

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

Cassiano Vasconcelos dos Santos

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA SOB
ESTRESSE EM PÓS-SEMEADURA EM SOLO SECO**

SANTA MARIA, RS
2021

Cassiano Vasconcelos dos Santos

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA SOB ESTRESSE EM PÓS-
SEMEADURA EM SOLO SECO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Russi Nunes

Santa Maria, RS
2021

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Santos, Cassiano Vasconcelos dos
Qualidade fisiológica de sementes de soja sob estresse
em pós-semeadura em solo seco / Cassiano Vasconcelos dos
Santos.- 2021.
71 p.; 30 cm

Orientadora: Ubirajara Russi Nunes
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Agronomia, RS, 2021

1. Estresse hídrico 2. Estresse térmico 3. Cobertura
vegetal do solo 4. Glycine max. 5. Vigor de sementes I.
Nunes, Ubirajara Russi II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, CASSIANO VASCONCELOS DOS SANTOS, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Cassiano Vasconcelos dos Santos

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA SOB ESTRESSE EM
PÓS-SEMEADURA EM SOLO SECO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Aprovado em 27 de agosto de 2021.



Ubirajara Russi Nunes, Dr. (UFSM) – Videoconferência
(Presidente/Orientador)



Diego Nicolau Follmann (UFSM) - Videoconferência



Carla Medianeira Bertagnoli, Dr^a. (IFF-JC) - Videoconferência

Santa Maria, RS
2021

DEDICATÓRIA

À minha mãe Vera Leci por todo amor, dedicação e esforços realizados em prol de minha educação.

À minha namorada Vanessa pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre guiando meus passos e iluminando meu caminho.

Aos meus pais, Vera Leci e Vilnei, pelo apoio e ajuda durante toda essa caminhada. Em especial a minha mãe por sempre acreditar e me incentivar a estudar.

A minha namorada Vanessa, pelo amor, companheirismo, apoio e ajuda durante todo esse período.

Aos meus sogros, Rovaldo e Marli, e meus cunhados Viviane e Weslei, pelo apoio.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

Ao meu orientador Ubirajara Russi Nunes, pela oportunidade de trabalharmos juntos e por todos os ensinamentos passados desde a graduação até este momento. Obrigado pela amizade, pelas conversas e “junções do laboratório” e por sempre estar à disposição para ajudar.

Aos professores coorientadores Astor Henrique Nied e Alberto Cargnelutti Filho pelo auxílio no planejamento, elaboração e condução deste trabalho.

A professora Carla Medianeira Bertagnolli e Diego Nicolau Follmann por terem aceitado o convite de fazerem parte de minha banca examinadora.

Aos colegas de laboratório Eduardo, Priscila, Jéssica, Géssica, Mariana, Pedro pelo auxílio durante as atividades do meu trabalho, pela amizade e pelos inúmeros momentos de descontração e conversas durante esse período, com certeza tornou essa trajetória mais agradável.

Aos amigos Cleiton, Vinicius, Patrícia, Priscila, Darliana, Rudinei, Lucas, Marcos, Alessandra pelo apoio e companheirismo.

A CAPES, pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA SOB ESTRESSE EM PÓS-SEMEADURA EM SOLO SECO

AUTOR: Cassiano Vasconcelos dos Santos
ORIENTADOR: Prof^o Dr. Ubirajara Russi Nunes

A semeadura em solo seco é a prática de semear a semente no solo com baixa umidade antes que ocorram precipitações, dessa forma, as sementes ficam armazenadas no solo, expostas a estresses hídrico, térmico, ataque de pragas e doenças, enquanto aguardam condições de umidade para iniciarem o processo de germinação. O uso de sementes de qualidade é uma prática muito importante para o sistema produtivo, pois tem-se o acréscimo na porcentagem de germinação, aumento de plântulas normais e aumento no vigor de plântulas. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da semeadura em solo seco e a exposição a períodos de estresse na qualidade fisiológica em sementes de soja. Para isso, foram realizados dois experimentos distintos. O primeiro com objetivo de avaliar os efeitos que déficit hídrico após a semeadura em solo seco possuem na qualidade fisiológica de sementes e a ação da cobertura vegetal do solo como possível amenizador de estresses. Para simular períodos de estresse hídrico, dois lotes de sementes permaneceram no solo sem irrigação por 0, 4, 8, 12 e 16 dias após a semeadura em vasos, estes possuíam ou não cobertura vegetal do solo com palha de aveia preta. As avaliações foram realizadas a partir da emergência até o início da fase reprodutiva da cultura. Os efeitos de vigor propiciam maior emergência e estabelecimento mais rápido em condições de semeadura sob estresse hídrico e são mais expressivos nos estágios iniciais de germinação e estabelecimento e menos evidente à medida que os estágios fenológicos avançam. O armazenamento em solo seco em até 4 dias não afeta a emergência, sendo esta reduzida dos 8 aos 16 dias de armazenamento com igual intensidade. A cobertura vegetal do solo possibilita uma maior emergência e crescimento inicial em relação ao solo sem cobertura, melhorando o estabelecimento e estande de plantas. No segundo experimento objetivou-se avaliar efeitos da temperatura e do período em dias que as sementes ficaram armazenadas no solo seco sob sua qualidade fisiológica e as consequências no processo germinativo e desenvolvimento pós-germinativo em sementes de soja. As sementes foram semeadas em bandejas e armazenadas por períodos de 0, 7, 14 e 21 dias no solo sem umidade e alocados em germinador tipo BOD com temperatura controlada de 15, 25 e 35 °C. Posteriormente ao armazenamento, irrigou-se o solo seco elevando sua umidade a 60% da capacidade de retenção (CR) e manteve as BODs em 25 °C e luz constante durante a germinação. Cinco dias após a irrigação foram avaliadas emergência, classificação de plântulas entre normais, anormais e mortas, comprimento e massa seca. Além disso, realizou-se a digitalização através de imagens das plântulas para posterior análise. A semeadura em solo seco por até 21 dias de armazenamento com temperatura de 35 °C não prejudica a qualidade fisiológica das sementes de soja, ainda observou-se que o armazenamento em temperaturas mais baixas pode implicar em resultados mais heterogêneos e ser prejudicial ao desempenho das sementes.

Palavras-chave: Estresse hídrico. Estresse térmico. Cobertura vegetal do solo. *Glycine max*. Vigor de sementes.

ABSTRACT

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SOYBEAN SEEDS UNDER STRESS IN POST-SEEDING IN DRY SOIL

AUTHOR: Cassiano Vasconcelos dos Santos

ADVISOR: Prof^o Dr. Ubirajara Russi Nunes

Seeding in dry soil is the practice of placing the seed in the soil with low humidity before precipitation occurs, in this way, the seeds are stored in the soil, exposed to hydric and thermal stress, pests attack and diseases, while waiting for moisture conditions to begin the germination process. The use of quality seeds is a very important practice for the production system, because there is an increase in the germination percentage, normal seedlings and vigor. Therefore, this study aims to evaluate the effects of seeding in dry soil and exposure to stress periods on the physiological quality of soybean seeds. Thus, two different experiments were carried out. The first experiment, aimed to evaluate the effects that drought periods after seeding in dry soil have on the physiological quality of seeds and the action of soil vegetation coverage as a possible stress reliever. To simulate periods of hydric stress, two seed batch remained in the soil without irrigation for 0, 4, 8, 12 and 16 days, after seeding in the pots, these pots had or not a ground cover with black oat straw. The assessment were made from emergence to the beginning of the reproductive stage of crop. Vigor effects provide greater emergency and faster establishment in sowing conditions under hydric stress and they are more expressive in the early stages of germination and establishment, and less obvious as the phenological stages progress. Storage in dry soil within 4 days does not affect emergency, which is reduced from 8 to 16 days of storage with equal intensity. Vegetation coverage of the soil enables greater emergency and initial growth in relation to the bare ground, improving the establishment and plant stand. The second experiment had goal to evaluate effects of temperature and period in days that the seeds were stored in dry soil under their physiological quality and the consequences on the germination process and post-germination development in soybean seeds. Seeds were sown in trays and stored for periods of 0, 7, 14 and 21 days in the soil without moisture and placed in a BOD germinator with controlled temperature of 15, 25 and 35 °C. After storage, the dry soil was irrigated, raising its moisture to 60% of its retention capacity and keep the BODs at 25 °C and constant light during germination. Five days after irrigation, emergency, seedling classifications as normal, abnormal and dead, length and dry mass were evaluated. In addition, digitalization was performed using images of the seedlings for further analysis. Seeding in dry soil for up to 21 days of storage at a temperature of 35 °C does not affect the physiological quality of soybean seeds, it was also observed that storage at lower temperatures can result in more heterogeneous results and be harmful to seed performance.

Keywords: Hydric stress. Thermal stress. Vegetation coverage of the soil. *Glycine max*. Seed force.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Imagem digitalizada das plântulas (emergência, normais, anormais e mortas, com 4 repetições de 50 sementes), após 7, 14 e 21 dias de armazenamento em solo seco (e testemunha zero dias) e irrigação por 5 dias em BOD na temperatura de 15°C.52
- Figura 2 - Imagem digitalizada das plântulas (emergência, normais, anormais e mortas, com 4 repetições de 50 sementes), após 7, 14 e 21 dias de armazenamento em solo seco (e testemunha zero dias) e irrigação por 5 dias em BOD na temperatura de 25°C.53
- Figura 3 - Imagem digitalizada das plântulas (emergência, normais, anormais e mortas, com 4 repetições de 50 sementes), após 7, 14 e 21 dias de armazenamento em solo seco (e testemunha zero dias) e irrigação por 5 dias em BOD na temperatura de 35°C.54

LISTA DE TABELAS

Tabela 3. 1 - Períodos de armazenamento em solo seco e datas de semeadura.	30
Tabela 3. 2 - Tratamentos do experimento com diferentes períodos de armazenamento das sementes em solo seco, vigor de sementes e cobertura do solo.	31
Tabela 3. 3 - Caracterização inicial dos lotes de sementes de soja da cultivar Nidera (NA5909) com as médias de primeira contagem (PC, %), germinação (G, %), comprimento de hipocótilo (CH, cm), comprimento de radícula (CR, cm), massa seca de radícula (MSR, g), massa seca de hipocótilo (MSH, g) e massa seca total de plântulas (MST, g).....	33
Tabela 3. 4 - Médias de primeira contagem da emergência (PCE, %), emergência (E, %), massa seca da parte aérea (MSPA, g pl-1), massa seca da raiz (MSR, g pl-1) e diâmetro de caule (DC, cm) de sementes de soja de alto e baixo vigor semeadas em vasos na casa de vegetação e submetidas a diferentes períodos de armazenamento em solo sob estresse hídrico com ou sem cobertura de solo.	35
Tabela 3. 5 - Médias de comprimento de parte aérea (CPA, cm) e comprimento de raiz primária (CR, cm) de sementes de soja, de alto e baixo vigor, submetidas a diferentes períodos de armazenamento em solo seco com ou sem cobertura de solo.	36
Tabela 3. 6 - Médias de primeira contagem da emergência (PCE, %), emergência (E, %), massa seca da parte aérea (MSPA, g pl-1), massa seca da raiz (MSR, g pl-1) e diâmetro de caule (DC, cm) de sementes de soja de alto e baixo vigor submetidas a diferentes períodos de armazenamento em solo seco com ou sem cobertura de solo.	36
Tabela 3. 7 - Médias de comprimento de parte aérea (CPA, cm) e comprimento de raiz primária (CR, cm) de sementes de soja, de alto e baixo vigor, semeadas em vasos na casa de vegetação e submetidas a diferentes períodos de armazenamento em solo seco com ou sem cobertura de solo.....	38
Tabela 3. 8 - Médias de primeira contagem da emergência (PCE, %), emergência (E, %), massa seca da parte aérea (MSPA, g pl-1), massa seca da raiz (MSR, g pl-1) e diâmetro de caule (DC, cm) de sementes de soja de alto e baixo vigor submetidas a diferentes períodos de armazenamento em solo seco com ou sem cobertura de solo.	40
Tabela 3. 9 - Médias de comprimento de parte aérea (CPA, cm), comprimento de raiz primária (CR, cm) e diâmetro de caule (DC, cm) de sementes de soja de alto e baixo vigor submetidas a diferentes períodos de armazenamento em solo seco com ou sem cobertura de solo.	41
Tabela 4. 1 - Tratamentos do experimento com fatores de temperatura durante o armazenamento e diferentes períodos de armazenamento em pós-semeadura em solo seco de sementes de soja.	48
Tabela 4. 2 - Caracterização inicial do lote comercial de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 com as médias de plântulas normais, anormais e mortas (%) aos 5 e 8 dias após a semeadura em rolo de papel.	50
Tabela 4. 3 - Caracterização inicial do lote comercial de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 com as médias de comprimento de radícula CR, cm), comprimento de hipocótilo (CH, cm), comprimento total (CT, cm), massa seca de radícula (MSR, mg pl ⁻¹), massa seca de hipocótilo (MSH, mg pl ⁻¹) e massa seca total de plântulas (MST, mg pl ⁻¹).	50

Tabela 4. 4 - Emergência de plântulas, classificação entre plântulas normais, anormais e sementes mortas de soja de um lote comercial submetido a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento em solo seco.	51
Tabela 4. 5 - Comprimento de radícula de plântulas, hipocótilo e comprimento total, massa de matéria seca de radícula, hipocótilo e massa seca total de plântulas, de sementes de soja de um lote comercial submetidos a períodos de armazenamento em solo seco com diferentes temperaturas durante o armazenamento.	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	HIPÓTESES	15
1.2	OBJETIVO GERAL	16
1.2.1	Objetivos Específicos	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES	17
2.2	PROCESSO DE GERMINAÇÃO	18
2.2.1	Absorção de água: padrão trifásico	18
2.2.2	Intensificação da atividade metabólica	18
2.2.3	Produção de energia	19
2.2	PROCESSO DE DETERIORAÇÃO	20
2.3	SEMEADURA EM SOLO SECO	21
2.4	CONDIÇÕES DE ESTRESSES	23
2.5	COBERTURA VEGETAL DO SOLO	24
2.6	DIGITALIZAÇÃO E ANÁLISE DE IMAGENS DE PLÂNTULAS	25
3	ARTIGO 1 - INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA SOB ESTRESSE EM PÓS-SEMEADURA EM SOLO SECO	27
3.1	INTRODUÇÃO	28
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.4	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	41
4	ARTIGO 2 - ESTRESSE EM PÓS-SEMEADURA EM SOLO SECO EM DIFERENTES TEMPERATURAS E O EFEITO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA	45
4.1	INTRODUÇÃO	46
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	47
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.4	CONCLUSÕES	58
	REFERÊNCIAS	58
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICE A - GRÁFICO DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURAS DO PERÍODO DA EMERGÊNCIA, O QUE CORRESPONDE AO DIA DA IRRIGAÇÃO (06/11/2019) ATÉ AVALIAÇÃO DE EMERGÊNCIA (14/11/2019) DOS TRATAMENTOS COM E SEM COBERTURA VEGETAL DO SOLO.	68
	APÊNDICE B - GRÁFICO DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURAS DO PERÍODO DE AVALIAÇÃO, O QUE CORRESPONDE AO DIA DA IRRIGAÇÃO (06/11/2019) ATÉ AS AVALIAÇÕES FINAIS (12/12/2019) DOS TRATAMENTOS COM E SEM COBERTURA VEGETAL DO SOLO.	68
	APÊNDICE C - GRÁFICO DE TEMPERATURAS MÉDIAS, MÁXIMAS E MÍNIMAS DO PERÍODO DE AVALIAÇÃO, CORRESPONDENDO AO DIA DA IRRIGAÇÃO (06/11/2019) ATÉ AS AVALIAÇÕES FINAIS (12/12/2019) DOS TRATAMENTOS COM (CC), SEM COBERTURA VEGETAL DO SOLO (SC) E DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE SANTA MARIA.	69
	APÊNDICE D - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO ARTIGO 1, PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS: PRIMEIRA CONTAGEM (PC), EMERGÊNCIA (E), MASSA SECA DA PARTE AÉREA (MSPA), MASSA SECA DA RAIZ (MSR)	

E DIÂMETRO DE CAULE (DC) DE SEMENTES DE SOJA DE ALTO E BAIXO VIGOR SEMEADAS EM VASOS NA CASA DE VEGETAÇÃO E SUBMETIDAS A DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO EM SOLO SECO COM OU SEM COBERTURA DE SOLO. UFSM, SANTA MARIA, 2021.....	70
APENDICE E - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO ARTIGO 1, PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS: COMPRIMENTO DE PARTE AÉREA (CPA) E COMPRIMENTO DE RAIZ PRIMÁRIA (CR) DE SEMENTES DE SOJA, DE ALTO E BAIXO VIGOR, SEMEADAS EM VASOS NA CASA DE VEGETAÇÃO E SUBMETIDAS A DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO EM SOLO SECO COM OU SEM COBERTURA DE SOLO. UFSM, SANTA MARIA, 2021.....	70
APENDICE F - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO ARTIGO 2, PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS: EMERGÊNCIA (E), NORMAIS, ANORMAIS E MORTAS DE SEMENTES DE SOJA SEMEADAS EM SOLO SECO EM BANDEJAS E SUBMETIDAS A DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO E TEMPERATURAS DURANTE O ARMAZENAMENTO NO SOLO SECO. UFSM, SANTA MARIA, 2021.....	71
APENDICE G - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO ARTIGO 2, PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS: COMPRIMENTO DE RADÍCULA (CR), HIPOCÓTILO (CH) E TOTAL (CT), MASSA SECA DE RADÍCULA (MSR), HIPOCÓTILO (MSH) E TOTAL (MST) DE SEMENTES DE SOJA SEMEADAS EM SOLO SECO EM BANDEJAS E SUBMETIDAS A DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO E TEMPERATURAS DURANTE O ARMAZENAMENTO EM SOLO SECO. UFSM, SANTA MARIA, 2021.	71

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a principal cultura agrícola brasileira, sendo o Brasil o maior produtor mundial. Na safra nacional de 2020/21, a área semeada correspondeu a 38,5 milhões de hectares com produção de 135,9 milhões de toneladas (CONAB, 2021). Sua importância mundial é justificada por ser uma das principais culturas destinadas à produção de alimento e ração, possuindo elevado teor de óleo e proteínas de alta qualidade em seus grãos.

No sistema produtivo de grãos a fase de germinação apresenta-se como um dos mais importantes e críticos, definindo o potencial produtivo da lavoura. A germinação é um processo complexo durante o qual a semente deve se recuperar fisicamente da secagem durante sua maturação e ativar seu metabolismo. Por definição, a germinação da semente começa com a absorção de água seguida pelo alongamento do eixo embrionário, resultando na ruptura das camadas de cobertura circundantes com a emissão da radícula, findando a germinação (STEINBRECHER; LEUBNER-METZGER, 2017; NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010).

As interações das características físicas, genéticas, fisiológicas e sanitárias constituem a qualidade de um lote de sementes (MARCOS FILHO, 2015). Quando um lote apresenta uma deficiência em pelo menos um desses atributos, pode afetar o desenvolvimento e a produção da cultura. Segundo Sedyama et al. (2013) é fundamental que a semente possua alta pureza genética e física, elevado índice de germinação e vigor, e qualidade sanitária almejando o sucesso na implantação da cultura. Dessa forma, um dos fatores que pode aumentar a produção nacional é o acréscimo do uso de sementes de qualidade.

O vigor ganha destaque no atributo fisiológico, pois este relaciona-se com a taxa, a velocidade e a uniformidade de germinação, emergência e crescimento de plântulas, podendo influenciar na produtividade (ROSSI; CAVARANI; FRANÇA-NETO, 2017).

Segundo Peske (2020) os produtores possuem curto espaço de tempo para realizarem a semeadura no período ideal, dessa maneira, realizam essa prática em solo com baixa umidade, na expectativa de uma chuva próxima. Ainda segundo o autor, estima-se que no Brasil seja realizada a semeadura no “pó” em mais de um milhão de hectares para a cultura da soja.

A semeadura em solo seco ou “semeadura no pó” é a prática de semear a semente no solo com baixa umidade antes que ocorram precipitações, dessa forma, as sementes ficam armazenadas no solo a espera de condições de umidade para iniciarem o processo de germinação.

Fletcher et al. (2015) expõem que a semeadura em solo seco é uma estratégia operacional, permitindo a semeadura mais cedo, o que significa redução da restrição de maquinário e mão-de-obra, principalmente em produtores que tem acréscimo de área. Dessa forma, a semeadura em solo seco ameniza esse efeito, permitindo o início da semeadura mais precoce.

Um dos principais empecilhos da semeadura em solo seco é o período em que a semente fica exposta à restrição hídrica. Tal restrição pode causar consequências negativas na germinação de sementes, em decorrência do atraso do início do processo germinativo, deixando-a exposta a maior deterioração por ataques de fungos presentes nas próprias sementes e no solo (REZENDE et al., 2003).

A deterioração das sementes está diretamente associada ao tempo e as condições ambientais que as mesmas ficam expostas durante o armazenamento (SALINAS et al., 2001). No período de armazenamento, ocorre a degradação de proteínas e compostos de reservas devido ao metabolismo da semente, consumindo substratos utilizados na respiração durante a germinação (ABBADÉ; TAKAKI, 2014; SHARMA; GAMBHIR; MUNSHI, 2007). Tais efeitos podem ser intensificados em condições de estresses as quais as sementes podem ser expostas a campo.

Assim, a cobertura vegetal do solo serve como proteção, atenuando a incidência direta de radiação solar, formando uma camada isolante que reduz a amplitude de temperatura do solo, e conseqüentemente, auxilia na manutenção da umidade do solo (FURLANI et al., 2008; MARIN; ASSAD; PILAU, 2008). Além disso, proporciona muitos benefícios às características físicas, químicas e biológicas do solo (GHIMIRE et al., 2018).

1.1 HIPÓTESES

A semeadura em solo seco seguido de períodos de seca, onde a semente é exposta ao estresse hídrico e térmico, acarreta impactos na qualidade fisiológica das sementes e redução no estado de plantas.

A cobertura do solo com palha de aveia preta minimiza os impactos na fisiologia da semente, decorrente da redução do estresse térmico no período que a semente fica armazenada no solo.

As temperaturas durante o período de seca após a semeadura em solo seco, provocam efeitos distintos na qualidade fisiológica das sementes.

1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos dos períodos de seca após a semeadura em solo seco na qualidade fisiológica de sementes de soja.

1.2.1 Objetivos Específicos

Avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja expostas a diferentes períodos de restrição hídrica e estresse térmico.

Avaliar o desempenho de lotes de sementes com diferentes níveis de vigor a períodos de seca após semeadura em solo seco.

Avaliar as respostas da qualidade fisiológica de sementes de soja ao uso de cobertura de solo aos períodos de seca após a semeadura em solo seco.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

As interações das características físicas, genéticas, fisiológicas e sanitárias constituem a qualidade de um lote de sementes (MARCOS FILHO, 2015). Quando um lote apresenta uma deficiência em pelo menos um desses atributos, pode afetar o desenvolvimento e a produção da cultura. Segundo Sedyama et al. (2013) é fundamental que a semente possua alta pureza genética e física, elevado índice de germinação e vigor, e qualidade sanitária almejando o sucesso na implantação da cultura. Dessa forma, um dos fatores que pode influenciar positivamente na produção nacional é o uso de sementes de qualidade.

O vigor ganha destaque no atributo fisiológico, pois este relaciona-se com a taxa, a velocidade e a uniformidade de germinação, emergência e crescimento de plântulas, podendo influenciar na produtividade (ROSSI; CAVARANI; FRANÇA-NETO, 2017).

Segundo a Associação Internacional de Análise de Sementes (ISTA) o vigor é a soma de todas as propriedades as quais determinam o desempenho da semente, ou de um lote de sementes durante a germinação e a emergência de plântulas. Sementes que tem um bom desempenho são classificadas como vigorosas enquanto que as de baixo desempenho, são denominadas de sementes de baixo vigor (ISTA, 1981). A Associação de Analistas Oficiais (AOSA, 1983) definiu o vigor de sementes como propriedades que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme para o desenvolvimento de plântulas normais, sob uma ampla faixa de condições ambientais.

O uso de sementes de baixa qualidade fisiológica é caracterizado pelo decréscimo na percentagem de germinação, aumento de plântulas anormais e conseqüentemente, redução no vigor das plântulas (TOLEDO et al., 2009). No entanto, sementes com alta qualidade fisiológica se sobressaem em diferentes condições ambientais, principalmente quando exposta a algum tipo de estresse (SCHEEREN et al., 2010). Algumas situações de estresse são exemplificadas por França Neto e Krzyzanowski (2018) como compactação, assoreamento do sulco de semeadura em decorrência a chuvas intensas, excesso de profundidade de semeadura, baixas temperaturas, ataque de fungos, estiagens após a semeadura. Ainda afirmam que sementes de alto vigor tem a capacidade de sobressaírem em tais condições sem reduzirem significativamente seu desempenho fisiológico.

O potencial fisiológico da semente está diretamente relacionado com o sucesso no estabelecimento do estande de plantas, contribuindo para obtenção da população desejada por

área, este que constitui uns dos principais componentes de produtividade da soja (MOHAMMADI et al., 2012).

2.2 PROCESSO DE GERMINAÇÃO

A germinação é um processo complexo durante o qual a semente deve se recuperar fisicamente da secagem durante sua maturação e ativar seu metabolismo. Por definição, a germinação da semente começa com a absorção de água seguida pelo alongamento do eixo embrionário, resultando na ruptura das camadas de cobertura circundantes com a emissão da radícula, findando a germinação (STEINBRECHER; LEUBNER-METZGER, 2017; NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010; BEWLEY, 1997).

2.2.1 Absorção de água: padrão trifásico

A absorção de água, denominada de embebição, é representada em padrão trifásico. Inicialmente, há uma rápida absorção de água pela semente seca (Fase I) até que todas as matrizes e conteúdos celular estejam totalmente hidratados. Nesta fase ocorre a reparação do dano ao DNA (MACOVEI et al., 2011) e a retomada das vias glicolíticas e oxidativas da pentose fosfato (HOWELL; MILLAR; WHELAN, 2006). Esta fase é seguida por um platô com absorção limitada de água (Fase II), permanecendo inalterado em sementes que não completam a germinação, como em sementes dormentes ou mortas. Na Fase II, se inicia a mobilização das reservas e é quando os sinais ambientais são integrados ao estado fisiológico da semente para determinar se ela entrará ou não na Fase III, uma fase final de aumento da absorção de água conduzindo a expansão celular resultando na conclusão da germinação após o alongamento do eixo embrionário. (NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010; BEWLEY, 1997; MEYER; STEUDLE; PETERSON, 2007; MANZ et al., 2005; FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006).

2.2.2 Intensificação da atividade metabólica

Após reidratação, a semente seca retoma rapidamente a atividade metabólica e ao crescimento da expansão celular no eixo embrionário (VOEGELE et al., 2012). Uma das primeiras mudanças durante a embebição é a retomada da atividade respiratória, que pode ser detectada em minutos. Após um aumento inicial acentuado no consumo de oxigênio, a taxa diminui até que a radícula penetre nas estruturas circundantes (BEWLEY, 1997).

As estruturas e enzimas necessárias para a retomada inicial da atividade metabólica estão presentes na semente seca, tendo sobrevivido, pelo menos parcialmente intacta, a fase de dessecação da semente (NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010). Enzimas funcionais necessárias para a respiração, como as do ciclo de Krebs e oxidases terminais, estão presentes e provavelmente fornecem ATP suficiente da fosforilação oxidativa por várias horas após o início da embebição (HOURMANT; PRADET, 1981). Essas enzimas podem ser protegidas na semente seca por proteínas abundantes de embriogênese tardia específicas (LEA) (GRELET et al., 2005; TOLLETER et al., 2007). As reações de oxidação mitocondrial aumentam após a conclusão da embebição, durante a Fase II, à medida que a mitocôndria passa por reparo e replicação, sendo a biogênese de novas mitocôndrias típica de sementes armazenadoras de óleo (NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010).

O mesmo é válido para a retomada da síntese de proteínas, que poucos minutos após a reidratação tem os ribossomos recrutados para os complexos sintetizadores de proteínas, utilizando RNAm existentes (BEWLEY; BLACK, 1994).

Segundo Han et al. (2013) foram identificadas em sementes de soja em germinação 215 proteínas metabólicas, os quais eles categorizaram em 17 subgrupos com base nas vias metabólicas nas quais estão envolvidas. Esses subgrupos incluem fotossíntese, metabolismo de carboidratos principais, glicólise, fermentação, gliconeogênese e ciclo de glioxilato, via de fosfato pentose, ciclo de ácido tricarboxílico (TCA), transporte de elétrons mitocondrial / síntese de ATP, metabolismo da parede celular, metabolismo de lipídeos, metabolismo de nitrogênio, metabolismo aminoácidos, metabolismo secundário, metabolismo de cofatores e vitaminas, síntese de tetrapirrol, metabolismo de nucleotídeos e metabolismo de C1.

2.2.3 Produção de energia

A germinação é acionada por um grande número de processos celulares, como transcrição, tradução, mecanismos de reparo, resposta a vários estresses, remontagem de organelas e reconstrução da estrutura celular. Todos os processos são suportados pelo metabolismo de geração de energia (ZHANG et al., 2019).

A produção de energia e a respiração desempenham papéis importantes no processo de germinação das sementes. A degradação de estruturas de armazenamento é necessária para a produção de energia por meio de processos como a glicólise, o ciclo do glioxilato e o ciclo do ácido tricarboxílico (TCA), determinando em grande parte o vigor da germinação (ZHANG et al., 2019). As reservas utilizadas para a germinação das sementes são armazenadas principalmente na forma de amido, lipídios e proteínas no embrião ou endosperma e são

acumuladas durante a maturação da semente (YANG et al., 2009; WEBER; BORISJUK; WOBUS, 2005).

As sementes de soja são classificadas como aleuro-oleaginosas, e armazenam 40% de proteínas, 20% de lipídios e 26% de carboidratos (AGRAWAL et al., 2008; MARCOS FILHO, 2015). Essas reservas são importantes para a germinação de sementes e estabelecimento da nova planta. A mobilização de reservas é um dos eventos mais críticos na germinação, podendo fornecer não apenas precursores, mas também energia para os processos biossintéticos. Embora a mobilização das reservas possa não ser necessária para a germinação (PINFIELD-WELLS et al., 2005), ela é crucial para a eficiência da germinação e estabelecimento de plântulas pós-germinativas (EASTMOND et al., 2000).

Nas sementes oleaginosas, a maior reserva de armazenamento é o lipídio, encontrado na forma de triacilglicerol (TAG). As plantas não conseguem transportar gorduras dos cotilédones para outros tecidos das plântulas, dessa forma é necessário realizar a conversão em açúcar após a germinação. O TAG é inicialmente clivado por lipases, liberando ácidos graxos que são posteriormente decompostos pelas enzimas de β -oxidação em acetil-CoA no glioxissomo (organelas encontradas em tecidos de reserva de sementes ricas em óleo). No glioxissomo e citosol ocorre a metabolização do acetil-CoA sintetizando succinato, este por sua vez é transportado para a mitocôndria, onde passa por conversões de fumarato até malato. O malato é transportado da mitocôndria até o citosol, onde ocorre sua conversão em glicose via gliconeogênese, e então em sacarose. Na maioria das sementes oleaginosas, cerca de 30% da acetil-CoA são usados para a produção de energia pela respiração, e o resto é convertido em sacarose. (BEWLEY; BLACK, 1994; TAIZ et al., 2017).

2.2 PROCESSO DE DETERIORAÇÃO

Segundo Delouche e Baskin (1973), o processo de deterioração da semente é degenerativo, inexorável, contínuo e irreversível, iniciando a partir da maturação fisiológica com a degeneração das membranas, culminando com a morte das sementes. Para Cardoso et al. (2012), o processo de deterioração é inevitável, podendo ser retardado ou acelerado dependendo das condições de armazenamento e das características da semente. A deterioração ou redução da qualidade fisiológica pode ser considerada como a redução da germinação e vigor da semente. (FU; AHMED; DIEDERICHSEN, 2015).

Espécies reativas de oxigênio (EROS) e seus efeitos oxidativos vêm sendo associadas à perda de viabilidade e qualidade fisiológica das sementes (SANO et al., 2016). No processo de deterioração há o acúmulo de EROS como o oxigênio singlete, radicais superóxidos,

peróxido de hidrogênio e radicais hidroxilas, que são moléculas altamente reativas e tóxicas que provocam danos irreversíveis as células, afetando suas membranas, ácidos nucleicos, proteínas, carboidratos e lipídios (GILL; TUTEJA, 2010; SHARMA et al., 2012).

Existem enzimas especializadas para atuar e proteger os componentes celulares contra os EROS. De acordo com Gill e Tuteja (2010) e Mittler (2017) as principais enzimas antioxidantes são a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), glutaciona peroxidase (GPX), peroxidase (POD), peroxirredoxina (PRX), monodesidroascorbato redutase (MDHAR), desidroascorbato redutase (DHAR) e glutaciona redutase (GR).

O principal evento que ocorre no envelhecimento da semente são danos à membrana (RATAJCZAK et al., 2019). O processo que causa dano na membrana é conhecido como peroxidação lipídica. Neste ocorre a formação de hidroperóxidos por meio da reação entre o oxigênio e os ácidos graxos insaturados da membrana, modificando sua permeabilidade e levando a sua destruição (GASCHLER; STOCKWELL, 2017).

O teor de água das sementes possui grande importância em seu processo de deterioração, onde em níveis baixos consegue-se minimizar seus efeitos (BERBERT et al., 2008). Segundo Walters, Ballesteros e Vertucci (2010) o aumento da temperatura intensifica o processo de deterioração devido ao calor aumentar a mobilidade das moléculas, acelerando reações na semente.

Em níveis de umidade acima de 14% e aumento da temperatura, as sementes respondem proporcionalmente com aumento de sua taxa respiratória (SILVA, 2008). Segundo Chidananda et al. (2014) e Dode et al. (2013) a taxa respiratória é impactada principalmente por temperatura, umidade e qualidade estrutural da semente.

A respiração é uma complexa série de processos pelos quais tecidos de reservas na semente são convertidos em energia para suprir as necessidades metabólicas do embrião (PERRY; BURGGREN, 2007).

Para identificar avanços da deterioração em sementes são utilizados diferentes testes de vigor, estes apresentam maior sensibilidade, o que permite identificar estágios menos avançados do processo de deterioração, ganhando importância na distinção de lotes de sementes (BAALBAKI et al., 2009; PINTO et al., 2015).

2.3 SEMEADURA EM SOLO SECO

A semeadura em solo seco ou “semeadura no pó” é a prática de colocar a semente no solo com baixa umidade antes que ocorram precipitações, dessa forma, as sementes ficam

armazenadas no solo a espera de condições de umidade para iniciarem o processo de germinação.

Segundo Peske (2020) os produtores possuem curto espaço de tempo para realizarem a semeadura no período ideal, dessa maneira, realizam essa prática em solo com baixa umidade, na expectativa de uma chuva próxima. Ainda segundo o autor, estima-se que no Brasil seja realizada a semeadura no “pó” em mais de um milhão de hectares para a cultura da soja.

Conforme Fletcher et al. (2015) esta é uma prática importante na Austrália Ocidental para a cultura do trigo, pois permite semear uma maior proporção de área no início do período, antecedendo o período de chuva. Turner (2011) afirma que esta prática visa maximizar a eficiência das chuvas, já que na região a estação de cultivo é definida pelo início, quantidade e duração das chuvas.

Tal situação é semelhante no Centro-Oeste brasileiro, onde a semeadura da soja depende do início do período das chuvas na região. O clima tropical com inverno seco é o predominante, onde a estação de crescimento se concentra entre outubro e abril, quando ocorre a maior incidência de chuvas (ALVARES et al., 2013). A prática de semeadura em solo seco ganha destaque no sistema de soja-milho, onde o milho é semeado como uma cultura de sucessão. A semeadura precoce, juntamente com o ciclo precoce da soja são imprescindíveis para viabilizar a sucessão do milho na mesma safra (BRACCINI et al., 2010; GARCIA et al., 2018). Com a semeadura precoce, tem-se condições favoráveis para a soja crescer e na sequência, permite o milho completar seu ciclo antes do final do período de chuvas (NÓIA JUNIOR; SENTELHAS, 2019).

Fletcher et al. (2015) ainda expõem que a semeadura em solo seco é uma estratégia operacional, permitindo a semeadura mais cedo, o que significa redução da restrição de maquinário e mão-de-obra, principalmente em produtores que tem acréscimo de área. Dessa forma, a semeadura em solo seco ameniza esse efeito, permitindo o início da semeadura mais precoce.

A época de semeadura é outro fator crucial para o bom desempenho produtivo da cultura, pois tem como efeito alteração hídrica, de temperatura, de fotoperíodo e incidência de radiação solar disponível as plantas, exercendo influência sobre características morfológicas, de ciclo e potencial produtivo da cultura. (JIANG et al., 2011; RODRIGUES et al., 2006).

A semeadura em solo seco na região Sul do Brasil, além da estratégia operacional pode trazer alguns benefícios em relação a época de semeadura. Segundo Meotti et al. (2012) para as cultivares de soja avaliadas no estado de Santa Catarina, deve-se priorizar as épocas de semeadura próximas a 15 de outubro e 15 de novembro, pois estas apresentam condições

climáticas mais favoráveis para o desenvolvimento da cultura. Ao contrário, semeaduras tardias, próximas a 15 de dezembro e 15 de janeiro, impactam negativamente os componentes de produtividade e produção de grãos. No Rio Grande do Sul, a recomendação do período de semeadura para a maioria das cultivares é de 15 de outubro até final de dezembro, de acordo com Zanon, Streck e Grassini (2016) tem-se perdas de produtividade associadas a datas tardias de semeaduras, que justificam-se pelo maior risco de déficit hídrico na cultura, devendo priorizar as operações no início da época preferencial de semeadura buscando escapar dos prejuízos causados pela restrição hídrica.

Além dos motivos já mencionados, a semeadura da soja no início do período recomendado facilita a proteção da cultura, reduzindo o risco de infestações de pragas e doenças, principalmente da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) (GARCIA et al., 2018).

De acordo com Fletcher et al. (2015) alguns riscos nessa prática devem ser observados, como precipitações de baixo volume que promovem a germinação com o déficit hídrico na sequência do estabelecimento.

2.4 CONDIÇÕES DE ESTRESSES

As sementes, após semeadas, ficam um período armazenadas no solo. Este armazenamento está associado com as condições climáticas, pois as sementes precisam de umidade para germinarem. Neste período, as sementes ficam expostas aos diversos estresses bióticos e abióticos, os quais são fatores importantes e que possuem um enorme impacto no desenvolvimento das plantas (REJEB; PASTOR; MAUCH-MANI, 2014), acelerando seu processo de deterioração.

A taxa de deterioração esta associada ao tempo e as condições ambientais que as sementes são expostas durante o armazenamento (SALINAS et al., 2001).

Durante o armazenamento, ocorre a degradação de proteínas e compostos de reservas devido ao metabolismo da semente, consumindo substratos utilizados na respiração durante a germinação (ABBADÉ; TAKAKI, 2014; SHARMA; GAMBHIR; MUNSHI, 2007). Tais efeitos podem ser intensificados em condições de estresses as quais as sementes podem ser expostas a campo.

A partir de um experimento realizado por Ochandio et al. (2017) com sementes de soja armazenadas hermeticamente a 13% de umidade e 15 °C, durante 250 dias obteve-se um percentual de 12,7% de O₂ no ambiente, no entanto quando a umidade e temperatura foram elevadas para 17% e 35 °C, o O₂ foi consumido em 70 dias, resultando em um aumento da

taxa respiratória. Pode-se inferir que a taxa respiratória responderá da mesma maneira de acordo com as condições que as sementes encontraram no solo, onde estão armazenadas, sendo que estas permanecerão em equilíbrio higroscópico e térmico com o solo, acompanhando suas oscilações.

A temperatura ideal para germinação da soja é de 25°C (GARCIA et al., 2007; BRASIL, 2009). Já resultados encontrados por Lamachhane et al. (2020), a temperatura ótima da soja é de 30°C. Esta faixa de temperatura irá proporcionar maior rapidez e uniformidade na emergência. Semeaduras realizadas a temperaturas inferiores irão reduzir a velocidade de germinação e emergência da cultura. No entanto, a umidade no solo é essencial para que ocorra a germinação. As sementes de soja requerem absorção de água referente a 50% de sua massa seca (EMBRAPA, 2011).

A restrição hídrica pode causar consequências negativas na germinação de sementes, em decorrência do atraso do início do processo germinativo, deixando-a exposta a maior deterioração por ataques de fungos presentes nas próprias sementes e no solo (REZENDE et al., 2003). Além disso, o ataque de patógenos associados a pragas reduz a qualidade fisiológica das sementes, diminuindo sua germinação e a emergência de plântulas (MERTZ; HENNING; ZIMMER, 2009).

O tratamento de sementes é considerado o método de controle e proteção mais eficiente durante o desenvolvimento inicial das culturas, com uso de inseticidas para pragas de solo e parte aérea (CASTRO et al., 2008; MARTINS et al., 2009). Além disso, o uso de fungicidas químicos no tratamento de sementes possibilita proteção eficiente contra patógenos durante o período de germinação e emergência de plântulas (REZENDE et al., 2003).

2.5 COBERTURA VEGETAL DO SOLO

A cobertura vegetal do solo proporciona muitos benefícios às características físicas, químicas e biológicas do solo (GHIMIRE et al., 2018). Esta serve como proteção, atenuando a incidência direta de radiação solar, formando uma camada isolante que reduz a amplitude de temperatura do solo, e conseqüentemente, auxilia na manutenção da umidade do solo (FURLANI et al., 2008; MARIN; ASSAD; PILAU, 2008).

Além disso, as plantas de cobertura podem liberar substâncias químicas alelopáticas na rizosfera que suprimem a germinação de sementes de plantas daninhas (WESTON; DUKE, 2003). De acordo com Ferreira, Schwarz e Streck (2000), a cobertura vegetal com aveia preta proporciona controle quase total das plantas daninhas em decorrência ao seu efeito alelopático sobre outras espécies.

A interação entre culturas de cobertura do solo e plantio direto melhoram a estrutura da comunidade microbiana do solo, a ciclagem de carbono, nitrogênio e fósforo (MBUTHIA et al., 2015).

O uso de cobertura sobre o solo pode alterar consideravelmente os comportamentos diários de sua temperatura. Segundo Resende et al. (2005), a cobertura do solo com palha de capim seco proporcionou uma média de temperatura de 3 °C inferiores ao solo sem cobertura a 5 cm de profundidade, enquanto a umidade do solo foi 2% superior.

A germinação e o desenvolvimento inicial da cultura ocorrem principalmente até os 5 cm de profundidade. Nesta profundidade, observou-se uma maior temperatura média e também uma maior variação de temperatura durante o período do dia em solo descoberto em comparação ao solo que estava coberto com palha de aveia-preta, ainda, este atingiu temperaturas máximas inferiores e apresentou menor amplitude térmica. Também foi constatado o mesmo comportamento para a umidade do solo (ROSSI et al., 2007).

Gasparin et al. (2005) confirmaram em seus experimentos o mesmo comportamento em relação a temperatura do solo com o uso de cobertura vegetal, e ainda complementa que quanto maior a densidade da cobertura sobre o solo, menor será sua amplitude térmica.

Assim, o aumento ou a redução da temperatura do solo em função da condição de sua cobertura, exercerá grande influência ecofisiológica, regulando processos como a germinação de sementes, crescimento do sistema radicular, absorção de água e nutrientes (MARIN; ASSAD; PILAU, 2008).

2.6 DIGITALIZAÇÃO E ANÁLISE DE IMAGENS DE PLÂNTULAS

Juntamente com testes e avaliações na qualidade de sementes é possível realizar a digitalização de plântulas. Este é um procedimento importante, pois permite o arquivamento e a futura visualização e análise. Além da digitalização é possível realizar a análise computacional dessas imagens através de sistemas automatizados, adquirindo resultados sobre as características de qualidade física e fisiológica de sementes. Este é um tema que vem sendo trabalhado há algum tempo e está evoluindo através de novas tecnologias e estudos com diversas culturas.

As primeiras tentativas foram realizadas por McCormac, Keffe e Draper (1990), os quais utilizaram um sistema de análise de imagens para avaliar o comprimento da raiz primária em plântulas de cenoura e alface. Em seguida, Howarth e Stanwood (1993) desenvolveram um sistema de visão computacional com o objetivo de medir a taxa de crescimento de plântulas de alface e sorgo durante todo o período de germinação. Já Cicero et

al. (1998) visando analisar danos mecânicos internos e externos em sementes de milho, utilizou uma técnica combinada de obtenção de imagens por raios-X e processamento digital de imagens.

Sako et al. (2001) desenvolveu um sistema computacional de análise de imagens de plântulas denominado de Seed Vigor Imaging System (SVIS®). Este por sua vez, avaliava o vigor de sementes de alface de forma automatizada, através de imagens digitalizadas de plântulas. Por esse método é possível obter dados de comprimento de raiz primária, hipocótilo e plântula inteira, relações raiz / hipocótilo e índices de vigor e uniformidade de crescimento. Além de sementes de alface, o programa foi adaptado a várias outras espécies com avaliações eficientes, incluindo para a cultura da soja (HOFFMASTER et al., 2003; MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009).

O Sistema Automatizado de Análise do Vigor de Sementes (Vigor-S), resultado de um programa colaborativo entre a Universidade de São Paulo (USP / ESALQ) e a Embrapa / Instrumentação Agrícola (CNPDIA), foi desenhado com base em princípios semelhantes aos do SVIS® para fornecer uma avaliação eficiente e objetiva do potencial fisiológico da semente. A vantagem do Vigor-S é a avaliação individualizada do comprimento do hipocótilo e da raiz primária, detectando assim, diferenças no grau de desenvolvimento das plântulas (RODRIGUES, 2019).

Em 2012, a empresa Tbit Tecnologia e Sistemas desenvolveu um sistema semelhante ao SVIS®, denominado atualmente GroundEye, antigo Sistema de Análise de Sementes (SAS), o qual também possui a capacidade de realizar avaliação da qualidade física e fisiológica de sementes (BRANDANI, 2017).

O desenvolvimento desses sistemas automatizados permitiu alguns benefícios na avaliação de sementes como a eliminação do erro humano, a criação de um banco de dados com imagens para posterior análise e consulta, e a geração de resultados mais fácil, confiável e ágil.

3 ARTIGO 1 - INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA SOB ESTRESSE EM PÓS-SEMEADURA EM SOLO SECO

Influência da cobertura vegetal na qualidade fisiológica de sementes de soja sob estresse em pós-semeadura em solo seco

RESUMO - O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos que períodos de seca após a semeadura em solo seco possuem na qualidade fisiológica de sementes e a ação da cobertura vegetal do solo como amenizador de estresses. O delineamento usado foi inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial 5x2x2 (cinco períodos de armazenamento da semente no solo seco x dois lotes de sementes x com e sem cobertura do solo), com quatro repetições. Em casa de vegetação foram utilizados vasos de PVC de 10 litros, preenchido com solo seco e semeadas 20 sementes a três centímetros de profundidade. Para simular períodos de estresse hídrico as sementes permaneceram no solo sem irrigação por 0, 4, 8, 12 e 16 dias após a semeadura, sendo irrigados no mesmo dia para proporcionar as mesmas condições. Foram utilizados 3 Mg ha⁻¹ de palha de aveia preta como cobertura do solo. As avaliações foram realizadas a partir da emergência até o início da fase reprodutiva da cultura. Os efeitos de vigor propiciam maior emergência e estabelecimento mais rápido em condições de semeadura sob estresse hídrico e são mais expressivos nos estágios iniciais de germinação e estabelecimento e menos evidente à medida que os estágios fenológicos avançam. O armazenamento em solo seco em até 4 dias não afeta a emergência, sendo esta reduzida dos 8 aos 16 dias de armazenamento com igual intensidade. A cobertura vegetal possibilita uma maior emergência e crescimento inicial em relação ao solo sem cobertura, melhorando o estabelecimento e estande de plantas.

Palavras-chaves: Estresse hídrico. Estresse térmico. Cobertura vegetal do solo. Vigor de sementes. *Glycine max.* L.

3.1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a principal cultura agrícola brasileira, sendo o Brasil o maior produtor mundial. Na safra nacional de 2020/21, a área semeada correspondeu a 38,5 milhões de hectares com produção de 135,9 milhões de toneladas (CONAB, 2021).

O estabelecimento da cultura é uma das fases mais crítica e importante para assegurar o potencial de produtividade da lavoura. Nesse cenário, o uso de sementes com elevada qualidade fisiológica associado ao tratamento de sementes auxilia no estabelecimento. O vigor das sementes relaciona-se com a taxa, a velocidade e a uniformidade de emergência e crescimento de plântulas, podendo influenciar a produtividade (ROSSI; CAVARANI; FRANÇA-NETO, 2017).

A semeadura em solo seco ou “semeadura no pó” é uma prática que vem sendo adotada por vários produtores em diferentes regiões do país. Esta prática consiste em semear as sementes no solo com baixa umidade antes que ocorram precipitações, dessa forma as sementes ficam armazenadas no solo a espera de condições de umidade para iniciarem o processo de germinação.

Os motivos elencados pelos produtores para adoção da prática da semeadura em solo seco são diversos, como proporcionar melhores condições de desenvolvimento das plantas durante o ciclo da cultura, maximizar a eficiência da chuva em regiões onde estas regulam a estação de cultivo, viabilizar dois cultivos em sucessão, e também como estratégia operacional aumentando o período de semeadura, o que significa uma redução da restrição de maquinário e mão-de-obra.

No período em que as sementes estão armazenadas no solo ficam expostas aos diversos estresses bióticos e abióticos. Os principais são a variação de umidade e temperatura do solo. Estas variações irão intensificar a taxa respiratória das sementes (CHIDANANDA et al., 2014; DODE et al., 2013) e conseqüentemente aumentam a deterioração, que segundo Fu, Ahmed e Diederichsen (2015) pode ser considerada como a redução da germinação e vigor da semente.

A taxa de deterioração está associada ao tempo e as condições ambientais que as sementes são expostas durante o armazenamento (SALINAS et al., 2001). Assim, tais condições e o período em que as sementes ficarão armazenadas no solo são fundamentais quando se avalia o impacto resultante na qualidade fisiológica das sementes.

A cobertura vegetal do solo age como um isolante e amenizador de estresses, reduzindo a amplitude térmica do solo e auxiliando na manutenção de sua umidade. Dessa

forma, o aumento ou a redução da temperatura do solo em função da condição de sua cobertura, exercerá grande influência ecofisiológica, regulando processos como a germinação de sementes (MARIN; ASSAD; PILAU, 2008).

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos que períodos de déficit hídrico após a sementeira em solo seco possuem na qualidade fisiológica de diferentes lotes de sementes e a ação da cobertura vegetal do solo como possível amenizador de estresses.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano de 2019 no Laboratório Didático e de Pesquisas com Sementes e em casa de vegetação no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria.

Foram utilizados lotes comerciais de sementes de soja de alto e baixo vigor, com peso de mil sementes de 153,4 e 149,8 g, e grau de umidade de 9,5 e 9,9%, respectivamente, da cultivar Nidera (NA5909) da safra 2018/19. Em laboratório, a caracterização fisiológica inicial dos lotes de sementes foi realizada através do teste padrão de germinação, teste de primeira contagem seguindo metodologia de Brasil (2009). Ainda, foi realizado o comprimento de hipocótilo e radícula com suas respectivas massas seca, as quais foram separadas aleatoriamente 10 plântulas normais seguindo a metodologia descrita por Nakagawa (1999).

Após a caracterização inicial as sementes foram tratadas com 2 mL kg⁻¹ de sementes do produto comercial Cruiser®, formulado a base de tiametoxam 350 g L⁻¹. Para obter o volume de calda de 6 mL kg⁻¹ de sementes foi adicionado água destilada. Para o preparo e mistura as sementes foram colocadas em sacos plásticos juntamente com a calda, e foram agitadas por 2 minutos a fim de uniformizar e distribuir o produto sobre a massa de sementes (CASTRO et al., 2008).

Em casa de vegetação foram utilizados vasos de PVC com capacidade de 10 litros, previamente preenchido com solo seco, proveniente da área experimental da Fitotecnia, classificado como Argissolo vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2013). Este foi devidamente corrigido com adubação e calagem após análise. Foram semeadas 20 sementes a três centímetros de profundidade em cada vaso, sendo utilizadas quatro repetições por tratamento.

Para simular períodos de estresse hídrico após a sementeira em solo seco, as sementes permaneceram no solo sem irrigação por 0, 4, 8, 12 e 16 dias após a sementeira (Tabela 3.1),

onde a temperatura desse solo foi monitorada com sensores de temperatura instalados na mesma profundidade das sementes, e estes foram conectados a um sistema de coleta de dados automatizada com datalogger.

Tabela 3. 1 - Períodos de armazenamento em solo seco e datas de semeadura.

Período de armazenamento em solo seco	Data de semeadura
16 dias	21 de outubro
12 dias	25 de outubro
8 dias	29 de outubro
4 dias	2 de novembro
0 dias	*6 de novembro

*Data de irrigação de todos os tratamentos.

Realizou-se a irrigação uma única vez no dia 06 de novembro de 2019 no mesmo dia para todos os tratamentos. Assim, foi proporcionado as mesmas condições de ambiente no período de germinação e emergência. Com a irrigação, a umidade do solo foi elevada para 60% da capacidade de retenção, sendo realizada sua manutenção diária no período inicial de emergência e posteriormente realizada a cada dois dias.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial 5x2x2 (cinco períodos de armazenamento da semente no solo seco x dois lotes de sementes x com e sem cobertura vegetal do solo) com quatro repetições. Dessa forma, o experimento foi organizado conforme a Tabela 3.2.

A cobertura do solo utilizada foi palha de aveia preta (*Avena sativa*) em quantidade correspondente a 3 Mg ha⁻¹.

Tabela 3. 2 - Tratamentos do experimento com diferentes períodos de armazenamento das sementes em solo seco, vigor de sementes e cobertura do solo.

Tratamentos	Período de armazenamento em solo seco (dias)	Vigor da semente	Cobertura de solo
1	0	Alto	Com
2	4	Alto	Com
3	8	Alto	Com
4	12	Alto	Com
5	16	Alto	Com
6	0	Alto	Sem
7	4	Alto	Sem
8	8	Alto	Sem
9	12	Alto	Sem
10	16	Alto	Sem
11	0	Baixo	Com
12	4	Baixo	Com
13	8	Baixo	Com
14	12	Baixo	Com
15	16	Baixo	Com
16	0	Baixo	Sem
17	4	Baixo	Sem
18	8	Baixo	Sem
19	12	Baixo	Sem
20	16	Baixo	Sem

Para avaliações da qualidade fisiológica das sementes de soja submetidas ao estresse hídrico em pós semeadura em solo seco foram realizados os seguintes testes:

Primeira contagem de emergência: realizou-se a contagem do número de plântulas emergidas nos vasos no 5º dia após a irrigação, sendo o resultado expresso em porcentagem de plântulas normais emergidas (BRASIL, 2009).

Emergência: realizou-se a contagem do número de plântulas emergidas no 8º dia após a irrigação, sendo o resultado expresso em porcentagem de plântulas normais emergidas (BRASIL, 2009).

No 8º dia após a irrigação com exceção de três plântulas, o restante foi retirado dos vasos, lavadas e realizaram-se as seguintes avaliações:

Comprimento de plântulas: no 8º dia após a irrigação, foram coletadas 10 plântulas aleatoriamente de cada repetição, nas quais foram realizadas o comprimento de raiz e de hipocótilo com o auxílio de uma régua milimétrica. O resultado foi expresso em centímetros por plântula conforme Nakagawa (1999).

Massa seca de plântulas: após a avaliação de comprimento de plântulas, estas foram divididas entre hipocótilo e raiz, e posteriormente acondicionadas em sacos de papel e alocadas em estufa a $65\pm 5^{\circ}\text{C}$ até a obtenção de massa constante. Em seguida, pesou-se as repetições em balança de precisão 0,001 g. A massa obtida foi dividida pelo número de plântulas, sendo os resultados expressos em miligramas por plântulas (mg plântula^{-1}) (NAKAGAWA, 1999).

Posteriormente a essas avaliações, as três plântulas restantes no vaso foram conduzidas até 36 dias após a irrigação, onde realizou-se as seguintes avaliações:

Comprimento de plantas: realizada a cada sete dias com auxílio de uma régua graduada, em que as plantas foram estendidas para realização da medida da distância compreendida entre a superfície do solo e o ápice da haste principal da planta.

Diâmetro de caule: foram medidos utilizando paquímetro digital graduado, no caule da planta a 2 cm acima da superfície do solo.

Massa seca de plantas: após a avaliação de comprimento de plantas, estas foram retiradas dos vasos, lavadas, secadas em papel e divididas entre parte aérea e raiz, e posteriormente acondicionadas em sacos de papel e alocadas em estufa a $65\pm 5^{\circ}\text{C}$ até a obtenção de massa constante. Na sequência, pesou-se as repetições em balança de precisão 0,001 g. A massa obtida foi dividida pelo número de plantas normais, sendo os resultados expressos em miligramas por plantas (mg plantas^{-1}) (NAKAGAWA, 1999).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da avaliação da caracterização inicial dos lotes (Tabela 3.3), constata-se que o lote de alto vigor apresentou-se superior em relação ao lote de vigor mais baixo, nas variáveis de primeira contagem (PC), germinação (G), massa seca de radícula (MSR), massa seca de hipocótilo (MSH) e massa seca total (MST). Quando as variáveis analisadas são comprimento de hipocótilo (CH) e radícula (CR), os lotes não apresentam diferenças, podendo inferir que o teste de comprimento não foi eficiente para diferenciar os lotes em níveis de vigor em condições ideais de germinação. Meneguzzo et al. (2021) afirma que a metodologia de avaliação do comprimento de plântulas é um método eficiente para avaliar o vigor, o que permitiu a diferenciação de seus lotes de sementes de soja. Segundo o mesmo, a diferenciação também foi possível pela avaliação de massa seca, assim como no presente estudo. Da mesma forma, os resultados encontrados por Vanzolini (2007), diferencia o vigor de seus lotes de semente de soja da cultivar EMBRAPA 48 pelo comprimento (raiz, hipocótilo e total), enquanto a análise de massa seca não possibilitou tal diferenciação.

Tabela 3. 3 - Caracterização inicial dos lotes de sementes de soja da cultivar Nidera (NA5909) com as médias de primeira contagem (PC, %), germinação (G, %), comprimento de hipocótilo (CH, cm), comprimento de radícula (CR, cm), massa seca de radícula (MSR, g), massa seca de hipocótilo (MSH, g) e massa seca total de plântulas (MST, g).

Lote	PC	G	CH	CR	MSR	MSH	MST
Alto	91 A	94 a	10,36 ^{ns}	13,39 ^{ns}	14,07 a	32,40 a	46,47 a
Baixo	77 b	84 b	11,07	13,28	11,30 b	26,07 b	37,37 b
CV (%)	3,87	4,19	5,12	13,74	3,10	10,13	7,22

¹ Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ^{ns}: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade.

A protrusão precoce da raiz primária está relacionada ao período e quantidade de energia consumida para reativar o metabolismo e a atividade dos mecanismos de reparo da membrana e retomada da síntese de DNA e proteínas. Esse período e o consumo de energia são menores em sementes mais deterioradas ou menos vigorosas, expressando o atraso na germinação e a taxa de crescimento mais lenta (MATHEWS; KHAJEH-HOSSEINI, 2007).

Em relação aos fatores lotes de vigor de sementes, períodos de armazenamento da semente em solo seco e presença ou ausência de cobertura vegetal do solo, não verificaram-se interações triplas e duplas para as variáveis analisadas no presente estudo.

As Tabelas 3.4 e 3.5 demonstram que as sementes, provindas de lotes de alto vigor apresentam diferenças estatísticas significativas em relação ao lote de baixo vigor na maioria das variáveis analisadas. De acordo com Marcos Filho (2015) sementes vigorosas manifestam maior eficiência na execução de mecanismos de reparo das membranas e mobilização de reservas para o eixo embrionário, resultando em plântulas com maior taxa de crescimento.

Ao verificar os resultados de primeira contagem de emergência (PCE) e emergência (E) (Tabela 3.4) tem-se a distinção entre os lotes, onde o lote de alto vigor apresentou-se superior. Tal fato, corrobora com os resultados encontrados por Rossi, Cavarani e França-Neto (2017) para as cultivares de soja BRS 232, BRS 282 e BRS 243RR, onde os lotes de alto vigor apresentaram maior E. Além disso, ao relacionar os resultados com a Tabela 3.3, tem-se uma redução de germinação de 21 e 27 pontos percentuais entre a PC no TPG e a PCE nos vasos, para os lotes de alto e baixo vigor, respectivamente, e 7 e 18 pontos percentuais entre a germinação no TPG e a emergência nos vasos. Assim, atesta-se que em condições não ótimas os lotes de baixo vigor apresentam uma redução mais expressiva nos parâmetros avaliados em relação a lotes de alto vigor. Conforme Wendt (2017) a sensibilidade e as adversidades são aumentadas em relação ao grau de deterioração da semente, que podem ser identificados com testes de vigor.

Com base em resultados anteriores, em situações de estresse em solo seco é recomendado fazer o uso de sementes de elevado potencial de vigor. O vigor do lote de semente determina a velocidade de emergência e o estabelecimento das plântulas no campo, determinando a produtividade da lavoura.

Independente da qualidade do lote, deve-se realizar uma compensação na densidade de semeadura, sendo esta compensação mais elevada quando se utilizam lotes de baixo vigor para se obter a população de plântulas desejadas. A compensação da população dependerá das condições as quais as sementes serão exposta, sendo difícil chegar a um valor levando em consideração as inúmeras variáveis presentes. Segundo Rossi, Cavarani e França-Neto (2017) ao realizar o ajuste à população adequado, não há efeito de vigor na produtividade de soja. No entanto, destaca-se a importância do uso de sementes de alto vigor, estas além de expressar seu potencial refletindo em um maior crescimento inicial, são mais aptas a superarem situações de estresses e se estabelecerem no ambiente tornando-se plantas mais produtivas, dessa forma, aumentam-se as probabilidades de se conseguir uma boa produtividade em relação a lotes de menor vigor.

Analisando os resultados encontrados para os parâmetros de MSPA (massa seca de parte aérea) e MSR, CPA (comprimento de parte aérea) e CR, ambos aos 36 dias após a irrigação (dai), e DC, detecta-se que não houve diferenças significativas entre os lotes. Como pode-se observar, todos esses parâmetros foram realizados posteriormente aos estágios iniciais de germinação, todos realizados a 36 dias após a irrigação. Entretanto, quando analisada a MSPA aos 8 dias após a irrigação (dai) observa-se que houve diferenças significativas entre os lotes. Assim, comprova-se que os efeitos de vigor são mais expressivos nos estágios iniciais de germinação e estabelecimento, e menos evidente à medida que os estágios fenológicos avançam. Esses efeitos tendem a reduzir gradativamente, até se tornarem inexpressivos a partir do início da fase reprodutiva da planta (TEKRONY; EGLI, 1991). Meneguzzo et al. (2021) ao analisar o crescimento das mudas em intervalos de 12 horas, observaram que as sementes de alto vigor tendem a expressar maior velocidade de crescimento inicial devido à rápida ativação metabólica e degradação das reservas, enquanto sementes de baixo vigor demoram mais para atingir o pico de crescimento, devido à sua reduzida capacidade de aproveitar as reservas presentes nos cotilédones, tendo sua taxa de crescimento mais lenta.

Tabela 3. 4 - Médias de primeira contagem da emergência (PCE, %), emergência (E, %), massa seca da parte aérea (MSPA, g pl-1), massa seca da raiz (MSR, g pl-1) e diâmetro de caule (DC, cm) de sementes de soja de alto e baixo vigor semeadas em vasos na casa de vegetação e submetidas a diferentes períodos de armazenamento em solo sob estresse hídrico com ou sem cobertura de solo.

Tratamento	PCE	E	MSPA (dai)		MSR (dai)	DC
			8	36	36	
Alto vigor	70 a	87 a	0,062 a	2,766 ^{ns}	1,426 ^{ns}	4,33 ^{ns}
Baixo vigor	50 b	66 b	0,049 b	2,568	1,341	4,14
CV (%)	23,37	14,48	12,52	18,21	31,95	11,10

¹ Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ^{ns}: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade. dai: dias após irrigação.

De acordo com Zhang et al. (2019), a degradação de estruturas de armazenamento é necessária para a produção de energia por meio de processos como a glicólise, o ciclo do glicoxilato e o ciclo do ácido tricarboxílico (TCA), determinando em grande parte o vigor da germinação. As principais proteínas de armazenamento na semente de soja são a globulina 11S (beta-conglicinina) e a globulina 7S (HAN et al., 2013). Kim et al. (2011) afirmam que a degradação dessas proteínas de armazenamento pode ajudar a nutrir as sementes de soja em germinação e na fase de plântulas. Dessa forma, constata-se que o processo de degradação e mobilização de reservas é mais eficiente em sementes vigorosas e este tem impacto maior nos estágios iniciais onde as reservas têm maior importância no crescimento. Com o desenvolvimento das estruturas fotossintetizantes essas diferenças tendem a extinguir-se. Vale ressaltar que as plantas não estavam em um ambiente competitivo por espaço, luz, nutrientes e água, caso contrário, em um ambiente competitivo se tornariam plantas suprimidas pelas mais vigorosas.

Os lotes quando submetidos a condições ótimas de germinação (Tabela 3.3) não apresentaram diferenças para comprimento de plântula, e ao observar a Tabela 3.5, é possível identificar que o lote de baixo vigor apresenta menores valores em relação ao lote de alto vigor para as avaliações de comprimento de plântula nas fases iniciais, quando submetidos a condições de estresse. No entanto, essas diferenças passam a não existir a partir dos 36 dias após a irrigação, caracterizando no lote de baixo vigor um desenvolvimento mais lento. Esse comportamento condiz com o “conceito de vigor como sendo a soma de atributos que conferem a semente o potencial para germinar, emergir e resultar rapidamente em plântulas normais, sob ampla diversidade de condições ambientais” (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO, 2001). Também relacionam-se esse maior comprimento inicial pelo reparo a danos causados por espécies reativas de oxigênio (EROS) e pela mobilização de estruturas de

reservas, esses processos são mais eficientes em sementes vigorosas, dessa forma conseguem apresentar melhores parâmetros.

Tabela 3. 5 - Médias de comprimento de parte aérea (CPA, cm) e comprimento de raiz primária (CR, cm) de sementes de soja, de alto e baixo vigor, submetidas a diferentes períodos de armazenamento em solo seco com ou sem cobertura de solo.

Tratamento	CPA (dai)					CR
	8	15	22	29	36	
Alto vigor	9,68 a	12,53 a	16,32 a	22,70 a	25,75 ^{ns}	40,90 ^{ns}
Baixo vigor	8,74 b	11,68 b	15,27 b	21,08 b	24,84	40,57
CV (%)	10,50	7,05	7,48	10,95	11,63	13,92

¹ Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ^{ns}: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade. dai: dias após irrigação.

Ao analisar os efeitos do período de armazenamento em solo seco (Tabela 3.6), em até 4 dias não identificaram-se redução na E em relação a testemunha, que foi semeada e irrigada no mesmo dia, porém de 8 a 16 dias de armazenamento em solo seco teve-se redução de até 8 pontos percentuais em relação a testemunha. Conforme Nonogaki, Bassel e Bewley (2010) as estruturas e enzimas necessárias para a retomada inicial da atividade metabólica estão presentes na semente seca, tendo sobrevivido, pelo menos parcialmente intacta, a fase de dessecação que termina a maturação da semente. Sementes embebidas geram espécies reativas de oxigênio durante a absorção de água (WOJTYLA et al., 2006). O acúmulo excessivo de EROS, como O₂⁻, peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e OH, podem causar danos oxidativos em proteínas, lipídios, ácidos nucleicos e membranas, todos que desempenham uma função fisiologicamente importante e assim gerar problemas na germinação (ORACZ et al., 2007; SATTLE et al., 2004).

Tabela 3. 6 - Médias de primeira contagem da emergência (PCE, %), emergência (E, %), massa seca da parte aérea (MSPA, g pl⁻¹), massa seca da raiz (MSR, g pl⁻¹) e diâmetro de caule (DC, cm) de sementes de soja de alto e baixo vigor submetidas a diferentes períodos de armazenamento em solo seco com ou sem cobertura de solo.

Tratamento	PCE	E	MSPA (dai)		MSR (dai)	DC
			8	36	36	
0	62 ^{ns}	80 a	0,056 ^{ns}	2,676 ^{ns}	1,452 ^{ns}	4,14 ^{ns}
4	65	81 a	0,056	2,707	1,485	4,24
8	58	72 b	0,056	2,681	1,267	4,30
12	57	74 b	0,054	2,615	1,424	4,27
16	56	74 b	0,055	2,656	1,291	4,23
CV (%)	23,37	14,48	12,52	18,21	31,95	11,10

^{ns}: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade. dai: dias após irrigação.

Segundo Nonogaki, Bassel e Bewley (2010), danos às proteínas podem ocorrer devido à formação de aminoácidos anormais durante a dessecação e/ou envelhecimento durante o armazenamento das sementes. Isso pode resultar no dobramento incorreto das proteínas, causando uma redução ou perda da função. Organelas como as mitocôndrias, vitais para a respiração e o metabolismo energético, são danificadas e reduzidas em quantidade. Dessa forma, o reparo e substituição devem ocorrer durante a germinação. Mesmo o DNA não escapa da severidade da secagem e reidratação sem alguns danos, sendo o reparo uma prioridade inicial. Assim, prevê-se que após a embebição, a síntese de enzimas e compostos para limitar e reparar o dano celular é uma prioridade (NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010).

Dessa forma, compreende-se que o estresse após os 4 dias de armazenamento em solo seco ocorre produção excessivos de EROS e comprometimento de estruturas importantes para a germinação das sementes de soja, tendo um impacto negativo na emergência.

Conforme resultados encontrados no presente estudo, o CPA na fase inicial da cultura até o início da fase reprodutiva não tiveram influência dos períodos de armazenamento (Tabela 3.7). Resultados semelhantes foram encontrados por Rezende et al. (2003), que ao utilizar sementes tratadas com fungicidas e expostas a períodos de seca após a semeadura de 0, 7, 14 e 21 dias tiveram redução na emergência das plantas conforme aumentou o período de dias de armazenamento em solo seco. Este ainda avaliou altura de plantas no momento da colheita, no entanto, esta variável não apresentou influência em relação aos períodos de armazenamento. De acordo com He et al. (2007) na soja, a protease C1 foi relatada como a enzima que inicia a proteólise das proteínas de armazenamento durante a germinação da semente. Portanto, pode-se inferir que essas enzimas de proteólise e outras estruturas responsáveis pela degradação e mobilização de reservas na fase pós-germinativa não são afetadas pelo período de armazenamento e solo seco.

Tabela 3. 7 - Médias de comprimento de parte aérea (CPA, cm) e comprimento de raiz primária (CR, cm) de sementes de soja, de alto e baixo vigor, semeadas em vasos na casa de vegetação e submetidas a diferentes períodos de armazenamento em solo seco com ou sem cobertura de solo.

Tratamento	CPA (dai)					CR
	8	15	22	29	36	
0	9,05 ^{ns}	12,00 ^{ns}	15,86 ^{ns}	22,01 ^{ns}	25,46 ^{ns}	40,81 ^{ns}
4	9,60	12,35	15,75	22,23	25,52	42,34
8	9,25	12,22	15,85	21,59	25,10	38,45
12	8,94	12,12	15,78	21,50	24,76	41,75
16	9,21	11,86	15,73	22,10	25,64	40,31
CV (%)	10,50	7,05	7,48	10,95	11,63	13,92

^{ns}: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade. dai: dias após irrigação.

A longevidade, a germinação e o desenvolvimento pós-germinativo das sementes é aumentada por meio da eliminação de EROS por necrófagos de EROS acumulados em sementes (ZHOU et al., 2012; LEE et al., 2010). Han et al. (2013) identificou 36 proteínas reguladoras redox nas sementes de soja em germinação, com destaque para proteínas como catalase e peroxidase.

Os demais parâmetros avaliados como PCE, MS (matéria seca) e DC (Tabela 3.6) e CPA e CR (Tabela 3.7), não são influenciados pelos períodos de armazenamento em solo seco. Diante disso, pode-se realizar uma compensação, na semeadura para atingir a população de plantas adequadas a cultivar, pois de acordo com o presente resultado há uma redução da emergência após 4 dias de armazenamento em solo seco, no entanto, segundo Rezende et al. (2003) o rendimento de grãos não é afetado para tal condição até o período de 16 dias de armazenamento em solo seco. No entanto, tal compensação é difícil quantificar devido as variáveis presentes para tal prática agrícola.

Na Tabela 3.8 observa-se que o tratamento com cobertura vegetal do solo resultou em 63 e 79% de germinação para PCE e E, respectivamente, e o solo descoberto 56 e 74%, tendo o solo com cobertura 7 e 5% pontos percentuais de germinação a mais que o descoberto. Bortoluzzi e Eltz (2000) apontam que solos com cobertura vegetal com aveia preta apresentam maior índice de velocidade de emergência em comparação a solos sem cobertura vegetal.

Pode-se observar no APÊNDICE A, durante a emergência das plântulas de soja as temperaturas que variaram entre 24 a 32 °C corresponde a 84% do tempo nessa faixa quando utilizou-se a cobertura vegetal do solo, enquanto em solo descoberto a mesma representa 77%. Ainda, quando consideram-se temperaturas inferiores a 24 °C, o solo com cobertura

apresenta percentuais menores comparados a solo descoberto, totalizando 6 e 11%, respectivamente. As maiores temperaturas nessa fase são fundamentais para a expressão do crescimento das plântulas de forma mais rápida e uniforme, conforme pode ser observado pelos maiores valores de vigor e emergência (Tabela 3.7).

De acordo com resultados encontrados por Lamichhane et al. (2020) a temperatura ótima da soja é de 30 °C. De acordo com Farias, Nepomuceno e Neumaier (2007) a temperatura ideal para a semeadura de soja, que proporciona emergência rápida e uniforme é de 25 °C, apesar disso, a temperatura entre 20 °C e 30 °C pode ser considerada adequada.

Além disso, a umidade do solo é outro fator que deve ser considerado, já que a irrigação era realizada a cada dois dias. A cobertura vegetal do solo auxilia na manutenção da umidade do solo reduzindo a perda de água por evaporação (DÖRING et al., 2005). De acordo com Kader et al. (2017) a cobertura do solo com palha armazenou maior quantidade de umidade do solo nas profundidades de 5 e 15 cm, enquanto o solo descoberto armazenou a menor quantidade. Somado a esse fator teve-se uma redução de temperatura de 2 °C na profundidade de 5 cm. Ainda segundo o mesmo, as altas temperaturas irão intensificar a evaporação da superfície do solo reduzindo sua umidade, resultando em impactos negativos no crescimento e desenvolvimento da cultura.

No APÊNDICE C pode-se constatar a maior oscilação de temperatura em solo sem cobertura vegetal, resultando em temperaturas mais extremas. Corroborando com Ghosh et al. (2006), reiteram que a cobertura de palha reduz as oscilações extremas de umidade e temperatura do solo. O mesmo foi constatado por Kader et al. (2017), que encontraram menor variação do conteúdo de umidade e temperatura do solo em situação de cobertura com palha quando confrontado ao solo descoberto.

Como pode-se observar na Tabela 3.8, tanto MSPA como MSR, não sofrem influência da cobertura vegetal do solo, sendo que não apresentaram diferenças estatísticas. No entanto, o DC foi maior no tratamento sem cobertura vegetal do solo, o que pode ser uma resposta a exposição maior ao estresse com temperaturas altas.

Tabela 3. 8 - Médias de primeira contagem da emergência (PCE, %), emergência (E, %), massa seca da parte aérea (MSPA, g pl⁻¹), massa seca da raiz (MSR, g pl⁻¹) e diâmetro de caule (DC, cm) de sementes de soja de alto e baixo vigor submetidas a diferentes períodos de armazenamento em solo seco com ou sem cobertura de solo.

Tratamento	PCE	E	MSPA (dai)		MSR(dai)	DC
			8	36	36	
Com cobertura vegetal do solo	63 a	79 a	0,056 ^{ns}	2,698 ^{ns}	1,379 ^{ns}	4,01 b
Sem cobertura vegetal do solo	56 b	74 b	0,055	2,636	1,389	4,46 a
CV (%)	23,37	14,48	12,52	18,21	31,95	11,10

¹ Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ^{ns}: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade. dai: dias após irrigação.

Para a avaliação de CPA (Tabela 3.9), os tratamentos apresentam diferenças até a avaliação dos 29 DAI, sendo que na avaliação dos 36 DAI não constatam-se mais diferenças entre os tratamentos. Como já citado os autores Döring et al. (2005) e Kader et al. (2017), essa diferença inicial pode ser justificada pela maior disponibilidade de umidade aos tratamentos com cobertura vegetal. Além disso, conforme pode-se observar no APÊNDICE B, o solo sem cobertura vegetal apresenta um número superior de horas quando leva-se em consideração temperaturas menores que 24 °C, equivalendo a 110 horas ou 12% de todo o período em análise, enquanto no solo com cobertura vegetal representa 62 horas ou 7 %. Sabe-se que temperaturas mais baixas tendem a reduzir o crescimento, enquanto temperaturas maiores tende a intensificar o crescimento da cultura da soja.

O CR não apresentou diferença entre os tratamentos, esse resultado pode estar relacionado ao da PA, onde em estágios iniciais eram perceptíveis as diferenças e em avaliações posteriores, como a realizada no CR (aos 36 DAI), as diferenças não foram perceptíveis.

Tabela 3. 9 - Médias de comprimento de parte aérea (CPA, cm), comprimento de raiz primária (CR, cm) e diâmetro de caule (DC, cm) de sementes de soja de alto e baixo vigor submetidas a diferentes períodos de armazenamento em solo seco com ou sem cobertura de solo.

Tratamento	CPA (dai)					CR
	8	15	22	29	36	
Com cobertura vegetal	10,92 a	13,29 a	16,72 a	22,51 a	25,01 ^{ns}	40,05 ^{ns}
Sem cobertura vegetal	7,50 b	10,92 b	14,87 b	21,26 b	25,58	41,41
CV (%)	10,50	7,05	7,48	10,95	11,63	13,92

¹ Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ^{ns}: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade. dai: dias após irrigação.

3.4 CONCLUSÃO

O uso de lotes com sementes de alto vigor condicionam a uma maior emergência e estabelecimento mais rápido em condições de semeadura sob estresse hídrico.

Os efeitos de vigor são mais expressivos nos estágios iniciais de germinação e estabelecimento e menos evidentes à medida que os estádios fenológicos avançam.

O armazenamento em solo seco, nas condições do presente estudo, em até 4 dias não afeta a emergência, sendo esta reduzida dos 8 aos 16 dias de armazenamento com igual intensidade.

Os parâmetros primeira contagem de emergência, comprimento de parte aérea e raiz, massa de matéria seca e diâmetro de caule não são influenciados pelos períodos de armazenamento em solo seco.

A cobertura vegetal do solo com palha de aveia preta possibilita a uma maior emergência e crescimento inicial em relação a solo sem cobertura, melhorando o estabelecimento e estande de plantas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009, 395 p.

BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. F. Efeito do manejo mecânico da palhada de Aveia Preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.24, p.449-457, 2000.

CASTRO, G. S. A. et al. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.10, p.1311-1318, 2008.

CHIDANANDA, K. P. et al. Respiration of pulses stored under diferente storage conditions. **Journal of Stored Products Research**, v.59, p.42-47, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: Conab, v.8, n.9, 2021. 121 p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 02 jul. 2021.

DODE, J. S. et al. Respiration test soybean seed as related of physiological quality. **Ciência Rural**, v.43, p.193-198, 2013.

DÖRING, T. F. et al. Effects of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes. **Field Crop Research**, v.94, p. 238-249, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p. Disponível em: <<https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00053080.pdf>>. Acesso em: 03 dez 2020.

FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Embrapa Soja, Londrina, v.48, p.1-9, 2007.

FU, Y.; AHMED, Z.; DIEDERICHSEN, A. Towards a better monitoring of seed ageing under ex situ seed conservation. **Conservation Physiology**, v.3, p. 1-16, 2015.

GHOSH, P. K. et al. Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut. **Field Crops Research**, v.99, p. 76-86, 2006.

HAN, C. et al. Analysis of Proteome Profile in Germinating Soybean Seed, and Its Comparison with Rice Showing the Styles of Reserves Mobilization in Different Crops. **Plos One**, v. 8, p. 1-9, 2013.

HE, F. et al. Protein storage vacuole acidification as a control of storage protein mobilization in soybeans. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, p. 1059–1070, 2007.

KADER, M. A. et al. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. **Soil and Tillage Research**, v.168, p.155-166, 2017.

KIM, H. T. et al. Mobilization of storage proteins in soybean seed (*Glycine max* L.) during germination and seedling growth. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteínas e Proteômica**, v. 1814, p. 1178–1187, 2011.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de Sementes. **ABRATES**, v.11, p.81-84, 2001.

LAMACHHANE, J. R. et al. Analysis of soybean germination, emergence, and prediction of a possible northward establishment of the crop under climate change. **European Journal of Agronomy**, v.113, p.1-12, 2020.

LEE, Y. P. et al. Tobacco seeds simultaneously over-expressing Cu/Zn-superoxide dismutase and ascorbate peroxidase display enhanced seed longevity and germination rates under stress conditions. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, p. 2499-2506, 2010.

- MATTHEWS, S.; KHAJEH-HOSSEINI, M. Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). **Seed Science and Technology**, v. 35, p. 200-212, 2007.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**, Londrina: ABRATES, ed.2, 2015, 659p.
- MARIN, F. R.; ASSAD, E. D.; PILAU, F. G. **Clima e Ambiente: introdução à climatologia para ciências ambientais**. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2008. 127p.
- MENEGUZZO, M. R. R. et al. Seedling length and soybean seed vigor. **Ciência Rural**, v.51, p. 1-8, 2021.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, cap.2, 1999, p.1-24.
- NONOGAKI, H.; BASSEL, G. W.; BEWLEY, J. D. Germination – still a mystery. **Plant Science**, v. 179, p. 574-581, 2010.
- ORACZ, K. et al. Produção de ROS e oxidação de proteínas como um novo mecanismo para o alívio da dormência das sementes. **The Plant Journal**, v. 50, p. 452–465, 2007.
- REZENDE, P. M. et al. Efeito da semeadura a seco e tratamento de sementes na emergência, rendimento de grãos e outras características da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.1, p.76-83, 2003.
- ROSSI, R. F.; CAVARANI, C.; FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v.60, p. 215-222, 2017.
- SALINAS, A. R. et al. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.371-379, 2001.
- SATTLER, S. E. et al. A vitamina E é essencial para a longevidade das sementes e para prevenir a peroxidação lipídica durante a germinação. **Plant Cell**, v. 16, p. 1419–1432, 2004.
- TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop yeild: a review. **Crop Science**, v. 31, p. 816-822, 1991.
- VANZOLINI, S. et al. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 29, p.90-96, 2007.
- WENDT, L. et al. Relação entre testes de vigor com a emergência a campo em sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, p.166-171, 2017.
- WOJTYLA, L. et al. A comparative study of water distribution, free radical production and activation of antioxidative metabolism in germinating pea seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 163, p. 1207-1220, 2006.

ZHANG, C. et al. Transcriptomic analysis of seed germination under salt stress in two desert sister species (*Populus euphratica* and *P. Pruinosa*). **Frontiers in Genetics**, v. 10, p. 1-16, 2019.

ZHOU, Y. et al. Overexpression of *Nelumbo nucifera* metallothioneins 2a and 3 enhances seed germination vigor in *Arabidopsis*. **Planta**, v. 235, p. 523-537, 2012.

4 ARTIGO 2 - ESTRESSE EM PÓS-SEMEADURA EM SOLO SECO EM DIFERENTES TEMPERATURAS E O EFEITO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA

Estresse em pós-semeadura em solo seco em diferentes temperaturas e o efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja

RESUMO - O presente estudo tem como objetivo avaliar efeitos da temperatura e do período em dias que as sementes ficaram armazenadas no solo seco sob sua qualidade fisiológica e as consequências no processo germinativo e desenvolvimento pós-germinativo em sementes de soja. Para isso, foram realizadas semeaduras em bandejas plásticas de 2 litros contendo solo seco em estufa a 105°C e peneirado. Foram semeadas 50 sementes em sulcos de um centímetro de profundidade por unidade experimental, os quais ficaram armazenados por períodos de 0, 7, 14 e 21 dias no solo sem umidade e alocados em germinador tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand) com temperatura controlada de 15, 25 e 35 °C. Posteriormente ao armazenamento, irrigou-se o solo seco elevando sua umidade a 60% da capacidade de retenção (CR) e manteve-se as BODs em 25 °C e luz constante durante a germinação. Cinco dias após a irrigação foram avaliadas emergência, classificação de plântulas entre normais, anormais e mortas, comprimento e massa seca. Além disso, realizou-se a digitalização através de imagens das plântulas para posterior análise. A semeadura em solo seco por até 21 dias de armazenamento com temperatura de 35 °C não prejudica a qualidade fisiológica das sementes de soja, ainda observou-se que o armazenamento em temperaturas mais baixas pode implicar em resultados mais heterogêneos e ser prejudicial ao desempenho das sementes. A digitalização e análise de imagens complementa de forma positiva a análise de rotina na avaliação da qualidade fisiológica de plântulas de soja.

Palavras-chave: Estresse hídrico. Estresse térmico. *Glycine max*. Avaliação de plântulas. Digitalização de plântulas.

4.1 INTRODUÇÃO

A safra nacional de soja de 2020/21 teve 38,5 milhões de hectares com área semeada e produção de 135,9 milhões de toneladas (CONAB, 2021). Segundo Peske (2020), estima-se que no Brasil seja realizada a semeadura no “pó” em mais de um milhão de hectares para a cultura da soja.

Está prática tem aumentado muito nos últimos anos e os motivos pelos quais os produtos adotam são diversos. Através desta prática é possível proporcionar melhores condições de desenvolvimento das plantas durante o ciclo da cultura, maximizar a eficiência da chuva em regiões onde estas regulam a estação de cultivo, viabilizar dois cultivos em sucessão e como estratégia operacional aumentando o período de semeadura, o que significa uma redução da restrição de maquinário e mão-de-obra, entre outros motivos.

A semeadura em solo seco consiste em colocar a semente no solo com baixa umidade antes que ocorram precipitações, dessa forma, as sementes ficam armazenadas no solo a espera de condições de umidade para iniciarem o processo de germinação.

A semente após a semeadura em solo seco fica armazenada por tempo variável e durante esse período estão expostas a diferentes condições de estresse, sendo a temperatura uma das principais. Durante o armazenamento, ocorre a degradação de proteínas e compostos de reservas devido ao metabolismo da semente, consumindo substratos utilizados na respiração durante a germinação (ABBADE; TAKAKI, 2014; SHARMA; GAMBHIR; MUNSHI, 2007).

A taxa de deterioração esta associada ao tempo e as condições ambientais que as sementes são expostas durante o armazenamento (SALINAS et al., 2001). O teor de água das sementes possui grande importância em seu processo de deterioração, onde em níveis baixos consegue-se minimizar seus efeitos (BERBERT et al., 2008). De acordo com Ochandio et al. (2017) o aumento da umidade e da temperatura durante o armazenamento provoca um aumento na taxa respiratória. Pode-se inferir que a taxa respiratória responderá da mesma maneira de acordo com as condições que as sementes encontraram armazenadas no solo, sendo que estas permanecerão em equilíbrio higroscópico e térmico com o solo.

Muitas vezes os resultados do teste de emergência de plântulas fornecem uma interpretação equivocada sobre a qualidade dos lotes, pois plântulas consideradas como normais poderão ser classificadas como anormais após uma avaliação minuciosa, e dessa forma não terão potencial durante o desenvolvimento no campo. Os mesmos testes podem ser realizados, adicionando-se uma avaliação mais minuciosa da morfologia com a sua

classificação, que ainda pode ser complementada com recurso importante na identificação e classificação das plântulas através do uso da digitalização de imagens.

A digitalização de imagens de plântulas é uma ferramenta simples, precisa, de baixo custo, rápida e de fácil utilização que pode estar complementando outros testes e avaliações em sementes. Uma de suas vantagens é a criação de um banco de dados de armazenamento de imagens para uma posterior consulta e análise. A captação de imagens tem o potencial de melhorar a padronização de testes em sementes e pode ser utilizada para diversos fins como para avaliação de danos e incidência de patógenos, identificação de anormalidades em plântulas e sua classificação, comprimento de suas estruturas, danos físicos provocados em sementes, entre outros.

Atualmente já foram desenvolvidos sistemas computacionais automatizados como Seed Vigor Imaging System (SVIS®) que avaliava o vigor de sementes, através de imagens digitalizadas de plântulas gerando dados de comprimento de raiz primária, hipocótilo e plântula inteira, relações raiz / hipocótilo e índices de vigor e uniformidade de crescimento Sako et al. (2001). Há outros sistemas desenvolvidos com princípios semelhantes ao SVIS®, como é o caso do Sistema Automatizado de Análise do Vigor de Sementes (Vigor-S), resultado de um programa colaborativo entre a Universidade de São Paulo (USP / ESALQ) e a Embrapa / Instrumentação Agrícola (CNPDIA) (RODRIGUES, 2019) e do GroundEye desenvolvido pela empresa Tbit Tecnologia e Sistemas (BRANDANI, 2017). Esses programas tem possibilidade de serem adaptados para inúmeras culturas como já foi comprovado por diversos pesquisadores.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo é avaliar os efeitos da temperatura e do período em dias que as sementes ficam armazenadas no solo seco sob sua qualidade fisiológica e as consequências no processo germinativo e no desenvolvimento pós-germinativo em sementes de soja. Além disso, usar a digitalização de plântulas e análise de imagens para complementar a avaliação da qualidade fisiológica de plântulas de soja.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano de 2020 no Laboratório Didático e de Pesquisa com Sementes (LDPS), no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria.

Foi utilizado um lote comercial de sementes de soja da cultivar Nidera NA 5909, colhido na safra agrícola de 2018/19. Com o objetivo de verificar sua qualidade fisiológica,

foram realizadas as caracterizações iniciais através do teste padrão de germinação, teste de primeira contagem, seguindo metodologia de Brasil (2009). O lote apresentou o peso de mil sementes de 153,4 g e grau de umidade de 9,5%.

Para a realização do experimento, foram utilizadas bandejas plásticas de 2 litros, contendo solo classificado como Argissolo vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2013) coletado na área experimental do Departamento. O solo foi secado em estufa a 105°C, até sua completa secagem e peneirado. Foram semeadas 50 sementes em sulcos de um centímetro de profundidade por unidade experimental. As sementes ficaram armazenadas em solo seco por 0, 7, 14 e 21 dias, em germinador tipo BOD, que foram reguladas a temperatura de 15, 25 e 35°C. A semeadura foi realizada de forma escalonada a cada 7 dias, iniciando com o período de 21 dias de armazenamento até o período zero. Posteriormente a cada período de armazenamento, todas as bandejas foram irrigadas com água na temperatura de 25°C elevando sua umidade a 60% da capacidade de retenção (CR), sendo realizadas irrigações a cada 12 horas para sua manutenção. Após a irrigação, todas BODs foram reguladas a temperatura de 25°C e luz constante por 24 h. As bandejas permaneceram nessa temperatura por mais 5 dias, quando foram realizadas as contagens de plântulas emergidas e determinadas as plântulas normais, anormais, mortas e o comprimento e massa de matéria seca.

Desse modo, o experimento foi organizado no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x4 (três temperaturas x quatro períodos de armazenamento da semente no solo) com quatro repetições.

Os tratamentos foram compostos da seguinte forma:

Tabela 4. 1 - Tratamentos do experimento com fatores de temperatura durante o armazenamento e diferentes períodos de armazenamento em pós-semeadura em solo seco de sementes de soja.

Tratamentos	Temperatura (°C)	Período armazenamento em solo seco (dias)
1	15	7
2	15	14
3	15	21
4	25	7
5	25	14
6	25	21
7	35	7
8	35	14
9	35	21
10	-	0

Para avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram realizados os seguintes testes:

Emergência: realizada no 5^a dia após a irrigação, com as plântulas avaliadas sob a superfície do substrato e o resultado expresso em porcentagem de plântulas normais emergidas.

Plântulas normais: no 5^a dia após a irrigação todas as plântulas foram retiradas das bandejas, lavadas e secadas em papel e classificadas em normais, anormais (deformadas ou infectadas) e mortas, e o resultado expresso em porcentagem (CARVALHO, SILVA e ABREU, 2011). Essas plântulas também foram agrupadas sob folhas de cor azul e registradas com câmera de smartphone com resolução de 13 megapixel e o resultado expresso em número de plântulas normais, anormais e mortas.

Comprimento de plântulas: no 5^a dia após a irrigação, foram coletadas 10 plântulas normais aleatoriamente de cada repetição, as quais foram realizadas a medição do comprimento de raiz, hipocótilo e do comprimento total da plântula com o auxílio de uma régua milimétrica. O resultado foi expresso em centímetros por plântula conforme Nakagawa (1999).

Massa de matéria seca de plantas: após a avaliação de comprimento de plântulas, estas foram divididas entre hipocótilo e raiz, e posteriormente acondicionadas em sacos de papel e alocadas em estufa a $65 \pm 5^\circ\text{C}$ até a obtenção de massa constante. Em seguida, pesou-se as repetições em balança de precisão 0,001 g. A massa obtida foi dividida pelo número de plântulas normais, sendo os resultados expressos em miligramas por plântulas (mg plântula^{-1}) do hipocótilo, raiz e massa seca total (NAKAGAWA, 1999).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da avaliação da caracterização inicial do lote comercial de soja (Tabela 4.2), na contagem de 5 e 8 dias para as variáveis de plântulas normais, anormais e mortas constatou-se que esse lote está de acordo com o anexo XXIII da Instrução Normativa MAPA 45/2013, o qual estabelece níveis de germinação de sementes com mínimo de 80% para a sua comercialização (BRASIL, 2013).

Tabela 4. 2 - Caracterização inicial do lote comercial de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 com as médias de plântulas normais, anormais e mortas (%) aos 5 e 8 dias após a semeadura em rolo de papel.

Normais	Anormais	Mortas	Normais	Anormais	Mortas
5 dias			8 dias		
69	30	1	88	11	1

Na Tabela 4.3 estão apresentadas as variáveis de comprimento de radícula, hipocótilo e comprimento total, assim como massa seca de radícula, do hipocótilo e massa seca total. Resultados estes inferiores aos encontrados por Fernandes et al. (2018) para a mesma cultivar, com média entre seus lotes de 14,0 e 5,8 cm para CR e CH, respectivamente, porém no referido estudo eram lotes com 93% de vigor na PC e 94% de germinação.

Tabela 4. 3 - Caracterização inicial do lote comercial de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 com as médias de comprimento de radícula (CR, cm), comprimento de hipocótilo (CH, cm), comprimento total (CT, cm), massa seca de radícula (MSR, mg pl⁻¹), massa seca de hipocótilo (MSH, mg pl⁻¹) e massa seca total de plântulas (MST, mg pl⁻¹).

CR (cm)	CH (cm)	CT (cm)	MS R (mg pl ⁻¹)	MS H (mg pl ⁻¹)	MS T (mg pl ⁻¹)
8,43	4	12,45	10,05	16,78	26,83

Na Tabela 4.4 estão apresentados os resultados de emergência, plântulas normais, anormais e mortas e para complementar os resultados são apresentados nas Figuras 1, 2 e 3 imagens digitalizadas das plântulas (normais, anormais e mortas) de sementes de soja submetidos a períodos de armazenamento em solo seco com diferentes temperaturas durante o armazenamento.

Na temperatura de 25°C durante o armazenamento em solo seco (Tabela 4.4) obteve-se uma redução na emergência e nas plântulas normais após os 7 dias de armazenamento e, relacionado a essa resposta, houve aumento do número de sementes mortas. Esses resultados podem ser visualizados de forma nítida com a imagem digitalizada das plântulas após 7, 14 e 21 dias de armazenamento em solo seco e irrigação por 5 dias em BOD na temperatura de 25°C (Figura 2).

Atualmente algumas empresas do setor de sementes vêm adotando testes de emergência em bancadas com análise visual e classificação entre plântulas normais e anormais como estratégias de pré e pós controle na comercialização. Alguns sistemas

automatizados poderiam ser adotados, como por exemplo, o Seed Vigor Imaging System (SVIS), que de acordo com Marcos Filho, Kikuti e Lima (2009) é eficiente para determinar o vigor em sementes de soja e pela análise de imagens de plântulas possui maior capacidade em prever o estabelecimento de plântulas de soja em campo (WENDT et al., 2017). Esses sistemas não possuem uso liberado devido a proteção de patentes, no entanto o uso de digitalização de imagens das plântulas seria importante para se criar um banco de dados para posterior confrontação desses resultados e/ou complementação dos resultados semelhante ao presente trabalho (Figura 1, 2 e 3).

Tabela 4. 4 - Emergência de plântulas, plântulas normais, anormais e sementes mortas de um lote comercial de soja submetido a diferentes temperaturas e períodos de armazenamento em solo seco.

Armaz ¹	15°C	25°C	35°C	15°C	25°C	35°C
	Emergência (%)			Normais (%)		
0 dias	89 Aa	89 Aa	89 Aa	83 Aa	83 Aa	83 Aa
7 dias	81 Aa	66 Ab	84 Aa	76 Aa	62 Bb	82 Aa
14 dias	59 Bb	75 Ab	84 Aa	56 Bb	69 Ab	80 Aa
21 dias	74 Aa	71 Ab	77 Aa	77 Aa	65 Ab	73 Aa
CV (%)	11,3			11,8		
	Anormais (%)			Mortas (%)		
0 dias	16 Aa	16 Aa	16 Aa	2 Ab	2 Ab	2 Aa
7 dias	18 Aa	19 Aa	13 Aa	6 Bb	20 Aa	6 Bb
14 dias	20 Aa	21 Aa	15 Aa	25 Aa	10 Ba	6 Bb
21 dias	19 Aa	21 Aa	14 Aa	5 Ab	15 Aa	14 Aa
CV (%)	24,6			39,3		

¹ Armazenamento em solo seco em dias. ² interação significativa entre os fatores período de armazenamento e temperaturas durante o armazenamento, pelo teste de Scott-Knott a 5% de erro. CV (%): coeficiente de variação. Letras maiúsculas diferem estatisticamente na linha e letras minúsculas diferem estatisticamente na coluna.

Figura 1 - Imagem digitalizada das plântulas (emergência, normais, anormais e mortas, com 4 repetições de 50 sementes), após 7, 14 e 21 dias de armazenamento em solo seco (e testemunha zero dias) e irrigação por 5 dias em BOD na temperatura de 15°C.

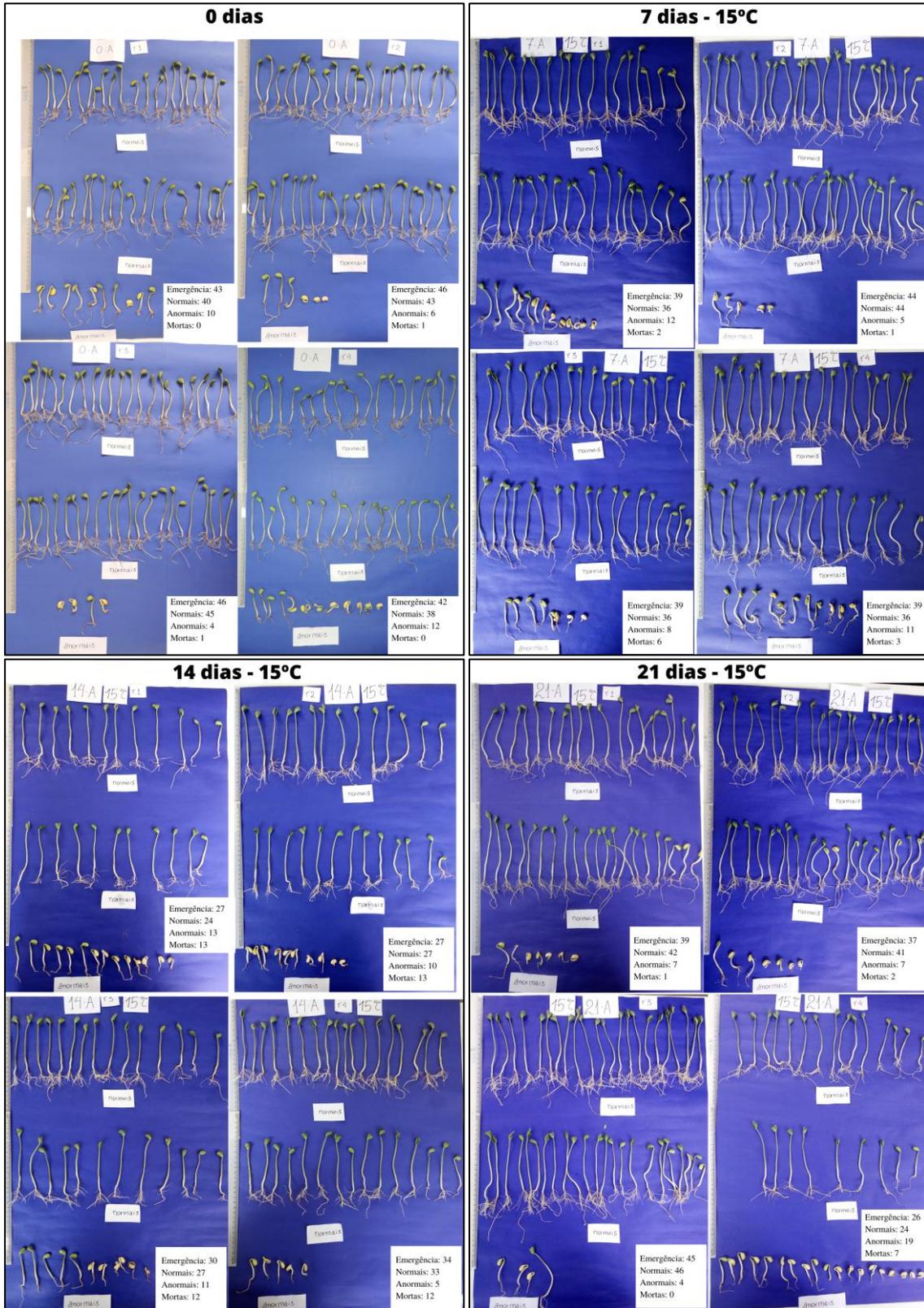
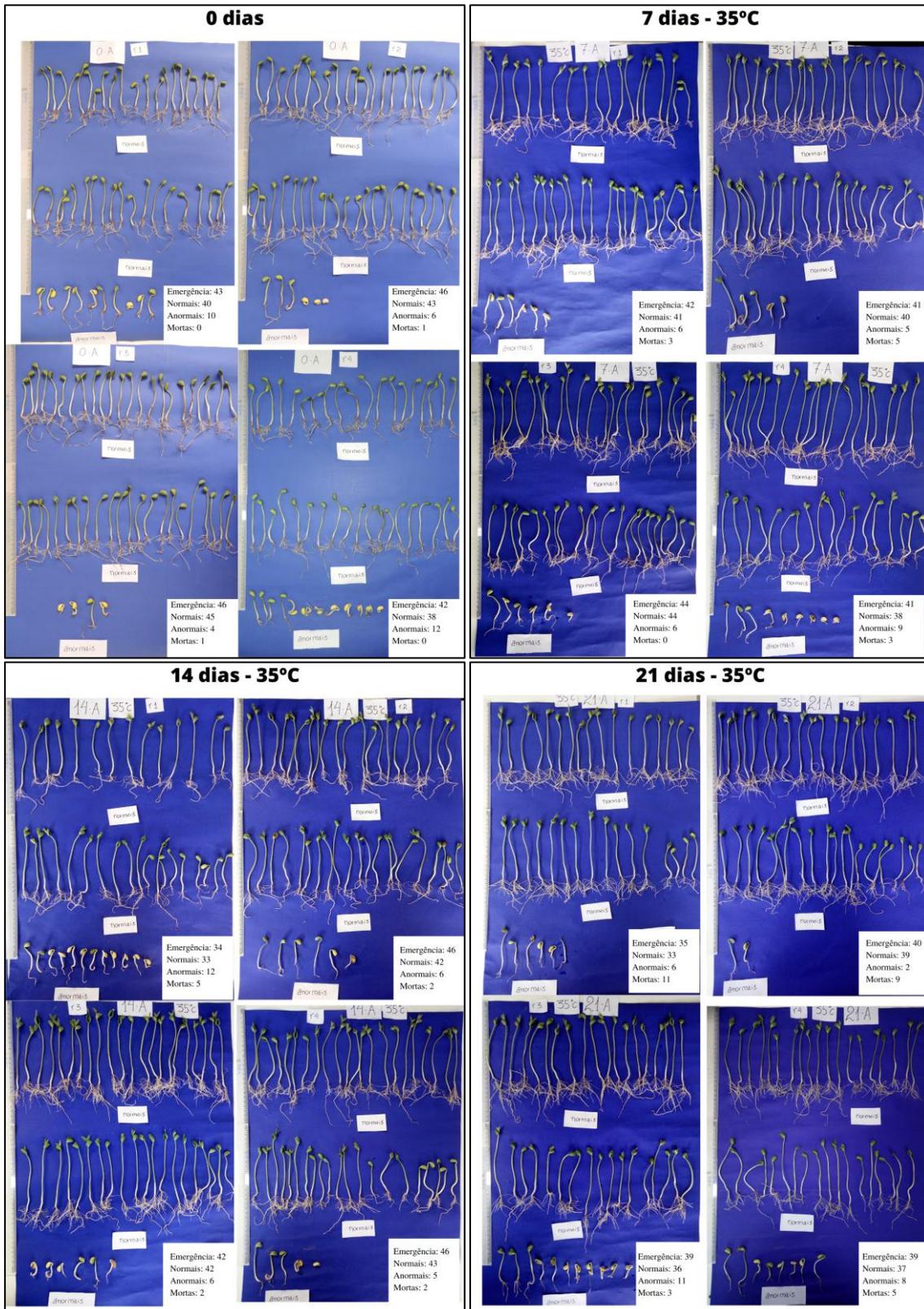


Figura 2 - Imagem digitalizada das plântulas (emergência, normais, anormais e mortas, com 4 repetições de 50 sementes), após 7, 14 e 21 dias de armazenamento em solo seco (e testemunha zero dias) e irrigação por 5 dias em BOD na temperatura de 25°C.



Figura 3 - Imagem digitalizada das plântulas (emergência, normais, anormais e mortas, com 4 repetições de 50 sementes), após 7, 14 e 21 dias de armazenamento em solo seco (e testemunha zero dias) e irrigação por 5 dias em BOD na temperatura de 35°C.



Na temperatura de 35°C durante o armazenamento (Tabela 4.4) observa-se que não houve redução significativa nos valores de emergência e plântulas normais até 21 dias de armazenamento em solo seco. Sabe-se que a atividade respiratória é aumentada durante o armazenamento em temperaturas mais elevadas e conforme Voegele et al. (2012), a semente seca retoma rapidamente a atividade metabólica e ao crescimento da expansão celular no eixo embrionário após a reidratação. Uma das primeiras mudanças durante a embebição é a intensificação da atividade respiratória, que pode ser detectada em minutos (BEWLEY, 1997). Assim, pode-se inferir que a maior intensidade do metabolismo em decorrência da temperatura de 35°C durante o armazenamento estimularam as sementes a germinar sem prejuízos ao seu potencial. Tal situação pode ser visualizada e confirmada nas respectivas imagens das plântulas (Figura 3). Ainda é possível observar uma pequena variação no número de plântulas anormais e mortas para essa temperatura nos diferentes tempos de armazenamento em solo seco.

De forma semelhante, na temperatura de 15°C, até 21 dias de armazenamento em solo seco, ocorreu pequena redução nos valores de emergência e plântulas normais. Entretanto, nessa temperatura os resultados são mais heterogêneos como pode ser observado aos 14 dias de armazenamento em solo seco. O pressuposto válido para a temperatura de 35°C também se encaixa nessa situação, onde devido a temperatura mais baixa reduzem a atividade metabólica, e as sementes quando irrigadas e exposta a temperatura de 25°C para germinarem levam um tempo maior para reativarem seu metabolismo e mobilizar suas reservas o que afeta seu crescimento, como pode ser observado na Tabela 5. No capítulo 1 ficou evidente que a soja quando exposta a temperaturas menores tem a emergência mais lenta e desuniforme, além de apresentar redução no crescimento. Segundo Marcos Filho (2015), a temperatura afeta a velocidade, a percentagem e a uniformidade de germinação, sendo que a redução de temperatura influencia na velocidade de embebição e na mobilização de reservas, ocasionando decréscimo na velocidade de germinação e redução no crescimento das plântulas.

De acordo com Marcos Filho (2015) o desempenho das sementes após a semeadura demonstra se o potencial identificado pelos testes laboratoriais foi apropriado e alcançado. Ao analisarmos os resultados de emergência e de plântulas normais, independente da temperatura considerada e do tempo de armazenamento em solo seco, ocorrem diferenças de até 5 pontos percentuais a mais nos valores das plântulas emergidas em relação ao número de plântulas que foram interpretadas como germinadas normais nas contagens (Tabela 4.4). Isso decorre pelo fato de que na contagem de plântulas emergidas consideram-se apenas as estruturas

expostas acima do nível do solo ou substrato. Entretanto, a análise da planta inteira é mais confiável e exata, pois visualiza-se todas as anormalidades ou normalidades da plântula como um todo. Dessa forma, reveste-se de grande importância a análise minuciosa das plântulas no momento das contagens de estande em uma lavoura. E de fato, ferramentas como a retirada e a análise de plântulas e a sua digitalização em imagens são fundamentais para a compreensão do processo fisiológico no momento da germinação dessas plântulas e tomadas de decisão.

Os resultados de plântulas anormais não apresentaram diferenças significativas para os fatores de período de armazenamento e temperatura, dessa forma podemos afirmar que independente do período de armazenamento em solo seco e da temperatura nesse período não irá acometer em estresses na semente que irão provocar anormalidades.

Na Tabela 4.5 são apresentados os resultados de comprimento e massa de plântulas. Como pode ser observado, as plântulas que ficaram armazenadas a 35°C apresentam maior vigor e crescimento (Figura 3), sendo uma resposta ao estímulo da temperatura durante o armazenamento, já que durante a germinação todos foram submetidos a temperatura de 25°C. Dessa forma, pode-se inferir que a temperatura de 35°C durante o armazenamento aumenta o metabolismo pré-germinação o que melhora os processos metabólicos e de mobilização de reservas no período germinativo e pós-germinativo. As mesmas tendências foram identificadas no Capítulo 1, onde o tratamento que teve cobertura vegetal do solo permaneceu na média mais tempo com temperaturas maiores, e dessa forma intensificaram o crescimento da cultura da soja. Pode-se dizer que da mesma maneira que sementes de alto vigor, em relação a de baixo vigor, tendem a expressar melhor seu crescimento inicial devido à rápida ativação metabólica e degradação das reservas, a temperatura mais elevada durante o armazenamento no solo facilita essa ativação metabólica.

Esses resultados podem ser perceptíveis ao analisar as imagens digitalizadas com as plântulas sob diferentes temperaturas e nos diferentes tempos de armazenamento em solo seco (Figuras 1, 2 e 3).

Para comprimento de radícula (CR) a temperatura de 15°C durante o armazenamento foi a que apresentou menores comprimentos. Já para CH e CT, a temperatura de 25°C foi o pior tratamento. Ao analisar a variável CT, observa-se que com 35°C de armazenamento obteve-se um aumento do comprimento a partir de 7 dias e com 15°C tem-se o maior comprimento aos 7 dias de armazenamento. Em milho, as temperaturas mais baixas provocam atraso na emissão da radícula e aumento no tempo médio de germinação (MATTHEWS et al., 2011), em decorrência da redução da atividade metabólica durante a germinação.

A temperatura de 25°C durante o armazenamento apresentou as menores massas de hipocótilo (MSH) e houve um aumento da massa seca a partir de 7 dias para as temperaturas de 15°C e 35°C. A massa seca de raiz (MSR) foi maior ao zero dias de armazenamento para todas as temperaturas, e teve redução com o armazenamento. Para a MST, a pior temperatura foi de 25°C e obteve-se as menores massas aos 7 e 14 dias de armazenamento.

Tabela 4. 5 - Comprimento de radícula (CR), hipocótilo (CH) e comprimento total (CT), massa de matéria seca de hipocótilo (MS H), radícula (MS R) e massa seca total de plântulas (MS T), de sementes de soja de um lote comercial submetidos a períodos de armazenamento em solo seco com diferentes temperaturas durante o armazenamento.

Armaz ¹	15°C	25°C	35°C	15°C	25°C	35°C
	CR (cm)			CH (cm)		
0 dias	8,1 Aa	8,1 Ab	8,1 Ab	7,3 Ac	7,3 Aa	7,3 Ac
7 dias	8,8 Aa	8,5 Aa	9,3 Aa	10,4 Aa	6,3 Ba	11,1 Aa
14 dias	6,7 Bb	8,9 Aa	8,8 Aa	8,2 Bb	6,9 Ca	9,8 Ab
21 dias	8,4 Ba	7,8 Bb	9,3 Aa	8,5 Bb	7,2 Ca	10,0 Ab
CV (%)	6,7			7,7		
	CT (cm)			MS H		
0 dias	15,4 Ac	15,4 Aa	15,4 Ab	25,5 Ab	25,5 Aa	25,5 Ab
7 dias	19,2 Aa	14,8 Ba	20,3 Aa	30,4 Aa	22,8 Ba	30,1 Aa
14 dias	14,9 Bc	15,8 Ba	18,5 Aa	30,5 Aa	23,8 Ba	28,8 Aa
21 dias	16,9 Bb	15,0 Ca	19,4 Aa	28,5 Aa	24,6 Ba	28,2 Aa
CV (%)	2,4			5,6		
	MS R (cm)			MS T		
0 dias	14,1 Aa	14,1 Aa	14,1 Aa	39,6 Aa	39,6 Aa	39,6 Aa
7 dias	11,5 Ab	9,7 Bd	12,0 Ab	41,8 Aa	32,5 Bb	42,1 Aa
14 dias	9,6 Ab	11,3 Ac	10,6 Ab	40,1 Aa	35,1 Bb	39,5 Aa
21 dias	10,2 Bb	12,3 Ab	11,0 Bb	38,8 Aa	36,9 Aa	39,2 Aa
CV (%)	9,4			13,6		

¹ Armazenamento em solo seco em dias. ² interação significativa entre os fatores período de armazenamento e temperaturas durante o armazenamento, pelo teste de Scott-Knott a 5% de erro. CV (%): coeficiente de variação. Letras maiúsculas diferem estatisticamente na linha e letras minúsculas diferem estatisticamente na coluna.

Os experimentos foram realizados em laboratório e não expressam inteiramente as condições de campo e suas variações, mas o comportamento da espécie no presente estudo mostra-se interessante, pois conforme os resultados encontrados, a semeadura em solo seco e em temperaturas mais elevadas (em torno de 35 °C) é viável sem comprometimento no desempenho das plântulas de soja com até 21 dias de armazenamento no solo. Tais condições de temperaturas podem ser encontradas facilmente no Centro Oeste Brasileiro e em novembro e dezembro no Rio Grande do Sul, meses estes recomendados para semeadura no Estado. No entanto, a semeadura em solo seco associada a temperaturas mais baixas pode implicar em

resultados desuniformes e prejudicar o desempenho das sementes, características estas encontradas nos meses de setembro e outubro no RS.

4.4 CONCLUSÕES

A qualidade fisiológica das sementes de soja não é prejudicada quando a semeadura é realizada em solo seco e permanece por até 21 dias após a semeadura sob temperatura de 35°C para as condições do presente trabalho.

Semeadura em solo seco associada a temperaturas mais baixas (15°C) pode implicar em resultados mais heterogêneos e ser prejudicial ao desempenho das sementes.

A digitalização e análise de imagens complementa de forma positiva a análise de rotina na avaliação da qualidade fisiológica de plântulas de soja. O uso de tecnologias e softwares que avaliam de forma automatizada podem favorecer a utilização dessa metodologia para outros estudos e laboratórios de análise de sementes.

REFERÊNCIAS

- ABBADE, L. C.; TAKAKI, M. Biochemical and physiological changes of *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith (Bignoniaceae) seeds under storage. **Journal of Seed Science**, v.36, p.100-107, 2014.
- BERBERT, P. A. et al. Indicadores da qualidade dos grãos. In: SILVA, J. S. (Ed) **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2008, cap.4, p.63-107.
- BEWLEY, D. J. Seed Germination and Dormancy. **The Plant Cell**, v. 9, p. 1055-1066, 1997.
- BRANDANI, E. B. **Análise de imagens na avaliação do vigor de sementes de soja**. 2017. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, DF, 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009, 395 p.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa, n. 45 de 17 de setembro de 2013. Diário Oficial da União, DF, 20 set. 2013, p.25, Seção 1.
- CARVALHO, M.L.M.; SILVA, T.T.A.; ABREU, L.A.S. Manual do analista de sementes de grandes culturas. **Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes**. Lavras, MG: 2011. 103p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: Conab, v.8, n.9, 2021. 121 p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos>>. Acesso em: 02 jul. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p. Disponível em: <<https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00053080.pdf>>. Acesso em: 03 dez 2020.

FERNANDES, T. S. et al. Contribuição para a uniformização de metodologias de análise de germinação e vigor de sementes de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, p. 122-128, 2018.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v.72, n.4, p.363-374, 2015.

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

MATTHEWS, S., E. et al. Evidence that time for repair during early germination leads to vigour differences in maize. **Seed Science and Technology**. v. 39, p. 501-509, 2011.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, cap.2, 1999, p.1-24.

OCHANDIO, D. et al. Modelling respiration rate of soybean seeds (*Glycine max* (L.)) in hermetic storage. **Journal of Stored Products Research**, v.74, p.36-45, 2017.

PESKE, S. T. Semeando no pó: Oportunidade ou risco? **Seed News**, v.24, p. 30-35, 2020. Disponível em: <<https://seednews.com.br/artigos/3363-semeando-no-po-edicao-setembro-2020>>. Acesso em: 03 dez. 2020.

RODRIGUES, M. **Vigor-S: sistema para avaliação automatizada do vigor de sementes de soja**. 2019. 65 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2019.

SAKO, Y. et al. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, v. 29, p. 625-636, 2001.

SALINAS, A. R. et al. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.371-379, 2001.

SHARMA, S.; GAMBHIR, S.; MUNSHI, S. K. Changes in lipid carbohydrate composition of germinating soybean seeds under different storages conditions. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.6, p.502-507, 2007.

VOEGELE et al. Embryo growth, testa permeability, and endosperm weakening are major targets for the environmentally regulated inhibition of *Lepidium sativum* seed germination by myrigalone A. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, p. 5337–5350, 2012.

WENDT, L. et al. Relação entre testes de vigor com a emergência a campo em sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, p.166-171, 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao avaliar os efeitos que períodos de déficit hídrico após a semeadura em solo seco possuem na qualidade fisiológica de sementes e a ação da cobertura vegetal do solo como possível amenizador de estresses. Pode-se verificar que o armazenamento em solo seco, para as condições do presente estudo, em até 4 dias não afeta a emergência, sendo esta reduzida dos 8 aos 16 dias de armazenamento com igual intensidade. Os demais parâmetros avaliados neste trabalho não detectou-se influência em relação ao período de armazenamento.

A ação da cobertura vegetal do solo com palha de aveia preta possibilita uma maior emergência e crescimento inicial em relação a solo sem cobertura, melhorando o estabelecimento e estande de plantas.

Quanto ao uso de sementes de maior qualidade fisiológica, caracterizada por vigor mais alto, essas proporcionam maior emergência e velocidade de estabelecimento em condições de semeadura em solo seco. Além disso, fica evidente que os efeitos de vigor são mais expressivos nos estágios iniciais de germinação e estabelecimento e começam a ficar imperceptíveis à medida que os estádios fenológicos avançam.

Ao avaliar os efeitos na qualidade fisiológica de sementes de soja submetidos a diferentes temperatura e períodos de armazenamento em solo seco, com o auxílio de testes de avaliação de qualidade fisiológica complementados com a geração de imagens digitais determinou-se que a qualidade fisiológica das sementes de soja não é prejudicada quando a semeadura é realizada em solo seco e permanece por até 21 dias após a semeadura sob temperatura de 35°C. No entanto, a semeadura em solo seco associada a temperaturas mais baixas pode implicar em resultados mais heterogêneos e ser prejudicial ao desempenho das sementes.

A digitalização e análise de imagens complementa de forma positiva a análise de rotina na avaliação da qualidade fisiológica de plântulas de soja.

A diferença de até 5 pontos percentuais entre emergência e plântulas normais demonstra a importância de análise mais minuciosa da plântula inteira para evitar erro de interpretação nos resultados como germinadas normais nas contagens, e dessa forma, fazendo um superestimação de plântulas normais a campo.

Novas pesquisas podem ser conduzidas com uma análise enzimática para esclarecer os efeitos desse período de armazenamento no solo seco na semente e nas plântulas, assim como a condução do experimento a nível de campo onde se tenha controle ambiental avaliando até a colheita.

Ainda, fica como sugestão para um futuro experimento o monitoramento da umidade do solo, dessa forma se tem a quantificação dos níveis de umidade entre os vasos com e sem cobertura vegetal.

REFERÊNCIAS

- ABBADE, L. C.; TAKAKI, M. Biochemical and physiological changes of *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith (Bignoniaceae) seeds under storage. **Journal of Seed Science**, v.36, p.100-107, 2014.
- AGRAWAL, G. K. et al. In-depth investigation of the seed-filling proteome and comparison with a parallel study of rapeseed. **Plant Physiology**, v. 148, p. 504–518, 2008.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigor testing handbook**, Wichita, United States, 1983. 93p.
- BAALBAKI, R. et al. **Seed vigor testing handbook**. Ithaca: Association of Official Seed Analysts, 2009, 341 p.
- BERBERT, P. A. et al. Indicadores da qualidade dos grãos. In: SILVA, J. S. (Ed) **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2008, cap.4, p.63-107.
- BEWLEY, D. J. Seed Germination and Dormancy. **The Plant Cell**, v. 9, p. 1055-1066, 1997.
- BEWLEY, D. J.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.
- BRACCINI, A. L. et al. Agronomic traits and seed yield produced in the soybean-corn crop in succession cropping. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, p. 651 – 661, 2010.
- BRANDANI, E. B. **Análise de imagens na avaliação do vigor de sementes de soja**. 2017. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, DF, 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009, 395 p.
- CARDOSO, R. B. et al. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, p.272-278, 2012.
- CASTRO, G. S. A. et al. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.10, p.1311-1318, 2008.
- CHIDANANDA, K. P. et al. Respiration of pulses stored under diferente storage conditions. **Journal of Stored Products Research**, v.59, p.42-47, 2014.
- CÍCERO, S. M. et al. Evaluation of mechanical damage in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X-ray and digital imaging. **Seed Science and Technology**, v.26, p. 603-612, 1998.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: Conab, v.8, n.9, 2021. 121 p. Disponível em: <

<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 02 jul. 2021.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, v.1, n.2, p.427-452, 1973.

DODE, J. S. et al. Respiration test soybean seed as related of physiological quality. **Ciência Rural**, v.43, p.193-198, 2013.

EASTMOND, P. J. et al. Postgerminative growth and lipid catabolism in oilseeds lacking the glyoxylate cycle. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 97, p. 5669-5674, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil 2011 e 2012**. Embrapa Soja, Sistemas de Produção, Londrina, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item-/23225/1/Sistema-Producao14-VE.pdf>>. Acesso em 21 maio 2019.

FERREIRA, T. N.; SCHWARZ, R. A; STRECK, E. V. **Solos: manejo integrado e ecológico: elementos básicos**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 95p.

FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, v. 171, p. 501-523, 2006.

FLETCHER, A. L. et al. Dry sowing increases farm level wheat yields but not production risks in a Mediterranean environment. **Agricultural Systems**, v.136, p.114-124, 2015.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYŻANOWKI, F. C. O vigor e o desempenho das sementes. **Anuário ABRASEM**, p. 32-36, 2018. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194696/1/p-32-a-36-Anuario-Abrasem-2018-Final.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2020.

FU, Y.; AHMED, Z.; DIEDERICHSEN, A. Towards a better monitoring of seed ageing under ex situ seed conservation. **Conservation Physiology**, v.3, p. 1-16, 2015.

FURLANI, C. E. A. et al. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.32, p. 375-380, 2008.

GARCIA, A. et al. Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas. **Embrapa Soja**, Londrina, v. 51, p. 1-12, 2007.

GARCIA, R. A. et al. F. Soybean – corn succession according to seeding date. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 22-29, 2018.

GASCHLER, M. M.; STOCKWELL, B. R. Lipid peroxidation in cell death. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v.482, p.419-425, 2017.

GASPARIN, E. et al. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 107-114, 2005.

- GHIMIRE, R. et al. Current status, opportunities and challenges of cover cropping for sustainable dryland farming in the Southern Great Plains. **Journal of Crop Improvement**, v.32, p.579-598, 2018.
- GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidante machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.48, p.909-930, 2010.
- GRELET, J. et al. Identification in pea seed mitochondria of a late-embryogenesis abundant protein able to protect enzymes from drying. **Plant Physiology**, v. 137, p. 157-167, 2005.
- HAN, C. et al. Analysis of Proteome Profile in Germinating Soybean Seed, and Its Comparison with Rice Showing the Styles of Reserves Mobilization in Different Crops. **Plos One**, v. 8, p. 1-9, 2013.
- HOFFMASTER, A. L. et al. An automated system for vigor testing three-day-old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, v. 31, p. 701-713, 2003.
- HOURMANT, A.; PRADET, A. Oxidative phosphorylation in germinating lettuce seeds (*Lactuca sativa*) during the first hours of imbibition. **Plant Physiology**, v. 68, p. 631-635, 1981.
- HOWARTH, M. S.; STANWOOD, P. C. Measurement of seedling growth rate by machine vision. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, v. 36, p. 959-963, 1993.
- HOWELL, K. A.; MILLAR, A. H.; WHELAN, J. Ordered assembly of mitochondria during rice germination begins with pro-mitochondrial structures rich in components of the protein import apparatus. **Plant Molecular Biology**, v. 60, p. 201–223, 2006.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION - ISTA. **Handbook of vigour test methods**, Zurich, Switzerland, 1981, 72p.
- JIANG, Y. et al. Long-day effects on the terminal inflorescence development of a photoperiod-sensitive soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] variety. **Plant Science**, v.180, p.504-510, 2011.
- LAMACHHANE, J. R. et al. Analysis of soybean germination, emergence, and prediction of a possible northward establishment of the crop under climate change. **European Journal of Agronomy**, v.113, p.1-12, 2020
- MACOVEI, A. et al. New insights on the barrel medic MtOGG1 and MtFPG functions in relation to oxidative stress response in planta and during seed imbibition. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, p. 1040–1050, 2011.
- MANZ, B. et al. Water uptake and distribution in germinating tobacco seeds investigated in vivo by nuclear magnetic resonance imaging. **Plant Physiology**, v. 138, p. 1538-1551, 2005.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**, Londrina: ABRATES, ed.2, 2015, 659p.

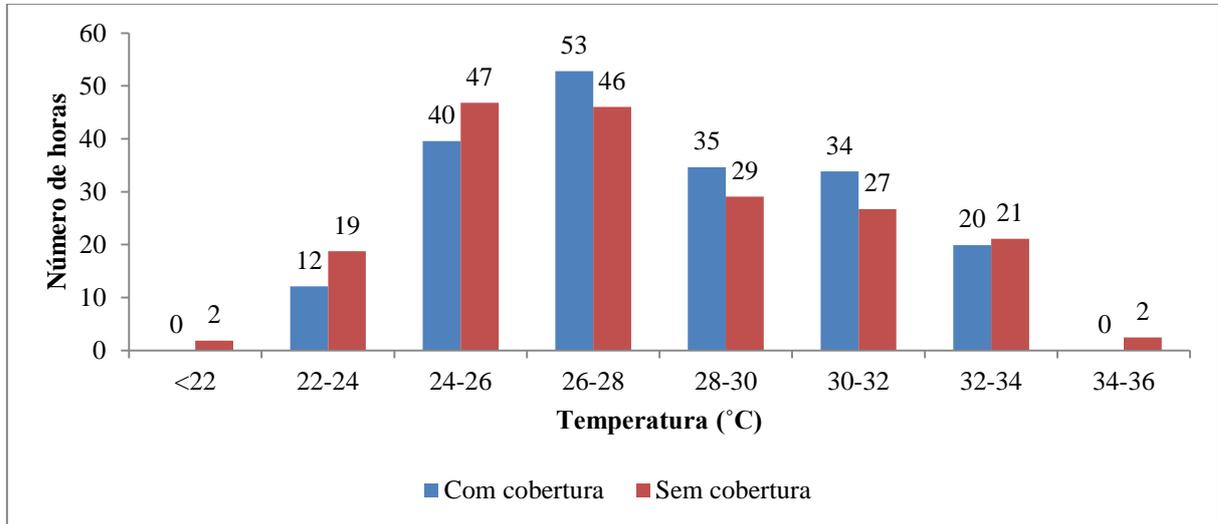
- MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 102-112, 2009.
- MARIN, F. R.; ASSAD, E. D.; PILAU, F. G. **Clima e Ambiente: introdução à climatologia para ciências ambientais**. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2008. 127p.
- MARTINS, G. M. et al. Inseticidas químicos e microbianos no controle da lagarta-do-cartucho na fase inicial da cultura do milho. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 170-174, 2009.
- MBUTHIA, L. W. et al. Long term tillage, cover crop and fertilization effects on microbial community structure, activity: implications for soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v.89, p.24-34, 2015.
- MCCORMAC, A. C.; KEFFE, P. D.; DRAPER, R. S. Automated vigour testing of field vegetables using image analysis. **Seed Science and Technology**, v. 18, p. 103-112, 1990.
- MEOTTI, G. V. et al. Época de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária brasileira**. Brasília, v. 47, n. 1, p. 14-21, 2012.
- MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; ZIMMER, P. D. Bioprotetores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.1, p. 13-18, 2009.
- MEYER, C. J.; STEUDLE, E.; PETERSON, C. A. Patterns and kinetics of water uptake by soybean seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, p. 717-732, 2007.
- MITTLER, R. ROS are good. **Trends in Plant Science**, v.22, p.11-19, 2017.
- MOHAMMADI, H. et al. Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. **International Journal of Plant Production**, v. 5, n. 1, p. 65-70, 2012.
- NÓIA JUNIOR, R. S.; SENTELHAS, P. C. Soybean – maize succession in Brazil: impacts of sowing dates on climate variability, yields and economic profitability. **European Journal of Agronomy**, v. 103, p. 140-151, 2019.
- NONOGAKI, H.; BASSEL, G. W.; BEWLEY, J. D. Germination – still a mystery. **Plant Science**, v. 179, p. 574-581, 2010.
- OCHANDIO, D. et al. Modelling respiration rate of soybean seeds (*Glycine max* (L.)) in hermetic storage. **Journal of Stored Products Research**, v.74, p.36-45, 2017.
- PERRY, S. F.; BURGGREN, W. W. Why respiratory biology? The meaning and significance of respiration and its integrative study. **Integrative and Comparative Biology**, v.47, p.506-509, 2007.
- PESKE, S. T. Semeando no pó: Oportunidade ou risco? **Seed News**, v.24, p. 30-35, 2020. Disponível em: <<https://seednews.com.br/artigos/3363-semeando-no-po-edicao-setembro-2020>>. Acesso em: 03 dez. 2020.

- PINFIELD-WELLS, H. et al. Sucrose rescues seedling establishment but not germination of Arabidopsis mutants disrupted in peroxisomal fatty acid catabolism. **The Plant Journal**, v. 43, p. 861–872, 2005.
- PINTO, C. A. G. et al. Image analysis in the evaluation of the physiological potential of maize seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, p.319-328, 2015.
- RATAJCZAK, E. et al. Mitochondria are important determinants of the aging of seeds. **International Journal of Molecular Sciences**, v.20, p.1568, 2019.
- REJEB, I.; PASTOR, V.; MAUCH-MANI, B. Plant responses to simultaneous biotic and abiotic stress: molecular mechanisms. **Plants**, v. 3, n. 4, p. 458-475, 2014.
- RESENDE, F. V. et al. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 100-105, 2005.
- REZENDE, P. M. et al. Efeito da semeadura a seco e tratamento de sementes na emergência, rendimento de grãos e outras características da soja [Glycine max (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.1, p.76-83, 2003.
- RODRIGUES, M. **Vigor-S: sistema para avaliação automatizada do vigor de sementes de soja**. 2019. 65 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2019.
- RODRIGUES, O. et al. **Efeito da temperatura e do fotoperíodo na duração e na taxa de crescimento de grãos de soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 28p.
- ROSSI, A. et al. Diferentes manejos da cobertura vegetal de aveia preta em pomar no sul do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 457-463, 2007.
- ROSSI, R. F.; CAVARANI, C.; FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v.60, p. 215-222, 2017.
- SAKO, Y. et al. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, v. 29, p. 625-636, 2001.
- SALINAS, A. R. et al. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.371-379, 2001.
- SANO, N. et al. Staying alive: molecular aspects of seed longevity. **Plant and Cell Physiology**, v.57, p.660-674, 2016.
- SCHEEREN, B. R. et al. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista brasileira de sementes**, v.32, n.3, 2010.
- SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R.C.T.; NOGUEIRA, A.P.O. Importância Econômica da semente. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologia de Produção de Sementes de Soja**. Londrina: Mecenas, 2013, cap.1, p.11- 14.

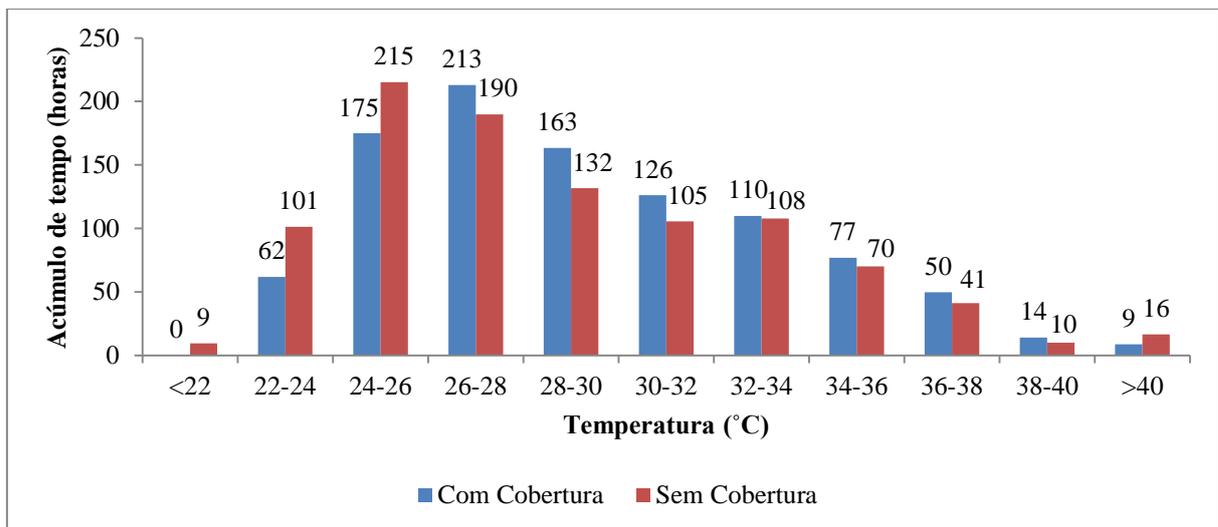
- SHARMA, P. et al. Reactive oxygen species, oxidative damage and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of botany**, v.12, p.26, 2012.
- SHARMA, S.; GAMBHIR, S.; MUNSHI, S. K. Changes in lipid carbohydrate composition of germinating soybean seeds under different storages conditions. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.6, p.502-507, 2007.
- SILVA, J. S. et al. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. 560p.
- STEINBRECHER, T.; LEUBNER-METZGER, G. A biomecânica da germinação de sementes. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, p. 765 – 783, 2017.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- TOLEDO, M. Z. et al. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, p.124-133, 2009.
- TOLLETER, D. et al. Structure and function of a mitochondrial late embryogenesis abundant protein are revealed by desiccation. **The Plant Cell**, v. 19, p. 1580-1589, 2007.
- TURNER, N. C. More from less – improvements in precipitation use efficiency in Western Australian wheat production. In: TOW, P. et al. (Ed) **Rainfed Farming Systems**, Switzerland: Springer, 2011, cap.28, p.777-790
- VOEGELE et al. Embryo growth, testa permeability, and endosperm weakening are major targets for the environmentally regulated inhibition of *Lepidium sativum* seed germination by myrigalone A. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, p. 5337–5350, 2012.
- WALTERS, C.; BALLESTEROS, D.; VERTUCCI, V. A. Structural mechanics of seed deterioration: standing the test of time. **Plant Science**, v.179, p.565-573, 2010.
- WEBER, H.; BORISJUK, L.; WOBUS, U. Molecular physiology of legume seed development. **Annual Review of Plant Biology**, v. 56, p. 253–279, 2005.
- WESTON, L. A.; DUKE, S. O. Weed and crop allelopathy. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.22, p.367-389, 2003.
- YANG, M. F. et al. Proteomic analysis of oil mobilization in seed germination and postgermination development of *Jatropha curcas*. **Journal of Proteome Research**, v. 8, p. 1441–1451, 2009.
- ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; GRASSINI, P. Climate and management factors influence soybean yield potential in a subtropical environment. **Agronomy Journal**, Madison, v. 108, n. 4, p. 1447-1454, 2016.
- ZHANG, C. et al. Transcriptomic analysis of seed germination under salt stress in two desert sister species (*Populus euphratica* and *P. Pruinosa*). **Frontiers in Genetics**, v. 10, p. 1-16, 2019.

APÊNDICE

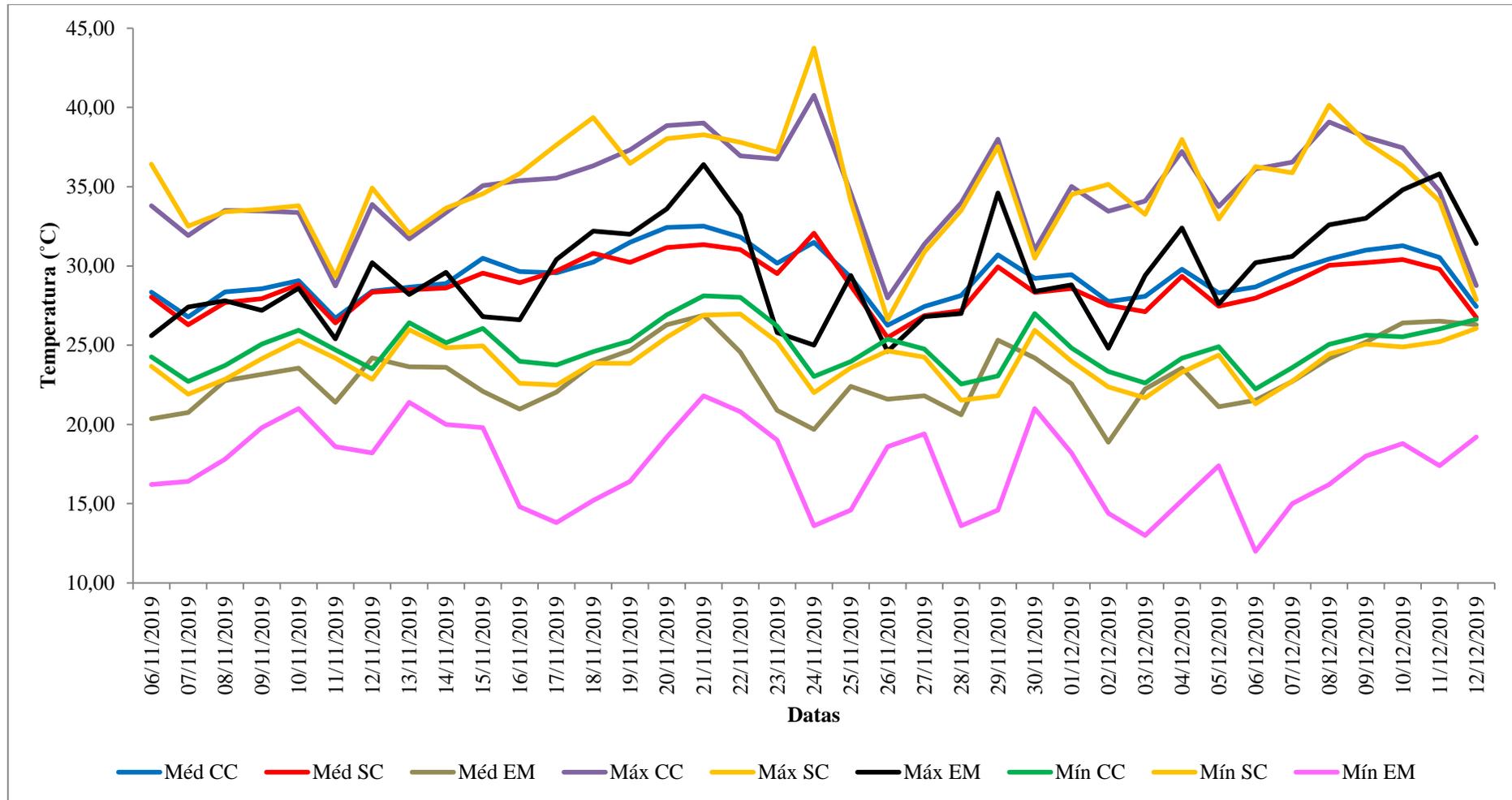
APÊNDICE A - GRÁFICO DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURAS DO PERÍODO DA EMERGÊNCIA, O QUE CORRESPONDE AO DIA DA IRRIGAÇÃO (06/11/2019) ATÉ AVALIAÇÃO DE EMERGÊNCIA (14/11/2019) DOS TRATAMENTOS COM E SEM COBERTURA VEGETAL DO SOLO.



APÊNDICE B - GRÁFICO DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURAS DO PERÍODO DE AVALIAÇÃO, O QUE CORRESPONDE AO DIA DA IRRIGAÇÃO (06/11/2019) ATÉ AS AVALIAÇÕES FINAIS (12/12/2019) DOS TRATAMENTOS COM E SEM COBERTURA VEGETAL DO SOLO.



APÊNDICE C - GRÁFICO DE TEMPERATURAS MÉDIAS, MÁXIMAS E MÍNIMAS DO PERÍODO DE AVALIAÇÃO, CORRESPONDENDO AO DIA DA IRRIGAÇÃO (06/11/2019) ATÉ AS AVALIAÇÕES FINAIS (12/12/2019) DOS TRATAMENTOS COM COBERTURA VEGETAL DO SOLO (CC), SEM COBERTURA VEGETAL DO SOLO (SC) E DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE SANTA MARIA.



APENDICE D - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO ARTIGO 1, PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS: PRIMEIRA CONTAGEM (PC), EMERGÊNCIA (E), MASSA SECA DA PARTE AÉREA (MSPA), MASSA SECA DA RAIZ (MSR) E DIÂMETRO DE CAULE (DC) DE SEMENTES DE SOJA DE ALTO E BAIXO VIGOR SEMEADAS EM VASOS NA CASA DE VEGETAÇÃO E SUBMETIDAS A DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO EM SOLO SECO COM OU SEM COBERTURA DE SOLO. UFSM, SANTA MARIA, 2021.

Fator de variação	GL	Quadrados Médios					
		PC	G	MSPA		MSR	DC
				8 dai	36 dai	36 dai	
Período de armazenamento (A)	4	174,863	236,938*	0,000	0,019	0,157	0,066
Vigor de sementes (C)	1	738,482*	7736,211*	0,003*	0,722	0,136	0,703
Cobertura vegetal do solo (D)	1	750,312*	405,450*	0,000	0,128	0,003	4,186*
A*C	4	156,188	17,176	0,000	0,280	0,162	0,063
A*D	4	180,075	172,273	0,000	0,466	0,152	0,098
C*D	1	300,313	67,161	0,000	0,040	0,091	0,190
A*C*D	4	59,262	44,657	0,000	0,861	0,367	0,344
Resíduo	60	172,535	82,917	0,000	0,244	0,198	0,224
CV (%)		21,9	11,89	12,52	18,54	32,29	11,19

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; dai = dias após a irrigação; *Significativo a 5% de probabilidade.

APENDICE E - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO ARTIGO 1, PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS: COMPRIMENTO DE PARTE AÉREA (CPA) E COMPRIMENTO DE RAIZ PRIMÁRIA (CR) DE SEMENTES DE SOJA, DE ALTO E BAIXO VIGOR, SEMEADAS EM VASOS NA CASA DE VEGETAÇÃO E SUBMETIDAS A DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO EM SOLO SECO COM OU SEM COBERTURA DE SOLO. UFSM, SANTA MARIA, 2021.

Fator de variação	GL	Quadrados Médios					
		CPA					CR
		8 dai	15 dai	22 dai	29 dai	36 dai	36 dai
Período de armazenamento (A)	4	1,028	0,608	0,060	1,696	2,079	36,049
Vigor de sementes (C)	1	17,484*	14,450*	22,578*	52,488*	16,744	2,145
Cobertura vegetal do solo (D)	1	235,984*	111,864*	69,006*	31,752*	6,384	37,401
A*C	4	1,459	0,188	0,815	2,873	11,104	18,302
A*D	4	0,449	0,149	1,133	2,029	4,676	76,512
C*D	1	0,008	1,800	5,356	2,592	0,181	0,003
A*C*D	4	0,675	0,116	1,885	8,719	16,978	3,015
Resíduo	60	0,933	0,733	1,383	5,751	8,661	32,169

CV (%)	10,49	7,07	7,45	10,96	11,63	13,92
--------	-------	------	------	-------	-------	-------

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; dai = dias após a irrigação; *Significativo a 5% de probabilidade.

APENDICE F - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO ARTIGO 2, PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS: EMERGÊNCIA (E), NORMAIS, ANORMAIS E MORTAS DE SEMENTES DE SOJA SEMEADAS EM SOLO SECO EM BANDEJAS E SUBMETIDAS A DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO E TEMPERATURAS DURANTE O ARMAZENAMENTO NO SOLO SECO. UFSM, SANTA MARIA, 2021.

Fator de variação	GL	Quadrados Médios			
		E	Normais	Anormais	Mortas
Período de armazenamento (A)	3	328,43*	216,46*	6,73	430,33*
Temperatura de armazenamento (C)	2	150,77	153,08	60,24	65,36
A*C	6	97,47	107,03	7,44	173,25*
Resíduo	36	50,43	49,85	34,81	37,94
CV (%)		11,3	11,8	24,6	39,3

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; *Significativo a 5% de probabilidade.

APENDICE G - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO ARTIGO 2, PARA AS VARIÁVEIS AVALIADAS: COMPRIMENTO DE RADÍCULA (CR), HIPOCÓTILO (CH) E TOTAL (CT), MASSA SECA DE RADÍCULA (MSR), HIPOCÓTILO (MSH) E TOTAL (MST) DE SEMENTES DE SOJA SEMEADAS EM SOLO SECO EM BANDEJAS E SUBMETIDAS A DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO E TEMPERATURAS DURANTE O ARMAZENAMENTO EM SOLO SECO. UFSM, SANTA MARIA, 2021.

Fator de variação	GL	Quadrados Médios					
		CR	CH	CT	MSR	MSH	MST
Período de armazenamento (A)	3	1,74*	7,33*	0,05*	31,28*	13,09*	268346,10
Temperatura de armazenamento (C)	2	3,09*	28,35*	0,14*	1,68	98,57*	4417657,73*
A*C	6	1,94*	4,89*	0,03*	3,92*	14,29*	1225740,57*
Resíduo	36	0,31	0,42	0,00	1,20	2,56	164974,26
CV (%)		6,7	7,7	2,4	9,4	5,6	13,6

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; *Significativo a 5% de probabilidade.