO, 2015; KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 2018).

A qualidade fisiológica das sementes de soja corresponde a um conjunto de atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária das sementes e que pode ser influenciado, na fase produtiva da cultura, no período de maturação, durante a colheita, na recepção e nas etapas da produção, como secagem, beneficiamento, armazenamento, transporte e semeadura (TILLMANN; MENEZES, 2012; KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 2018). A máxima qualidade fisiológica de sementes é geralmente obtida no momento em que ocorre a maturidade fisiológica (MUNIZZI et al., 2010).

A qualidade fisiológica pode determinar o potencial máximo de um lote de sementes e gerar informações de danos causados como: estresse climático, nutricional, sementes esverdeadas, enrugamento de sementes por estresses térmico e hídrico, patógenos, ataque de insetos, principalmente percevejos, deterioração por umidade, danos mecânicos, danos causados pelo uso incorreto de agroquímicos e doenças de raiz; déficit hídrico, principalmente durante a fase final de enchimento de grãos e maturação, entre outros (DALTRO et al., 2010).

Os principais danos causados nas sementes estão associados à temperatura, à disponibilidade de água, às características do solo, à sanidade e às práticas de manejo que, geralmente, são identificados pela diminuição do vigor, aumento de plântulas anormais e decréscimo da germinação (CARDOSO; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Segundo Costa et al. (2005), a alternativa mais viável para produção de sementes com alto potencial fisiológico em regiões tropicais e subtropicais, em que predominam altas temperaturas e excesso de chuvas no período de maturação da soja é a escolha de regiões com altitudes superiores a 700 m, onde predominam climas amenos e secos nesse período

ou fazer o ajustamento na data da semeadura, para ocorrência da maturação em condições ambientais mais favoráveis.

De acordo com Marcos Filho (2015), a qualidade fisiológica das sementes de soja é avaliada por ensaios que definem a germinação, o vigor e a viabilidade, permitindo melhor avaliação nas diferentes etapas da produção.

3.8.1 Análises de germinação de sementes de soja

A qualidade fisiológica de sementes pode ser identificada através do teste de germinação, associado ao desenvolvimento da plântula com estruturas essenciais e que, futuramente, pode desenvolver uma planta normal. Isso acontece quando as condições são favoráveis para o crescimento e caso as sementes não apresentem algum tipo de dormência, resultados adquiridos podem ser comparados entre diferentes lotes e apresentam alta correlação com a emergência no campo (TILLMANN; MENEZES, 2012).

O processo de germinação em geral pode ser afetado por uma série de condições como longevidade, viabilidade, dormência, água, temperatura, oxigênio, fatores químicos e fatores bióticos. Para que as sementes germinem, condições adequadas são necessárias, como umidade, areação, temperatura, luz e substratos adequados. Para o ensaio de germinação em sementes de soja essas condições podem ser adquiridas por meio de equipamentos e de laboratórios, permitindo que a germinação se desenvolva de maneira mais regular, rápida e completa dentro dos limites tolerados pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Ensaio de germinação permitem verificar se houve emergência e desenvolvimento de estruturas essenciais do embrião, que demonstram que ele é capaz de produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo. Podem ser classificadas como plântulas normais ou anormais e sementes que não germinam podem estar duras ou mortas (BRASIL, 2009). Plântulas bem desenvolvidas, de alto desempenho e vigorosas, potencialmente levam a um melhor crescimento, desenvolvimento inicial da cultura e produtividade (ALBRECHT et al., 2011).

3.8.2 Vigor das sementes

A avaliação do vigor das sementes tem evoluído à medida que os testes vêm sendo aperfeiçoados, ganhando precisão e reprodutibilidade de seus resultados, o que é de

fundamental importância nas decisões que devem ser tomadas nas fases de produção e comercialização de lotes de sementes (KRZYŻANOWSKI et al., 2020).

Desse modo, os testes de vigor passam a ser adjuvantes para identificar as características diferenciadas das sementes para que respondam com melhor desempenho em campo, nas diversas condições ambientais em que foram submetidas (LAZARETTI et al., 2020), influenciando diretamente nas taxas e uniformidade de germinação, emergência, crescimento de plântulas e rendimento da cultura (PESKE; VILLELA; MENEGHELLO, 2019).

Inúmeros fatores podem influenciar o vigor de sementes de soja, como os fatores genéticos, responsáveis por grande parte do vigor das sementes. Pois, se as sementes possuem progenitores fortes irão produzir descendentes fortes. Porém, se possuem progenitores fracos, irão produzir descendentes fracos, com sérias deficiências, como ausência de reserva nutricional, embriões deformados e futuras plântulas anormais (ROCHA et al., 1990).

Dentre os fatores que podem afetar o vigor das sementes destacam-se os fatores ambientais, nos períodos que antecedem o estágio de desenvolvimento da semente e, até mesmo, depois do estágio de maturidade fisiológica, podendo afetar o desenvolvimento e o processo de florescimento das plantas, refletindo no vigor das sementes produzidas. Porém, esses efeitos são difíceis de identificar, principalmente, na fase final de maturação (CARVALHO et al., 2020).

As condições climáticas durante todas as etapas da produção de sementes constituem fatores que podem ter grande influência sobre o seu vigor, como, por exemplo, a temperatura, a disponibilidade de água, os nutrientes, a luz e o fotoperíodo, ou seja, qualquer fator adverso que promova efeito negativo no acúmulo de reserva das sementes, conseqüentemente, afetará o vigor das mesmas (CARVALHO et al., 2020).

Outro fator a ser considerado, em relação ao baixo vigor de sementes de soja, é o ataque de micro-organismos ou insetos, como, por exemplo, os percevejos, que podem ter início no campo, durante a maturação das sementes e podem aumentar durante o armazenamento. No caso dos percevejos, o local onde ocorre a picada do percevejo é identificado por manchas típicas, podendo apresentar uma semente deformada e enrugada (FRANÇA NETO et al., 2007).

O vigor de sementes de soja pode ser afetado também por danos mecânicos que são causados por impactos, abrasões, cortes ou pressões, em condições estáticas ou dinâmicas, contra superfícies duras ou contra outras sementes, ocasionando sementes quebradas, trincadas, fragmentadas, arranhadas ou inteiramente danificadas. Não só o aspecto físico da semente é atingido, sementes mecanicamente danificadas dificultam as operações de beneficiamento e apresentam qualidade fisiológica inferior. As sementes com danos mecânicos se deterioram mais rapidamente durante o armazenamento e secagem

(trincamento e cozimento das sementes) e não suportam condições adversas no campo depois de semeadas (MARCONDES; MIGLIORANZA; FONSECA, 2005).

O teste de vigor muito utilizado, que auxilia na previsibilidade da capacidade germinativa em sementes de soja, é o teste de envelhecimento acelerado, que simula condições de estresse nas sementes, gerando uma alta taxa de respiração e consumo de reservas, acelerando os processos metabólicos que levam à deterioração (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 2020).

Esse ensaio também é desenvolvido para estimar a longevidade e a previsibilidade da deterioração de sementes em condições de armazenamento e emergência em campo. Os resultados são classificados como vigor alto, médio e baixo e podem ser úteis para identificar diferenças de qualidade fisiológica de lotes com germinação semelhante, seleção de lotes para semeadura, avaliação do potencial de emergência, avaliação do potencial de armazenamento, avaliação do grau de deterioração, controle de qualidade pós-maturidade, identificação ou diagnóstico de problemas, marketing e promoção de vendas (BAGATELI et al., 2019; KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 2020).

Segundo Marcos Filho, Novembre e Chamma (2000), a diferença no tamanho da semente pode influenciar nos resultados finais de vigor, pelo teste de envelhecimento acelerado. Isso pode acontecer, pois as sementes menores captam água mais rapidamente quando comparadas às sementes maiores.

O envelhecimento acelerado para sementes de soja é conduzido a 41 °C, pois essa é a temperatura máxima tolerada por proteínas hidratadas, que devem estar entre 26% e 30% de umidade. Temperaturas superiores, ao invés de provocar estresse nas sementes, promovem a desnaturação (coagulação) de proteínas e causam completa inativação metabólica, de forma especial em sementes com menor vigor em que acabam causando sua deterioração (KRZYZANOWSKI; DIAS; FRANÇA-NETO, 2022; MARCOS FILHO, 2015).

Estratégias podem ser empregadas na produção para obtenção de sementes com alto vigor, que são: desenvolvimento de novas cultivares, de alta estabilidade de produção sob diferentes condições ambientais; utilização de práticas agronômicas adequadas nos campos de produção; diversificação da produção em diferentes áreas geográficas; e adoção de práticas de irrigação, quando necessárias (MARCOS FILHO, 2015).

3.8.3 Teste de tetrazólio em sementes de soja

Segundo os autores França Neto et al. (2016) e Krzyzanowski, França Neto e Henning (2018), o teste de tetrazólio em sementes de soja, se destaca por ser um teste rápido, preciso

e que traz um grande número de informações, principalmente, para agilizar decisões quanto ao manejo de lotes durante a etapa de pós-colheita das sementes.

O teste de tetrazólio é um método rápido para avaliar a viabilidade e o vigor de sementes, através das atividades respiratórias nas células, baseando-se na atividade de enzimas do grupo das desidrogenases, presentes nos tecidos vivos. Os resultados do teste fornecem um diagnóstico das causas da redução de qualidade, como os principais danos, sendo eles: danos mecânicos (imediatos e latentes), danos por percevejo, danos por deterioração por umidade, sementes esverdeadas e sementes duras. Além de permitir a avaliação individual de cada semente, tanto na parte interna quanto externa, o que normalmente não ocorre no teste de germinação (KRZYZANOWSKI et al., 2020).

O teste de tetrazólio fundamenta-se na atividade das enzimas desidrogenases que catalisam as reações respiratórias nas mitocôndrias, durante a glicólise e o ciclo de Krebs. Essas enzimas, especialmente a desidrogenase do ácido málico, reduzem o sal de tetrazólio (cloreto 2,3,5-trifeniltetrazólio) nos tecidos vivos, o que pode ser observado pela diferenciação de cores dos tecidos: vermelho claro, corresponde tecido vivo e vigoroso; vermelho carmim forte, tecido em deterioração; e branco leitoso, tecido morto (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 2020).

A metodologia do teste de tetrazólio permite identificar também 8 classes de viabilidade, sendo elas: a soma das classes 1 a 3 que expressam o vigor, de 1 a 5 que compreendem as classes das sementes viáveis (viabilidade) e as de 6 a 8, que não são viáveis (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 2020). Dentro desse contexto, a análise das sementes por meio do teste de tetrazólio, pode estabelecer bases para comercialização, determinação do ponto de colheita e controle de qualidade durante o armazenamento, fornecendo, assim, a oportunidade de detectar e adotar medidas para corrigir e ou retardar problemas da qualidade das sementes.

3.8.4 Teor de água em sementes

O teor de água, geralmente nomeado como umidade, é um fator importante no controle das sementes armazenadas, podendo interferir na maturação das sementes e na longevidade do armazenamento. Se a umidade for mantida a níveis baixos, os demais fatores prejudiciais que podem ocorrer em diferentes intensidades e ter relação com seu potencial fisiológico são facilmente controlados (SARMENTO et al., 2015).

A quantidade de água presente nas sementes pode ser definida em base úmida ou base seca. O teor de água é um importante aliado para identificar métodos adequados para verificar a qualidade e é essencial durante o processo de secagem e armazenamento

(TILLMANN; MENEZES, 2012). Diversos equipamentos podem determinar o teor de água de diferentes sementes, mas o mais preciso é o método gravimétrico, realizado em estufa com recirculação de ar. A amostra é exposta à temperatura controlada e tempo pré-definido. Esse método foi desenvolvido para reduzir oxidação, decomposição ou perda de substâncias voláteis, assegurando a remoção máxima da água contida nas sementes (BRASIL, 2009).

Segundo Garcia et al. (2004) e Tomkiewicz (2010), a dinâmica da água no interior de grãos ou sementes é complexo, pois é possível encontrar água em mais de um estado físico. Além disso, durante a secagem ou umedecimento a água vai passando pelas sucessivas camadas de cariópse alterando suas propriedades físicas. A predominância do fluxo de água é determinada pelo gradiente de potencial hídrico entre as sementes e o ar atmosférico. Quando a diferença de potencial é nula, cessa o processo de transferência de água e as sementes entram em equilíbrio higroscópico com o meio.

A água disponível nas sementes tem papel osmótico nos tecidos, formando açúcares e sais com a finalidade de reações bioquímicas e fisiológicas. Além disso, favorece a presença de agentes indesejados como o crescimento de leveduras, bactérias e fungos, facilitando a deterioração das sementes que, futuramente, causam plântulas fracas, plântulas com anormalidades e ou mortas (KRZYZANOWSKI; DIAS; FRANÇA-NETO, 2022).

3.8.5 Emergência de plântulas

A emergência de plântulas se define pela capacidade das sementes produzirem plantas normais em campo. Esse parâmetro vem sendo utilizado cada vez mais por produtores na época de comercialização de lotes para obter maior confiança no produto adquirido (TILLMANN; MENEZES, 2012).

O teste de emergência de plântulas, segundo Nakagawa (1999) e Alvarez (2018), quando conduzido na época normal de semeadura da cultura, permite calcular a quantidade de sementes a ser utilizada para obtenção de futuras plantas mais vigorosas no campo.

De acordo com Marcos Filho (2015), a emergência tardia de plântulas reflete no menor vigor das sementes e pode conduzir à baixa taxa de sobrevivência na maturidade. A emergência reduzida ou desuniforme pode conduzir atrasos no desenvolvimento, problemas com controle de plantas invasoras, interferência na qualidade do produto e nas características da planta relacionadas à eficiência da colheita, efeitos na produção final e redução de valor comercial.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

A pesquisa foi conduzida na Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) no Laboratório de Sementes da Coopavel Cooperativa Agroindustrial e no Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas (LACON), na UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, ambos localizados em Cascavel, Paraná, Brasil.

A pesquisa foi realizada com o armazenamento de sementes no período de março, abril e maio do ano de 2021, com coleta de amostras a cada 7 dias e início no dia 22/03/2021 e término com as últimas avaliações no dia 25/05/2021. Assim, todo esse período foi composto por levantamentos de dados de temperaturas do armazém, temperatura, teor de água das sementes e análises fisiológicas, com intuito de verificar o efeito do resfriamento artificial nas sementes após a colheita em substituição ao processo de aeração.

4.2 Sementes utilizadas

O material utilizado para esta pesquisa foi a cultivar 59I60 RSF IPRO, que tem como mantenedor o GDM Genética do Brasil S.A, com características agrônômicas de hábito de crescimento indeterminado, porte médio, grupo de maturidade relativa é 5.9, flor de cor roxa, vagem de cor cinza clara, cor da pubescência cinza, cor do hilo preto-imperfeito, reação à peroxidase negativa e com alto potencial de rendimento, segundo o registro nacional de cultivares do Ministério da Agricultura e Pecuária.

Essa cultivar possui algumas características como precocidade, alto potencial produtivo e índice de ramificação alta, tendo uma ampla janela de plantio com época recomendada para semeadura nos meses de outubro, novembro a dezembro. Possui resistência a algumas doenças como: Cancro da Haste, Mancha olho de rã e a podridão radicular de *Phytophthora* – Gene RPS1K.

A cultivar de soja 59i60 RSF IPRO foi cultivada na safra 2020/2021, oriunda de campo de produção de sementes localizado no município de Catanduvas – PR, nas coordenadas: latitude sul 25°14'45,40" S e longitude oeste 53°07'34,63" O. O campo de produção foi

semeado dia 13/11/2020, sendo conduzido de acordo com as normas de produção e legislação brasileira sobre sementes e mudas (BRASIL, 2018). As etapas de colheita mecânica, recepção e pré-limpeza foram realizadas no dia 22/03/2021.

Os dados meteorológicos de temperatura máxima, mínima e precipitação pluviométrica do período de plantio até a colheita constam na Figura 3. Os dados climatológicos foram obtidos pela estação do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná - SIMEPAR, localizado no Centro Politécnico da UFPR - Curitiba - Paraná - Brasil, apresentados no *site* clima tempo/climatologia/Catanduvas - PR.

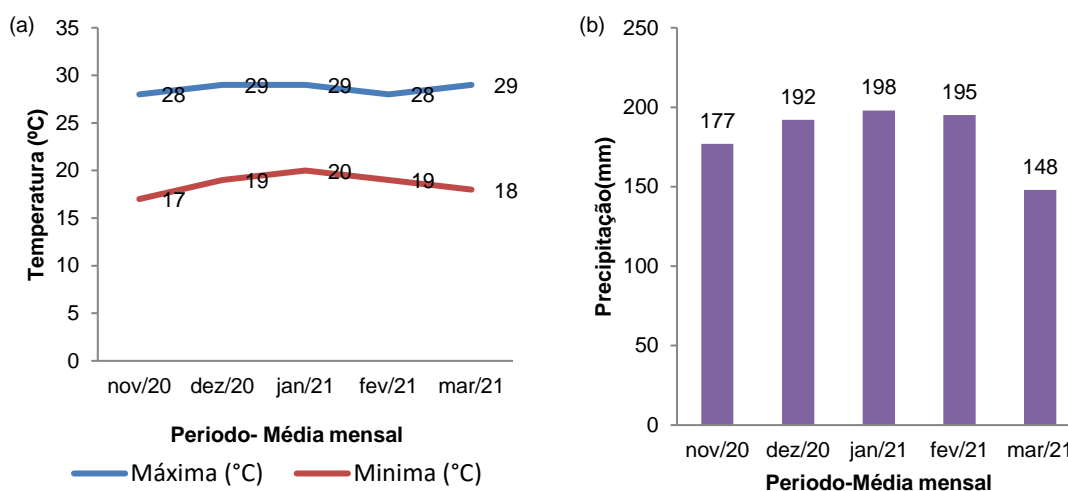


Figura 3 Médias mensais das temperaturas máxima, mínima (a) e precipitação pluviométrica acumulada (b) do local de cultivo durante o desenvolvimento das plantas de soja até a colheita.

Fonte: SIMEPAR (2021).

4.3 Procedimento experimental

O experimento foi planejado em um delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo (4 x 8). Foram 4 temperaturas de armazenamento, que representam as parcelas, subdivididas em 8 períodos de armazenamento, com 4 repetições que consistiu em um *big bag* de 200 kg de sementes, separadas após a etapa de pré-limpeza e resfriamento para cada tratamento, totalizando em 128 unidades experimentais.

Dessa forma, os tratamentos foram constituídos de combinações das quatro temperaturas de armazenamento (12, 15, 18 e 32 °C), com oito períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias). Após a colheita das sementes, as etapas de beneficiamento e a organização do experimento foram executadas de acordo com o fluxograma da Figura 4.

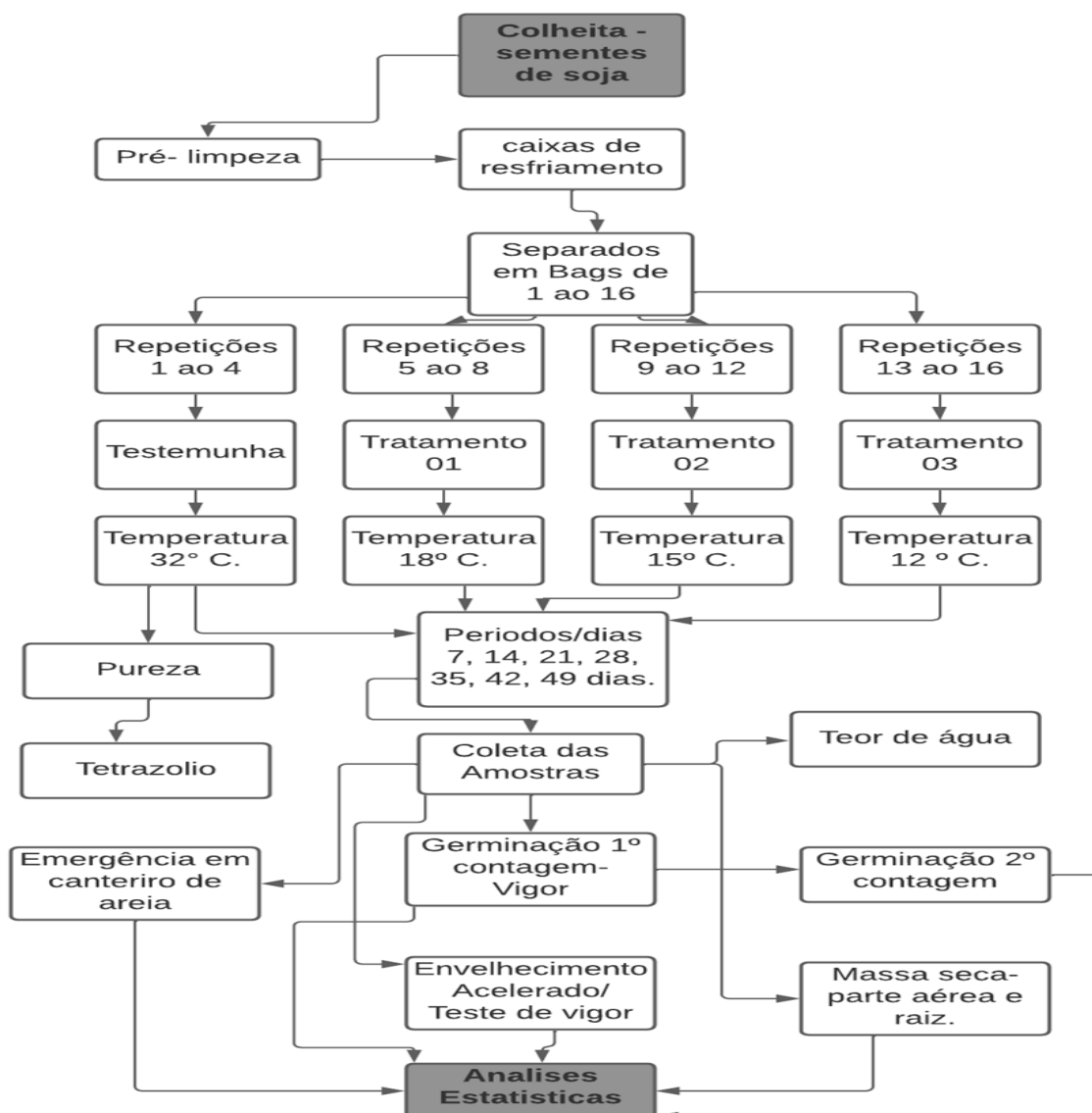


Figura 4 Fluxograma das etapas do experimento, procedimentos, coletas, instalações e avaliações da qualidade fisiológicas realizadas.

4.4 Resfriamento artificial das sementes de soja

Após a colheita, as sementes de soja foram encaminhadas para a UBS passando pelos procedimentos de pré-limpeza, em um sistema que opera por peneiramento, onde são retiradas as impurezas maiores e menores, como por exemplo, fragmentos de plantas, pedras e torrões, entre outros.

Em seguida, as sementes foram direcionadas para caixas com capacidade de 30.000 kg, onde foi realizado o resfriamento, utilizando um equipamento de aeração

condicionada modelo GCH 120, desenvolvido pela empresa Cool Seed, apresentado na Figura 5 (COOL SEED, 2018).



Figura 5 Equipamento de aerção condicionada. desenvolvido pela empresa Cool Seed, modelo GCH 120.

A técnica de resfriamento artificial das sementes de soja utilizada foi a de resfriamento dinâmico, ou seja, consiste na insuflação de ar frio através da massa de sementes armazenadas. O ar é conduzido por um sistema de aerção com ar proveniente do ventilador centrífugo do equipamento resfriador. Para tanto, o silo resfriador instalado está acoplado a um equipamento condicionador de ar frio, que injeta o ar no módulo de resfriamento na faixa de temperatura desejada, fazendo com que o ar frio suba, diminuindo a temperatura da massa de sementes, que está passando pelo silo naquele momento (Figura 6). Essa temperatura auxilia no controle de insetos, pois diminui o metabolismo deles e, assim, param de se alimentar e de se reproduzir.



Figura 6 Técnica de resfriamento artificial das sementes de soja.

Fonte: Novelli (2015).

A temperatura da massa de sementes foi acompanhada através dos painéis e sensores de temperatura que se encontram fixos nas caixas de resfriamento, até alcançar os valores pré-estabelecidos em cada tratamento: 32 °C (temperatura ambiente da semente), 18, 15 e 12 °C ($\pm 1,5$).

Para obter as temperaturas de resfriamento desejadas, as sementes permaneceram na caixa, aproximadamente, em torno de 12 horas e 15 minutos, para atingir a temperatura de 18 °C, mais 4 horas para obter a temperatura de 15 °C (total 16h e 15min) e mais 2 horas e 30 minutos para atingir a temperatura de 12 °C (total 18h e 45min). Assim que atingia as temperaturas de resfriamento uma fração da massa de sementes foi retirada e acondicionada em *big bags*, estabelecendo as unidades experimentais.

4.5 Armazenamento das sementes

Após o resfriamento, cada unidade experimental foi constituída de um *big bag* de 200 Kg. Logo após o acondicionamento, as sementes foram direcionadas para o armazém de sementes, que possui isolamento térmico, visando impedir o aumento excessivo e a flutuação de temperatura no ambiente interno. Os *big bags* foram identificados, alocados, intercalados sob paletes de madeira, com intuito de evitar o contato direto com o piso (Figura 7). Em seguida, foi verificada a temperatura e a umidade das sementes dos *big bags* no primeiro e a cada 7 dias de armazenamento.



Figura 7 Distribuição das unidades experimentais no local de armazenamento.

4.6 Monitoramento das temperaturas e umidade do local de armazenamento das sementes armazenadas

Durante o período de armazenamento das sementes de soja foi realizado o acompanhamento das condições ambientais do armazém. Para o monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar do local de armazenamento das sementes, foi utilizado termo-higrômetro digital modelo 7666 (*IncoTerm*), que se encontra fixo próximo aos *big bags*, sendo os dados obtidos diariamente às 8 horas da manhã, durante o período da pesquisa.

O grau de umidade das sementes armazenadas foi verificado a cada 7 dias, utilizando-se o equipamento determinador do grau de umidade modelo GAC 2100 - Grain Analysis Computer (Figura 8A), devidamente calibrado e aferido com o método padrão da estufa (BRASIL, 2009). A temperatura foi verificada com o equipamento digital portátil modelo MUG-640 (Figura 8B).

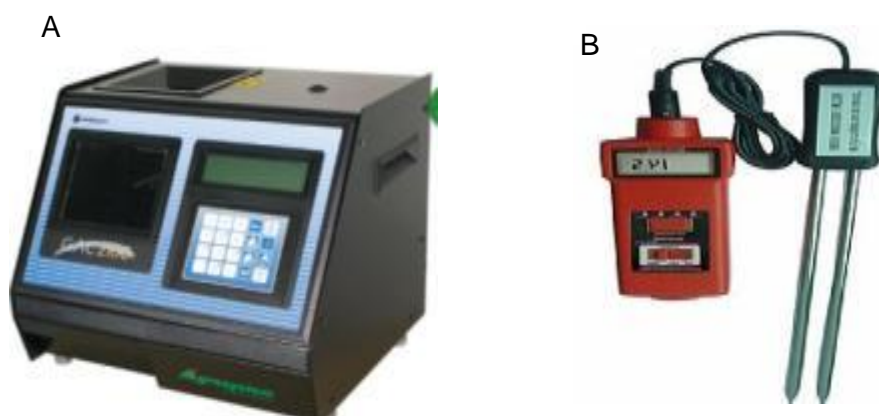


Figura 8 Equipamentos para verificação de temperatura e teor de água das sementes.

4.7 Análises da qualidade das sementes

Durante o período de armazenamento, foram realizadas coletas a cada 7 dias, sendo a primeira amostra coletada logo após o processamento, caracterizando a qualidade inicial do lote.

As amostras foram coletadas com auxílio de calador de sementes, entre 500 e 600 gramas em pontos distintos (4 pontos) de cada *big bag*, representativas para cada tratamento e encaminhadas para o Laboratório de Análise de Sementes para a realização dos ensaios.

Para determinar a qualidade física das sementes foi realizado o ensaio de análise de pureza e determinação de outras sementes por número com objetivo de determinar a porcentagem de sementes puras, materiais inertes e de outras sementes.

A avaliação da qualidade fisiológica durante o período de armazenamento, foram realizadas as seguintes análises: determinação do teor de água, teste de tetrazólio, primeira contagem (vigor) e teste de germinação, ensaio de envelhecimento acelerado (vigor), massa seca da parte aérea juntamente com o sistema radicular e emergência em canteiros de areia.

4.7.1 Determinação do teor de água

A verificação do teor de água foi realizada no período inicial do armazenamento e, a cada 7 dias, sempre antecedendo o momento da avaliação da qualidade fisiológica dos diferentes tratamentos. Foi utilizado determinador de grau de umidade eletrônico, modelo GAC 2100 - *Grain Analysis Computer*, com calibração pelo método de estufa.

A calibração da determinação do grau de umidade das sementes pelo método de estufa foi realizada no Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas (LACON), com 10 amostras de sementes de soja com diferentes umidades (9, 12, 13 ($\pm 1^{\circ}$ UR %)). Para cada amostra foram realizadas três repetições de (± 10 g), utilizando uma estufa modelo TE-394/1 (TECNAL), com temperatura de 105 ± 3 °C, por 24 horas e balança analítica modelo AY220 (SHIMADZU) e recipientes metálicos.

Inicialmente, os recipientes metálicos foram distribuídos na estufa durante 60 minutos para secagem. Após esse período, a estufa foi desligada pelo período de 120 minutos para o seu resfriamento e, em seguida, as amostras foram pesadas e identificadas (Figura 9A).

Posteriormente ao resfriamento, os recipientes metálicos foram preenchidos com ± 10 g de sementes úmidas. Esse peso foi somado aos pesos dos recipientes. Feito isso, os

recipientes contendo as sementes foram tampados individualmente e levados à estufa, permanecendo ali por 24 horas, contadas após a estabilização da temperatura (Figura 9B).

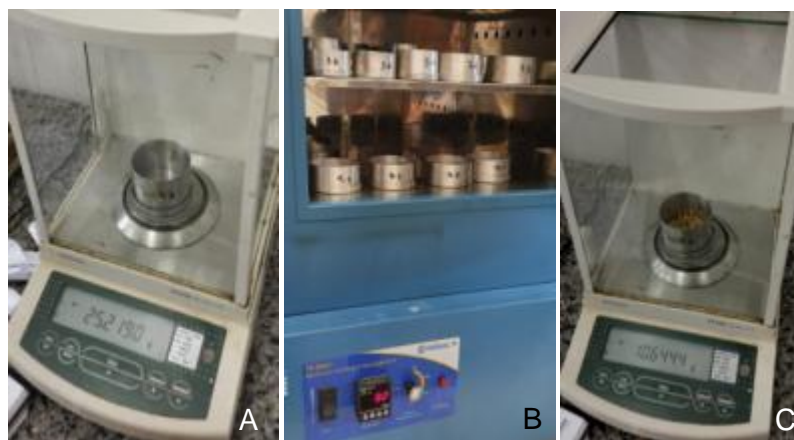


Figura 9 Método estufa para determinação do teor de água das sementes.

Após esse período, a estufa foi desligada e até todos os recipientes resfriarem permaneceram armazenados em dessecador contendo sílica gel e posteriormente pesados novamente, obtendo-se então o peso dos recipientes + semente seca (Figura 9C). Com todos esses dados, foi aplicado a fórmula para a determinação da umidade das sementes, sendo que o teor será expresso em base úmida e base seca conforme descrito em Regras para análise de sementes - RAS (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de teor de água (Equação 1). Esses resultados também foram usados para comparar com os valores obtidos através do determinador de grau de umidade eletrônico.

$$U = \frac{P_i - P_f}{P_i} 100 \quad (1)$$

Sendo:

U = teor de água das sementes (%);

P_i = peso inicial da amostra (g);

P_f = Peso final da amostra após a secagem em estufa (g).

4.7.2 Análise de pureza e determinação de outras sementes por número

Para a análise da pureza e determinação de outras sementes por número, foi obtida uma amostra média de 1000 g (±30 g), representativa do lote, seguindo-se as normas de amostragem e os métodos estabelecidos na Regras para análise de sementes - RAS (BRASIL, 2009), coletada por meio de caladores em pontos estratégicos.

A amostra média foi homogeneizada e foi obtida uma amostra de trabalho, por meio de divisões sucessivas, como por separação e, subsequente combinação, ao acaso, de pequenas porções realizadas com auxílio do homogeneizador tipo mecânico da marca Meditec.

Para a análise de pureza foram separados os componentes como sementes puras, outras sementes e material inerte, que foram pesados em balança de precisão, com duas casas decimais. A porcentagem foi calculada e, para determinação de outras sementes por número foi definido o número de sementes de outras espécies presentes na amostra de trabalho podendo ser classificada em (cultivadas, silvestres e nocivas), conforme a metodologia proposta por Brasil (2009). Esse teste foi realizado somente para a caracterização da qualidade inicial das sementes.

4.7.3 Análise de tetrazólio

A análise de tetrazólio foi realizada somente para caracterização da qualidade inicial das sementes, com 100 sementes distribuídas em duas subamostras de 50 sementes para cada tratamento. As sementes já contadas e separadas foram pré-umedecidas em papel de Germitest umedecidos 2,5 vezes o peso do papel seco, por um período de 16 horas a 25 °C (± 1 °C) e acondicionadas em sacos plásticos (Figura 10A) para evitar perda de água no germinador (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 2020).

Passadas as 16 horas, as sementes de pré-umedecimento foram transferidas para recipientes tipo copos de plástico (200 ml) e foram totalmente submersas em solução com concentração de 0,075% de 2, 3, 5- trifenil cloreto de tetrazólio (Figura 10B), mantidas em estufa a 38 °C (± 1 °C), por três horas para a coloração, na ausência de luz. Após esse período, as amostras foram lavadas em água corrente e mantidas submersas em água até a avaliação, para evitar desidratação. Em seguida, foram realizadas as avaliações com as sementes individualmente (Figuras 10C e 10D).



Figura 10 Ilustração da metodologia para o teste de tetrazólio.

Nota: A - Sementes contadas, separadas e pré-condicionadas em papel de Germitest; B - Sementes imersas em solução com concentração de 0,075% de 2,3,5- Trifenil cloreto de tetrazólio; C e D - Sementes coloridas a serem avaliadas.

Para a avaliação, foram realizados cortes longitudinais, dividindo as sementes em duas metades, para facilitar a observação das estruturas, como o hipocótilo, o sistema radicular, a plúmula e o eixo embrionário, composto por dois tipos de tecidos: o córtex e o cilindro central, que é a estrutura mais crítica do eixo embrionário. Dividir as sementes facilita a remoção do tegumento para que a superfície externa dos cotilédones seja exposta e possibilita observar as superfícies externa e interna dos cotilédones.

Além do cilindro central, outra região crítica na semente de soja é a região vascular que se situa no terço superior dos cotilédones, próxima à inserção do eixo embrionário. Nessa região passam os vasos que conectam o eixo embrionário aos cotilédones, sendo, portanto, de suma importância para o transporte de materiais de reserva dos cotilédones à plântula em desenvolvimento, nas fases iniciais de germinação ou emergência.

Nessa avaliação, foi possível observar todos os tipos de danos, verificar os níveis de vigor, a viabilidade e a ocorrência de danos de percevejos, danos mecânicos, deterioração por umidade e sementes esverdeadas. Outro fator observado foi a diferenciação de cores dos

tecidos: sendo o vermelho carmim: tecido vivo e vigoroso, vermelho carmim forte: tecido em deterioração e branco leitoso: tecido morto.

Ao considerar as localizações dos danos encontrados nas sementes, foi possível classificá-las nas diferentes classes: alto vigor (classes 1 e 2), vigor médio (classe 3), considerado vigor baixo (classe 4), vigor muito baixo (classe 5) e não viáveis (classe 6, 7 e 8). As sementes na classe 8 são consideradas sementes mortas (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 2018).

Os resultados de vigor foram obtidos pela somatória das sementes nas classes 1, 2 e 3, a viabilidade resultou da somatória das classes 1 a 5. Além disso, foi quantificada a porcentagem dos diferentes danos encontrados. Os resultados de vigor e viabilidade foram expressos em porcentagem (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2018).

4.7.4 Primeira contagem (vigor) e teste de germinação

As sementes foram submetidas ao teste de germinação que seguiu a metodologia das RAS (BRASIL, 2009). Um total de 400 sementes, compondo 8 subamostras de 50 sementes para os diferentes tratamentos, foram semeadas em rolo de papel (RP), utilizando 3 folhas de papel Germitest, umedecidos com água na proporção de 2,5 vezes o seu peso seco (Figura 11).

Após o processo de umedecimento, foram colocadas 50 sementes sobre duas folhas de papel, distribuídas por 5 linhas e 10 colunas, cobertas por uma terceira folha de papel. Posteriormente, as bordas foram dobradas e efetuado o rolo.

Após a instalação, os rolos de sementes foram acondicionados em germinador tipo Mangesdorf, regulado para manter a temperatura constante de 25 ± 1 °C e fotoperíodo de 24 h, em que permaneceram pelo período de 7 dias.



Figura 11 Ilustração da instalação dos ensaios de germinação, vigor e massa seca.

Juntamente com teste de germinação, realizou-se a classificação de vigor das plântulas. Nesse teste, realizou-se a avaliação no quinto e oitavo dia, segundo as regras de análises de sementes.

No quinto dia, foram removidas as plântulas normais, mais vigorosas, ou seja, as que germinam mais rapidamente determinam as médias em porcentagem do vigor de primeira contagem.

A segunda avaliação, último dia do teste, foi realizada no sétimo dia. As sementes restantes foram avaliadas, determinando-se a sua viabilidade para todos os períodos (tratamentos). As que germinaram plenamente foram classificadas como vigorosas, (plântulas normais). Identificou-se também as plântulas anormais e as sementes mortas (Figura 12). Os resultados foram expressos em percentual de plântulas normais, conforme o método descrito na RAS (BRASIL, 2009).



Figura 12 Ensaios de germinação para determinar a porcentagem de plântulas normais emergidas.

4.7.5 Envelhecimento acelerado

Para o teste de envelhecimento acelerado (teste de vigor) foram utilizadas 100 sementes, duas subamostras de 50 sementes para cada repetição, totalizando 400 sementes para cada tratamento. As sementes foram acondicionadas em uma tela, sem sobreposição e encaixadas na caixa de acrílico, tipo Gerbox, contendo 40 ml de água. Em seguida, foram fechadas com tampa para formar pequenas câmaras úmidas (Figura 13A). Os recipientes ficaram em estufa do tipo BOD para simular o período de estresse de temperatura e umidade, por 48 horas à temperatura de 41 °C ($\pm 1,5$ °C de variação) e 95% de umidade relativa do ar (MARCOS FILHO, 1999). Foi realizado o acompanhamento diário da temperatura através de termo-higrômetro ($\pm 0,5$ °C de variação).

Após o período de exposição, as sementes foram conduzidas para análise, seguindo a metodologia descrita para o ensaio de germinação, cujas etapas estão ilustradas na Figura 13. As sementes foram mantidas em germinador a 25 °C (± 1 °C) por 5 dias e o resultado foi expresso em percentual de plântulas normais, anormais e mortas. O teste também seguiu as recomendações das Regras para Análises de Sementes, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

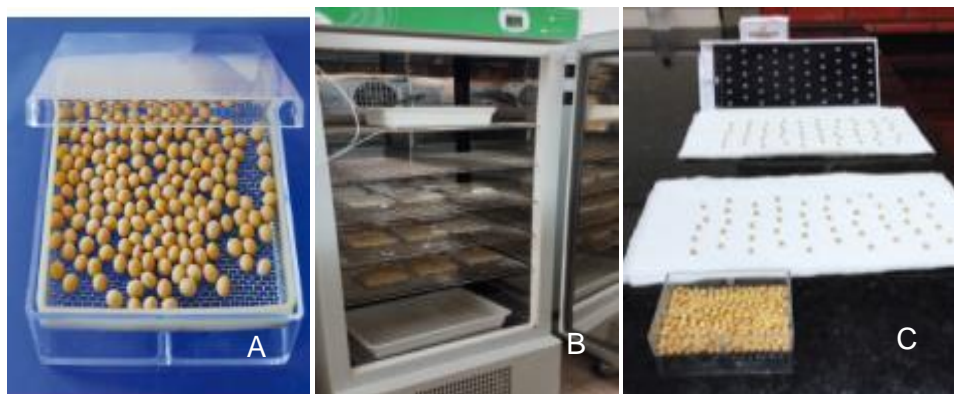


Figura 13 Ilustração da instalação no ensaio de envelhecimento acelerado.

Nota: A - Sementes alocadas em minicâmaras tipo Gerbox; B - Distribuição dos Gerbox na B.O.D; C - Demonstração da instalação do teste, após o período de exposição das sementes.

4.7.6 Massa seca

Para determinação da massa seca foram utilizadas plântulas normais, obtidas conforme o teste germinação, semeadas em papel Germitest, com 20 sementes (Figura 14A). No quarto dia de emergência, foram separadas em parte aéreas e raízes, sendo plúmula, cotilédones e hipocótilo considerados como parte aérea. As plântulas anormais e mortas foram registradas e descartadas (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 2020).

As partes aéreas e raízes foram acondicionadas em sacos de papel para secagem em estufa termoelétrica tipo BOD, regulada a 80 °C, até a desidratação completa (Figura 14B). Após esse período, as amostras foram retiradas da estufa, pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g (NAKAGAWA, 1999) e determinada a massa de matéria seca total das plântulas normais em cada tratamento.

A massa seca foi dividida pelo número de plântulas normais, resultando na massa seca média por planta. O mesmo procedimento foi feito para a massa seca da parte aérea (Figura 14D) e para a massa seca do sistema radicular (Figura 14C). Os resultados foram expressos em gramas (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 2020).

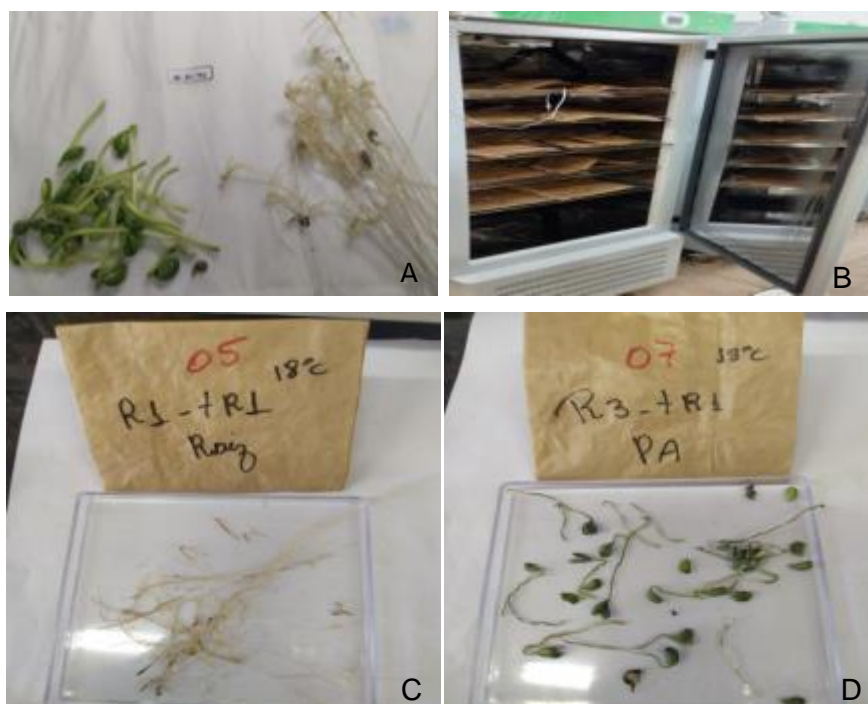


Figura 14 Etapas da determinação da massa seca de plântulas de soja.

Nota: A - Plântulas separadas em parte aéreas e sistema radicular; B - Distribuição das plântulas para desidratação; C - Sistema radicular de plântulas de soja após a desidratação; D - parte aérea (sistema apical) de plântulas após a desidratação.

4.7.7 Emergência de plântulas em canteiro em substrato de areia

Para a emergência das plântulas dos diferentes tratamentos, foram utilizados canteiros em substrato de areia em estufa, tipo casa de vegetação (Figura 15A), com temperatura não controlada (temperatura ambiente). Na semeadura (Figura 15B), foram abertos orifícios na areia com o auxílio de tabuleiro de madeira específico para semeadura, com 3 cm de profundidade e espaçamento de 3 cm entre si, com duas subamostras de 50 sementes, totalizando 100 sementes para cada ensaio amostral e 400 sementes para cada tratamento (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 2018).

Para obter homogeneidade, cuidados foram necessários, como irrigar um dia antes o local, com o intuito de uniformizar a umidade da areia e minimizar danos por embebição ou déficit hídrico. Após a semeadura, o sistema de irrigação foi por aspersão programado para irrigar três vezes ao dia durante o período do teste.

A avaliação foi realizada com 10 dias de emergência após a instalação do teste, para todos os períodos em estudo (Figura 15C e 15D). Para a avaliação foi feito o arranquio de todas as plântulas, incluindo todas as estruturas, como sistema apical (cotilédones, plúmula, hipocótilo) e sistema radicular. O resultado foi expresso em percentual de plântulas emergidas, plântulas anormais e mortas (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 2020).



Figura 15 Demonstração das etapas para o ensaio de emergência em areia.

Nota: A - Preparação da casa de vegetação-irrigação; B - Semeadura das sementes de soja; C - Emergência das plântulas; D – Avaliação das plântulas emergidas.

4.7.8 Análise estatística

Após as análises fisiológicas, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com 5% de significância pelo teste de F, seguido de teste Tukey, com intuito de verificar se as temperaturas aplicadas no início do armazenamento das sementes (12 °C, 15 °C, 18 °C e a testemunha (32 °C)) e/ou os períodos de análises (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, e 49 dias) ou suas interações apresentaram diferenças significativas nas variáveis analisadas.

Para verificar as pressuposições básicas para análise de variância (ANOVA), foram realizados os testes de normalidade Shapiro Wilk (RYAN; JOINER, 1976) e igualdade de variâncias pelo teste de Bartlett (BARTLLET, 1937), ambos com 5 % de significância. Para as variáveis que não atenderam aos pressupostos foi aplicada a transformação de Box e Cox (BOX; COX, 1964).

Como análises multivariadas, foi realizada a análise de agrupamento, para definir grupos de tratamentos similares entre si, com uso do dendrograma para expressar os

resultados. Também foi realizada a Análise de Componentes Principais (ACP), visando observar, de maneira geral, algum padrão de resultados entre os tratamentos e variáveis respostas. Para a análise de componentes principais foram utilizados os pacotes FactoMineR (HUSSON; JOSSE; MAZET, 2008) e factoextra (KASSAMBARA; MUNDT, 2020). A partir da matriz de correlação, foram calculados os autovalores autovetores (combinação linear dos parâmetros avaliados). Os resultados foram expressos pelo gráfico bidimensional (Biplot).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do *Software R* (R CORE TEAM, 2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização inicial

Os resultados da caracterização da qualidade fisiológica das sementes do lote, realizada no início do período de armazenagem, considerados como resultados controle estão apresentados na Tabela 1. Constatou-se que a germinação foi de 98%, com plântulas normais vigorosas. No teste de tetrazólio, a maioria das sementes avaliadas se apresentaram sem danos. Porém, com vigor médio, observado no envelhecimento acelerado, com plântulas com danos causados por umidade e danos mecânicos.

Tabela 1 Características iniciais da qualidade fisiológica das sementes

Análises	Valor médio (%)
Germinação	98
Vigor – Envelhecimento acelerado 48h - 41 °C	83
Tetrazólio - Viabilidade	93
Tetrazólio - Vigor	90

Nota: Geminação: 400 sementes; Envelhecimento acelerado: 200 sementes; Tetrazólio: 100 sementes.

A qualidade das sementes é garantida por meio de padrões mínimos estabelecidos e controlados por meio de normas de produção e comercialização. Tais fatores contribuem para que níveis altos de produtividade sejam alcançados (MARCONDES; MIGLIORANZA; FONSECA, 2005; KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 2018). Considerando o ano da safra 2020/2021 um ano atípico para o sucesso das lavouras, as condições adversas do clima (estresse hídrico) impossibilitaram os produtores de obterem maior qualidade das sementes, em algumas regiões do estado do Paraná.

De acordo com França Neto et al. (2007), um dos grandes desafios para o setor sementeiro, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais no Brasil é a produção de sementes de soja com elevada qualidade. Essas regiões apresentam clima quente e úmido, ocorrendo danos por deterioração e perda da viabilidade em curtos períodos, sendo necessária a adoção de técnicas que viabilizem a produção das sementes.

A semeadura deve ser realizada em períodos recomendados para que as sementes não fiquem expostas às intempéries climáticas, além de controlar insetos e microrganismos. Também é necessária a regulação adequada dos equipamentos durante o plantio, colheita e

beneficiamento, assim como a utilização de genótipos adequados para cada região (FRANÇA NETO et al., 2016).

5.2 Correlação entre as temperaturas do ambiente de armazenamento e as temperaturas da massa das sementes armazenadas

As temperaturas dentro do armazém convencional, em que as sementes foram armazenadas no período deste estudo, foram monitoradas diariamente com auxílio do termo-higrômetro digital, localizado próximo às unidades experimentais, durante os dias de armazenamento, por 49 dias que foi o último dia de verificação.

Os dados registrados são apresentados na Figura 16 e permitirão observar pequenas oscilações de temperaturas ao longo do período de condução do experimento, influenciada pelo ambiente (armazém) no qual foram armazenadas as unidades experimentais. O ambiente interno do armazém não é resfriado, nem controlado, contudo possui isolamento térmico, o que contribui para a redução da entrada ou saída de calor de um ambiente para o outro, resultando em temperaturas mais próximas da ideal, impedindo maior flutuação de temperatura. Essas realidades são encontradas em muitas empresas sementeiras no Brasil.

Os dados coletados relativos às temperaturas do interior do armazém estão apresentados na Figura 16. As variações ao longo do período de observação se deram em decorrência das condições ambientais do município de Cascavel- PR, com temperatura média de 20 °C. A média máxima foi de 26 °C e a mínima foi de 18 °C. Considerando que a média de temperatura ambiente é de 20 a 30 °C, em condições convencionais de armazenamento pode-se manter a qualidade fisiológica das sementes por mais tempo, pois a temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento está em torno de 30 °C (FARIAS; NEPOMUCENO, 2007).

Esses resultados estão dentro da normalidade esperada, em função das datas em que o experimento foi realizado, na estação do outono, que é considerada uma estação de transição, podendo ter diminuição da temperatura, umidade relativa do ar, ocorrência de nevoeiro e incidências de ventos, o que contribuiu para o decréscimo e a oscilação da temperatura no interior do armazém.

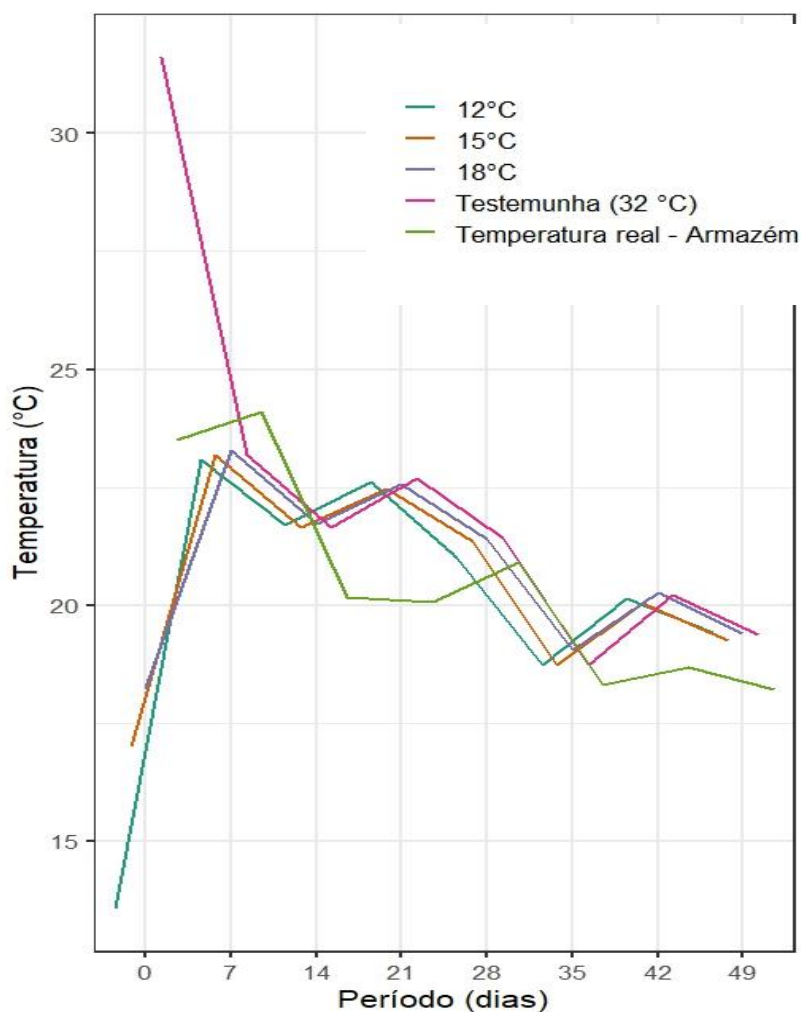


Figura 16 Temperatura média real (°C) do ambiente - armazém e a temperatura média das sementes para as diferentes temperaturas de resfriamento registradas no período de armazenamento.

Nota-se que, com o decorrer do período de armazenamento, as temperaturas das sementes foram se igualando naturalmente, em função da temperatura do ar interno do armazém durante o período de 49 dias. Resultados semelhantes foram encontrados por Calheiros (2014). Esse pesquisador verificou que, após 60 dias de armazenamento, as sementes artificialmente resfriadas haviam atingido a temperatura do ambiente ao qual foram submetidas.

Em relação às temperaturas da massa das sementes do período da pesquisa (Tabela 2), pode ser observado que, a partir do 7º dia, a temperatura do tratamento de 32 °C (testemunha), que não passou pela técnica de resfriamento dinâmico artificial, obteve resultados iguais aos demais tratamentos. O mesmo ocorreu com as sementes resfriadas a 12 °C. Para essas sementes, verificou-se que as menores temperaturas foram nos períodos de 35 e 49 dias de armazenamento.

Nota-se que a oscilação das temperaturas das sementes é semelhante, apresentando resultados (médias) estatisticamente iguais, com pequenas variações, para todos os tratamentos. A única diferença se encontra nos períodos das análises. Ou seja, as sementes de soja mantiveram boa estabilidade térmica durante o período de armazenagem.

As sementes apresentam higroscopicidade e de acordo com as variações de temperatura, pode ocorrer um processo de dessorção ou sorção de água entre as sementes e o ambiente (BAUDET; VILLELA, 2019). Diferentes relatos, registrados por Bordignon (2009) em experimentos para avaliar a qualidade fisiológica de sementes e a composição do óleo extraído de cultivares de soja, apontam que, durante todo o período do experimento, as oscilações dos fatores temperatura e umidade relativa do ar foram significativas, o que certamente alterou o conteúdo de água das sementes.

Ocorreu variação, com valores maiores (DP), nas temperaturas de 12 °C no período de 28 dias; na temperatura de 15 °C, além do período inicial (0), verificou-se variação igual entre os 28 dias e 49 dias; na temperatura 18 °C verificou-se variação aos 14 dias e nas sementes não resfriadas no período de 35 dias.

Tabela 2 Médias das temperaturas da massa das sementes, em cada período, para as diferentes temperaturas de resfriamento

Período (dias)	Temperaturas							
	12 °C	± DP	15 °C	± DP	18 °C	± DP	Test.- 32 °C	± DP
0	13,55Ae	0,1914	17,00Ae	0,8041	18, 22Ae	0,4425	31,62Aa	0,4787
7	23,07Aa	0,1258	23,17Aa	0,0500	23,27Ab	0,4500	23,17Ab	0,2872
14	21,70Ab	0,0816	21,65Ab	0,1000	21,72Ac	0,9574	21,65Ac	0,1290
21	22,62Aa	0,1707	22,47Aa	0,0957	22,57Ab	0,1258	22,70Ab	0,0816
28	21,00Ab	0,7430	21,35Ab	0,1914	21,40Ac	0,3915	21,42Ac	0,4349
35	18,72Ad	0,3201	18,72Ad	0,1500	19,05Ae	0,3872	18,72Ae	0,6751
42	20,15Ac	0,1290	20,05Ac	0,0577	20,27Ad	0,1258	20,22Ad	0,1258
49	19,42Ad	0,1892	19,25Ad	0,1914	19,40Ae	0,1414	19,37Ae	0,1258

Nota: Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha (níveis de temperatura) e mesma letra minúscula na coluna (período) não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verificou-se que as sementes resfriadas artificialmente e as sementes não resfriadas (testemunha) mantiveram valores de temperaturas em níveis adequados à prática de conservação de sementes, ao longo de todo período da pesquisa, realizada na região de Cascavel - PR, em função da temperatura interna do armazém.

5.3 Umidade relativa do ambiente de armazenamento e teor de água das sementes armazenadas

A umidade relativa do ar (UR) do armazém em que as sementes foram acondicionadas também sofreu influência do ambiente da região de Cascavel - PR. A média da umidade relativa do ambiente foi de 56%, com a máxima de 62% e a mínima de 50%, registradas entre os meses em que as sementes foram armazenadas. Essas médias são consideradas aceitáveis para o armazenamento por longos períodos e para conservação de qualidade fisiológica de sementes de soja. Bordignon (2009), ao estudar a relação das condições de armazenamento com a qualidade fisiológica de sementes de diferentes cultivares de soja observou que as médias encontradas foram acima de 73,3%, podendo chegar até 98% de umidade relativa do ar.

Segundo Elias, Oliveira e Vanier (2017), o teor de água das sementes ou grãos armazenados pode aumentar rapidamente, quando em contato com umidade relativa do ar superior a 70%. Deve-se considerar que, em todo o período deste experimento, as oscilações desses dois fatores (temperatura e umidade relativa do ar) foram relativamente pequenas, o que certamente teve pouca influência no conteúdo de água das sementes. Verifica-se que, após 21 dias de armazenamento, não houve diferenças estatísticas entre as diferentes temperaturas (resfriamentos). Resultados semelhantes foram encontrados por SILVA (2021), ao pesquisar a qualidade fisiológica de sementes de soja mantidas em diferentes condições de armazenamento.

Em relação às médias para os níveis de período, para cada temperatura, nota-se os teores de água para todos os tratamentos (Coluna 10) foram entre 15,73 e 17,24 % b.u. e as médias para as diferentes temperaturas para todos os períodos foram entre 16,11 e 16,98 % b.u. (Linha 11), conforme se verifica na Tabela 3. Entretanto, não são significativos para todos os tempos. Pode-se sugerir que nos maiores períodos de armazenamento, esse decréscimo pode até se tornar significativo futuramente, entretanto, com os dados obtidos nesta pesquisa, não é possível avaliar esse fator.

Pesquisas preconizam que o teor de água de referência para armazenamento é de 13%, segundo Souza et al. (2018), e 12% para Smaniotta et al. (2014), pois mantém as sementes com maior qualidade, sendo recomendado para conservação do vigor das sementes de soja por mais tempo.

As médias do teor de água, registradas na Tabela 3, das sementes são significativas, pois continuaram superiores até os últimos dias de armazenamento. As maiores médias foram para o período de 7 dias (Linha 4) e as menores médias foram no período de 49 dias (Linha 10). A maior variação do desvio padrão foi de 0,61 no período de 49 dias (Linha 9,

coluna 11), dados não homogêneos, conforme foi passando o tempo, quando comparados os períodos para diferentes temperaturas de resfriamento (18, 15 e 18 °C). Dados já esperados para um local de armazenamento de sementes sem controles de temperatura e umidade relativa do ar.

Resultados diferentes encontrados por Souza (2020), ao estudar a qualidade fisiológica e física de sementes de soja submetidas a diferentes condições de secagem e armazenamento, em que o teor de água das sementes analisadas se manteve uniforme na faixa de 10% (b.u.), indicando que houve boa condução no processo de secagem e a qualidade fisiológica se conservou por mais tempo.

Tabela 3 Médias e desvio padrão do teor de água das sementes a cada 7 dias, durante o período em que as sementes foram armazenadas

Período (dias)	Temperaturas								Médias ± DP	
	12 °C	± DP	15 °C	± DP	18 °C	± DP	Testemunha (32 °C)	± DP		
0	16,20 Cab	0,16	16,40 BCab	0,08	17,37 Ba	0,15	18,50 Aa	0,62	17,12	0,25
7	16,57 Ba	0,09	16,70 Ba	0,08	17,45 ABa	0,26	18,22 Aa	0,45	17,24	0,22
14	16,47 Ba	0,29	16,50 Bab	0,08	17,25 ABab	0,26	17,72 Aab	0,57	16,99	0,30
21	16,25 Aab	0,26	16,55 Aab	0,06	17,05 Aabc	0,29	17,17 Abc	0,57	16,76	0,30
28	16,15 Aab	0,27	16,27 Aab	0,18	16,80 Aabc	0,33	16,75 Acd	0,87	16,49	0,41
35	15,95 Aab	0,34	16,22 Aab	0,05	16,52 Aabc	0,40	16,07 Ade	1,28	16,19	0,52
42	15,87 Aab	0,19	16,22 Aab	0,38	16,32 Abc	0,33	15,82 Ade	1,48	16,06	0,60
49	15,45 Ab	0,65	15,62 Ab	0,21	16,27 Ac	0,47	15,57 Ae	1,10	15,73	0,61
Médias	16,11	0,28	16,31	0,14	16,88	0,31	16,98	0,87	16,57	0,40

Nota: Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha (níveis de temperatura) e mesma letra minúscula na coluna (período) não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Figura 17 são apresentados os teores de água para os tratamentos juntamente com os valores médios de umidade relativa do armazém no período do estudo. Verifica-se que, ao final do período de armazenamento, o teor de água das sementes de soja mantidas à temperatura ambiente (não resfriadas) foi igual ao das sementes resfriadas artificialmente. Apesar de a umidade relativa do armazém ser elevada, superior a 50% na maior parte do tempo, todos os tratamentos mantiveram teores de água abaixo de 18%.

De acordo com Silva (2019), durante o período de conservação, ocorreu naturalmente uma redistribuição de água no interior das sementes, considerando o ponto de equilíbrio higroscópico, à medida que aumenta a umidade relativa do ar, maior o teor de água das sementes e maior a sua predisposição à deterioração e ao desenvolvimento de fungos.

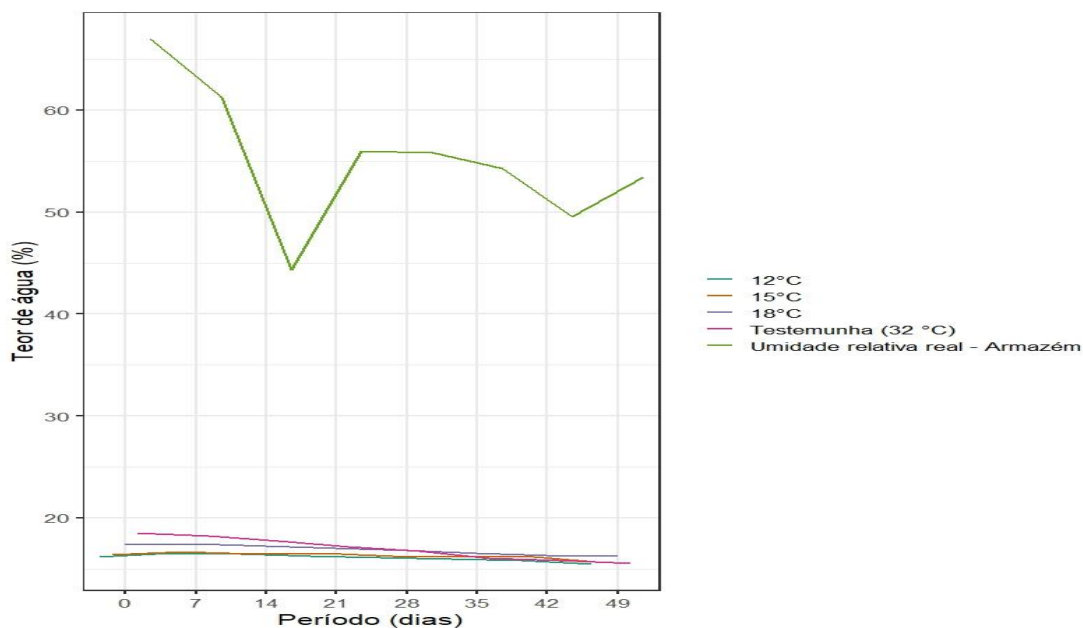


Figura 17 Relação do teor de água das sementes armazenadas e a umidade relativa do ambiente (armazém) do período da pesquisa.

A redução do teor de água pode estar relacionada com temperaturas mais elevadas, principalmente em regiões tropicais que permitem troca de vapor d'água com o ambiente, o que ocorre em razão das sementes serem higroscópicas, sujeitas aos processos de sorção, ou seja, seu teor de água está sempre em equilíbrio com a umidade relativa e com a temperatura do ar. Demito e Afonso (2009) relataram que o resfriamento pode diminuir o teor de água das sementes de soja e contribuir para retardar o processo de deterioração das mesmas.

O teor de água inicial acima de 14% (b.u.) influencia e podem ocorrer perdas na qualidade das sementes de soja, durante o armazenamento (LORINI et al., 2015). Os principais problemas encontrados são a proliferação de micro-organismos, como fungos e ou bactérias, insetos, roedores e o aumento da deterioração por umidade, que pode ser constante e muitas vezes compromete a viabilidade das sementes antes da semeadura seguinte.

Um fator importante a ser considerado com relação à umidade e à temperatura é a respiração de uma massa de sementes, que pode ter como consequência o umedecimento e a elevação da temperatura o que implica um aumento de consumo de reservas (PESKE; VILLELA; MENEGHELLO, 2012). Uma das alternativas é o resfriamento artificial, visando reduzir a intensidade dos processos respiratórios da massa de sementes (MAYER; NAVARRO, 2002).

5.4 Comparação entre o método da estufa a 105 °C/24horas e o método eletrônico para determinar o teor de água em sementes de soja

A determinação do teor de água é um procedimento fundamental na armazenagem, manutenção da qualidade e comercialização de grãos e ou sementes de soja. A relação entre os teores de água nas sementes, obtidos pelo método da estufa a 105 °C/24horas e pelo método eletrônico, medido com o determinador de grau de umidade modelo GAC 2100 - *Grain Analysis Computer*, está demonstrada na Figura 18. Nesse caso, nota-se uma correlação linear de 0,99, valor muito próximo a 1, o que sugere uma forte correlação linear positiva entre os dois métodos.

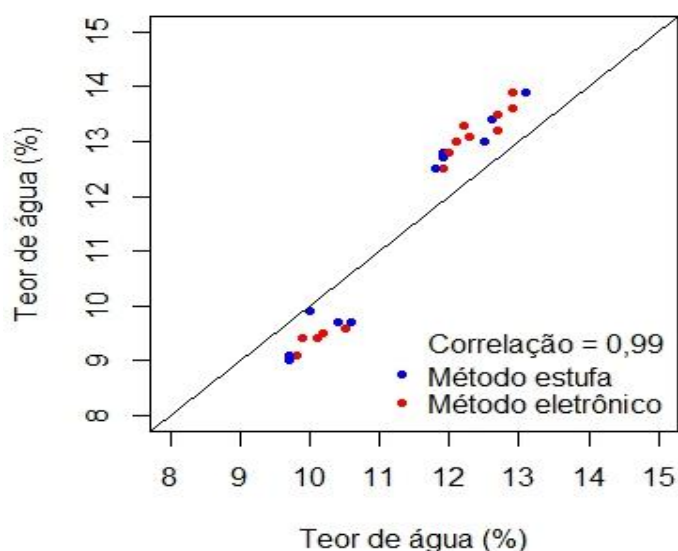


Figura 18 Resultados médios de grau de umidade (%) de sementes de soja, obtidos pelos métodos de estufa a 105 °C/24 h e com equipamento eletrônico medidor de teor de água.

Dessa forma, observa-se que o uso do equipamento eletrônico foi eficiente para determinar os teores de umidade das sementes de soja, pois demonstraram valores semelhantes ao método padrão da estufa (105 °C/24h) (BRASIL 2009). Cabe salientar que os métodos eletrônicos são considerados vantajosos por sua rapidez e praticidade na determinação do grau de umidade das sementes dessa espécie.

Devido à diversidade de métodos existentes para determinação do teor de água, internacionalmente não existe consenso sobre qual é o mais indicado como referência para aferição dos métodos. O Brasil adota o método estufa a 105 °C/24 horas para sementes de soja, conforme descrito nas Regras para análise de sementes - RAS (BRASIL, 2009), que

demonstrou ser mais eficaz no fornecimento de energia necessária para retirada de toda a água contida nas sementes.

5.5 Análises de pureza e determinação de outras sementes por número

As análises de pureza e determinação de outras sementes foram realizadas para identificar as características físicas do lote das sementes. Os resultados demonstram sementes homogêneas, com cor do hilo preta imperfeita, pequenos vestígios de danos de umidade, sem a presença de picadas de percevejos e sem sementes esverdeadas, que possam ser identificadas a olho nu. Foram consideradas como sementes puras, pois não apresentaram material inerte, como fragmentos de sementes ou plantas, pedras ou torrões, entre outros.

Diante desses parâmetros, considerou-se que as sementes avaliadas neste estudo apresentam os parâmetros máximos de pureza, que no caso foi de 100,0%, com todas as características físicas de sementes de alta qualidade (BRASIL, 2009).

Em relação ao ensaio de determinação de outras sementes por número, não foram identificadas outras espécies como, por exemplo, sementes cultivadas, silvestres, nocivas toleradas e/ou proibidas, seguindo as normativas para análise de sementes. Resultados semelhantes foram obtidos por Boles, Galiotto e Magno (2021), ao avaliarem a qualidade de sementes da safra 2019/2020, no município de Três de Maio, no Rio Grande do Sul-RS, com 5 lotes diferentes de soja. O resultado confirma uma maior porcentagem de sementes puras, o que pode contribuir para uma ótima semeadura, com melhor plantabilidade e redução de plantas daninhas.

5.6 Avaliações do teste de tetrazólio

O teste de tetrazólio é muito rico em informações, pois, além de determinar a porcentagem de vigor e viabilidade, permite diagnosticar as possíveis causas dos danos e as eventuais perdas (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 2018).

Neste estudo, os resultados para esse teste não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os diferentes tratamentos. No entanto, ocorreram médias altas de vigor e viabilidade (92 e 95%, respectivamente), caracterizando alta qualidade fisiológica,

resultados muito semelhantes quando comparados ao resultado controle, que foi de 90% para vigor e de 93% para viabilidade.

A Figura 19 demonstra o máximo vigor, com alto potencial, com sementes caracterizadas pela coloração uniforme e superficial, devido à penetração lenta da solução do sal de tetrazólio; a parte interna (entre os cotilédones) não apresenta coloração, todos os tecidos possuem aspectos normal e firme, comprovando serem sementes indicadas para a semeadura, com as características essenciais, que podem proporcionar rápida germinação, uniformidade de emergência e rápido crescimento de plântulas, pois não apresentam danos visíveis, como danos provocados por percevejos, danos mecânicos e danos por deterioração por umidade em nenhuma região das sementes.

Neste trabalho, o teste tetrazólio foi realizado somente para caracterização das sementes, aplicado somente no primeiro dia da pesquisa, logo após a definição das unidades experimentais com as diferentes temperaturas de resfriamento.



Figura 19 Sementes de soja da cultivar 59i60RSF IPRO no teste de tetrazólio com alto potencial, com sementes sem danos.

As sementes avaliadas pelo teste de tetrazólio demonstrado na Tabela 4, apresentaram médias maiores para sementes sem vestígios de danos, seguidas pelo dano de deterioração por umidade e dano de percevejo. Porém, com danos leves, sendo a maioria classificada na classe 3. Por fim, com a menor porcentagem de dano de mecânico, importante ressaltar que algumas sementes apresentaram mais de um tipo de dano.

Tabela 4 Porcentagem (%) de sementes sem danos e danos causados por deterioração por umidade, percevejo e mecânica

Tratamentos	Sem danos	D. P.	Umidade	D. P.	Percevejos	D. P.	Mecânicos	D. P.
Testemunha	53,2 a	5,7	36,5 ab	2,5	21,0 a	4,0	4,5 a	2,3
18 °C	54,2 ab	7,8	30,7 ab	8,8	24,5 a	1,5	3,0 a	0,8
15 °C	45,7 ab	3,5	44,0 b	4,9	15,0 a	3,6	3,0 a	1,4
12 °C	62,7 b	5,1	33,5 a	4,4	15,5 a	3,8	4,0 a	1,4

Notas: Médias seguidas das mesmas letras não diferem pelo teste F, a 5% de probabilidade. Desvio padrão - D.P.: valores obtidos pelo teste de tetrazólio, em 16 amostras de soja, sendo 4 subamostras de 100 sementes para as diferentes temperaturas, classificadas nas classes de 1 a 8.

O dano de deterioração por umidade (Figura 20B) ocorreu em uma porcentagem maior em relação aos demais danos encontrados, porém classificados como danos superficiais que se encontram nas classes 2 e 3, consideradas sementes de alto vigor. Segundo França Neto et al. (2016) e Krzyzanowski et al. (2020), isso ocorre pela exposição das sementes em condições adversas do ambiente, em ciclos de baixa e alta umidade, que antecedem a colheita, ocasionados por chuvas. Essa deterioração é mais intensa quando associada a altas temperaturas.

Os danos causados por percevejos são o segundo que mais se manifestou (Figura 20A). Percevejos são pragas comuns na cultura da soja e, quando em altas porcentagens, afetam severamente a qualidade das sementes, pois perfuram a vagem e a semente para se alimentar, resultando em futuras necroses nos cotilédones (FRANÇA NETO et al., 2016; KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 2020).

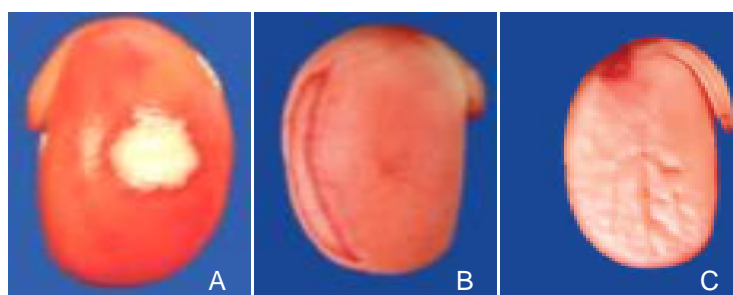


Figura 20 Danos ocasionados por percevejo (A), dano de umidade (B) e mecânico imediato (C) em sementes de soja no ensaio de tetrazólio

O dano mecânico que foi identificado nas amostras (3%) é o dano mecânico imediato (Figura 20C), pois apresentou trincas em algumas sementes que perderam viabilidade, sendo registradas na classe 7, consideradas sementes não viáveis. Geralmente, as causas desse dano são decorrentes de impactos físicos, como nas operações de colheita, beneficiamento de sementes e secagem que, dependendo da localidade do dano pode causar a morte da semente, impossibilitando o desenvolvimento das estruturas essenciais como sistema radicular, hipocótilo e plúmula das plântulas de soja.

No presente estudo as sementes não passaram por processo de beneficiamento e secagem. Logo, atribui-se o dano verificado à regulação da colheitadeira utilizada ou ao transporte. As sementes avaliadas não apresentaram dano mecânico latente em nenhuma das classes avaliadas, causados por impactos sofridos em sementes úmidas.

5.7 Avaliações da qualidade fisiológica para os ensaios de germinação

A realização do ensaio de germinação possibilitou determinar o potencial máximo de germinação do lote de sementes em estudo, no período dos 49 dias de armazenamento, em que foi verificado o desenvolvimento das estruturas necessárias para a formação de uma planta adulta normal e classificando em plântulas normais, anormais e sementes não germinadas (mortas), seguindo as Regras para análise de sementes - RAS (BRASIL, 2009).

Baseado na análise de variância dos quadrados médios, observa-se que não houve interação entre os fatores (temperatura e período de armazenamento) para as variáveis de germinação (G) de primeira contagem e germinação (PCG). Porém, os fatores temperatura e período foram significativos ($p < 0,05$) e foi aplicado o teste de comparação de médias, pelo teste Tukey dos efeitos simples dos fatores a 5% de significância, cujos resultados estão na Tabela 5. Para as variáveis emergência em areia (EMG), vigor de envelhecimento acelerado (EA), massa seca da parte aérea (MPA) e do sistema radicular (MSR) é possível observar que houve interação entre os fatores. O teste de normalidade realizado não é eficiente para avaliar as diferenças entre as médias, ele apenas verificou se a amostra deriva de uma população de dados normais.

Tabela 5 Resumo da análise de variância com os quadrados médios da primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), emergência em areia em casa de vegetação (EMG), vigor de envelhecimento acelerado (EA), massa seca da parte aérea (MPA) e massa seca do sistema radicular (MSR)

Fonte de variação	Quadrados médios						
	G.L.	PCG	G	EMG	EA	MPA	MSR
Temperatura	3	204.445***	93.362*	38.091*	680.53***	0.000019	0.024491*
Erro a	12	17.977	16.711	7.669	34.08	0.000025	0.004420
Período	7	269.320***	190.633***	92.535***	1319.60***	0.000108**	0.255459***
Temperatura x Período	21	17.136	5.594	14.663*	43.68***	0.000057*	0.014765**
Erro b	84	10.816	5.794	7.140	16.57	0.000031	0.006801
Médias	-	90.39	94,11	93,89	79.17	0.099	0.010
CV (%)							
Temperatura	-	4.69	4,34	2.94	7.37	5.02	1.45
Período	-	3.63	2.55	2.84	5,14	5.59	1.80

Notas: Nível de significância (0 ****) 0.001 (***) 0.01 (**); CV: Coeficiente de variação.

Os resultados do ensaio de germinação de 1ª contagem (PCG), também nominada como vigor de primeira contagem, realizado em conjunto com o ensaio de germinação, registrando a porcentagem de plântulas normais, que germinaram mais rapidamente, consideradas mais vigorosas. Demonstrados pelos pontos e uma possível linha de tendência do comportamento dos resultados ao longo do tempo em todos os períodos, estão ilustrados na Figura 21 no eixo y, em que se observa resultados com médias maiores no início dos períodos de armazenamento.

Resultados do ensaio de germinação, interação não significativa e efeito simples entre as temperaturas (Apêndice C) apresentaram médias superiores a 86,9% e média superior de 92,4% respectivamente. Os valores de médias menores foram observados no período final de armazenamento, como apresentado na Figura 21, onde a curva vai decaindo, conforme os períodos de armazenamento vão aumentando.

Na Figura 22 observa-se que, ao final de 49 dias de armazenamento de sementes de soja da cultivar em estudo, submetidas ao resfriamento entre 12, 15 e 18 °C, as sementes apresentaram diferenças percentuais de germinação em comparação às que não foram submetidas ao resfriamento (testemunha).

Verifica-se que o resfriamento das sementes manteve os resultados de germinação elevados, preservando a qualidade fisiológicas das sementes em relação à testemunha. Resultados semelhantes foram observados por Lander et al. (2022), em que a qualidade fisiológica foi superior em sementes de soja armazenadas em ambientes resfriados.

Feliceti et al. (2020) encontraram diferenças estatísticas entre 13 cultivares, para germinação e envelhecimento acelerado ao estudarem a qualidade fisiológica de sementes de soja em grupos distintos de maturidade. Em resultados obtidos por Silva et al. (2010), a germinação e o vigor das sementes diminuíram ao longo do período de armazenamento, independentemente do tipo de embalagem utilizada.

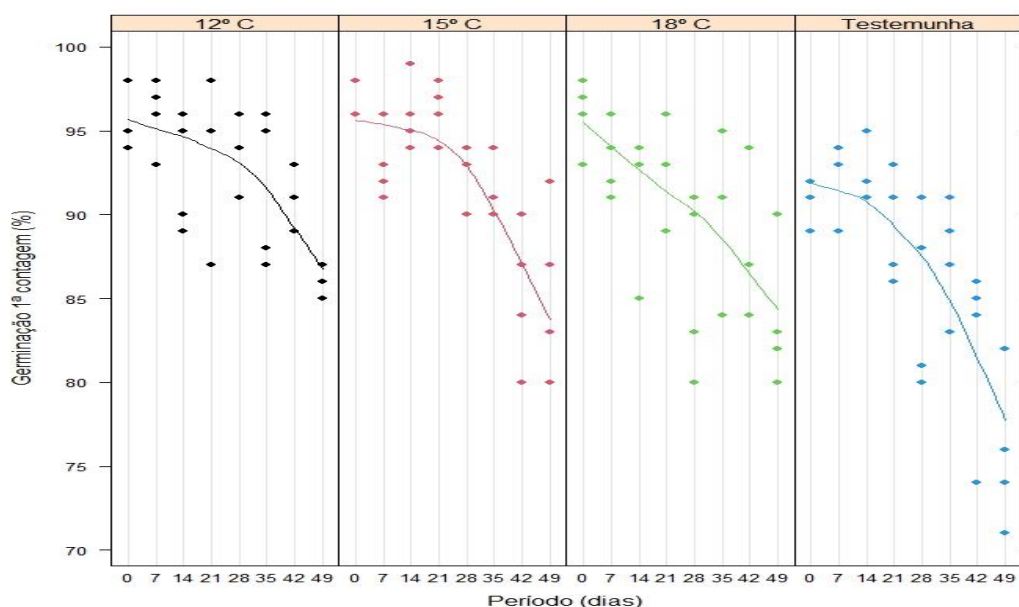


Figura 21 Ensaios de germinação 1^o contagem, para diferentes temperaturas para os períodos de armazenamento.

Pode-se observar nas Figuras 21, 22 e 23 que a germinação apresentou diferença no período final da pesquisa com médias mais baixas apresentando os menores resultados de germinação de 2^a contagem do estudo. Nos períodos iniciais, até os 28 dias, as médias para os ensaios de germinação, tanto de 1^o como de 2^o contagem, não apresentaram diferença significativa entre elas, com maior porcentagem de plântulas normais e vigorosas.

De acordo com Munizzi et al. (2010), sementes vigorosas possuem maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação.

Após o período de 28 dias de armazenamento pode-se observar que houve drástica redução do número de plântulas normais e médias mais baixas (inferiores), devido à maior presença de plântulas anormais e mortas. Resultados semelhantes encontrados por Kosak; (2022), ao avaliar o potencial de armazenamento de lotes de sementes salvas de soja de agricultores da região do Alto Uruguai e identificar a principal causa de perda de vigor.



Figura 22 Valores médios de germinação 2ª contagem, para diferentes temperaturas para os períodos de armazenamento.

Nota: Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais com 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Considerando que o padrão mínimo de germinação para comercializar sementes no Brasil, que é de 80% (BRASIL, 2013), esses resultados do ensaio atendem a todos os padrões para a espécie, indicando que as sementes possuem alto potencial fisiológico.

As principais anormalidades encontradas nos ensaios desta pesquisa foram plântulas com danos causados por umidade, que é o dano que pode evoluir, danos mecânicos e ausência do sistema radicular. Segundo Lander et al. (2022), a taxa de deterioração das sementes é influenciada por fatores genéticos, métodos de manejo e condições de armazenamento.

A ausência do sistema radicular resulta na aceleração do processo de deterioração e a uma maior exposição do tecido embrionário ao ambiente. Além disso, quanto maior for o período de armazenamento, maior será a porcentagem de plântulas anormais e mortas (MATHIAS et al., 2017). Isso corrobora o trabalho de Moreano et al. (2011) que afirmam que os danos que mais atuam na redução da qualidade podem evoluir conforme o tempo de armazenamento.

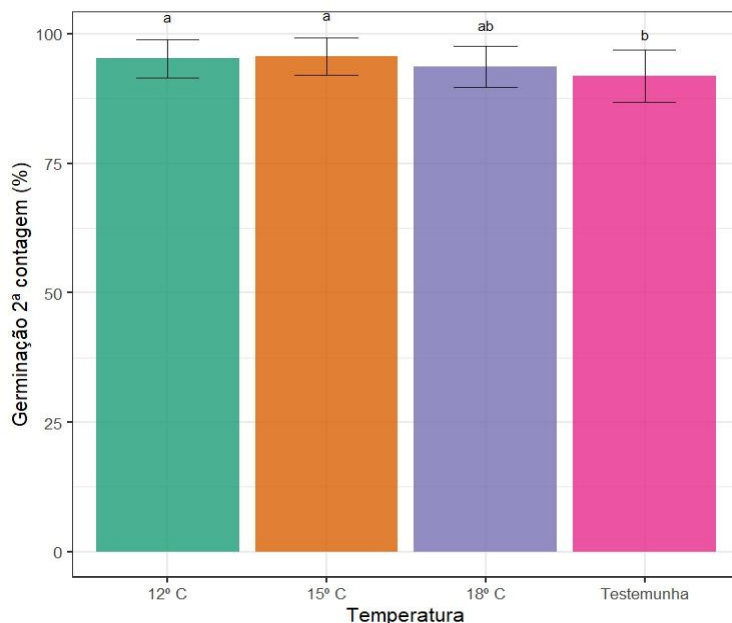


Figura 23 Valores médios de germinação 2^o contagem para diferentes temperaturas de armazenamento.

Nota: Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais com 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Os valores dos resultados para o ensaio de germinação de 2^a contagem, para as temperaturas de resfriamento de 12, 15 e 18 °C foram estatisticamente iguais, ou seja, pensando nos custos benefício, tempo para refrigerar, 18 °C pode ser mais viável, em relação à temperatura de 12 °C.

A safra 2020/21, na qual foram obtidas as sementes do presente estudo, foi a de um ano atípico, pois, no momento que as sementes estavam prontas para a colheita, teve início um período de chuva, após um longo período de seca. Todas essas mudanças ocasionaram perdas e danos, entre eles o dano por umidade, pelas flutuações no grau de umidade da semente, corroborando as causas citadas por França Neto et al. (2016) e, conseqüentemente, pode ter impactado na qualidade fisiológica, sendo a viabilidade a mais prejudicada. Resultados semelhantes foram encontrados por Daronch (2018), ao avaliar interações de resfriamento e armazenamento de sementes de soja, também observado por Lazaretti et al. (2020) ao avaliar o rendimento de grãos de soja e repetibilidade de plântulas.

As análises dos ensaios de germinação das sementes, em função do período de tempo de armazenamento, permitiram evidenciar que a germinação reduziu à medida que se avançou o armazenamento. Verifica-se que os percentuais de germinação se mantiveram elevados, por todo o período de 49 dias de pesquisa, para as diferentes temperaturas de resfriamento testadas (Apêndice E). Os resultados obtidos corroboram o trabalho de Canton (2010), em que a temperatura ideal de resfriamento de soja para conservar a qualidade

fisiológica por até 8 meses de armazenamento, foi de 15 °C no momento da embalagem, nas condições naturais em regiões do estado do Paraná.

A germinação das sementes de soja manteve sua qualidade durante os 49 dias de armazenamento. Entretanto, as sementes armazenadas não submetidas ao processo de resfriamento apresentaram uma acentuada queda na sua germinação, caindo de 97% para 84% de germinação (Apêndice E), ou seja, uma queda em torno de 13%, que foi maior quando comparada com as diferentes temperaturas de resfriamento em que se observam índices entre 10 e 11%, em relação ao primeiro dia e o último dia de armazenamento. Queda também de 14%, quando comparada ao resultado de germinação obtido ao realizar a caracterização inicial do lote como resultado controle. Esses resultados confirmam o benefício do resfriamento dinâmico das sementes nesse período.

5.8 Avaliação dos ensaios de emergência de plântulas em canteiros de areia

A emergência das plântulas em areia confirma a manutenção da qualidade das sementes submetidas ao resfriamento nos períodos que foram armazenadas. Pela análise de variância (ANOVA), constatou-se que houve interação entre os fatores (temperatura e período), por isso, foi aplicado o desdobramento da interação, cujos resultados podem ser observados na Figura 24 e no Apêndice G.

Foram obtidos resultados de médias gerais de plântulas normais, para as diferentes temperaturas e períodos entre 87,7 e 99,2%, apresentados na Figura 24 e no Apêndice G, em que a temperatura e a umidade não foram controladas no período da execução do ensaio. Esses resultados indicam que as condições climáticas, durante a condução do teste de emergência de plântulas, supriram as necessidades das sementes e que o ensaio foi bem conduzido, sob condições satisfatórias para a cultura, fornecendo a capacidade das sementes produzir futuras plantas fortes e vigorosas em campo. Além disso, indicam a maior capacidade das sementes de alto vigor em germinar e proporcionar a emergência rápida das plântulas, funcionamento de organelas, aproveitamento dos recursos do meio do cultivo e das reservas contidas nas sementes (KOCH, 2019).

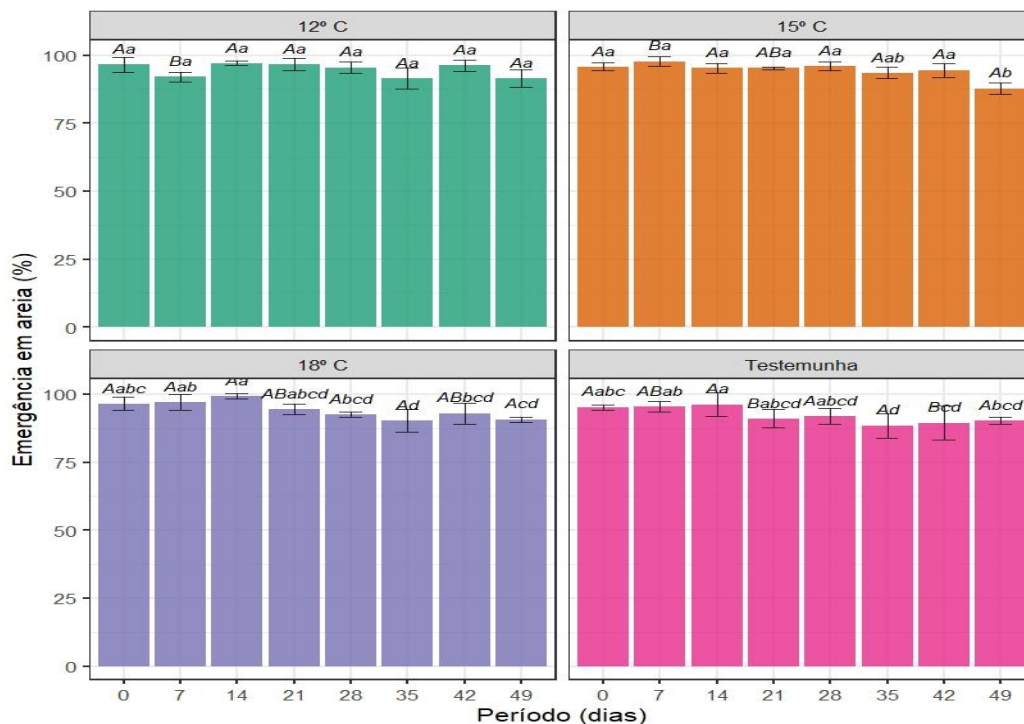


Figura 24 Emergência em areia para sementes de soja em condições de resfriamento artificial antes do armazenamento em substituição ao processo de areação.

Notas: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas indicam médias iguais para os níveis de temperatura em cada período. Letras minúsculas indicam médias iguais para os níveis de período para cada temperatura.

Na Figura 24, verifica-se que há indicativos de uma diminuição na porcentagem média das plântulas normais e maiores valores de desvio padrão, após 35 dias de armazenamento. É importante ressaltar que, para as sementes com resfriamento artificial, os valores são superiores em relação às sementes não resfriadas (Testemunha - 32 °C).

Sendo que o maior índice de velocidade de emergência é resultado das sementes que possibilitaram que as plantas obtivessem maior capacidade de expressar seu máximo potencial produtivo (CARVALHO et al., 2020).

Resultados diferentes foram encontrados por Balbinot et al. (2001), com diferença significativa na velocidade de emergência entre cultivares de sementes de arroz, as quais, possivelmente, estão associadas às características genéticas das cultivares, em que a baixa velocidade de emergência das sementes se deve ao fato de que, durante o processo germinativo, antes de darem início ao crescimento do eixo embrionário, promovem a restauração das organelas e tecidos danificados, consumindo tempo nesse processo e ampliando o período de tempo total para que a emergência ocorra.

5.9 Avaliação do teste de envelhecimento acelerado (vigor)

No teste de envelhecimento acelerado (EA), considerado teste de resistência ao estresse, tendo relação com a capacidade da semente metabolizar e utilizar reservas, reorganizar membranas celulares e formar uma nova planta (BIGOLIN et al., 2022), houve interação significativa entre os fatores, temperaturas e período. Os resultados são apresentados na Tabela 5.

Nota-se que as médias foram menores, conforme foi aumentando o período de armazenamento. Claramente, evidencia-se a perda de vigor decorrente da alta taxa de respiração e consumo das reservas, acelerando os processos metabólicos que levaram à deterioração das sementes, devido ao período de exposição à umidade relativa do ar e à alta temperatura (TORRES; MARCOS FILHO, 2001; CARDOSO, 2012), para os maiores períodos de armazenamento, o que pode ser mais fortemente evidenciado a partir de 21 dias.

A utilização de sementes de soja de baixo vigor pode reduzir a velocidade de emergência e a uniformidade das plântulas, com aumento da ocorrência de plântulas anormais (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 2020).

Sementes com alto vigor possuem maiores teores de amido, proteínas e açúcares solúveis, maior reserva durante o período inicial de germinação com plântulas de melhor desempenho e são constituídas por sementes com bom potencial de armazenamento. Contudo, deve-se salientar que o vigor expressa um potencial e sua manifestação depende muito das condições de ambiente (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 2018).

Aos 49 dias ocorreu o período com as menores médias (Tabela 6), para todas as temperaturas, para o teste de vigor; na testemunha (sementes não resfriadas) houve a maior diferença significativa, tendo germinação em EA de 56% (redução de 27%), podendo ser classificada como semente de menor vigor, seguida pelas sementes resfriadas a 18 °C com médias 58% (queda de 25%), as sementes resfriadas a 15 °C com 71% (queda de 12%), as sementes com melhor média resfriada a 12 °C com 73% (queda de 10%), quando comparadas ao resultado controle que foi de 83%, relacionada às condições quentes e úmidas que podem comprometer severamente o vigor das sementes, uma vez que a respiração intensa pode consumir quase todo o material de reserva.

Tabela 6 Ensaio de envelhecimento acelerado (vigor), para os diferentes períodos para cada temperatura

Período (dias)	Temperatura								Médias	± DP
	12 °C	± DP	15 °C	± DP	18 °C	± DP	Testemunha (32 °C)	± DP		
0	91,50 Aa	1,00	92,25 Aa	2,50	91,50 Aa	3,69	89,00 Aa	3,16	91,06	2,59
7	85,75 Aab	3,20	86,00 Aa	1,41	85,75 Aa	2,06	78,50 Ab	2,64	84,00	2,33
14	88,00 ABa	3,37	90,25 Aa	1,71	88,75 Aa	2,36	80,50 Bb	3,51	86,88	2,74
21	90,00 Aa	5,60	87,25 Aa	3,77	84,00 Aa	2,45	75,00 Bbc	4,09	84,06	3,98
28	83,00 Aabc	4,08	85,25 Aab	2,06	74,75 Bb	3,77	74,25 Bbc	6,94	79,31	4,21
35	76,00 Acd	4,08	76,50 Abc	6,45	63,00 Bc	1,41	67,25 Bc	4,50	70,69	4,11
42	78,25 Abcd	4,57	73,25 Abd	5,06	73,75 Ab	1,26	67,25 Bc	7,72	73,13	4,65
49	72,75 Ad	5,12	70,50 Ac	5,44	58,25 Bc	7,85	55,75 Bd	7,50	64,31	6,48
Médias	83,16	3,88	82,66	3,55	77,47	3,11	73,44	5,01	79,18	3,89

Nota: Médias seguidas da mesma letra Maiúsculas na linha (níveis de temperatura) e minúsculas na coluna (período), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foi observada maior porcentagem de plântulas infectadas por fungos, plântulas anormais e mortas, quando comparadas às sementes avaliadas em poucos dias de armazenamento, que obtiveram médias superiores a 84%. As plântulas anormais encontradas apresentaram danos causados por umidade, dano mecânico, ausência do sistema radicular e ausência de raízes secundárias de maior porcentagem para menor, respectivamente. Resultados que corroboram os de Demito (2006), em que, ao final de 140 dias de armazenamento, as sementes de soja da cultivar BRS 184, submetidas ao resfriamento dinâmico entre 12 e 15 °C, apresentaram maiores porcentagens nas análises fisiológicas, em comparação às sementes não submetidas ao resfriamento dinâmico.

Na Tabela 6 pode-se observar também a diferença nos resultados do teste de envelhecimento acelerado com relação às temperaturas de resfriamento das sementes, sendo que as sementes resfriadas a 18 °C apresentaram menor vigor em todas as épocas de análise, seguidas pelas resfriadas a 15 °C, mostrando as sementes resfriadas a 12 °C um melhor resultado no final do período de armazenamento. Esses resultados confirmam o efeito das condições de armazenamento na qualidade das sementes inicialmente resfriadas que apresentaram melhor desempenho das plântulas.

5.10 Avaliação da massa de matéria seca

Os resultados de matéria seca da parte aérea (Tabela 7) não apresentaram diferença estatisticamente significativa, em relação aos níveis de temperatura em cada período para as temperaturas de 12, 15, 18 e 32 °C nem para as médias dos períodos em relação às temperaturas. Porém, pode-se observar nas sementes não resfriadas (32 °C), resultados inferiores, isso ocorre porque apresentam plântulas com estruturas menores (fracas), em relação aos outros tratamentos.

Tabela 7 Massa de matéria seca (g) da parte aérea das sementes de soja, em função dos períodos de armazenamento e das temperaturas de resfriamento

Período (dias)	Temperaturas								Médias	± DP
	12 °C	± DP	15 °C	± DP	18 °C	± DP	Testemunha (32 °C)	± DP		
0	0,0985 Aa	0,0013	0,0969 Abc	0,0056	0,0954 Aa	0,0025	0,0967 Aa	0,0071	0,0969	0,0041
7	0,1007 ABa	0,0067	0,1096 Aa	0,0003	0,0994 Ba	0,0005	0,097 Ba	0,0126	0,1017	0,0050
14	0,0926 ABa	0,0026	0,0886 Bc	0,0105	0,0962 ABa	0,0049	0,1005 Aa	0,0032	0,0945	0,0053
21	0,1021 Aa	0,0019	0,1015 Aab	0,0023	0,1021 Aa	0,0059	0,0991 Aa	0,0037	0,1012	0,0035
28	0,0943 Ba	0,0078	0,0979 ABabc	0,0060	0,1080 Aa	0,0084	0,1022 ABa	0,0047	0,1006	0,0067
35	0,0979 Aa	0,0009	0,0090 Aabc	0,0038	0,1009 Aa	0,0037	0,0987 Aa	0,0045	0,0766	0,0032
42	0,1014 Aa	0,0018	0,1011 Aab	0,0049	0,1007 Aa	0,0088	0,1045 Aa	0,0037	0,1019	0,0048
49	0,0994 Aa	0,0018	0,1031 Aab	0,0022	0,9700 Aa	0,0073	0,1006 Aa	0,0059	0,3183	0,0043
Médias	0,0984	0,0031	0,0885	0,0045	0,2091	0,0053	0,0999	0,0057	0,1240	0,0046

Nota: Médias seguidas da mesma letra maiúsculas na linha (níveis de temperatura) e minúsculas na coluna (período) não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Cunha et al. (2019) observaram diferenças estatísticas entre os tratamentos para a variável matéria seca de parte aérea, apenas na avaliação de 30 dias de armazenamento, avaliando o potencial de armazenamento de sementes de soja quimicamente tratadas.

Quanto à massa seca do sistema radicular das plântulas analisadas (Apêndice J), foi possível observar interação estatisticamente significativa entre os fatores, sendo aplicado o desdobramento da interação. Foram obtidos resultados muito próximos, demonstrando que não houve diferenças significativas em comparação às temperaturas para cada período, em que os valores estão entre 0,008 até 0,012, sendo que no período de 35 dias as médias foram iguais entre si. Esses resultados colaboram os encontrados por Koch (2019), que notou a produção de massa seca total em plantas de trigo provenientes de sementes com diferentes níveis de vigor superior, para plantas oriundas de sementes de alto vigor e mantidas em capacidade de campo.

Kotz (2019), ao avaliar a qualidade de sementes em vários pontos da planta, constatou que a massa seca também apresentou resultados estatisticamente iguais, sendo que a parte superior mostrou melhores médias, em relação à parte inferior das plantas.

Peske, Villela e Meneghello (2012) observaram que a massa seca superior em plântulas pode manter estreita relação com o vigor da semente, assim como tolerância ao estresse ambiental.

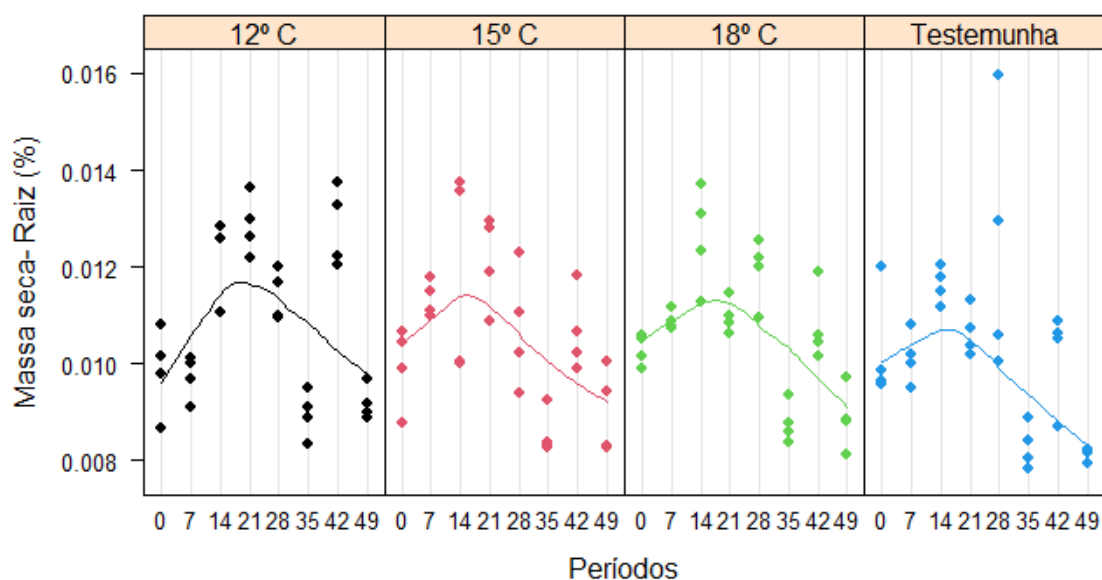


Figura 25 Massa de matéria seca (g) do sistema radicular das sementes de soja, em função dos períodos de armazenamento e das temperaturas de resfriamento.

Os valores da taxa de produção de massa seca se mantiveram inferiores nas sementes não resfriadas (testemunha - 32 °C). Isso ocorre em razão da baixa produção de massa seca total dos tratamentos para todos os períodos.

5.11 Análise multivariada de dados

A análise de componentes principais é uma técnica de análise multivariada dos dados e foi aplicada para as seis variáveis em estudo. Obtiveram-se dois componentes principais: componente principal 1, com 65,2 % da variabilidade total dos dados; componente principal 2 com 17,8 % da variabilidade, totalizando 83 % da variabilidade explicada dos dados. De acordo com Jolliffe (2002), é aceitável variabilidade explicada a partir de 80%. Porcentagem superior foi encontrada por Costa e Novembre (2019) que, por meio dessa técnica, encontraram 90,87% da variabilidade de potencial fisiológico de sementes de arroz.

Visualiza-se que na Figura 26 que as variáveis positivamente relacionadas estão agrupadas no mesmo quadrante, sendo elas: massa seca de raiz (MS_raiz), emergência em areia, germinação de 1ª e 2ª contagem e vigor de envelhecimento acelerado (EA 48h). Pode-se supor que as variáveis estão relacionadas entre si, pois os seus respectivos vetores

se encontram no mesmo quadrante, na mesma direção e próximos entre si. No gráfico biplot, em que os tratamentos com diferentes temperaturas e períodos estão representados por pontos (autovetores) e os parâmetros avaliados (os ensaios) por setas (autovetores), é possível identificar quais tratamentos e períodos se destacam em relação às variáveis respostas.

Da mesma maneira observa-se que os tratamentos nos períodos de 0, 7, 14, 21 dias encontram-se próximos dos vetores para as variáveis emergência em área, vigor de envelhecimento acelerado e germinação de 1ª e 2ª contagem. Isso sugere que essas variáveis apresentam melhores desempenhos e maiores valores. As variáveis negativamente relacionadas são posicionadas em lados opostos da origem do gráfico aonde pode ser observada massa seca da parte aérea. No entanto, os tratamentos nos períodos de 35, 42 e 49 dias se encontram em direção oposta aos vetores das variáveis. Isso sugere que nesses períodos os valores para essas variáveis foram menores, valores com médias mais baixas.

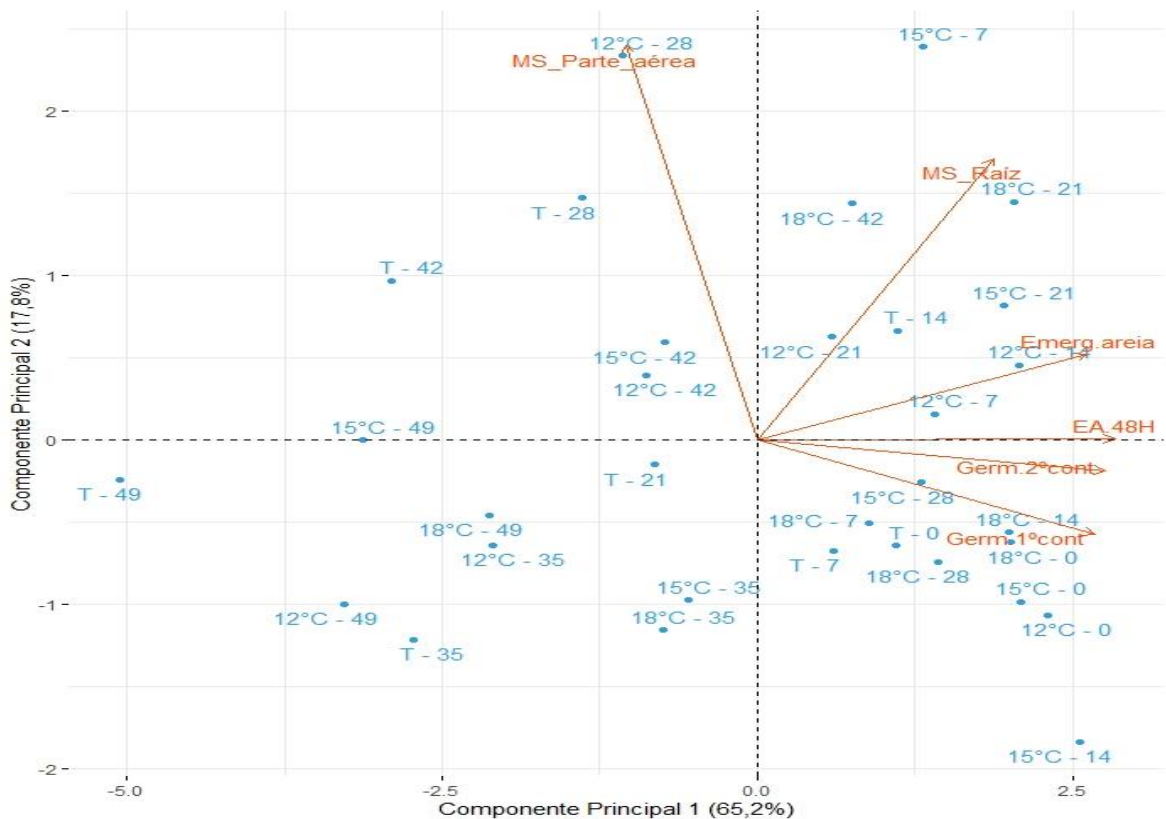


Figura 26 Biplot das variáveis dos conjuntos de dados levantados.

Esses dados complementam as análises das sessões anteriores (análise estatística univariada), em que o fator período de armazenamento foi mais significativo do que o fator temperatura de resfriamento.

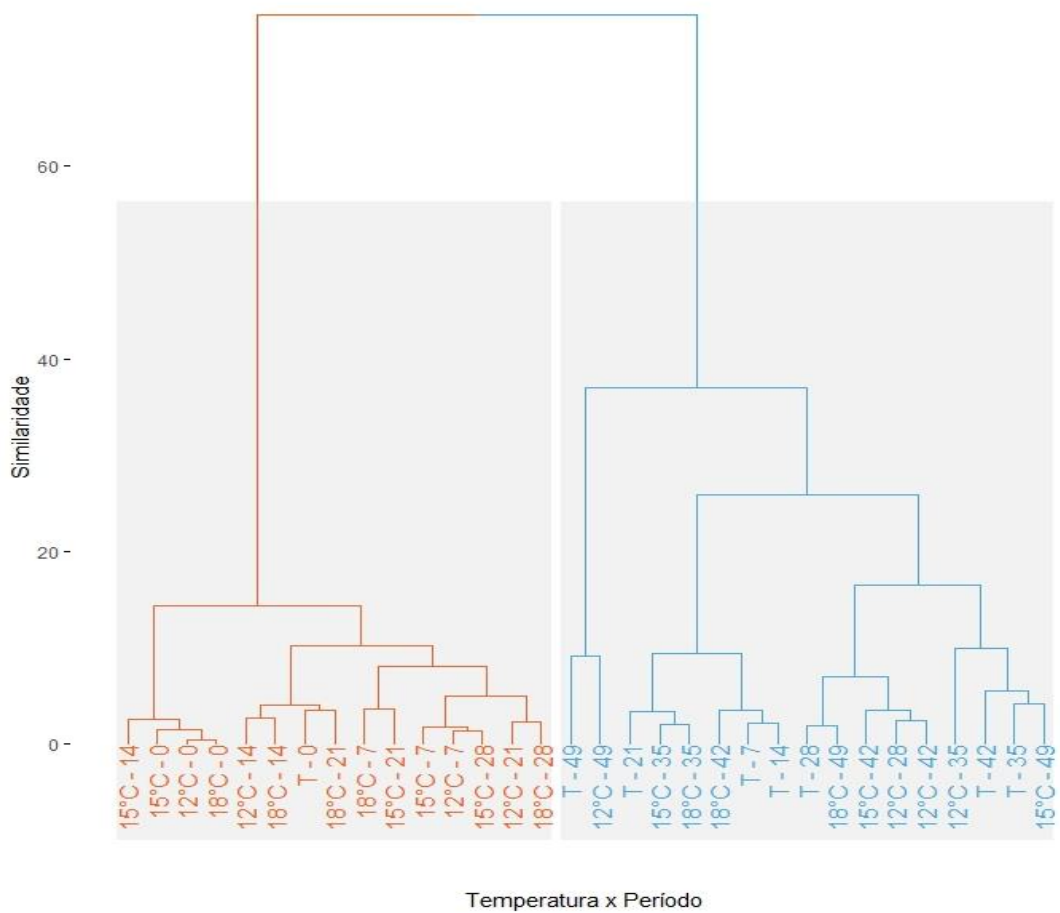


Figura 27 Dendrograma das análises de agrupamentos ou similaridade dos tratamentos para todas as variáveis respostas.

Na Figura 27, observa-se uma nítida separação entre dois grupos, diferentes entre si: os períodos iniciais (7, 14, 21 dias) e os períodos finais (28, 35, 42 e 49 dias). Ainda é possível observar que, dentro de cada grupo eles são semelhantes. Porém, no tratamento testemunha (32 °C), nas sementes não resfriadas foram observados resultados semelhantes aos tratamentos dos períodos mais longos, desde o início dos períodos de armazenamentos.

6 CONCLUSÃO

Nas condições em que foram realizados os ensaios, os resultados obtidos permitem concluir que:

- A utilização de temperatura e umidade adequadas no ambiente de armazenamento favorece a qualidade fisiológica de sementes de soja, durante o armazenamento.
- O resfriamento artificial de sementes de soja, principalmente a 12 °C, promove a manutenção da qualidade física como aparência e mantém a qualidade fisiológica, diminuindo o teor de água das sementes, contribuindo para retardar o processo de deterioração por umidade, inibindo o desenvolvimento de insetos e fungos, garantindo a produtividade com baixo custo e o melhor aproveitamento das sementes, sendo opção para regiões com temperaturas mais elevadas;
- As sementes úmidas e resfriadas de soja da cultivar 59I60 RSF IPRO podem permanecer armazenadas por até 21 dias em ambientes não controlados, considerado período seguro em que podem permanecer aguardando a secagem.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados já obtidos justificam a importância da continuidade desta pesquisa, pois as metodologias de resfriamento artificiais com diferentes temperaturas em sementes de soja em regiões tropicais e subtropicais demonstrou trazer benefícios significativos quanto à produtividade, preservação e manutenção da qualidade, bem como o manejo de insetos e patógenos por períodos mais longos de armazenamento e potencial a semeadura na safra seguinte.

REFERÊNCIAS

AGROADVANCE Treinamento e Experimentação Agronômica. **Subprodutos da soja**: conheça os destinos e usos da soja brasileira. 2023. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/subprodutos-da-soja/>. Acesso em: 8 jun. 2023.

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. J. P.; RICCI, T. T. Manejo de biorregulador nos componentes de produção e desempenho das plantas de soja. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 6, p. 865-876, 2011.

ALBRECHT, P. L.; BRACCINI, L. A.; SCAPIM, A. C.; ÁVILA, R. M.; BARBOS, C. M. Qualidade das sementes de soja produzidas sob manejo com biorregulador. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4 p. 39-48, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/Hm58NyM9nHs4DhzQS4wxn9g/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 3 jun. 2021.

ALVAREZ, R. A. M. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho e soja por espectroscopia no infravermelho próximo**. 88 p. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, 2018. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/28997/2/DISSERTAL%C3%87AO_Avalia%C3%A7%C3%A3o%20da%20qualidade%20fisiol%C3%B3gica%20de%20sementes%20de%20milho%20e%20soja%20por%20espectroscopia%20no%20infravermelho%20pr%C3%B3ximo.pdf. Acesso em: 13 jun. 2023.

ANTONINI, R. C.; BORTOLOTTI, R. P.; ZAMBERLAN, J. F.; DALLA NORA, D.; PASINI, M. P. B.; FIORIN, J. E. Adoção e uso da agricultura de precisão na região das missões do Rio Grande do Sul. **Holos**. v. 4, p. 106-121. 2018. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/6297/pdf>. Acesso em: 3 fev. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE SOJA - APROSOJA BRASIL. **Uso da soja**. 2018. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/uso-da-soja/v>. Acesso em: 30 jan. 2021.

ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, L. P. Isoflavononas e a qualidade de sementes de soja. **Informativo ABRATES**, Londrina – PR, v. 20, n. 1, p 15-29, 2010.

AZADI, M.S.; YOUNESI, E. The Effects of storage on germination characteristics and enzyme activity of sorghum seeds. **J. Stress. Physiol. Biochem**, v. 9, n. 4, p. 289-298, 2013. Disponível em: <https://cyberleninka.ru/article/n/the-effects-of-storage-on-germination-characteristics-and-enzyme-activity-of-sorghum-seeds/viewer>. Acesso em: 30 nov. 2022.

AZEVEDO, M. R. Q. A.; GOUVEIA, J. P. G.; TROVÃO, D. M. M.; QUEIROGA, V. P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, p.519-524, 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141543662003000300019&script=sci_abstract&tling=pt. Acesso em: 3 fev. 2021.

BAGATELI, J. R.; DÖRR, C. S.; SCHUCH, L. O. B.; MENEGHELLO, G. E. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 2, p. 151-159, 2019.

BALBINOT, J. R. A. A. et al. Velocidade de emergência e crescimento inicial de cultivares de arroz irrigado influenciando a competitividade com as plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v. 19, n. 3, p. 305-316, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/v5GsNW3VxJKBjg9jhtYSLNG/>. Acesso em: 10 mar. 2023.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical test. **Proceedings of the Royal Society**. A. 160, p. 268-282, 1937. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109>. Acesso em: 3 dez. 2022.

BAUDET, L. M. L.; VILLELA, F. A. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. Sementes: **fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2012. p. 481-528.

BAUDET, L. M. L.; VILLELA, F. A. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. Sementes: **Fundamentos científicos e tecnológicos**. 4. ed. Pelotas: Becker e Peske, 2019. v.1000. 579 p.

BERBERT, P. A.; SILVA, J. S.; RUFATO, S.; AFONSO, A. D. L. Indicadores da qualidade dos grãos. In: SILVA, J. S. (Ed). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa - MG: Aprenda Fácil, 2008. p. 63-107. Disponível em: https://issuu.com/juarezufv/docs/cap_tulo_4_2013. Acesso em: 10 fev. 2021.

BIGOLIN, G.; CONTI, A. F.; BENNEDETTI, R.; HARTEK, L. Influência do vigor de sementes no rendimento e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Jandaia - GO, v. 19, n. 40, 2022. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/5476>. Acesso em: 24 jul. 2023.

BOLES, J.; GALIOTTO, R.; MAGNO, B. D. C. Qualidade de sementes de soja salvas no município de Três de Maio, RS. **Salão do Conhecimento**, Ijuí – RS. v. 7, n. 7, 2021. Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/view/20691>. Acesso em: 10 jul. 2023.

BORDIGNON, B. C. S. **Relação das condições de armazenamento com a qualidade fisiológica de sementes e composição do óleo extraído de cultivares de soja**. 90 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Rurais, Universidade de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/4997/BORDIGNON%2c%20BRUNO%20CESAR%20SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 ago. 2022.

BOX GEP; COX DR. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Society**, v. 26: p. 211-252, 1964

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 45, de 17 de setembro de 2013**.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009.399 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **SIGEF - Controle da Produção de Sementes e Mudanças – Indicadores**. 2018. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/sigefsementes/index.htm>. Acesso em: 10 fev. 2021.

CALHEIROS, V. S. **Qualidade de sementes de soja resfriadas artificialmente e armazenadas sob diferentes condições**. 45 f. 2014. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2014. Disponível em: http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/prefix/3163/1/tese_veronica_schinagl_calheiros.pdf. Acesso em: 3 jan. 2023.

CANTON, A. R.; **Resfriamento dinâmico e qualidade de sementes de soja**. 34 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2010. Disponível em: https://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/handle/123456789/1513/dissertacao_antenor_reinaldo_canton.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 18 mar. 2023.

CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 272-278, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/RdvLS3DT8k6m7wqrnWYYqnF/?format=pdf&lang=pt.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2022.

CARVALHO, C. F.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A. Qualidade de sementes de soja submetidas ao armazenamento no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura – REVENG**, v. 22, n. 4, p. 287–293, 2014. DOI: 10.13083/reveng.v22i4.552. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/498>. Acesso em: 01 jul. 2023.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed.. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CARVALHO, P. F.; STRAHL, A. M.; SCHOT, D. A.; MICHELON, J. C. ; JÚNIOR, S. S. F.; EGGERS, S. H.; MOURA, B. M.; JUNGES, G. Desempenho agrônômico de cultivares de soja com distintos níveis de vigor e cenários de semeadura. **Revista Científica Rural**, Bagé - RS, v. 22, n. 2, 2020. Disponível em: <http://ediurcamp.urcamp.edu.br/index.php/RCR/article/view/3292/0>. Acesso em: 3 dez. 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**. Grãos. Safra 2019/20. Décimo segundo levantamento, Brasília, DF, v. 7, n. 12, setembro 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 13 abril. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Grãos, Safra 2021/22. Terceiro levantamento, Brasília, DF, v. 9, n. 3, dezembro. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 17 fev. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Grãos, Safra 2021/22, Sétimo levantamento, Brasília, DF: v. 8, n. 7, abril. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 3 dez. 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Grãos, Safra 2020/21. Décimo segundo levantamento, Brasília, DF, v. 8, n. 12, setembro. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 17 fev. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**. Grãos, Safra 2022/2023. Sétimo levantamento, Brasília, DF, v. 10, abril 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 2 jun. 2023.

COOL SEED. **Resfriadores de grãos GCH e PCS versões móvel e estática**. Manual de operação e manutenção. 2. ed. Santa Tereza do Oeste: COOL SEEDm 2018. 49 p.

COSTA, D. S.; NOVENBRE, A. D. L. C. Análise multivariada para expressão de resultados de potencial fisiológico de sementes de arroz. **Agrarian**, v. 12, n. 45, p. 418–424, 2019. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/7194>. Acesso em: 22 jan. 2023.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; HENNING, A. A. Perfil dos aspectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 1-6, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/WtvhhH8NvpfCgGmXszBSX9k/?lang=pt#>. Acesso em: 15 jan. 2023.

CUNHA, J. P. A. R.; OLIVEIRA, P.; SANTOS, C. M.; MION, R. L. Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1420-1425, 2009.

CUNHA, R. P.; VERGARA, R.; RODRIGUES, D. B.; SOARES, V. N.; BRUNES, A. P.; SCHUCH, L. O. B. Potencial de armazenamento de sementes de soja quimicamente tratadas. **Revista Científica Rural**, Bagé - RS, v. 21, n. 1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i1.347>. Acesso em: 07 jul. 2023.

DALTRO, E. M. F.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; FRANÇA-NETO, J. B.; GUIMARÃES, S. C.; GAZZEIRO, D. L. P.; HENNING, A. A. Aplicação de dessecantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 111-122, 2010.

DARONCH, W. J. **Resfriamento e armazenamento de sementes de soja: interações com a qualidade fisiológica**. 41 f. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2018. Disponível em: http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/bitstream/prefix/4463/1/dissertacao_willian_jose_daronch.pdf. Acesso em: 11 Ago. 2021.

DEMITO, A. **Qualidade de sementes de soja resfriadas artificialmente**. 85 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR, 2006. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/2777/1/Angelica%20Demito.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2023.

DEMITO, A.; AFONSO, A. D. L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, p. 7-14, 2009. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/128572.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2021.

DUCLÓS, NEI. **A marcha do grão de ouro**. Soja, a cultura que mudou o Brasil. Florianópolis - SC: Expressão, 2014.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA M.; VANIER, L. N. **Tecnologias de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos**. Capão do Leão – RS: Labgraos, 2017. p. 2-9, Disponível em: <http://labgraos.com.br/manager/uploads/arquivo/material---prova-1.pdf>. Acesso em: 11 Ago. 2021.

ELY, A. Redução da qualidade de grãos de soja durante o armazenamento em diferentes condições de umidade e temperatura. **Revista Thema**, v. 15, p. 506-520, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/859/763>. Acesso em: 11 ago. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Soja em números** (Safrá 2022/23). 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 8 jun. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. il. Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. E.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 10 p (Embrapa Soja. Circular Técnica, 48).

FELICETI, M. L.; SIEGA, T. C.; SILVA, M.; MESQUITA, A. P. B.; SILVA, J. A.; BAHRY, C. A.; POSSENTI, J. C. Grupos de maturidade relativa frente à qualidade fisiológica das sementes de soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 27410-27421, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5260> Acesso em: 10 abr. 2022.

FERREIRA, F. C. **Resfriamento dinâmico, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de soja**. 45 f. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2015. Disponível em: http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/prefix/3244/1/dissertacao_fabiano_carlos_ferreira.pdf. Acesso em: 14 fev. 2022.

FONTANA, L. F.; DIAS, A. C. R.; HICARO, V. Interference of *meloidogyne javanica* in the reproduction of *pratylenchus brachyurus* in soybean cultivar BRS/MT pintado. **Summa Phytopathologica**, v. 44, p. 143-147, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/kh6gxwdhLvgDQ3Bnn9txcQd/?format=pdf&lang=em>. Acesso em: 17 fev. 2021.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. (Documentos, 380). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151223/1/Documentos-380-OL1.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2021

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa, 2018. 108 p. (Documentos, 406) Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/193315/1/Doc-406-OL.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2021.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Série sementes. Londrina: EMBRAPA CNPSo, 2007. 12 p. (Circular técnica, 40).

GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L., A secagem de sementes. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cr/v34n2/a45v34n2.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2021.

GAZZONI, D. L.; DALL'AGNOL, A. **Soja: quebrando recordes**. Sorocaba: CESB, 2018.

HUSSON F.; JOSSE J.; L. E S.; MAZET J. FactoMineR: Na R Package for Multivariate Analysis. **Journal of Statistical Software**, v. 25, n. 1, p. 1-18. 2008.

JOLLIFE, I. T. **Principal component analysis**. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 2002. 497 p.

KASSAMBARA A. MUNDT, F. **factoextra**: extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package version 1.0.7, 2020. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>. Acesso em: 10 ago. 2022.

KOCH, F. **Respostas ecofisiológicas, enzimáticas e de produtividade de plantas de trigo provenientes de sementes com diferentes níveis de vigor e expostas a restrição hídrica**. 116 f. 2019. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2019.

KOSAK, P. P. **Qualidade e potencial de armazenamento de sementes para uso próprio de soja**. 29 f. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim - RS, 2022. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/5842/1/KOSAK.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2023.

KOTZ, A. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja de diferentes partes da planta**. 39 f. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo - RS. 2018. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2382/1/KOTZ.pdf>. Acesso em: 26 out. 2022.

KRZYZANOWSKI, F. C. R. D. VIEIRA, J. B.; FRANÇA NETO. **Vigor de sementes**. Conceitos e testes. 2. ed. Londrina – PR: ABRATES, 2020. 601 p.

KRZYZANOWSKI, F. C.; DIAS, D. C. F. S.; FRANÇA-NETO, J. B. **Deterioração e vigor da semente**. Londrina: Embrapa Soja, 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1151118/1/Circ-Tec-191.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2023.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade de sementes de soja**: fator importante para a produção da cultura. Londrina: Embrapa Soja, 2018. (Circular técnica 136).

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; GOMES-JUNIOR, F. G.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. (ed.) **Vigor de sementes**: conceitos e testes. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2020. p. 79-140.

KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; FRANÇA-NETO, J. B.; LORINI, I.; HENNING, F. A.; GAZZEIRO, D. L. P. **Tecnologias para produção de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA, 2016.

LANDER, M. F.; CÔRREA, R.; BATISTA, V.; VENTURA, E. Qualidade de sementes de soja cultivar RR 8473 RFS armazenadas em ambientes refrigerados e não refrigerados. **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n. 12, p. 19–29, 2022. Disponível em: <https://www.brazilianjournalofscience.com.br/revista/article/view/225>. Acesso em: 1 jul. 2023.

LAZARETTI, N. S.; COSTA, A. C. T.; JÚNIOR, J. B. D.; ZORATO, M. F. Métodos de homogeneização e obtenção de amostras de trabalho em laboratório de análise de sementes causam danos à qualidade fisiológica de sementes de soja? **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 55919–55931, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/14674>. Acesso em: 22 jan. 2023.

LEITÃO, F. O.; OPPELT, G. J.; SILVA, W. H. Mapeamento das perdas da armazenagem da soja: um estudo de caso em uma cooperativa de armazenagem de grãos. **Revista de Gestão e Organizações Cooperativas**, Santa Maria - RS, v. 7, n. 13, p.114-131, jan./jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/rgc/article/view/37807/pdf>. Acesso em: 24 set. 2021.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKY, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING. **Manejo integrado de grãos e sementes armazenadas**. Brasília: Embrapa, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129311/1/Livro-pragas.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2023.

MARCONDES, M. C.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, I. C. B. Danos mecânicos e qualidade fisiológica de sementes de soja colhida pelo sistema convencional e axial. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 125-129, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/nsPPFkF8fmxpDMP7f7ZdvXB/?lang=pt>. Acesso em: 15 jan. 2023.

MARCOS FILHO, J. Testes de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina - PR: ABRATES, 1999. p. 3-10 – 3-24.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 495p, 2005.

MARCOS FILHO, J.; NOVEMBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Tamanho da semente e o teste de envelhecimento acelerado para soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 473-482, jul./set. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/B6x6ywks6SdrfXsXJVmrzjp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 jan. 2023.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina - PR: ABRATES, 2015. 660p.

MATHIAS, V.; PEREIRA, T.; MANTOVANI, A.; ZÍLIO, M.; MIOTTO, P.; COELHO, C. M. M. Implicações da época de colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Agro@ambiente On-line**. v. 11, n. 3, p. 223-231, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i3.3894>> Acesso em: 30 jan. 2023.

MAYER, D. E.; NAVARRO, S. Chilling of grain by refrigerated air. In: S. NAVARRO; R. ROYES (eds.) **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 489-560.

MEDEIROS, J.; ARAUJO NETO, A.; URSULINO, M.; NASCIMENTO, L.; ALVES, E. Fungos associados às sementes de *enterolobium contortisiliquum*: Análise da incidência, controle e efeitos na qualidade fisiológica com o uso de extratos vegetais. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 47-58, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/p6VY7Cf9nBpLcHcnsKJNRrf/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 jan. 2023.

MENEGHELLO E, G.; Qualidade de sementes: umidade e temperatura. **Seed News**, Pelotas – RS, 18. ed. n. 6. 2014.

MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, A. F.; PESKE, T, S. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: UFPel, 2012. 573 p.

MIRANDA, L. C.; SILVA, W. R.; CAVARIANI, C. Secagem de sementes de soja em silo com distribuição radial do fluxo de ar. I. Monitoramento físico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p. 2097-2108, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v34n11/7517.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2022.

MOREANO, T. B; BRACCINI, A. L; SCAPIM, C. A; KRZYZANOWSKI, F. C; FRANÇA-NETO, J. B; MARQUES, O. J. Changes in the effects of weathering and mechanical damage on soybean seed during storage. **Seed Science and Technology**, v. 39, p. 604-611, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/9cPgCkZDdfWJKPwfvT94ZDQ/?lang=en#>>. Acesso em: 18 dez. 2022.

MUNIZZI, A.; BRACCINI, A. L.; RANGEL, M. A. S.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C.; ALBRECHT, L. P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.

NEPOMUCENO, L. A.; FARIAS, B. R. J.; NEUMAIER, N. Características da soja. **Embrapa Soja**, Londrina - PR, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/caracteristicas-da-soja>. Acesso em: 26 ago. 2022.

NOVELLI, R. **Quadro de comando para controle de temperatura das sementes e dos níveis em silo resfriador**. 35 f. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Manutenção Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/13621/2/quadrocontroletemperaturasementes.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2022.

PARK, C. E.; KIM, Y. S.; PARK, K. J.; KIM, B. K. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**, v. 48, p. 25-29, 2012.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**. Campinas - SP, 2007. 121 p. Apostila.

PASCUALI, L. C. **Estimativa do potencial de armazenamento de soja, através do vigor das sementes**. 52 f. 2012. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2012. Disponível em: http://repositorio.ufpel.edu.br:8080/bitstream/123456789/1379/1/tese_luiz_carlos_pascuaIli.pdf. Acesso em: 24 set. 2021.

PEREIRA, R. Z.; DAMACENO, J. B. D. Tecnologia de secagem de sementes de soja. **DELLOS: Desarrollo Local Sostenible**, Espanha, v. 11, n. 31, p. 1-10, 2022. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/dellos/article/view/462>. Acesso em: 16 jul. 2023.

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.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: UFPel, 2012. p. 372-418.

PUZZI, Domingos. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000.

R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Áustria, 2021. URL Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

ROCHA, V. S.; OLIVEIRA, A. B.; SEDIYAMA, T.; GOMES, J. L. L.; SEDIYAMA, C. S.; PEREIRA, M. G. **A qualidade da semente de soja**. Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 76 p.

RYAN, T. A.; JOINER, B. L.; Normal probability plots and tests for normality. Technical report. **Statistics Department**, The Pennsylvania State University. 1976. Disponível em: <https://blog.minitab.com/en/statistics-in-the-field/pencils-and-plots-assessing-the-normality-of-data>.

SARMENTO, S. G. H.; DAVID, S. S. M. A.; BARBOSA, G. M.; NOBRE, C. A. D.; AMARO, R. T. H. Determinação do teor de água em sementes de milho, feijão e pinhão-manso por métodos alternativos. **Revista de Energia na Agricultura**, Botucatu - SP, v. 30, n. 3, p. 249-256, jul.-set. 2015. Disponível em: https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/1005/pdf_44. Acesso em: 12 nov. 2022.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção de sementes de soja**. Londrina: Mecenaz, 2013. 368 p.

SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. (Eds.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Sistemas de Produção, 17). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223209/1/SP-17-2020-online-1.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2022.

SILVA, E. P. **Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas à ar resfriado e mantidas em diferentes condições de armazenamento**. 69 f. 2021. Dissertação (Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco – PR, 2021. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24754/1/qualidadesementesresfriamentoarmazenamento.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2022.

SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; PASCUALI, L. C.; SILVA, F. T. C. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta – MT, v. 8, p. 45-56, 2010. Disponível em: http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol8/5_artigo_v8.pdf. Acesso em: 14 fev. 2021.

SILVA, G. R. **Produção, tecnologia e armazenamento de sementes**. Londrina: Educacional, 2019. 192 p. Disponível em: http://cm-clscontent.s3.amazonaws.com/201901/INTERATIVAS_2_0/PRODUCAO_TECNOLOGIA_E_ARMAZENAMENTO_DE_SEMENTES/U1/LIVRO_UNICO.pdf. Acesso em: 14 fev. 2023.

SISTEMA DE TECNOLOGIA E MONITORAMENTO AMBIENTAL DO PARANÁ – SIMEPAR. **Climatologia e histórico de previsão do tempo em Catanduvas, BR**. 2021. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/2821/catanduvas-pr> Acesso em: 14 jul. 2021.

SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C. DE; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 18, n. 4, p. 446-453, 2014. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/v18n04/v18n04a13.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2021.

SOUZA, G. A. C. **Qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas em diferentes condições**. 45 f. 2020. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul – RS, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/20073> Acesso em: 28 fev. 2022.

SOUZA, L. S. N.; BARBOSA, C. A. C.; HENNING, A. A. ; KRZYZANOWSKI, F. C ; HENNING, F. A. ; CONTE, O. **Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da umidade e rotação da colheita**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. p. 11-18.

TELHADO, S. F. P.; CAPDEVILLE, G. **Tecnologias poupa-terra**. 1. ed. Brasília – DF: Embrapa, 2021. 162 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227125/1/Land-saving-technologies-2021.pdf>. Acesso em: 24 set. 2021.

TILLMANN, M. A. A.; MENEZES, N. L. Análise de sementes In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas – RS: UFPel, 2012. p. 161-268.

TOMKIEWICZ, D. **Application of the method of dynamic model identification for grain water content estimation**. Poland: Koszalin University of Technology, 2010. Conference paper.

TORRES, S. B.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 108-112, 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287943407_Testes_de_envelhecimento_acelerado_em_sementes_de_maxixe_Cucumis_anguria_L. Acesso em: 23 jul. 2023.

VIRGULINO, Z. Z. **Aeração resfriada de sementes de soja armazenadas em diferentes embalagens**. 72 f. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde – GO, 2014. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_5/2017-12-05-11-52-39Zirvaldo%20Zenid%20Virgolino.pdf. Acesso em: 14 fev. 2021.

WENDT, L.; GOMES JUNIOR, F. G.; ZORATO, M. F.; MOREIRA, G. C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja por meio de imagens. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v. 44, n. 3, p. 280-286, 2014.

ZHANG, H. HU. Z.; YANG, Y. *et al.* O perfil transcriptoma revela a dinâmica espaço-temporal da expressão gênica essencial para o desenvolvimento de sementes de soja. **Genomics BMC**, n. 22, A. 453, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12864-021-07783-z>. Acesso em: 11 nov. 2022.

ZIEGLER, V.; DEMITO, A. **Benefícios do resfriamento artificial aplicado em grãos e sementes durante o armazenamento**. São Leopoldo, RS: UNISINOS, 2019.

ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S. Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de Pinhão Manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 721-731, abril, 2011. Disponível

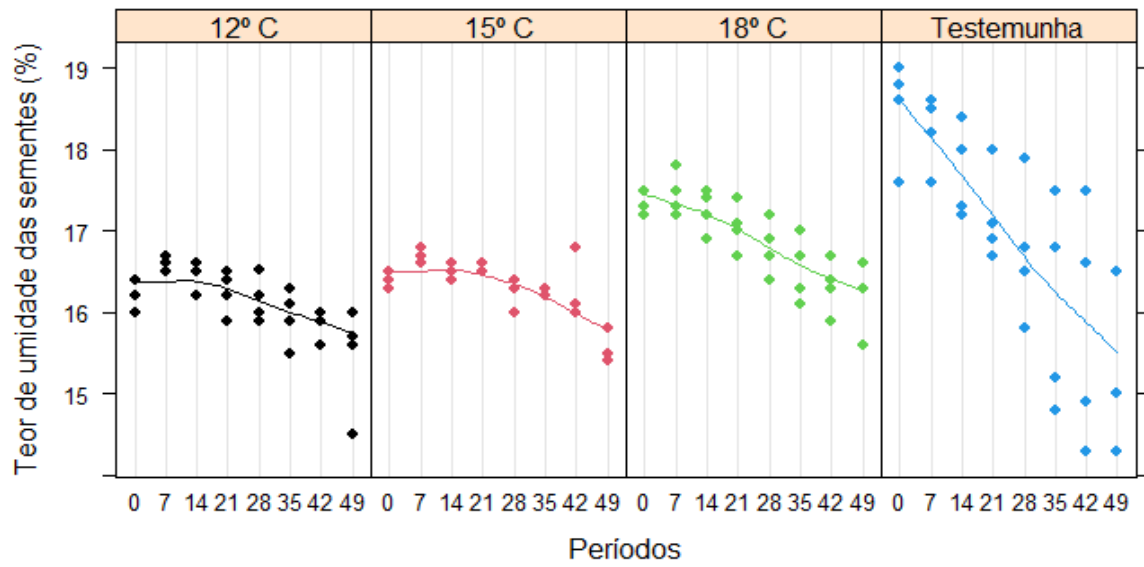
em:<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/47364/1/secagem-sementes-pinhao-manso.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2023.

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**. v. 35, p. 353-360, 2013.

ZUFFO, A. M.; ZUFFO JÚNIOR, J. M.; CARVALHO, E. R.; STEINER, F.; ZAMBIAZZI, E. V. Physiological and enzymatic changes in soybean seeds submitted to harvest delay1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 4, p. 488–496, dez. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/6ByKZtPtjNkXysvMq6zqSZj/?lang=en>. Acesso em: 14 nov. 2022.

APÊNDICES

APÊNDICE A Demonstração do teor de água da massa de sementes em seus períodos com as diferentes temperaturas



APÊNDICE B Resultados médios do grau de umidade (%) de sementes de soja, obtidos pelos métodos de estufa a 105°C/24 h e com equipamento eletrônico medidor de teor de água

	Repetições/ médias									
Métodos	1 á 3	4 á 6	7 á 9	10 á 12	13 á 15	16 á 18	19 á 21	22 á 24	25 á 27	28 á 30
Eletrônico	12,6 a	13,0 a	12,5 a	13,6 a	13,9 a	13,1 a	9,7 a	9,5 a	9,1 a	9,4 a
Estufa	11,8 a	12,2 a	11,9 a	12,8 a	13,3 a	13,3 a	10,5 a	10,2 a	9,7 a	10,1 a

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

APÊNDICE C Ensaio de germinação, interação não significativa: efeito simples entre as temperaturas

Período (dias)	Temperatura									
	12 °C	± DP	15 °C	± DP	18 °C	± DP	Testemunha (32 °C)	± DP	Médias	± DP
0	95,50	1,73	96,50	1,00	96,00	2,16	90,75	1,25	94,69 a	2,66
7	96,00	2,16	93,00	2,16	93,25	2,21	92,25	2,21	93,62 ab	1,64
14	92,50	3,51	96,00	2,16	91,50	4,35	92,50	1,73	93,12 ab	1,97
21	93,75	4,71	96,25	1,71	92,75	2,87	89,25	3,30	93,00 ab	2,90
28	93,75	2,06	92,75	1,89	86,00	5,35	85,00	5,35	89,38 cd	4,51
35	91,50	4,65	91,25	1,89	90,25	4,57	87,50	3,41	90,12 bc	1,83
42	90,50	1,91	85,25	4,27	88,00	4,24	82,50	5,56	86,56 d	3,45
49	86,00	0,81	85,50	5,19	83,75	4,39	75,75	4,64	82,75 e	4,77
Médias	92,44 a	3,20	92,07 a	4,54	90,19 a	4,06	86,94 b	5,71	90,41	2,51

Nota: Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha (níveis de temperatura) e minúscula na coluna (período de tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

APÊNDICE D Resumo dos resultados dos ensaios de germinação, interação não significativa: efeito simples entre as temperaturas

Germinação 1ª Contagem		Germinação 2ª Contagem	
Temperaturas	Médias	Temperaturas	Médias
12 °C	92,44 a	12 °C	95,25 a
15 °C	92,07 a	15 °C	95,65 a
18 °C	90,19 a	18 °C	93,66 ab
32 °C	86,94 b	32 °C	91,91 b

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

APÊNDICE E Ensaio de germinação, interação não significativa: Efeito simples entre os períodos

Período (dias)	Temperaturas									
	12 °C	± DP	15 °C	± DP	18 °C	± DP	Testemunha (32 °C)	± DP	Médias	± DP
0	99,00	0,82	98,75	0,50	99,00	1,41	96,50	1,91	98,31 a	1,21
7	98,50	0,58	97,25	1,71	96,00	2,82	95,75	1,50	96,87 ab	1,27
14	95,25	2,06	97,75	1,50	94,50	2,38	96,25	1,50	95,94 abc	1,40
21	96,50	2,52	98,00	1,41	94,50	2,08	93,50	2,38	95,62 bc	2,02
28	96,00	1,41	96,75	1,71	93,00	2,94	89,25	6,08	93,75 cd	3,41
35	94,00	4,08	94,25	1,26	92,25	3,30	90,00	2,94	92,62 d	1,96
42	94,00	4,08	94,25	1,26	92,25	3,30	90,00	2,94	92,62 d	1,96
49	88,75	1,26	88,25	4,03	87,75	3,77	84,00	4,24	87,19 e	2,16
Médias	95,25 a	1,37	95,65 a	1,03	93,66 ab	0,76	91,91 b	1,56	94,12	3,45

Nota: Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha (níveis de temperatura) e minúscula na coluna (período de tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

APÊNDICE F Resumo dos resultados dos ensaios de germinação, interação não significativa: efeito simples entre os períodos

Germinação 1ª Contagem		Germinação 2ª Contagem	
Períodos	Médias	Períodos	Médias
0	94,6a	0	98,3a
7	93,6ab	7	96,8ab
14	93,1ab	14	95,9abc
21	93,0ab	21	95,6bc
28	89,3cd	28	93,7cd
35	90,1bc	35	92,6d
42	86,5d	42	92,6d
49	82,7e	49	87,1e

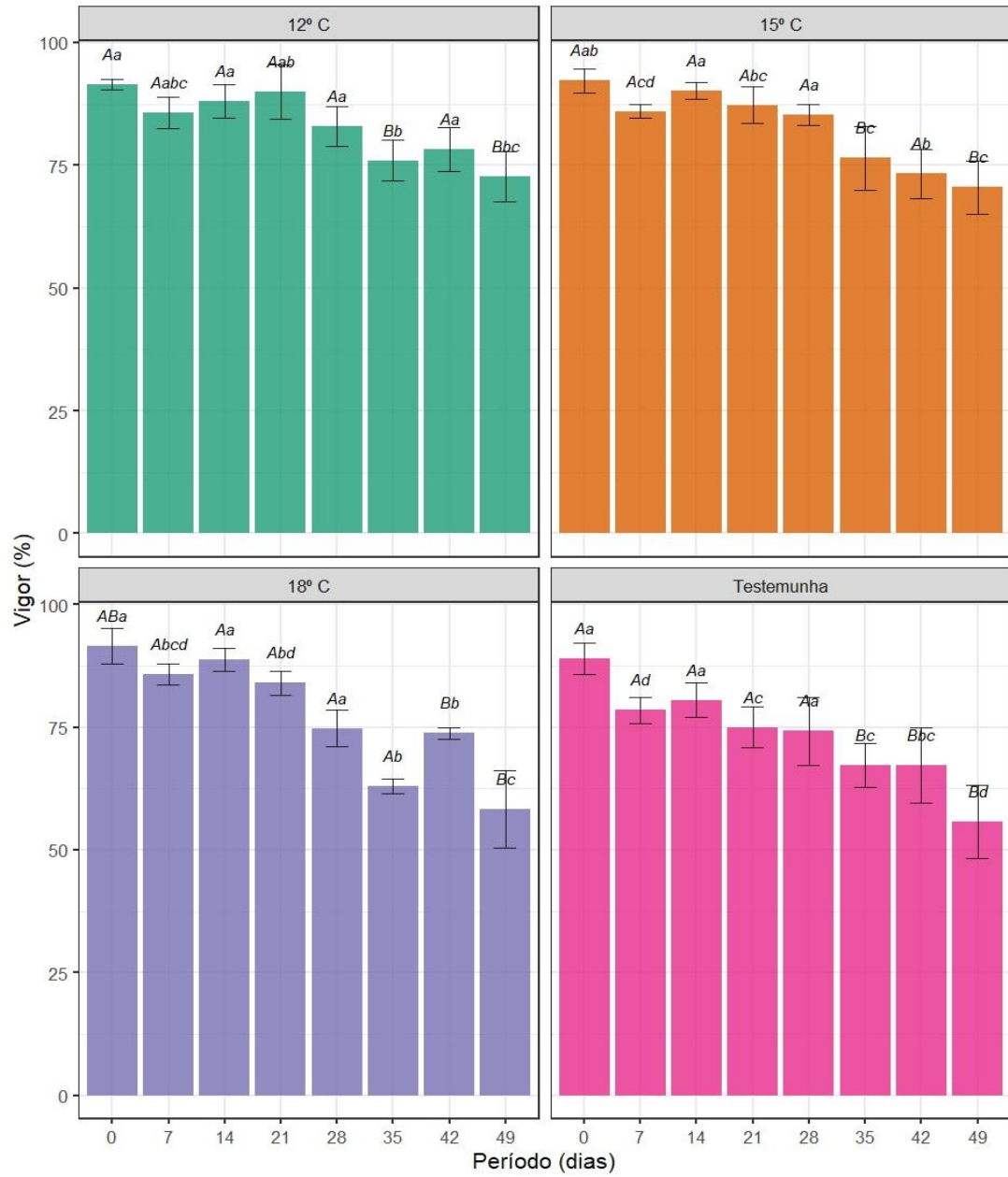
Nota: Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha (níveis de temperatura) e minúscula na coluna (período de tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

APÊNDICE G Emergência em substrato areia para sementes de soja em condições de resfriamento artificial antes do armazenamento em substituição ao processo de areação

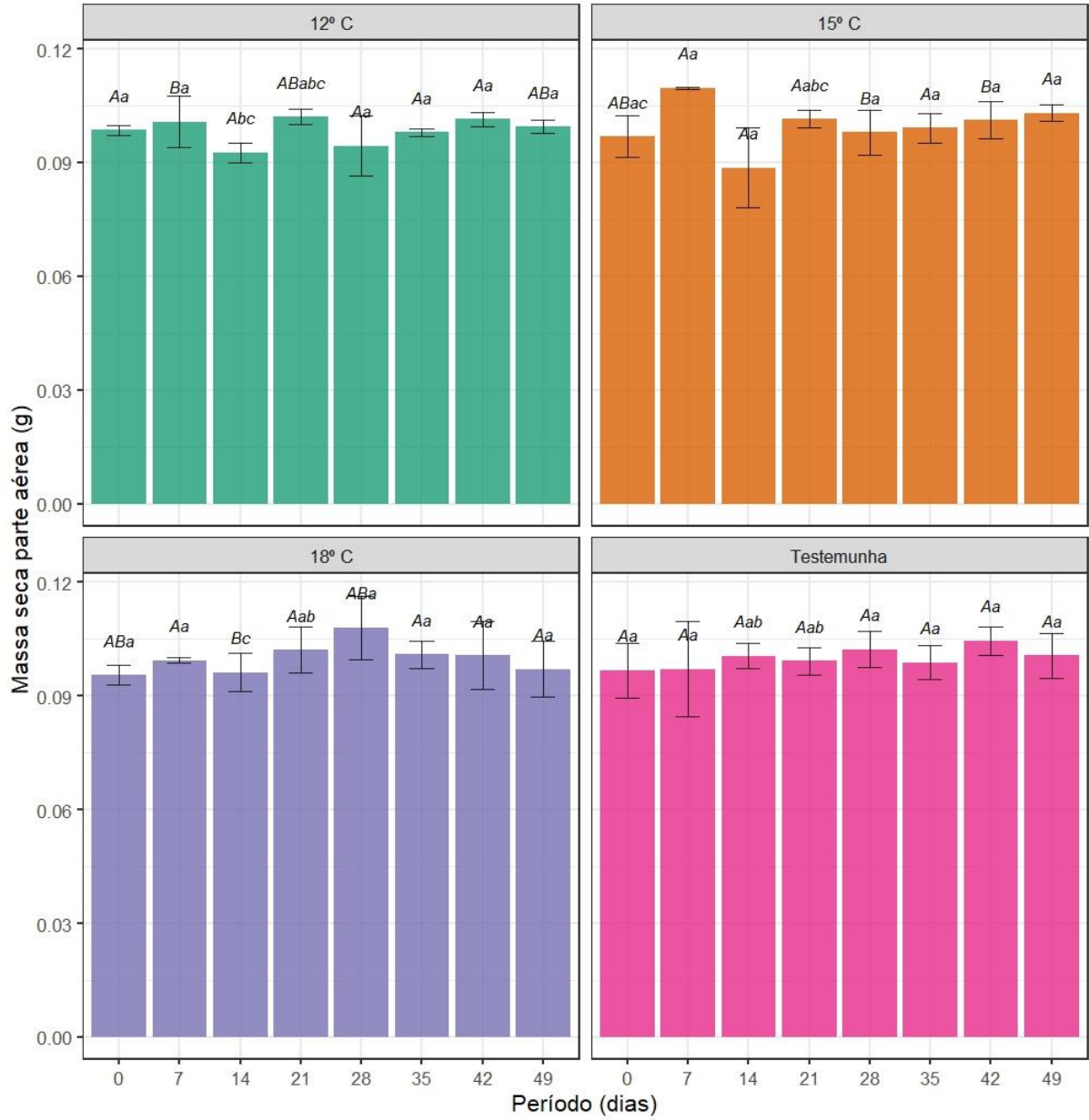
Período (dias)	Temperatura								Médias	± DP
	12 °C	± DP	15 °C	± DP	18 °C	± DP	Testemunha (32 °C)	± DP		
0	96,50 Aa	2,65	95,75 Aa	1,50	96,50 Aabc	2,38	95,25 Aabc	0,96	96,00	1,87
7	92,00 Ba	1,63	97,75 Aa	1,89	97,00 Aab	2,82	95,50 Abab	1,91	95,56	2,06
14	97,00 aA	0,82	95,25 Aa	1,71	99,25 Aa	0,95	96,25 Aa	4,35	96,94	1,96
21	96,75 Aa	2,22	95,25 Aba	0,50	94,50 Ababcd	1,91	91,00 Babcd	3,37	94,38	2,00
28	95,50 Aa	2,08	96,00 Aa	1,63	92,50 Abcd	1,00	92,00 Aabcd	2,94	94,00	1,91
35	91,50 Aa	3,78	93,50 Aab	2,08	90,25 Ad	4,11	88,50 Ad	4,51	90,94	3,62
42	96,25 Aa	2,06	94,50 Aa	2,52	93,00 Abbcd	3,83	89,50 Bcd	6,25	93,31	3,67
49	91,50 Aa	3,11	87,75 Ab	2,06	90,75 Acd	0,96	90,25 Abcd	1,26	90,06	1,85
Médias	94,63	2,29	94,47	1,74	94,22	2,25	92,28	3,19	93,90	2,37

Nota: Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha (níveis de temperatura) e minúscula na coluna (período de tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

APÊNDICE H Ensaio de envelhecimento acelerado (vigor), para os diferentes períodos e para cada temperatura



APÊNDICE I Massa de matéria seca (g) da parte aérea das sementes de soja, em função dos períodos de armazenamento e das temperaturas de resfriamento



APÊNDICE J Massa de matéria seca (g) do sistema radicular das sementes de soja, em função dos períodos de armazenamento e das temperaturas de resfriamento

Período (dias)	Temperatura						Testemunha		Médias	± DP				
	12 °C	± DP	15 °C	± DP	18 °C	± DP	(32 °C)	± DP						
0	0,0098	Abc	0,0009	0,0099	Abcd	0,0008	0,0102	Abc	0,0003	0,0102	Aab	0,0011	0,0100	0,0008
7	0,0097	Bbc	0,0004	0,0113	Aab	0,0003	0,0108	ABab	0,0001	0,0101	ABb	0,0005	0,0105	0,0003
14	0,0123	Aa	0,0008	0,0118	Aab	0,0002	0,0125	Aa	0,0001	0,0116	Aab	0,0003	0,0121	0,0004
21	0,0128	Aa	0,0006	0,0121	ABa	0,0009	0,0109	Bab	0,0003	0,0106	Bab	0,0004	0,0116	0,0006
28	0,0114	Aab	0,0005	0,0107	Aabc	0,0012	0,0119	Aab	0,0006	0,0123	Aa	0,0026	0,0116	0,0012
35	0,0089	Ac	0,0004	0,0085	Ad	0,0004	0,0087	Ac	0,0004	0,0083	Ac	0,0004	0,0086	0,0004
42	0,0128	Aa	0,0008	0,0106	Babc	0,0008	0,0107	Bab	0,0007	0,0101	Bb	0,0009	0,0111	0,0008
49	0,0091	Ac	0,0003	0,009	Acd	0,0008	0,0088	Ac	0,0006	0,0083	Ac	0,0001	0,0088	0,0005
Médias	0,0109		0,0006	0,0105		0,0007	0,0106		0,0004	0,0102		0,0008	0,0105	0,0006

Nota: Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha (níveis de temperatura) e minúscula na coluna (período de tratamento) não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.