MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

VIGOR E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA COM MANCHA-PÚRPURA

Thaís Rezende Morais
Eng. Agrônoma

URUTAÍ – GOIÁS
2022

THAIS REZENDE MORAIS

VIGOR E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA COM MANCHA-PÚRPURA

Orientadora: Prof. Dra. Érica Fernandes Leão Araújo

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Urutaí – GO
2022

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

Morais, Thaís Rezende
M364v VIGOR E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA COM MANCHA-PÚRPURA / Thaís Rezende Morais; orientadora Drª Erica Fernandes Leão Araújo. -- Urutaí, 2022.
48 p.

Dissertação (Mestrado em Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas) -- Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2022.

1. Cercosporiose. 2. Glycine max. 3. qualidade fisiológica. I. Fernandes Leão Araújo, Drª Erica, orient. II. Título.

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

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 66/2022 - CREPG-UR/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos trinta dias do mês de agosto do ano de dois mil e vinte e dois, às 09 horas, reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada presencialmente, para procederem a avaliação da defesa de dissertação em nível de mestrado, de autoria de **Thaís Rezende Morais,** discente do **Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí,** com trabalho intitulado **"VIGOR E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA COM MANCHA PÚRPURA".** A sessão foi aberta pela presidente da banca examinadora, **Profa. Dra. Erica Fernandes Leão Araújo**, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida à autora da dissertação para, em 30 minutos, proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, a dissertação foi **APROVADA**, com correções obrigatórias, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM PROTEÇÃO DE PLANTAS,** na área de concentração em **Fitossanidade**, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí. A conclusão do curso dar-se-á quando do depósito versão definitiva da dissertação com as devidas correções no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF). Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição em até **60 (sessenta) dias** a contar da data da defesa. A banca examinadora recomendou a publicação de artigo científico oriundos dessa dissertação em periódicos após procedida as modificações sugeridas, bem como a publicação da biblioteca computacional desenvolvida. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da banca encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	**Instituição**	**Situação no Programa**
Profa. Dra. Erica Fernandes Leão Araújo	IF Goiano - Campus Urutaí	Presidente
Prof. Dr. Milton Luiz da Paz Lima	IF Goiano - Campus Urutaí	Membro interno
Profa. Dra. Juliana Faria dos Santos	Unisalle/Lucas	Membra externa

Documento assinado eletronicamente por:

- **Juliana Faria dos Santos, Juliana Faria dos Santos - 2331 - PROFESSORES DO ENSINO PROFISSIONAL - Centro Universitário La Salle - Unilasalle (92741990002938)** , em 01/09/2022 11:09:19.
- **Milton Luiz da Paz Lima, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 30/08/2022 21:33:12.
- **Erica Fernandes Leao Araujo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 30/08/2022 21:28:20.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 30/08/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 420223
Código de Autenticação: 5639f72f20

INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Urutaí
Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, Zona Rural, None, None, URUTAI / GO, CEP 75790-000
(64) 3465-1900

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu filho Pedro Rezende, que é o motivo e a força para eu continuar e correr atrás dos meus sonhos. Aos meus pais Dalton Morais e Eny Rezende, pelo apoio constante e incondicional que me permite e dá condições de realizar esses sonhos. Dedico também ao Mauricio Cardoso e Adelaide Taitson, avós do Pedro e meus segundos pais, que também estão sempre prontos a me dar todo o suporte necessário e que me incentivam sempre. Aos meus irmãos, Dalton Moraes Jr, Flávia Moraes e Rodrigo Moraes, aos cunhados Daniela Moraes, Gláucio de Castro e Ana Maria Peña que são também meus irmãos e que me apoiam, incentivam e se alegram com as minhas conquistas. Aos meus sobrinhos Rafael, João Vitor, Felipe, Julia, Lucas, Isabella e Alex. Espero ser exemplo e inspiração para essa nova geração.

AGRADECIMENTOS

Após idas e vindas, cheguei a pensar que esse dia não chegaria... mas enfim chegou! E tenho muito a agradecer por isso.

Agradecer a Deus pela vida, saúde, pela família, pelo emprego e por ter me permitido chegar até aqui.

Agradecer à minha família pelo apoio e cuidados com o Pedro Rezende quando foi necessário me ausentar em virtude do mestrado. Dalton Morais e Eny Rezende, amo vocês e agradeço por tudo e por tanto!!! Meus irmãos, cunhadas, sobrinhos, Adelaide Taitson e Mauricio Cardoso que sempre estiveram ao meu lado e ao lado do Pedro. Meu muito obrigada sempre a todos vocês!

Ao meu filho Pedro, que hoje é muito novo, mas que um dia irá entender que todo o trabalho, ausências, esforços foram por ele e para ele. Sempre! Te amo, meu filho!

Agradecer à minha orientadora profa. Dra. Erica Leão, que foi mais que orientadora, foi uma grande incentivadora e sei que fez mais que a obrigação ao me incentivar e não me deixar desistir, além de se desdobrar para que eu conseguisse chegar aqui! Meu reconhecimento e eterna gratidão.

Agradecer à Syngenta Seeds, ao time Regulatório e em especial ao meu gestor, Henrique Alves que me apoiaram e me deram condições de conciliar o mestrado às minhas atividades profissionais. Agradecer à Patricia Vinholes, à Raquel Mendes e todo o time de Qualidade, à Fernanda Godoy e Rogério Santos e todo o time de "Trait Assessment", ao Jaime Neto e time... enfim, meu sincero agradecimento a cada um que fez parte desse processo e contribuiu para que eu conseguisse finalizar todas as análises em meio à uma pandemia!

Aos amigos e colegas que estiveram ao meu lado me incentivando e nunca me deixando desistir... são muitos nomes para citar, mas em especial a Letticia Alvarenga, Nathália Barbosa, Sílvia Resende! Muito obrigada amigas!

Ao Instituto Federal Goiano Campus de Urutaí, GO, e a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, que nunca deixaram de dar orientações e atenção às necessidades de cada um dos alunos. Prof. Dr. Anderson Silva e prof. Dr. Marco Antônio Freitas, meu muito obrigada especial!

Aos membros da banca de qualificação, prof. Dr. Milton Lima e prof. Dr. Nadson Pontes que contribuíram imensamente com meu trabalho, apresentação e para que eu chegasse à defesa, e aos membros da banca de defesa, incluindo a profa. Dra. Juliana dos Santos.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de toda essa história e trajetória e que não tiveram os nomes citados aqui. Meu sincero muito obrigada!

RESUMO

A importância da utilização de sementes de alta qualidade fisiológica para o elevado desempenho de uma lavoura é inquestionável. Nesse sentido, entender os fatores que impactam e prejudicam a qualidade se torna fundamental. Com o aumento da ocorrência de algumas doenças na cultura da soja, entre elas, a Cercosporiose, que causa o sintoma de mancha-púrpura nas sementes, surge a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre os efeitos desse patógeno nas sementes. Desta forma, esse trabalho objetivou avaliar o efeito do sintoma de mancha-púrpura no potencial fisiológico de sementes de soja. Foram utilizadas sementes da cultivar de soja NK7201 IPRO com sintomas de mancha-púrpura que foram divididas em 4 lotes com diferentes percentuais de sintomas. O experimento foi realizado em duas etapas, onde a primeira constou de um bifatorial 2 (tratamento com fungicida ou sem tratamento) x 4 (0, 10, 25 e 50% de mancha-púrpura) no qual se verificou o efeito simultâneo destes parâmetros na qualidade fisiológica de sementes de soja. O delineamento experimental foi completamente casualizado e o número de repetições foi variável (quatro ou oito) conforme os atributos avaliados. Na segunda etapa, o experimento constou de um trifatorial: 2 (tratamento com fungicida e sem tratamento) x 4 (0, 10, 25 e 50% de mancha-púrpura) x 3 (temperatura de armazenamento: 10, 20 e 25 ºC) no qual se verificou o efeito simultâneo destes fatores na qualidade fisiológica de sementes de soja. O delineamento experimental foi completamente casualizado e o número de repetições foi variável (três ou oito) conforme os atributos avaliados. Foram realizados os testes de germinação, primeira contagem, condutividade elétrica e comprimento de plântulas na primeira etapa e na segunda, germinação e condutividade elétrica. Com os dados obtidos, concluiu-se que há efeito dos sintomas de infecção por *Cercospora kikuchii* nas sementes sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja, especialmente em parâmetros de tamanho que estão relacionados ao desenvolvimento inicial das plântulas; o tratamento de sementes com fungicida afeta a viabilidade e o vigor das sementes armazenadas ou não e que altas temperaturas de armazenamento realçam o efeito fitotóxico do tratamento fungicida no vigor das sementes.

Palavras-chave: Cercosporiose; *Glycine max*, qualidade fisiológica.

ABSTRACT

The importance of using seeds of high physiological quality for the high performance of a field production is unquestionable. In this sense, understanding the factors that impact and impair quality becomes fundamental. With the increase in the occurrence of diseases in the soybean crop, including Cercosporiosis, which causes the purple spot in seeds, there is a need to deepen the knowledge about the effects of this pathogen on seeds. In this way, this work aims to evaluate the effect of the purple blotch on soybean seeds in the seed phytosanitary potential. Seeds of the soybean cultivar NK 7201 IPRO with symptoms of purple spot were used, which were divided into 4 lots with different percentages of symptoms. The study was carried out in 2 phases, where the first consisted of a bifactorial 2 (treatment with fungicide or without treatment) x 4 (0, 10, 25 and 50% of purple spot) where evaluate the simultaneous effect of this parameters on the physiological quality of soybean seeds. The experimental design was completely randomized, and the number of repetitions was variable (four or eight) according to the evaluation. In the second phase, the experiment consisted of a trifactorial: 2 (fungicide treatment and no treatment) x 4 (0, 10, 25 and 50% purple spot) x 3 (storage temperature: 10, 20 and 25ºC) where the simultaneous effect of these factors on the physiological quality of soybean seeds was verified. The experimental design was completely randomized, and the number of repetitions was variable (three or eight) according to the attributes evaluated. Tests of germination, first count, electrical conductivity and length of seedlings were performed in the first phase and in the second, germination test and electrical conductivity. With the data obtained, it was concluded that there is an effect of the symptoms of infection by *Cercospora kikuchii* in the seeds on the physiological quality of soybean seeds, especially in size parameters that are related to the initial development of the seedlings; seed treatment with fungicide affects the viability and vigor of seeds stored or not and that high storage temperatures enhance the phytotoxic effect of fungicide treatment on seed vigor.

Key words: Cercosporiosis; *Glycine max*; physiological quality.

SUMÁRIO

RESUMO v
ABSTRACT vi
SUMÁRIO vii
LISTA DE TABELAS viii
LISTA DE FIGURAS ix
1. INTRODUÇÃO 1
2. OBJETIVOS 3
3. REVISÃO DE LITERATURA 4
4. MATERIAL E MÉTODOS 13
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 16
6. CONCLUSÕES 28
REFERÊNCIAS 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores de variação, graus de liberdade (GL), e valores F das variáveis respostas % de germinação (G) e condutividade elétrica (CE) antes do armazenamento por seis meses de sementes de soja em resposta ao percentual de mancha-púrpura em lotes de sementes e tratamento de sementes. 16

Tabela 2 - Germinação de sementes de soja em resposta ao tratamento de sementes em lotes de sementes com distinto percentual de mancha-púrpura. 17

Tabela 3 - Fatores de variação, graus de liberdade (GL) e valores F para vigor das sementes avaliado pelos testes de primeira contagem (PC) e plântulas fortes (PF), em resposta ao percentual de mancha-púrpura nas amostras de sementes e ao tratamento das sementes 19

Tabela 4 - Efeito do tratamento de sementes sobre a primeira contagem de germinação e as plântulas fortes. 19

Tabela 5 - Resumo da análise da variância de comprimento de hipocótilo (CH), raiz (CR) e total (CTP), vigor (V), crescimento (C) e uniformidade (U), por meio do Vigor-S, de plântulas de soja em resposta ao percentual de mancha-púrpura em lotes de sementes e tratamento de sementes. 21

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para germinação de sementes de soja em função de percentual de mancha-púrpura em lotes de sementes, tratamento de sementes e temperatura de armazenamento. 25

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para condutividade elétrica de sementes de soja em função de percentual de mancha-púrpura em lotes de sementes, tratamento de sementes e temperatura de armazenamento. 25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comprimento de hipocótilo, raiz e total, de plântulas de soja em função da porcentagem de mancha-púrpura em amostras de sementes de soja. 22

Figura 2 - Vigor e crescimento de plântulas de soja em função do percentual de mancha-púrpura em lotes de sementes. 24

Figura 3 - Condutividade elétrica de sementes de soja tratadas ou não com fungicida em função do percentual de mancha-púrpura em lotes de sementes, na média de temperatura de armazenamento. 26

Figura 4 - Condutividade elétrica de sementes de soja com 50% de mancha-púrpura em lotes e sementes em função de temperatura de armazenamento, na média de tratamento fungicida. 27

1. INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é, mundialmente, uma cultura de grande importância social e econômica. A área cultivada no mundo é de 127,84 milhões de ha, com uma produção de 362,95 milhões t. O Brasil é o maior produtor mundial dessa oleaginosa, com índices importantes: na safra 2021/22 foi colhido um total de 135,41 milhões de t, numa área de 38,50 milhões de ha, o que representou uma produtividade de cerca de 3.500 kg ha^{-1} (EMBRAPA, 2022).

Grande parte do sucesso da sojicultura brasileira se deve, além das condições favoráveis para seu cultivo, aos investimentos em ciência e tecnologia, que resultaram na expansão das áreas de plantio, bem como o desenvolvimento maquinários agrícolas e de insumos – sementes, fertilizantes e agroquímicos de alta tecnologia (CONTESSA, 2020). Dentre esses, merece destaque nesse cenário as sementes, principal evidência de evolução da agricultura brasileira. Além de desencadear todo um setor agroindustrial, a produção de sementes de alta qualidade visa atender, principalmente, os agricultores e, com isso, gerar lavouras de soja com maior potencial produtivo (BOTELHO, 2012).

Nessa perspectiva, para se obter lavouras com elevado desempenho agronômico é preciso sementes de alta qualidade fisiológica e sanitária. Qualidade fisiológica é definida como a capacidade da semente de desempenhar funções vitais — caracterizadas pela germinação e vigor (KRZYZANOWSKI *et al.,* 2018), mas depende de fatores ambientais e de práticas culturais durante a produção e das operações na pós-colheita. Germinação refere-se ao desempenho da semente em condições de plantio e ambientais desejáveis e favoráveis; vigor refere-se ao desempenho potencial da semente sob condições adversas de plantio e ambientais estimando o crescimento e a saúde das plântulas ao longo do tempo usando o teste de crescimento (TURNER *et al*., 2020). A qualidade sanitária das sementes é também um fator de extrema importância, pois a presença de fitopatógenos pode interferir nos atributos fisiológicos das sementes, além de ser um meio de disseminação de doenças, o que pode interferir negativamente na implementação da lavoura.

Entre os inúmeros patógenos que atacam a cultura da soja, iremos destacar o fungo *Cercospora kikuchii*, fungo causador da mancha púrpura ou do crestamento foliar, que é uma doença considerada de final de ciclo na soja. Este fungo pode atacar todas as partes da planta e causar perdas consideráveis na produção. Essas perdas podem variar de 7 a 30% no caso de

ataques severos a algumas cultivares (Schuh, 1993; Wrather *et al.,* 1997) e em condições propícias para o desenvolvimento da doença (altas temperaturas e alta umidade).

Uma alternativa para o controle de pragas e doenças que podem ser transmitidas via sementes é o tratamento químico como método preventivo, cujo objetivo é retardar a disseminação de pragas e fungos patogênicos e garantir o estabelecimento do estande ao controlar doenças e pragas que podem ocorrer nas fases iniciais de desenvolvimento e implementação da cultura (GRISI; SANTOS, 2010).

O armazenamento de sementes é outro fator que pode comprometer a qualidade fisiológica das sementes, quando não garantidas as condições ideais de umidade relativa e temperatura, principalmente. Por esse motivo, é importante o controle das condições climáticas e período de armazenamento, para que a qualidade seja conservada e o processo de degradação das sementes desacelerado (FRANCO *et al.,* 2016).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito do sintoma da mancha-púrpura no potencial fisiológico de sementes de soja, associado aos efeitos do tratamento com fungicida e o armazenamento em diferentes temperaturas.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar se lotes de sementes com níveis de sintoma da mancha-púrpura são afetados quanto à germinação e vigor;
- Verificar o efeito do tratamento de sementes com fungicidas na qualidade fisiológica das sementes de soja com sintoma de mancha-púrpura;
- Avaliar o impacto da temperatura de armazenamento, em interação com o percentual de sintoma de mancha-púrpura e o tratamento de sementes, na qualidade fisiológica de sementes.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Qualidade fisiológica

Segundo Krzyzanowski e França Neto (2001), vigor de sementes pode ser conceituado como a soma dos atributos que conferem o potencial para germinar, emergir e resultar rapidamente em plântulas normais, sob ampla diversidade de condições ambientais.

Diversos testes podem ser utilizados para a determinação do vigor em sementes de soja, como testes de tetrazólio; envelhecimento acelerado; teste de condutividade elétrica; classificação de vigor de plântula; determinação do comprimento de plântula; primeira contagem no teste de germinação; velocidade de germinação e de emergência de plântulas; deterioração controlada; e teste de frio (KRZYZANOWSKI et al., 2018).

Dentre os fatores que impactam significativamente na qualidade fisiológica das sementes estão umidade relativa do ar (UR) e temperatura (T ºC), de modo que sua elevação pode reduzir o vigor e a capacidade de armazenamento, levando à deterioração ainda na pré-colheita (RAY et al., 2015). Em tais condições há efeito adverso nos lipídios da membrana da semente ainda durante o desenvolvimento da mesma (SHU et al., 2015).

Na soja, em especial devido ao seu alto conteúdo de proteína e óleo, as sementes são muito suscetíveis à deterioração antes da colheita, durante o processamento e ao longo do tempo de armazenamento (SHU et al., 2015). O atraso na colheita em condições ambientais que favoreçam o desenvolvimento de microrganismos pode resultar em menor qualidade fisiológica das sementes. Braccini et al. (2002), por exemplo, constataram que o retardamento da colheita da soja reduziu o poder germinativo das sementes em virtude do aumento na porcentagem de sementes infectadas por patógenos internos ao tegumento.

Da mesma forma, na pós-colheita — etapa crítica da conservação das sementes — variações de T ºC e UR podem causar redução na qualidade fisiológica (WANG et al., 2013). Juntos, T ºC ambiente, UR, grau de umidade da semente e tempo de armazenamento são os principais fatores que afetam a qualidade da semente (CORADI et al., 2020). Por outro lado, a genética das sementes, o ambiente onde as sementes são produzidas e o armazenamento são os três principais fatores que influenciam a longevidade, viabilidade e vigor das sementes (SUN et al., 2007).

Como as sementes sofrem alterações físico-químicas e biológicas durante o armazenamento, sob condições ambientais inadequadas pode ocorrer perda na viabilidade da

semente devido ao aumento da atividade metabólica (KONG et al., 2008). Essa perda é devido à desintegração da membrana celular, com consequente aumento da permeabilidade — primeiro sinal detectável de deterioração, mesmo que os mecanismos envolvidos nesse processo ainda não estão totalmente esclarecidos. Provavelmente, as alterações peroxidativas nos lipídios são a principal causa da deterioração durante o armazenamento (FERGUSON et al., 1990).

De fato, a perda de qualidade e viabilidade das sementes está associada a alterações bioquímicas, como lesões de DNA, diminuição do teor de lipídios e redução de proteínas e síntese do ácido nucléico (DEVAIAH et al., 2007). Uma das características do envelhecimento da semente é a deterioração, que é a perda progressiva de fosfolipídios da membrana (SALAMA; PEARCE, 1993). Nakayama et al. (1981) constataram que sementes de soja que se deterioram durante a colheita, transporte ou armazenamento, apresentaram degradação e oxidação de lipídios, o que levou à alteração no sabor, cor, odor indesejável e instabilidade das sementes.

Antes da colheita há uma desorganização estrutural temporária na membrana celular, de modo que durante o processo de embebição, na germinação, as sementes precisam reorganizar esse sistema. Assim, sementes com baixa qualidade fisiológica têm capacidade reduzida de reorganização da membrana e, consequentemente, maiores valores de solutos lixiviam na solução de embebição, com redução na uniformidade e velocidade de germinação (VIEIRA et al., 2002).

Quanto ao armazenamento de sementes, Silva Castro (1989) citou que o potencial de conservação de sementes de soja depende diretamente da qualidade fisiológica dessas sementes no início do período de armazenamento e está intimamente relacionada ao momento de colheita. Henning e Hare (1981), concluíram que após seis meses de armazenamento, o número de sementes de soja infectadas por *Phomopsis* spp. Sacc. & Roum. (1884) diminuiu aproximadamente para valores iguais a zero e houve aumento na porcentagem de germinação, contrariando os resultados encontrados por Lacerda et al. (2003), quando não identificaram redução no número de sementes infectadas pelo mesmo patógeno, após seis meses de armazenamento.

Smaniotto et al. (2014) indicaram que para um armazenamento eficiente, não somente a qualidade inicial é necessária, mas as sementes precisam passar por condições de secagem que evitam a perda da qualidade fisiológica; só então devem ser armazenadas sob condições ideais, com T ºC e UR, respectivamente abaixo de 20 °C e 60%, respectivamente. No seu

estudo, sementes de soja armazenadas por seis meses a 15°C e 60% UR mantiveram alta germinação (95%) e vigor. Em estudo anterior, Mbofung et al. (2013) constataram que sementes de soja armazenadas em 15 e 20°C tiveram maior taxa de germinação do que aquelas armazenadas em temperatura ambiente.

De acordo com Mbofung et al. (2013), as regras práticas para armazenamento de sementes, em geral, foram estabelecidas por Harrington (1959), de modo que para redução de 1% no teor de umidade da semente, a vida de armazenamento da semente foi dobrada; para uma diminuição de 5°C na temperatura de armazenamento, a vida de armazenamento da semente foi duplicada; a soma aritmética da temperatura (em °F) e UR (%) não deve exceder o valor de 100. Assim, uma das alternativas tecnológicas conhecidas para minimizar a deterioração de sementes durante o armazenamento é o resfriamento artificial, visando reduzir a intensidade dos processos respiratórios da massa de sementes (SILVA, 2021). Contudo, a deterioração pode intensificar-se com o prolongamento do período de armazenamento, mesmo em ambiente refrigerado (CUNHA et al., 2009).

A qualidade fisiológica é afetada, também, pela qualidade sanitária, que é definida pelo grau de ocorrência de microrganismos e insetos (pragas) que causam doenças ou danos à semente no armazenamento provocando queda na produtividade e prejudicando a germinação (ABREU, 2005).

3.2. Mancha-púrpura: causa e efeito na semente

No caso da soja, a ocorrência de microrganismos pode diminuir o vigor, a germinação e a emergência no campo, o que, por sua vez, irá impactar negativamente no estabelecimento de um dossel homogêneo e posterior rendimento da cultura (TALAMINI et al., 2012). Alguns fitopatógenos veiculados por sementes no plantio não causam a morte, mas podem prejudicar características de crescimento essenciais, atrasando a formação de um dossel em mesmo estádio de desenvolvimento.

O sintoma de sementes arroxeadas, característico da mancha-púrpura em soja causada por *Cercospora kikuchii* (Tak. Matsumoto & Tomoy.) M. V. Gardner (1972) tem alta ocorrência em lotes de sementes de soja no Brasil (HENNING et al., 2019). Contudo, há variabilidade genotípica na soja para reação à cercosporiose (tanto promovendo sintomas em sementes como folhas): pode ser severa em genótipos suscetíveis e nula ou baixa em genótipos resistentes (LI et al., 2019). Em outra medida, populações de *C. kikuchii* são patogênica, genotípica e

geograficamente variáveis, de modo que, considerando que o fitopatógeno é facilmente transmitido por sementes [infecções nas flores (endofiticamente) e na vagem(epifiticamente)], não é surpresa se encontrar os mesmos haplótipos em diferentes regiões (ALMEIDA et al., 2005). A variabilidade em 83 genótipos de soja foi observada e a porcentagem de sementes com arroxeamento consequente da semente variou de 0,1% a 12,3 % (cultivar Bônus IPRO - 8579RSF IPRO) (PAZ LIMA et al., 2021).

Esse fungo sobrevive nos restos culturais da soja e, juntamente com *Septoria glycines* Hemmi, *Fusarium* spp. Link, *Bacillus* sp. Cohn, *Colletotrichum* spp. Corda, *Phomopsis* spp. (Sacc.) Bubák e outros podem ocasionar inúmeras doenças. A disseminação do fungo ocorre pela semente infectada e pelo vento, a partir de esporos (sexuais ou assexuais) e estruturas de resistência depositadas em restos culturais e tecidos infectados (VENTUROSO et al., 2008). O principal meio de introdução nas lavouras é pela semente (longa distância), apesar de ser baixa a transmissibilidade via semente-planta-semente (EMBRAPA, 2002). Contudo, a incidência da doença é favorecida com T ºC e UR elevadas.

Nas folhas, o fungo leva à doença chamada de “crestamento” ou “bronzeamento”; nas vagens e, por consequência, nos grãos, a doença é denominada “mancha-púrpura” ou “mancha-de-cercospora”. Os sintomas ocorrem quando as plantas estão em início de enchimento de grãos; posteriormente, a coloração arroxeada e a aparência bronzeada evoluem para lesões necróticas na face superior do dossel, e depois progridem para as faces inferiores, caules e pecíolos (ENCISO-MALDONADO; FERNÁNDEZ-GAMARRA, 2021). As sementes infectadas por *C. kikuchii* geralmente apresentam uma descoloração rosa a roxo (cercosporina), que varia em tamanho, podendo ficar totalmente encobertas pelo pigmento — cada vez mais escuro (PATHAN et al., 1989).

A grande maioria da literatura atual faz referência apenas à *C. kikuchii* (causadora do crestamento foliar e da mancha-púrpura nas folhas) e à *C. sojina* (causadora da mancha olho de rã) como responsáveis por infecção em soja. Porém, Soares et al. (2015), num estudo onde foram coletados isolados dos três principais países produtores de soja do mundo (Brasil, Estados Unidos e Argentina) e realizadas análises filogenéticas e filogeográficas, identificaram quatro linhagens de Cercospora spp. também associadas à cultura da soja e cujos sintomas apresentados pelas plantas são similares àqueles causados pela *C. kikuchii*.

A coloração roxa que acomete o tegumento da semente decorre da ação do fungo, que produz a cercosporina, uma toxina perilenoquinona que é ativada pela luz: ao absorver a energia

luminosa esse pigmento gera espécies reativas de oxigênio, que, por sua vez, danificam as membranas das células hospedeiras (DAUB et al., 2005). A cercosporina, além de danificar a membrana celular, ocasiona oxidação de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, o que leva à redução da viabilidade da semente (DAUB; CHUNG, 2007). A capacidade de produzir a cercosporina, o teor de cercosporina e a velocidade de crescimento de colônias são variáveis entre isolados de *C. kikuchii*, havendo forte correlação entre o teor de cercosporina e a virulência, o que indica sua validade para seleção de genótipos de soja ao patógeno (ALMEIDA et al., 2005; GONZÁLEZ et al., 2008).

Mesmo assim, há controvérsias quanto aos danos da mancha-púrpura (MP) na qualidade fisiológica da semente. De acordo com Enciso-Maldonado e Fernández-Gamarra (2021), o fungo é, de fato, deletério para sementes de soja, causando desde o apodrecimento até a atrofia e morte de plântulas. Há destaque, ainda, que sementes infectadas por *Cercospora* sp. apresentam decréscimo no vigor, nos teores de óleo, proteína e outros compostos, e nas propriedades antioxidantes (LEE et al., 2015; LI et al., 2019; PATHAN et al.,1989).

Convergindo para tais evidências, Venturoso et al. (2008), verificaram que a ausência de MP nas sementes de três cultivares de soja (BR 16, CD 202 e MSOY 5942) proporcionou maior vigor às plântulas, avaliado pela emergência no campo e índice de velocidade de emergência, em relação à presença da doença; independentemente da cultivar, as sementes com mais de 10% de MP originaram plântulas menos vigorosas em relação às sementes sem manchas. Em contraponto, Oliveira et al. (1993), Galli et al. (2015) e Câmara et al. (2019) constataram ausência de dano sobre a germinação de soja com essa doença, o que converge para afirmação de Henning et al. (2019), de que “o fungo, por si só, não causa redução na qualidade fisiológica da semente”. Com efeito, em trabalho conduzido pela Embrapa Soja, com as cultivares Paraná, Oavis e Bossier, sob 0, 5, 10, 20 e 40 % de MP, não foi verificado efeito da doença na germinação e no rendimento da cultura. Ressalva-se, todavia, que nesse estudo, o maior índice de infecção por *C. kikuchii* na semente colhida foi de apenas 2 %, indicando que a taxa de transmissão semente-planta-semente foi bastante baixa (HENNING, 2004).

Na mesma vertente, com a soja cv. M5947 IPRO, Dorneles et al. (2021) observaram que, independentemente da severidade da MP, não houve perda de qualidade fisiológica das sementes, avaliada pela condutividade elétrica e emergência da plântula em solo; pelo teste de envelhecimento acelerado, verificou-se maior percentagem de sementes mortas e menor comprimento de raiz em plântulas oriundas de sementes da classe 4 (50-100% de mancha) em

relação às da classe 3 (10-50% de MP). Consoante ao efeito relativo da doença sobre a qualidade da semente, constatou-se maior porcentagem de plântulas anormais em sementes com sintomas da doença associado ao hilo. Segundo os autores, a MP tem sido detectada de forma mais agressiva na semente e, em especial, em cultivares precoces de soja, que, além de ficarem pigmentadas, apresentam rachaduras no tegumento a partir do hilo.

Velicheti et al. (1992) verificaram que sementes infectadas com *C. kikuchii* germinaram similarmente às sementes sem sintomas e, apesar de ter ocorrido degradação das proteínas do tegumento das sementes infectadas, não houve degradação de proteínas cotiledonares; mesmo sementes infectadas pelo patógeno por mais de trinta dias, o efeito do fungo ou sua toxina (cercosporina) foi insignificante sobre a germinação de sementes e mortalidade de plântulas. Oliveira et al. (1993), Reis e Goulart (1998) e Galli et al. (2005) também observaram que MP não afetou a qualidade fisiológica das sementes. Por outro lado, Turner et al. (2020) constataram que sementes não infectadas pelo fungo mostraram maior porcentagem de germinação (>30%) e de vigor (>58%) de plântulas, quando comparadas com sementes infectadas, indicando o efeito deletério do patógeno na qualidade fisiológica das sementes.

Estudos indicam que sementes de soja colonizadas por *C. kikuchii* podem apresentar redução em sua capacidade de germinação (PATHAN et al., 1989), além de originar plântulas menos vigorosas e pouco produtivas (LAVIOLETTE; ATHOW, 1972). Porém, Hamawaki et al. (2002) verificaram correlação negativa entre a incidência de *C. kikuchii*, germinação e vigor de sementes de soja. Outros resultados divergentes são encontrados na literatura, tais como os de Oliveira et al. (1993) e Galli et al. (2005), que verificaram ausência de efeito do fungo na qualidade fisiológica de sementes de soja.

É possível que as divergências entre os diversos estudos sobre a MP sejam, em parte, decorrentes do uso de diferentes cultivares de soja (hospedeiro), de isolados do fungo (patógeno) e de fatores ambientais (ambiente) – triângulo das relações patógeno hospedeiro. Em estudo recente, Li et al. (2019) observaram que sementes infectadas pela MP tiveram decréscimo na germinação, porém, isso foi variável conforme a cultivar de soja e o isolado do fungo. Constataram significava correlação negativa — embora em baixo grau (r = -0,1170) — entre o percentual de sementes infectadas e a germinação. Contudo, foi observado que alguns genótipos, mesmo com elevado nível de infecção, tiveram alta percentagem de germinação; de outro lado, houve genótipos com baixos níveis de infecção e de germinação, o que sugeriu uma possível ocorrência de outros patógenos. Costa et al. (2018) constataram efeito negativo da MP

nos testes de primeira contagem, germinação, emergência em campo, massa seca e índice de velocidade de emergência de duas cultivares de soja. Ambas as cultivares (M6972 IPRO e M7198 IPRO) foram afetadas pela alta presença de MP, em que a cv. M6972 IPRO foi afetada negativamente nas classes C2 (30-50% de MP) e C3 (≥50% de MP), mas a cv. M7198 IPRO foi afetada somente na classe C3.

Outro fator a considerar nos estudos sobre essa doença — e que pode explicar alguma diferença de resultados — é a avaliação da severidade da infecção na semente. Em geral, isso é feito subjetivamente, pela avaliação visual da presença de MP. Por exemplo, no estudo de Pereira et al. (2017), o teste de sanidade apontou que mesmo sementes sem mancha-púrpura (sintoma) apresentaram infecção por *C. kikuchii* e o inverso também ocorreu: sementes com sintomas da doença, mas sem a presença do fungo (sem desenvolvimento do ciclo reprodutivo - sinais). Já, no trabalho de Dorneles et al. (2021), o teste de condutividade elétrica, que sinalizou a integridade do sistema de membranas, não demonstrou diferença entre as sementes sadias e as com MP. Esses autores apontaram para a necessidade de se analisar a correlação entre severidade de sintomas e concentração do patógeno na semente, além de se averiguar a espécie de patógeno presente nas sementes. Além da correlação severidade x concentração do patógeno, Paz Lima et al. (2021) verificaram o efeito do germoplasma que podem ser favoráveis ao aparecimento de patógenos, o que reflete em diferentes comportamentos fisiológicos como por exemplo, emissão de raiz primária.

De fato, embora *C. kikuchii* seja considerado o agente causal do bronzeamento e da MP da soja, estudos filogenéticos e filogeográficos realizados na Argentina, Brasil e Estados Unidos evidenciaram outras espécies do gênero associadas a tal doença, como *C.* cf. *sigesbeckiae*, *C.* cf. *flagelar* e *C.* cf. *nicotianae* (ENCISO-MALDONADO; FERNÁNDEZ-GAMARRA, 2021; SAUTUA et al., 2020). Sob 203 registros de ocorrência na soja nove espécies de Cercospora sp. foram relatadas no mundo representadas por *C. canescens*, *C. cruenta* (=*Pseudocercospora cruenta*), *Cercospora daizu* (=*C. sojina*), *C. flagellifera*, *C. glycine* (=*Pseudocercospora glycine*), *C. glycinicola*, *C. kikuchii*, *C. nicotianae* (=*C. physalidis*), *C. sigesbeckiae*. É claro que outros gêneros e espécies de fungos cercosporoides podem ampliar o complexo associado a cultura da soja (FARR; ROSSMAN, 2022).

Mesmo que haja infecção da semente de soja por fungos cercosporoides, se houver boa qualidade fisiológica, vigor e viabilidade, é possível controlar facilmente esse fungo por aplicações de fungicidas (sistêmicos e de contato), não havendo necessidade de descarte do lote

(erradicação) (HENNING et al., 2019).

3.3. Tratamento com Fungicida

A realização de tratamento de sementes utilizando fungicidas é recomendada visando a garantia da germinação em condições – sanitárias – adversas (GOULART et al., 2000). Por outro lado, há quem afirme ser desnecessário o tratamento de sementes em lotes de alto vigor — sementes que germinam e emergem em curto período devido ao bom potencial fisiológico (FOSSATI, 2004; GOMES et al., 2009). Assim, o tratamento de sementes tornou-se importante procedimento na produção agrícola, pois muitos dos fitopatógenos presentes não só na semente, como no solo e, em alguns casos, na parte aérea das plantas, podem ser eficientemente controlados pela aplicação de fungicidas (VASCONCELOS; ABRAHÃO, 2011).

Em condições de estresse ambiental (pressão por patógenos), o tratamento fungicida pode resultar em melhor desempenho das sementes no campo, pois quando utilizado o correto ingrediente ativo, tipo de mobilidade na planta (contato ou sistêmico) e momento em que ocorre o tratamento das sementes, através da proteção da plântula aos danos causados pelos ataques fúngicos. Nesse sentido, Pereira et al. (2017), ao imporem elevado estresse nas sementes, com uso de manitol (déficit hídrico), baixas T ºC e substrato umedecido no teste de frio, observaram que o tratamento fungicida (carbendazin + thiram e thiabendazole + thiram) elevou o percentual de plântulas normais, ou seja, garantiu o desempenho fisiológico das sementes. A aplicação de fungicidas erradicou *C. kikuchii* das sementes sem MP e reduziu a incidência do fungo nas amostras que apresentavam sementes com o agente etiológico, independentemente da severidade de ocorrência no campo.

Avelar et al. (2011), com uso de fludioxonil + metalaxil e tiametoxam em sementes de soja obtiveram boa qualidade fisiológica aos noventa dias após o armazenamento. Em resultado divergente, com os mesmos produtos, Ludwig et al. (2015) verificaram decréscimo na germinação de soja após cento e oitenta dias de armazenamento.

A realização de tratamento de sementes utilizando fungicidas é muito recomendada visando a preservação da qualidade das sementes e, principalmente, visando manter a germinação das sementes em condições adversas (GOULART et al., 2000). Gomes et al. (2009), corroborando com Fossati (2004), afirmaram ser desnecessário o tratamento de sementes com fungicidas quando as sementes apresentarem alto vigor, pois essas germinam e emergem em curto período em resposta ao bom potencial fisiológico, o que evita uma possível contaminação.

A aplicação de fungicidas de contato e sistêmicos — como é o caso do fungicida utilizado nesse estudo — reduz expressivamente o risco de ressemeadura, que se constitui em uma das mais desastrosas práticas agrícolas (KRZYZANOWSKI et al., 2018). Parece ser viável o tratamento fungicida de sementes de soja de forma antecipada, e até para melhor conservação das sementes durante a armazenagem. Consoante os benefícios que se pode obter pelo tratamento de sementes, há possibilidade de se reduzir a qualidade fisiológica das sementes durante o acondicionamento, devido a efeitos fitotóxicos que alguns ingredientes ativos dos produtos podem ter nas sementes (SILVA et al., 2019). Por isso, sob pena de se ter redução na germinação e vigor, é determinante que sejam feitos testes para cada formulação comercial a ser empregada como tratamento de sementes com a finalidade de extinguir os fungos presentes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Sementes de Soja

As sementes de soja da cv. NK7201 IPRO foram disponibilizadas pela Syngenta Seeds, cujo lote continha 24% das sementes com cor arroxeada no tegumento, sugerindo a presença de *C. kikuchii*.

A cultivar foi escolhida aleatoriamente e o lote foi escolhido com base no maior percentual de mancha-púrpura, objetivando a separação das sementes e formação dos lotes com diferentes porcentagens de mancha. As sementes utilizadas eram da categoria básica, produzidas na safra 2019/2020.

4.2. Delineamento de Pesquisa

Etapa I: o experimento constou de um bifatorial dois (tratamento com fungicida e sem tratamento) x quatro (0, 10, 25 e 50% de mancha-púrpura), no qual se verificou o efeito simultâneo destes parâmetros na qualidade fisiológica de sementes de soja. O delineamento experimental foi completamente casualizado e o número de repetições foi variável (quatro ou oito) conforme os atributos avaliados.

Etapa II: o experimento constou de um trifatorial dois (tratamento com fungicida e sem tratamento) x quatro (0, 10, 25 e 50% de mancha-púrpura) x três (temperatura de armazenamento:10, 20 e 25ºC) no qual se verificou o efeito simultâneo destes fatores na qualidade fisiológica de sementes de soja. O delineamento experimental foi completamente casualizado e o número de repetições foi variável (quatro ou oito) conforme os atributos avaliados.

4.3. Formação dos Lotes

Primeiramente, foi calculado o peso de mil sementes (PMS) das sementes com e sem mancha-púrpura (MP) para verificar se havia diferença, o que não aconteceu para este lote. Após, procedeu-se o estabelecimento dos níveis do fator “mancha-púrpura”. Para isso, fez-se a mistura de sementes sadias com sementes com mancha-púrpura (tegumento com cor roxa), resultando em lotes de sementes com 10, 25 e 50 % de sementes com indicativo da MP; o tratamento 0 % foi estabelecido pela escolha de sementes sem a coloração arroxeada.

A quantidade de sementes sem coloração arroxeada e sementes com MP para cada

amostra desses tratamentos foi a seguinte: A1) 0 % de sementes com mancha no tegumento; A2) 10 % de sementes com MP (200 g de sementes com mancha + 1.800 g de sementes sem mancha); A3) 25 % de sementes com MP (500 g de sementes com mancha + 1.500 g de sementes sem mancha); A4) 50 % de sementes com MP (1.000 g de sementes com mancha + 1.000 g de sementes sem mancha). Em seguida, essas amostras foram separadas em duas subamostras para se estabelecer os dois níveis do fator "Tratamento de semente", no qual uma amostra recebeu a aplicação dos fungicidas fludioxonil (25 g L^{-1}) + metalaxyl-M (10 g L^{-1}), na dose de 100 mL.100 kg^{-1} de semente; e a segunda subamostra não recebeu nenhum tratamento.

4.4. Avaliações

Etapa I:

As bancadas e mesas de trabalhos foram limpas com detergente neutro e álcool 70% antes do início dos testes. Para o teste de germinação foram separadas quatrocentas sementes de cada amostra e, em seguida, fez-se nova separação, a fim de compor oito repetições de cinquenta sementes, que foram reservadas enquanto se preparava o substrato de germinação. O substrato constou de duas folhas de papel para germinação; essas folhas foram separadas e pesadas; calculou-se, então, a quantidade de água necessária para umedecer as folhas, multiplicando-se o peso do papel por 2,5. Sobre as folhas foram distribuídas as cinquenta sementes, em espaçamento equidistante, utilizando-se contadores de sementes; em seguida as sementes foram cobertas com uma folha de papel. Os papeis foram dobrados nas laterais e enrolados de forma cilíndrica. As amostras foram identificadas e colocadas nos germinadores em posição vertical, com espaçamento adequado à circulação de ar e para evitar a contaminação entre eles. A avaliação da germinação foi realizada aos cinco e aos oito dias, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Os testes de vigor consistiram em teste de primeira contagem, condutividade elétrica e comprimento de plântulas. O teste de primeira contagem foi feito mediante a quantificação do total de plântulas normais aos cinco dias após a instalação do teste de germinação, avaliando-se as plântulas normais e as plântulas fortes, com expressão dos valores em percentual (BRASIL, 2009). O teste de condutividade elétrica foi realizado com uso de quatro repetições de cinquenta sementes; nesse caso, as sementes foram pesadas em balança de precisão e colocadas para embeber em 250 ml água deionizada por 24 horas, à 25 ºC. A condutividade elétrica foi medida após 24 h de embebição com auxílio de condutivímetro (MACHADO et al.,

2011; KRZYZANOWSKI et al., 1999).

O teste de comprimento de plântulas foi realizado com o objetivo de determinar o vigor e a uniformidade das plântulas por meio de análise de imagem computadorizada no programa Vigor-S. O papel de germinação foi umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o seu peso. Foram montadas quatro repetições de cinquenta sementes cada uma; fez-se a disposição das sementes sobre duas folhas de papel e realizou-se sua cobertura com uma terceira folha. Foram feitos os rolos de modo que não ficassem muito apertados, e que foram presos com atilhos de borracha. Os rolos foram identificados com os números das amostras, data de semeadura e data de leitura e colocados em germinadores a 25ºC. Os rolos foram mantidos no germinador durante três dias. O substrato foi posicionado com angulação próxima da vertical (75 a 85° em relação à horizontal). Após esse período as sementes ou plântulas foram disponibilizadas na plataforma de leitura do escâner, dez na parte superior e dez na parte inferior (intercaladas com as primeiras de maneira que as plântulas ficassem espaçadas entre si e os cotilédones voltados para esquerda e a raiz para a direita). Após a digitalização as imagens foram salvas e o programa computacional Vigor-S analisou automaticamente as imagens, exportando os dados para planilha do programa Excel. Os dados obtidos pelo programa foram: dados de comprimento de plântulas e suas partes, dados de crescimento, uniformidade e vigor (ARAUJO, 2021).

Etapa II

Procedeu-se a separação das amostras em três porções cada uma, a fim de testar o efeito da temperatura de armazenamento: 10 ºC, 20 °C e 25 ºC. As sementes foram mantidas armazenadas por aproximadamente seis meses, quando se iniciou a realização dos testes de germinação e condutividade elétrica, utilizando as mesmas metodologias já descritas na Etapa I.

4.5. Análise Estatística

Os resultados foram inicialmente submetidos à análise de variância (ANOVA). Em se constatando efeito significativo do teste F para os fatores quantitativos (mancha-púrpura e temperatura de armazenamento), procedeu-se análise de regressão e para o efeito do tratamento de sementes fez-se a comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Etapa I - Qualidade fisiológica de sementes com sintoma de mancha-púrpura, tratadas ou não com fungicida

Foi rejeitada a hipótese de nulidade para as médias das variáveis do efeito do tratamento de sementes (TS) e da interação do percentual de mancha-púrpura e tratamento de sementes (%MP x TS) na germinação das sementes. Isso demonstrou que houve diferença significativa para esses parâmetros. Para os demais parâmetros: mancha-púrpura tanto na germinação quanto na condutividade elétrica, e TS e interação %MP x TS na condutividade elétrica, a hipótese de nulidade não foi rejeitada, já que os valores encontrados não apresentaram diferenças significativa (Tabela 1).

Tabela 1 - Fatores de variação, graus de liberdade (GL), valores F das variáveis respostas % de germinação (G) e condutividade elétrica (CE) antes do armazenamento por seis meses de sementes de soja em resposta ao percentual de mancha-púrpura e tratamento de sementes.

Fatores de variação	**Valores F**		
	GL	G	CE
Mancha-púrpura (%MP)	3	$1,87^{ns}$	$13,44^{ns}$
Tratamento de sementes (TS)	1	112,50**	$9,24^{ns}$
%MP x TS	3	25,75*	$41,19^{ns}$
Resíduo	24	68,00	31,42
Total	31		
C.V (%)		1,73	4,05

Teste F: *($p \leq 0,05$); **($p \leq 0,01$); ^{ns} = não significativo ($p \geq 0,05$). GL: graus de liberdade, G: Germinação, CE: condutividade elétrica.

Não houve diferença significativa para o percentual de mancha-púrpura na germinação das sementes de soja. Ou seja, o percentual de mancha-púrpura não interferiu na capacidade das sementes de formarem plântulas normais em condições ótimas, que são as condições oferecidas no teste de germinação. A literatura mostrou resultados contraditórios para *Cercospora kikuchii* quanto ao efeito na germinação de sementes de soja, com relatos de ausência de prejuízo (GALLI et al., 2005; OLIVEIRA et al., 1993; REIS; GOULART, 1998; VELICHETI et al., 1992), mas, também, de redução significativa na germinação e vigor (TURNER et al., 2020). Na soja, além de *C. kikuchii*, os patógenos *Colletotrichum truncatum*

(Schwein.) Andrus & W.D. Moore, *Diaporthe sojae* Lehman, *Cercospora sojina* Hara e *Septoria glycines* Hemmi foram os mais frequentemente disseminados por meio de sementes (HAMAWAKI et al., 2002). Tais fitopatógenos podem impactar negativamente na qualidade fisiológica da semente, além disso podem atuar como veículos de disseminação e introdução (ou reintrodução) a longa distância para áreas livres de doenças (KRZYZANOWSKI et al., 2018) e causar redução significativa na germinação e vigor (TURNER et al., 2020).

Já o TS e a interação %MP x TS apresentaram diferenças significativas na germinação das sementes (Tabela 2), indicando a possível fitotoxidade causada pelo tratamento com fungicida. Os fungicidas fludioxonil (25 g L^{-1}) + metalaxyl-M (10 g L^{-1}), têm ação sistêmica e contato; na soja o produto é recomendado para o controle de diversos fungos, entre eles, a MP, na dose de 100 mL.100 kg^{-1} de semente. Contudo, conforme a dose, o produto pode ocasionar fitotoxicidade, conforme encontrado em pesquisa feita por Ribeiro (2017), este autor, em teste com três doses dos fungicidas fludioxonil (25 g L^{-1}) + metalaxyl-M (10 g L^{-1}), inclusive, com a dose aqui adotada, observou declínio na germinação das sementes de soja em nove pontos percentuais, e, ainda, foi verificado aumento no percentual de plântulas anormais. Em contrapartida, Vasconcelos e Abrahão (2009) verificaram que fludioxonil (25 g L^{-1}) + metalaxyl-M (10 g L^{-1}) na dose de 100 mL.100 kg^{-1}, não reduziu a germinação de soja.

Tabela 2 - Germinação em resposta ao tratamento fungicida em lotes de sementes de soja com distinto percentual de mancha-púrpura.

Mancha-púrpura (%)	**Tratamento de sementes**	
	Sem fungicida	**Com fungicida**
	%	
0	99,0 Aa	96,0 Ba
10	99,8 Aa	93,0 Ba
25	98,3 Aa	96,3 Aa
50	98,8 Aa	95,5 Ba
Média	99,9 A	95,2 B
Teste F: %MP = $1,87^{ns}$; TS = 112,50**; %MP x TS = 25,75*		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.
Teste F: *($p \leq 0,05$); **($p \leq 0,01$); ^{ns} = não significativo ($p \geq 0,05$). GL: graus de liberdade, G: Germinação.

A germinação foi elevada (acima do recomendado para comercialização) entre os lotes de sementes com distinto %MP, inclusive para a amostra com 0% de sintoma do patógeno, e nos dois níveis do fator TS (Tabela 2). Contudo, a germinação foi dependente da interação %MP

com TS: a aplicação do fungicida reduziu significativamente a germinação das sementes isentas de mancha-púrpura (0%) e daquelas que continham 10 e 50% de sementes com mancha-púrpura. Para a amostra com 25% de mancha-púrpura o fungicida não alterou significativamente a germinação das sementes.

A condutividade elétrica sinalizou a integridade do sistema de membranas, à semelhança do que se constatou no presente trabalho (onde a CE não foi afetada pela presença de mancha no tegumento, pelo tratamento de semente e mesmo pela interação desses dois fatores, conforme apresentado na Tabela 1), Dorneles et al. (2021) também não encontraram diferença entre sementes sadias e sementes com mancha-púrpura.

Com efeito, a classificação de sementes com base no percentual do tegumento da semente recoberto pela cor púrpura é subjetiva, o que remete ser a cor um marcador duvidoso da presença do fungo na semente. Pela cor, a avaliação da severidade da doença decorre apenas da aparência, ou seja, de avaliação visual da presença de mancha-púrpura. Embora o sintoma característico da mancha-púrpura na semente seja a coloração arroxeada ou púrpura, nem todas as sementes infectadas podem apresentar essa coloração e vice-versa (FRANÇA NETO; HENNING, 1984; GOULART, 2004). Desse modo, o exame visual das sementes não é um método totalmente seguro para determinar a severidade da doença na semente.

Um dos testes para determinação de vigor das sementes de soja nesta primeira etapa, além da condutividade elétrica, foi o teste de primeira contagem e a determinação do percentual de plântulas fortes. A primeira contagem da germinação avalia a porcentagem de plântulas normais que são obtidas por ocasião da primeira contagem do teste de germinação (5º dia), sendo eficiente para determinar o vigor das sementes (KRZYZANOWSKI et al., 1999), pois sementes mais vigorosas apresentam maior velocidade de germinação.

Neste trabalho, dentre os dois fatores testados, o fator tratamento de sementes mostrou efeito ($p \leq 0,01$) sobre a primeira contagem e plântulas fortes. Para essas variáveis, não foi constatado efeito da interação entre %MP e TS (Tabela 3).

Tabela 3 - Fatores de variação, graus de liberdade (GL) e valores F para vigor das sementes avaliado pelos testes de primeira contagem (PC) e plântulas fortes (PF), em resposta ao percentual de mancha-púrpura nas amostras de sementes e ao tratamento das sementes

Causas da variação	Valor F		
	GL	PC	PF
Mancha-púrpura (%MP)	3	8,75^{ns}	12,75^{ns}
Tratamento de sementes (TS)	1	211,08**	182,97**
%MP x TS	3	14,86^{ns}	18,23^{ns}
Resíduo	56	8,92	8,75
Total	63		
C.V (%)		3,15	3,12

Teste F: **($p \leq 0,01$); ^{ns} = não significativo ($p \geq 0,05$).

O tratamento de sementes resultou em decréscimo significativo na primeira contagem e nas plântulas fortes (Tabela 4). Independentemente do percentual de mancha-púrpura, a aplicação do fungicida foi responsável pelo decréscimo significativo, em 3,6 %, o percentual de plântulas normais no 5º dia e de 3,8 % foi a redução observada no percentual de plântulas fortes (Tabela 4).

Tabela 4 - Efeito do tratamento de sementes sobre a primeira contagem de germinação e as plântulas fortes.

Qualidade fisiológica	Tratamento de sementes	
	Sem fungicida	**Com fungicida[1]**
Primeira contagem (%)	96,7 A	93,0 B
Plântulas fortes (%)	96,5 A	93,0 B
Teste F – Primeira contagem: %MP = 8,75^{ns}; TS = 211,08**; %MP x TS = 14,86^{ns}		
Teste F – Plantas fortes: %MP = 12,75^{ns}; TS = 182,97**; %MP x TS = 18,23^{ns}		

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.
[1] fludioxonil (25 g L-1) + metalaxyl-M (10 g L-1), dose 100 mL.100 kg^{-1} de sementes.
Teste F: **($p \leq 0,01$); ^{ns} = não significativo ($p \geq 0,05$).

O teste de primeira contagem é um teste que se fundamenta na velocidade da atividade metabólica das sementes, que é a sua capacidade de metabolizar e transportar os tecidos de reservas presentes, como carboidratos, lipídios e proteínas nos cotilédones para o eixo embrionário, para a formação da nova plântula (KRZYZANOWISKI et al., 2018). Portanto, provavelmente o fungicida tenha prejudicado o metabolismo das sementes, o que resultou em menor valor para primeira contagem e, também, de plântulas fortes. Por conceito, plântulas fortes são as plântulas normais e sadias, com cotilédones e sistema radicular bem desenvolvidos

(NAKAGAWA, 1999).

Os relatos sobre o efeito do tratamento químico para controle de patógenos em sementes são contraditórios. No trabalho de Silva et al. (2019), à semelhança deste estudo, os valores de primeira contagem da germinação de soja foram negativamente impactados pelo uso de fungicidas e inseticidas em sementes (incluindo fludioxonil e metalaxyl-M). Isso também foi apontado por Camargo et al. (2017), em soja, mas com produtos combinados (metalaxil + tiabendazol + fludioxonil e tiametoxam). Tais fatos encontram respaldo na literatura, que aponta para a possibilidade de fitotoxicidade de inseticidas e/ou fungicidas aplicados nas sementes (LUDWIG et al., 2015; SILVA et al., 2019).

Silva et al. (2019) constataram que a adição de fungicidas [(metalaxil + tiabendazol + fludioxonil) + inseticida (tiametoxam)], sozinhos ou combinados, prejudicaram o vigor de sementes de cultivares de soja. Todavia, os autores destacam que efeitos deletérios do tratamento de sementes na germinação varia com a morfologia da cultivar de soja, forma e tempo de armazenamento, ou seja, são fatores que podem interagir sobre variáveis da qualidade fisiológica. Em outra vertente, Brzezinski et al. (2017) apontaram que o efeito negativo do tratamento de sementes pode ser devido ao excessivo volume de calda usado no tratamento de sementes, que impacta sobre a respiração das sementes e, assim, causa fitotoxicidade.

Em soja, é fundamental que as sementes disponham de integridade física, elevados percentuais de germinação e vigor (KRZYZANOWSKI et al., 2018). Todavia, é igualmente importante que as sementes tenham elevada sanidade, pois a ocorrência de doenças é fator limitante para a obtenção de alto rendimento na produção de grãos (HAMAWAKI et al., 2002). No caso de *C. kikuchii*, apesar da coloração ser forte indicativo do patógeno, somente o teste de sanidade (“Blotter test”) é que pode comprovar a presença ou não desse patógeno nas sementes. A presença da coloração púrpura do tegumento facilita a identificação do fungo, bastando observar o crescimento do mesmo e/ou esporulação: conídios longos, hialinos, clavados, curtos (em relação *C. sojina*) e septados são produzidos em fascículos, e distinguem-se dos conidióforos esporodoquiais que são de cor marrom-escura, que em meio de cultura crescem lentamente sendo frequentemente recobertos por outros fungos de maior velocidade de crescimento em condições de saturação de umidade (GOULART, 2004).

Testes que apontem o vigor e a sanidade das sementes são igualmente importantes, pois sementes mais vigorosas e livres de patógenos darão origem a plântulas com melhor desempenho no campo, especialmente sob condições adversas. Nesse aspecto, Krzyzanowski

et al. (2018) assumiram como conceito de vigor aquele adotado pela Associação Oficial dos Analistas de Sementes (AOAS) dos EUA: "São aquelas propriedades das sementes que determinam o seu potencial para uma emergência rápida e uniforme e o desenvolvimento de plântulas normais sob ampla diversidade de condições de ambiente."

A Anova apontou efeito significativo ($p \leq 0,01$) para comprimento de hipocótilo, raiz e total, vigor e crescimento, indicando que o efeito do fator %MP no vigor das sementes de soja foi significativo; ao contrário, esses atributos não exibiram resposta significativa ($p \geq 0,05$) para TS e sua interação com %MP (Tabela 5).

Tabela 5 - Resumo da análise da variância de comprimento de hipocótilo (CH), raiz (CR) e total (CTP), vigor (V), crescimento (C) e uniformidade (U), por meio do Vigor-S, de plântulas de soja em resposta ao percentual de mancha-púrpura em lotes de sementes e tratamento de sementes.

Causas de variação	**Valor F**						
	GL	**CH**	**CR**	**CTP**	**V**	**C**	**U**
Mancha-púrpura (%MP)	3	0,33931**	0,33215**	1,30162**	6.603,5**	4.517,5**	17.436,50^{ns}
Tratamento de semente (TS)	1	0,00180^{ns}	0,15557^{ns}	1,30162^{ns}	803,7^{ns}	1.964,1^{ns}	77,90^{ns}
%MP x TS	3	0,09377^{ns}	0,01977^{ns}	0,19326^{ns}	1.937,1^{ns}	1.175,7^{ns}	11.387,90^{ns}
Resíduo	24	0,03607	0,03734	0,10228	1.204,80	11.388,10	6.962,00
Total	31						
C.V (%)		13,6	18,8	13,2	12,9	17,4	13,75

Teste F: **($p \leq 0,01$); ^{ns} = não significativo ($p \geq 0,05$).

Na raiz primária, cerca de 92% (R^2) da variação no comprimento foi explicado pelo aumento no % MP e somente 8% por outros fatores (Figura 1). A amostra com 0% MP estimou-se em 1,2221 cm o comprimento da raiz, com tendência de redução nessa variável em 0,009 cm a cada acréscimo de 1% de MP. Assim, com 50% MP, a raiz primária teria 0,73 cm, na média de tratamento de semente, o que equivaleu a 38% de decréscimo. Em trabalho de Brzezinski et al. (2017), o comprimento da raiz primária foi o atributo mais adequado para diferenciar lotes com diferenças de vigor de sementes.

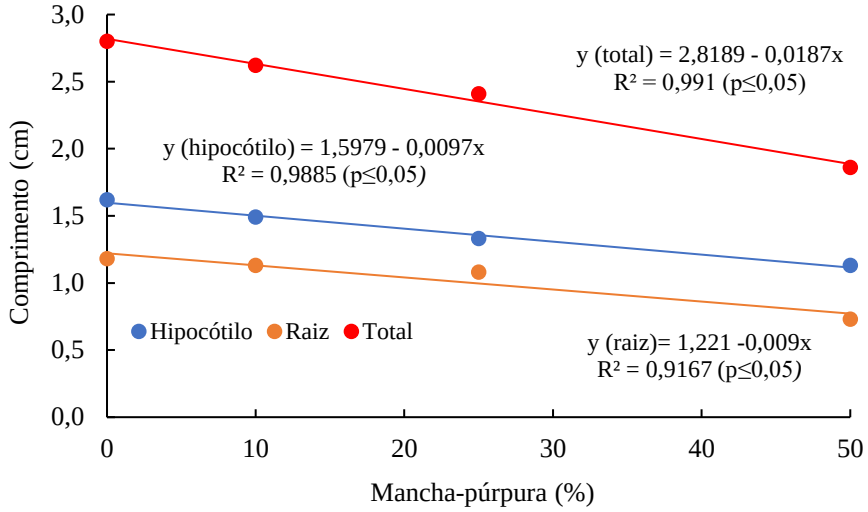

Figura 1 - Comprimento de hipocótilo, raiz e total, de plântulas de soja em função da porcentagem de mancha-púrpura em amostras de sementes de soja.

Similar ao que se constatou na raiz, mas com maior ajuste do modelo (R^2= 98,85%), o hipocótilo decresceu linearmente com o aumento do % de MP nas sementes (Figura 1). Independentemente do tratamento de sementes, houve relação linear negativa entre %MP e comprimento de hipocótilo, raiz e total, vigor e crescimento de plântula. Na média de tratamento fungicida, e ausência de mancha-púrpura, o modelo linear estimou em 1,5979 cm o comprimento do hipocótilo; com 50% de MP, a redução dessa estrutura foi de cerca de 30%, estimada em 1,13 cm. Como consequência do impacto da %MP sobre hipocótilo e raiz, houve diminuição de 0,0187% no comprimento total de plântulas para cada percentual de acréscimo no %MP: na ausência de mancha o comprimento foi de 2,8 cm, a 10% o modelo estimou o comprimento em 2,6 cm; com 25 e 50%, o comprimento total seria, em média, 2,4 e 1,9 cm, respectivamente.

A avaliação do comprimento de plântula para atribuição de vigor encontra respaldo na própria fisiologia da germinação. Segundo Dan et al. (1987), se houver maior incorporação de suprimentos de reserva pelo eixo embrionário e maior capacidade de transformação destes nutrientes, maior será o crescimento das plântulas; consequentemente, as sementes que originarem tais plântulas são mais vigorosas. Em vista disso, os resultados deste trabalho apontam para menor vigor em sementes oriundas de lotes com maior percentual de sintomas de *C. kikuchii.*

Os efeitos da %MP no comprimento de plântula pode estar relacionado à quantidade de

reservas acumuladas nas sementes, em função da ocorrência de doenças de final de ciclo, como é o caso da MP. Turner et al. (2020), afirmam que a qualidade da semente está relacionada geralmente à germinação e vigor, e a composição, se refere aos teores de proteína, óleo, ácidos graxos, aminoácidos, açúcares e outros componentes. A qualidade e composição das sementes podem ser influenciados por fatores bióticos e abióticos e dentro dos fatores bióticos, está a ocorrência de doenças e patógenos que, quando ocorrem no final do ciclo das plantas, podem resultar em sementes com qualidade nutricional reduzidas. Os mesmos autores em seu estudo, concluem que a presença de MP não impactaria a produção de grãos, porém o uso como sementes, é impactado devido à diminuição da germinação e vigor. A ocorrência da doença é tardia o bastante para não prejudicar a maioria dos constituintes da composição das sementes, mas ocorre um efeito residual levando à menor germinação e vigor para o próximo ciclo gerado por essas sementes (TURNER et al., 2020).

Os resultados apontaram por análise de imagens que para o efeito deletério da infecção de sementes com *C. kikuchii,* com impacto similar no crescimento de plântula (Figura 2). O modelo linear mostrou elevado ajuste ($R^2 = 98\%$) à variação desse atributo em função do %MP: com aumento de 1% de mancha estimou-se 1,327 de redução no vigor. Em sementes oriundas de lotes com 0% MP, o vigor de plântulas, por meio dos parâmetros adotados pelo Vigor S, seria próximo a 300, mas com 50% MP a estimativa do modelo foi de 232, o que representou cerca de 22% de redução em relação ao que se obteria com 0% de sementes com sintomas do patógeno. Já, para crescimento de plântula, ao aumento de um ponto percentual de %MP estimou-se redução linear na taxa de 1,0614; com 50% MP o modelo estimou 37% de redução no crescimento.

De acordo com Kryzanowski et al. (2018), sementes de alta qualidade resultaram em plântulas de alto desempenho, que geram plantas fortes, vigorosas, bem desenvolvidas e que se estabeleceram em diferentes condições edafoclimáticas, com maior velocidade de emergência e de desenvolvimento da lavoura, culminando no fechamento das entrelinhas rapidamente, propiciando também um controle mais eficiente de plantas daninhas. Em adição, Turner et al. (2020) apontaram da importância de atributos de vigor, pois quanto mais vigorosa for a plântula maior sua taxa de crescimento, pois sementes mais vigorosas metabolizam mais rapidamente a reserva alimentar do que a semente de baixo vigor, levando à germinação mais rápida e forte estabelecimento de estande em comparação com plântulas com pouco vigor.

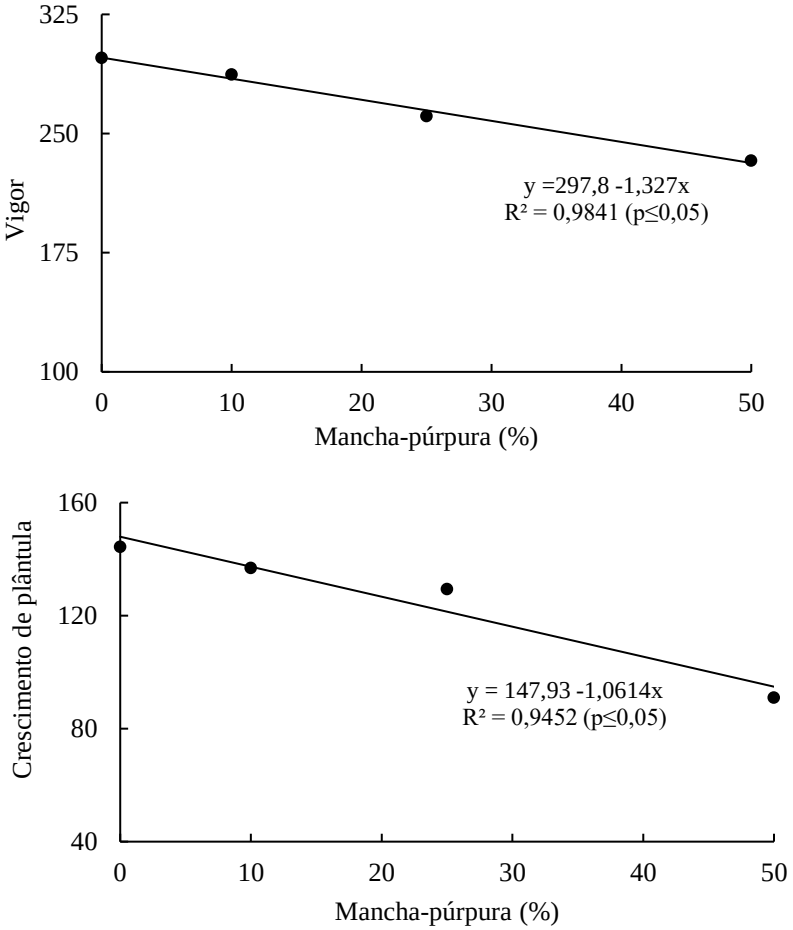

Figura 2 - Vigor e crescimento de plântulas de soja em função do percentual de mancha-púrpura em lotes de sementes.

5.2. Etapa II – Qualidade fisiológica de sementes com variações no percentual de mancha-púrpura, tratadas ou não com fungicida e armazenadas em distintas temperaturas

Ao testar o efeito de mancha-púrpura, tratamento de sementes e temperatura de armazenamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja, constatou-se que esses fatores não causaram variação significativa na germinação (Tabela 6), cuja média geral foi de 94%. Já, para condutividade elétrica, além do efeito simples de tratamento fungicida, %MP e temperatura, houve efeito da interação entre tratamento de semente e %MP, e da interação entre %MP e temperatura (Tabela 7).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para germinação de sementes de soja em função de percentual de mancha-púrpura em lotes de sementes submetidos a tratamento fungicida e armazenamento em diferentes temperaturas (10, 20 e 25 °C).

Causas de variação	GL	Quadrado médio
Mancha-púrpura (%MP)	3	39,4444^{ns}
Tratamento de sementes (TS)	1	16,6667^{ns}
Temperatura (T)	2	5,5417^{ns}
%MP x TS	3	26,3333^{ns}
TS x T	2	17,7917^{ns}
%MP x T	6	30,3194^{ns}
%MP x TS x T	6	4,4583^{ns}
Resíduo	72	16,0278
Total	95	
C.V (%)		4,26

F teste: *p≤0,05; **p≤0,01; ^{ns} não significativo.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para condutividade elétrica de sementes de soja em função de percentual de mancha-púrpura em lotes de sementes, tratamento de sementes e temperatura de armazenamento.

Causas de variação	GL	Valor F
		Condutividade elétrica
Mancha-púrpura (%MP)	3	3725,7998**
Tratamento de semente (TS)	1	809,1001*
Temperatura (T)	2	562,8350*
%MP x TS	3	497,0812*
TS x T	2	47,0737^{ns}
%MP x T	6	712,8747**
%MP x TS x T	6	240,2557^{ns}
Resíduo	72	134,8565
Total	95	
C.V (%)		4,87

Teste F: *p≤0,05; **p≤0,01; ^{ns} não significativo.

Ao examinar a variável condutividade elétrica (CE) em resposta à mancha-púrpura, com e sem fungicida, observou-se resposta linear positiva para ambos os tratamentos (Figura 3). Entretanto, a ausência de fungicida ajustou-se mais ao modelo (R^2 = 97%) do que na presença desse tratamento (R^2 = 83%). Na ausência de mancha e em 10% a CE foi semelhante; porém em 25 e 50% as retas se distanciaram com diferenças entre si. Desse modo, verificou-se maior

acréscimo na CE quando foi aplicado fungicida do que na sua ausência.

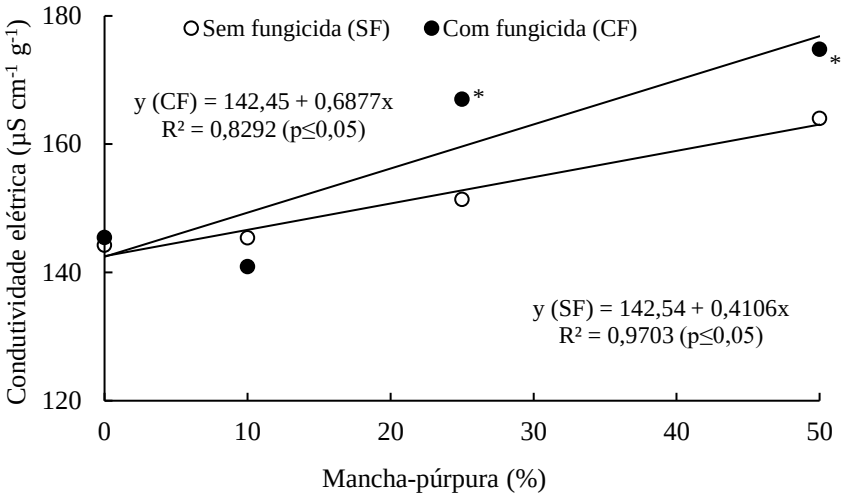

Figura 3 - Condutividade elétrica de sementes de soja tratadas ou não com fungicida em função do percentual de mancha-púrpura em lotes de sementes, na média de temperatura de armazenamento.

Nota: O sinal * indica diferença significativa pelo teste de Tukey (p≤0,05) entre valores obtidos em sementes com e sem fungicida, em 25% e 50% de mancha-púrpura.

Alguns estudos vêm evidenciando efeitos negativos, como a redução na germinação de sementes e sobrevivência de plântulas quando alguns produtos são aplicados no tratamento de sementes (CRUZ, 1996; FESSEL et al., 2003). Corroborando a esses estudos, os resultados apresentados demonstram um efeito negativo na condutividade elétrica quando as sementes foram tratadas e, potencializando o efeito negativo, está o armazenamento em temperaturas mais elevadas.

O teste condutividade elétrica determina o dano da membrana celular resultante da deterioração da semente (CORADI et al., 2020). Assim, no momento da embebição de água, exsudam íons, açúcares e metabólitos e consequentemente ocorre alteração da integridade das membranas celulares. Contudo, com o passar do tempo de embebição, ocorre a reorganização de suas estruturas (FESSEL et al., 2010).

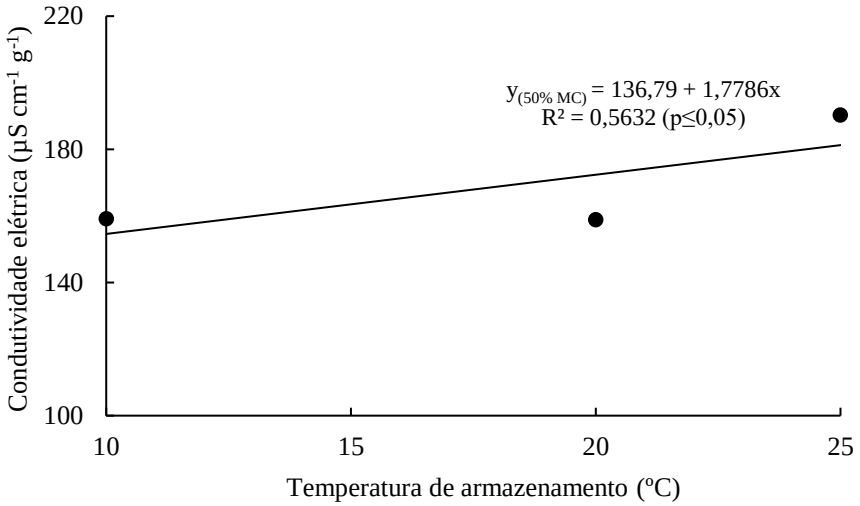

Figura 4 - Condutividade elétrica de sementes de soja com 50% de mancha-púrpura em lotes e sementes em função de temperatura de armazenamento, na média de tratamento fungicida.

Corroborando com o estudo de Vieira et al. (2008), a figura 4 apresenta a relação entre condutividade elétrica e temperatura de armazenamento de acordo com %MP, na média de tratamento fungicida, onde verificou-se que somente em 50%MP a regressão mostrou significância (R^2 = 56%). Pela equação linear, a 10ºC estimou-se a CE em 137 µS cm^{-1} g^{-1}, e até 25ºC houve cerca de 1,8 de acréscimo para cada ºC: nessa temperatura a CE passaria para 181 µS cm^{-1} g^{-1}, o que correspondeu 25% de aumento.

Em sementes deterioradas, esse mecanismo ou velocidade de reorganização está ausente ou é ineficiente (VIEIRA et al., 2001), ocorrendo a lixiviação de maior quantidade de eletrólitos. Além disso, o processo de deterioração é incrementado à medida que aumenta a temperatura de armazenamento. Por exemplo, em soja, maiores valores de condutividade elétrica e consequentemente maior deterioração foi encontrada em sementes de soja armazenadas em temperaturas ambientes, quando comparadas a ambientes com temperaturas de 10ºC e 15ºC (CORADI et al., 2020). Nesse ponto de vista, como a perda de eletrólitos de uma semente é influenciada pela estabilidade das membranas. Vieira et al. (2008) verificaram que o acréscimo na quantidade de eletrólitos na solução de embebição estava em função do aumento do período e da temperatura de armazenamento; com isso concluíram que em menores temperaturas de armazenamento houve uma estabilização das membranas.

6. CONCLUSÕES

Há efeito negativo dos sintomas de infecção por *Cercospora kikuchii* sobre o parâmetro de tamanho das plântulas de soja que está relacionado ao vigor das sementes e seu desenvolvimento inicial.

O tratamento de sementes com fungicida afetou a viabilidade e o vigor das sementes armazenadas ou não.

Altas temperaturas de armazenamento realçaram o efeito fitotóxico do tratamento fungicida no vigor das sementes.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. F. B. **Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na Região Sul de Minas Gerais.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. (Sistemas de Produção, 6).

ALMEIDA, A. M. R. et al. Pathogenicity, molecular characterization, and cercosporin content of brazilian isolates of *Cercospora kikuchii.* **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. 594-602, 2005.

ARAUJO, D. H. P. Elaboração do Procedimento Operacional Padrão sobre Teste de vigor por Vigor-S. Uberlândia: Qualiteste Análises Agronômicas; 2021.

AVELAR, S. A. G. et al. Armazenamento de sementes de soja tratadas com fungicida, inseticida e micronutrientes e recobertas com polímeros líquidos e em pó. **Ciência Rural,** v. 41, n. 10, p. 1719-1725, 2011.

BOTELHO, F. J. E. **Qualidade de sementes de soja com diferentes teores de lignina obtidos de plantas submetidas à dessecação.** 2012. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, 2012.

BRACINI, A. de L. et al. Germinação e sanidade de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) colhidas em diferentes épocas. **Acta Scientiarum,** v. 22, n. 4, p. 1017-1022, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes (RAS)**. Brasília: Mapa/Assessoria de Comunicação Social, 2009. 399p.

BRZEZINSKI, C. R. et al. Spray volumes in the industrial treatment on the physiological quality of soybean seeds with different levels of vigor. **Journal of Seed Science,** v. 39, n. 2, p. 174-181, 2017.

CASTAN, D. O. C. et al. Vigor-S, a new system for evaluating the physiological potential of maize seeds. **Scientia Agricola**, v. 75, p. 167-172, 2018.

CÂMARA, F. M. de M. Emergência de sementes de soja com diferentes porcentagens de infestação de mancha púrpura. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 15, n. 1, p. 18-22, 2019.

CAMARGO, F. R. T. et al. Physiological quality of soybean seeds treated with carboxymethyl cellulose and fungicide. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 1, p. 2748-2757, 2017.

CONTESSA, M. A. C. **A expansão do complexo de soja no brasil.** 2020. Dissertação (Pós-graduação em História) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

CORADI, P. C. et al. Soybean seed storage: Packaging technologies and conditions of storage environments, **Journal of Stored Products Research**, v. 89, p. 101709. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101709. 2020.

COSTA, L. O. et al. **Influência da mancha púrpura nas sementes de soja nas cultivares M6972 IPRO e M7198 IPRO**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia. Univag Centro Universitário, Cuiabá, 2018.

CRUZ, I. Efeito do tratamento de sementes de milho com inseticidas sobre o rendimento de grãos. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 181-189, 1996.

CUNHA, J. P. A. R. da et al. Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1420-1425, 2009.

DAN, E. L. et al. Transferência de matéria seca como método de avaliação de vigor de sementes de soja**. Revista Brasileira de Sementes**, v. 9, n. 3, p. 45-55, 1987.

DAUB, M. E. et al. Photoactivated perylenequinone toxins in fungal pathogenesis of plants. **FEMS Microbiology Letters**, v. 252, n. 2, p. 197-206, 2005.

DAUB, M. E.; CHUNG, K. R. Cercosporin: a photoactivated toxin in plant disease. **American Phytopathological Society netFeatures**, 10.1094/APSnetFeature/2007-0207, 2007.

DEMITO, A.; AFONSO, A. D. L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia na Agricultura**, v.17, p.7-14, 2009.

DEVAIAH, S. et al. Melhorando a qualidade e viabilidade das sementes suprimindo a fosfolipase D em *Arabidopsis*. **The Planta Journal**, v. 50, p. 950-957, 2007.

DORNELES, K. R. et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja com mancha púrpura. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 17, n. 1, p. 23-28, 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Soja em números (safra 2020/21)**. Disponível em <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 12 abril 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologias de produção de soja:** Paraná 2003. Embrapa: Londrina, 2002. 195p.

ENCISO-MALDONADO, G. A.; FERNÁNDEZ-GAMARRA, M. A. *Cercospora kikuchii* ¿patógeno potencial de la soja? **Revista Impacto em Ciencia y Tecnologia,** v. 1, n. 1, p. 69-72, 2021.

ESTEVÃO, C. P.; POSSAMAI, E. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja tratadas e armazenadas em diferentes ambientes. **Scientia Agraria**, v. 3, p. 113-132, 2002.

FERGUSON, J. M. et al. Mudanças durante a deterioração precoce de sementes e eixos de soja: II. Lipídios. **Crop science**, v. 3, n. 1, 179 -182, 1990.

FESSEL, S. A.; MENDONCA, E. A. F.; CARVALHO, R. V. Efeito do tratamento químico sobre a conservação de semente de milho durante o armazenamento. **Revista Brasileira de**

Sementes, Brasília, v. 25, n. 1, p. 25-28, 2003.

FESSEL, S. A. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia,** v. 69, n. 1, p. 207-214, 2010.

FORTI, V. A. et al. Avaliação da evolução de danos por umidade e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios x e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 123-133, 2010.

FOSSATI, M. L. **Influências do tratamento de sementes de soja com inoculante, micronutrientes e fungicidas sobre população inicial de plantas, nodulação, qualidade de sementes e rendimento de grãos**. 2004. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004.

FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A. A. **Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de soja.** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1984. 39p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 9).

FRANÇA NETO, J. de B. et al. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. **Informativo Abrates**, v. 20, n. 3, p. 1-6, 2010.

FRANCO, D. F. et al. **Armazenamento de sementes**. Pelotas, RS, Embrapa. 2016.

GALLI, J. A. et al. Efeito de *Colletotrichum dematium* var. *truncata* e *Cercospora kikuchii* na germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 182-187, 2005.

GOMES, D. P. et al. Efeito do vigor e do tratamento fungicida nos testes de germinação e de sanidade de sementes de soja**. Bioscience Journal**, v. 25, n. 6, p. 59-65, 2009.

GONZÁLEZ, A. et al. *Cercospora kikuchii* aislada em la procincia de Santa Fe (Argentina): variabilidade genética y producción de cercosporina in vitro. **Revista Iberoamericana de Micología**, v. 25, p. 237-241, 2008.

GOULART, A. C. P. et al. Controle de patógenos de soja pelo tratamento com fungicidas e efeitos na emergência e no rendimento de grãos. **Summa Phytopathologica**, v. 26, n. 3, p. 341-346, 2000.

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja**: detecção, importância e controle. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 71p.

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja**: detecção, importância e controle. In: FERREIRA, E. N. do. Dourados: EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2005. 72p.

GRISI, P.U., SANTOS, C. M.Qualidade fisiológica de sementes de girassol tratadas com inseticidas e fungicidas durante o armazenamento. **Horizonte Científico**, 2(1),1-20, 2010.

HAMAWAKI, O. T. et al. Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de genótipos de soja do ciclo precoce/médio em Uberlândia, Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 201-205, 2002.

HARRINGTON, J. F. The value of moisture resistant containers in vegetable seed packaging. ***California Agricultural Experiment Station***, v. 792, p. 1-23, 1959.

HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes**: noções gerais. Londrina: Embrapa Soja. 2004. 51p.

HENNING, A. et al. Ocorrência de mancha púrpura (C*ercospora kikuchii*) em sementes de soja no Brasil e seu efeito na qualidade fisiológica: mito ou verdade? In**: REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA,** 37., 2019, Londrina. *Resumos expandidos...* Londrina: Embrapa, 2019. p. 227-229.

HENNING, A. A.; HARE, W. Efeitos de época de tratamento químico e/ou período de armazenamento sobre a qualidade fisiológica e sanitária das sementes de soja, cv. Bossier e Paraná com altos índices de *Phomopsis* sp. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES**, 2., 1981, Recife. *Resumos*...Brasília: ABRATES, 1981, p. 24.

HENNING, F. et al. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 727-734, 2010.

KONG, F. et al. Changes of soybean quality during storage as related to soymilk and tofu making. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 3, p. S134-S144, 2008.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. **Informativo ABRATES.** Vigor de Sementes. ABRATES, v.11, n.3, p. 81-84. Dezembro, 2001.

KRZYZANOWSKI, F. C. et al. **A alta qualidade da semente de soja**: fator importante para a produção da cultura, Londrina: Embrapa, 2018. 24p.

KRZYZANOWSKI, F. C. et al. (Ed.). **Vigor de sementes:** conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.2-21.

LACERDA, A. L. S. et al. Armazenamento de sementes de soja dessecadas e avaliação da qualidade fisiológica, bioquímica e sanitária. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p. 97-105, 2003.

LAVIOLETTE, F. A.; ATHOW, K. L. *Cercospora kikuchii* infection of soybean as affected by stage of plant development. **Phytopathology**, v. 62, p. 771, 1972.

LEE, J. H. et al. Chang occurring in composition and antioxidante properties of healthy soybean seeds [*Glycine max* (L.) Merr.] and soybean seeds diseased by *Phomopsis longicolla* and *Cercospora kikuchii* fungal pathogens. **Food Chemical**, v. 185, p. 205-211, 2015.

LI, S. et al. Evaluation of soybean genotypes for reaction to natural field infection by

Cercospora species causing purple seed stain. ***PLoS ONE***, v. 14, n. 10, e0222673. 2019.

LUDWIG, M. P. et al. Storage of treated soybeans and their effect on seedling performance. **Tecnologia e Ciência Agropecuária,** v. 9, n. 1, p. 51-56, 2015.

MACHADO, C.G.; MARTINS, C.C.; SANTANA, D.G.; CRUZ, S.C.S.; OLIVEIRA, S.S.C. Adequação do teste de condutividade elétrica para sementes de Pisum sativum subsp. Arvense. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.6, p.988-995, 2011.

MAEDA, J. A. et al. Discriminação entre lotes de sementes de girassol através do teste de envelhecimento rápido. **Bragantia**, v. 45, n. 1, p. 133-141, 1986.

MARCOS FILHO, J. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p.102-112, 2009.

MARCOS FILHO, J. Potencial fisiológico determina qualidade de sementes. **Visão Agrícola**, n. 5, p. 38-41, 2006.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015. 489p.

MATTIONI, N. M. et al. Individual electrical conductivity test for the assessment of soybean seed germination**. Semina:** Ciências Agrárias, v. 36, n. 1, p. 31-38, 2015.

MBOFUNG, G. et al. Effects of storage temperature and relative humidity on viability and vigor of treated soybean seeds. **Crop Science**, v. 53, n. 3, p. 1086-1095, 2013.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C. et al. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap.2, p.1-24.

NAKAYAMA, Y. et al. Decomposition of phospholipids in soybean during storage. **Cereal Chemical,** v. 58, p. 260-264, 1981.

OLIVEIRA, J. A. et al. Transmissibilidade e danos causados por *Cercospora kikuchii* em sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 15, n. 1, p. 97-100, 1993.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Condutividade elétrica e deterioração de sementes de soja submetidas a diferentes condições de armazenamento**. Revista Brasileira de Sementes,** v. 29, n. 2, p.97-105, 2007.

PATHAN, M. A. et al. Effects of *Cercospora kikuchii* on soybean seed germination and quality. **Plant Disease**, v. 73, n. 9, p. 720-723, 1989.

PAZ LIMA, M.L., RODRIGUES, S.B.S., PEIXOTO, M.J., SANTOS, C.E., COSTA, E.C., PEIXOTO, L.F.M., WANGEN, D.R.B. Patologia de sementes e incidência de mancha púrpura (*Cercospora kikuchii*) em cultivares de soja. In: ANGHINONI, F.B.G., ANGHINONI, G. **Culturas agrícolas: produção e tecnologia**. Maringá, Paraná, Editora Uniedusul. p. 126-140.

2021. DOI 10.51324/86010794.12

FARR, D.F., ROSSMAN, A.Y. Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. Disponível em:< https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>, acessado em Agosto de 2022.

PEREIRA, C. E. et al. Sementes de soja infectadas por *Cercospora kikuchii* sob déficit hídrico. **Científica**, v. 45, n. 3, p. 295-299, 2017.

RAY, D. et al. Climate variation explains a third of global crop yield variability. **Nature Communications**, v. 6, n.1, p. 1-9, 2015.

REIS, H. F.; GOULART, A. C. P. Associação de *Cercospora kikuchii* com sementes de soja com "mancha púrpura". **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 274, 1998. Suplemento.

RIBEIRO, F. **Influência sobre a germinação da aplicação de dois tipos de fungicidas com diferentes dosagens em sementes de soja**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2017.

RODRIGUES, M. et al. Vigor-S: system for automated analysis of soybean seed vigor **Journal of Seed Science**, v. 42, e202042039, p. 1-12, 2020.

SAKO, Y. et al. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 625-636, 2001.

SALAMA, A.; PEARCE, R. Ageing of cucumber and onion seeds: phospholipase d, lipoxygenase activity and changes in phospholipid content, ***Journal of Experimental Botany***, v. 44, n. 8, p. 1253–1265, 1993.

SAUTUA, F. J. et al. *Cercospora* cf. *nicotianae* is a causal agent of *Cercospora* leaf blight of soybean. **European Journal of Plant Pathology**, v. 156, p.1227-1231, 2020.

SCHUH, W. **Influence of interrupted dew periods, relative humidity and light on disease severity and latent infections caused by *Cercospora kikuchii* on soybeans**. Phytopathology, v.83, n.1, p.110-116, 1993.

SHELAR, V. et al. Soybean seed quality during storage: a review. **Agricultural Reviews**, v. 29, n. 2, p. 125-131, 2008.

SHU, Y. et al. GmSBH1, a homeobox transcription factor gene, relates to growth and development and involves in response to high temperature and humidity stress in soybean. **Plant Cell Report**, v. 34, n. 11, p.1927-1937, 2015.

SILVA CASTRO, C. A**. Produção de n-hexanal e aldeídos totais como índices para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.

RIBEIRO, F. **Influência sobre a germinação da aplicação de dois tipos de fungicidas com**

diferentes dosagens em sementes de soja. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2017.
SILVA, E. P. **Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas à ar resfriado e mantidas em diferentes condições de armazenamento.** 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

SILVA, I. L. S. et al. Storage of soybean seeds treated with chemicals. **Semina:** Ciências Agrárias, Londrina, v. 40, n. 6, suplemento 2, p. 2961-2972, 2019.

SMANIOTTO, T. et al. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446-453, 2014.

SUN, Q. et al. Advances on seed vigor physiological and genetic mechanisms. **Agricultural Sciences in China**, v. 6, n. 9, p. 1060-1066, 2007.

TALAMINI, V. et al. **Qualidade sanitária de sementes de soja de diferentes cultivares introduzidos para cultivo em Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 16p. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, 73).

TURNER, R. E. et al. Effects of purple seed stain on seed quality and composition in soybean. **Plants**, v. 9, n. 993, p. 1-10, 2020.

VASCONCELOS, A. R. B.; ABRAHÃO, J. F. V. Efeito de diferentes tratamentos com fungicidas e inseticidas na semente da soja. **Intercursos,** v. 10, n. 2, p. 149-165, 2011

VELICHETI, R. K. et al. Selective degradation of proteins by *Cercospora kikuchii* and *Phomopsis longicolla* in soybean seed coats and cotyledons. **Plant Disease,** v. 76, n. 8, p. 779-782, 1992.

VENTUROSO, L. R. et al. Influência de diferentes classes de infestação por mancha púrpura sobre o vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 12, n. 1, p. 41-48, 2008.

VIEIRA, B. G. T. L. Structural changes in soybean seed coat due to harvest time and storage. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 11, n. 1, p. 625-628, 2013.

VIEIRA, R. D. et al. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. **Seed Science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 599-608, 2001.

VIEIRA, R. D. et al. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, 2002.

VIEIRA, R. D. et al. Temperature during soybean seed storage and the amount of electrolytes of soaked seeds solution. **Science Agricola**, v.65, n.5, p.496-501, 2008.

WANG, W. Q. et al. Desenvolvimento de um modelo de limiar para prever a germinação de sementes de *Populus tomentosa* após a colheita e armazenamento em condições ambientais. **PLoS ONE**, v. 8, n. 4, p. e62868, 2013.

WRATHER, J.A.; ANDERSON, T.R.; ARSYAD, D.M. **Soybean disease losses estimates for the top 10 soybean producing countries in 1994**. Plant Disease, v.81, p.107-110, 1997.