

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DEBORA KELLI ROCHA

**TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES DE SOJA: ANÁLISE DE IMAGEM E
METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA E
IMPACTOS NO CULTIVO**

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS –BRASIL
2019

DEBORA KELLI ROCHA

**TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES DE SOJA: ANÁLISE DE IMAGEM
E METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA E
IMPACTOS NO CULTIVO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador:

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS –BRASIL
2019

DEBORA KELLI ROCHA

**TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES DE SOJA: ANÁLISE DE
IMAGEM E METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
FISIOLÓGICA E IMPACTOS NO CULTIVO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 21 de Fevereiro de 2019.

Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel

UFU

Prof. Dr. Edson Aparecido dos Santos

UFU

Prof^a. Dr^a. Mychelle Carvalho

IFTM


Prof. Dr. Everson Reis Carvalho
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

R672t Rocha, Debora Kelli, 1994
2019 Tratamento químico de sementes de soja [recurso eletrônico] :
análise de imagem e metodologias para avaliação da qualidade
fisiológica de impactos no cultivo / Debora Kelli Rocha. - 2019.

Orientador: Everson Reis Carvalho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1264>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agronomia. 2. Soja - Sementes. 3. Sementes - Tratamento. 4.
Análise de imagem. I. Carvalho, Everson Reis, 1986, (Orient.) II.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Agronomia. III. Título.

CDU: 631

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

AGRADECIMENTOS

Parece egocentrismo este trabalho levar apenas meu nome, para construção deste documento a responsabilidade principal sempre foi minha, porém quando o meio externo te afeta consequentemente os deveres primordiais são influenciados. Neste sentido, as pessoas que estiveram próximas a mim neste período contribuíram para finalização do mesmo, a maioria delas não possuem conhecimento técnico suficiente para entender do que se trata o trabalho, mas todas elas têm conhecimento de vida.

É humanamente impossível eu conseguir nomear todos aqueles que me engradeceram, mas saibam que minha gratidão estende a todos os seres que fizeram parte da minha história.

Agradeço a Deus, a Nossa Senhora e ao universo, a todas formas de agradecer a proteção não mensurável que vocês me ofereceram, sou muito abençoada diariamente por vocês.

Em primeiro lugar fica minha gratidão aqueles que me deram a vida e me proporcionaram a evolução: Mamãe (Maurista Rosa Rocha) e Papai (Ramon Vieira Rocha), quando olho para vocês tenho a certeza de que eu os escolhi como pais, tenho certeza que ninguém será capaz de me encher de amor como vocês me enchem. Se não fosse a educação dada a mim por vocês eu não conseguiria chegar até aqui. Minha eterna gratidão de outras vidas.

Em segundo lugar fica os dois seres mais iluminados que eu poderia conviver, minha irmã Barbara Kelly Rocha e minha filhinha Maria Luiza Soares Rocha Mundim, Papai do céu é muito generoso comigo de me proporcionar tanto afeto que vem de vocês, nossa sintonia não cabe em uma só jornada. A cada passo que caminho é pensando unicamente no melhor para vocês. Ao meu cunhado Fabricio Soares pela auxílio sempre que necessário.

Aqui fica minha gratidão, não apenas pelos ensinamentos técnicos, mas sobretudo pelos ensinamentos de como ter qualificação e humildade. Meu orientador Everson Reis Carvalho, o seu sucesso é mérito do seu conhecimento, mas sobretudo pela compreensão e empatia com o próximo. Grata por conviver com alguém de tanta luz.

A minha vovó Aparecida Francisca pelas orações e carinho (minha fofinha) ao meu vovô José Viera Rocha (*in memoriam*).

Agradeço a minha família uberlandese Qualiteste Análises Agronômicas, além de me fornecer estrutura para desenvolvimento do trabalho ofereceu-me uma mãe (Michele Camargo), uma sis (Nády Carrilho), uma terapeuta (Dayene Cássia), duas amigas (Amanda Borges e Brendha Borges), uma conselheira (Laura Duarte), um Vovô (Eduardo Marquez), uma inspiração (Cinthia Andriazzi). Minha gratidão pelo crescimento pessoal e profissional, pelas

risadas e por aguentar meu estilo de vida parasiense.

Ao meus padrinhos Romeu Mundim Pena e Junice Langoni Pena pela admiração, respeito e pelo incentivo nos estudos. Saibam que não ajudaram só a mim, mas centenas de estudantes da UFU-*campus Monte Carmelo* com as frequentes doações para educação. Orgulho de ser afilhada de vocês.

As minhas terapeutas Regina Célia e Fabiana Rodrigues, que me ajudaram a criar resiliência e autoconhecimento, e cuidarem da minha saúde mental.

A Universidade Federal de Uberlândia e a Capes pelo fomento, esse fomento ajuda muitos sonhos a se concluírem.

As minhas companheiras diárias Aparecida Corrêa e Priscila Reis, gratidão pelas risadas e por tentar suprir a falta da família, por compartilhar momentos que serão guardados nos nossos corações, muito amor por vocês.

A discente Ana Caroline Livorato por ter auxiliado nas avaliações em campo.

E por fim agradeço a todos e meus amigos e figurantes da minha vida, vocês me proporcionaram momentos de felicidade, quando estava no pico da ansiedade vocês apareciam para me ensinarem que a vida não é construída apenas por trabalho, é preciso sabedoria para viver além disso.

RESUMO

ROCHA, Debora Kelli. **Tratamento químico de sementes de soja: análise de imagem e metodologias para avaliação da qualidade fisiológica e impactos no cultivo**. 2019.59f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.¹

A soja é uma das principais espécies cultivadas no mundo, com grande expressão econômica e alto impacto no agronegócio brasileiro. Atualmente, a demanda do mercado sementeiro consiste na comercialização de sementes tratadas, e na necessidade de manutenção da elevada qualidade fisiológica das sementes, como também na representativa avaliação da mesma. Sendo assim, existe a necessidade de adequação de metodologias de análises fisiológicas e de aprimoramento de técnicas de análises de imagens. Objetivou-se avaliar a influência do tratamento de sementes de soja com produtos fitossanitários por meio de análises fisiológicas, incluindo novas metodologias, análise de imagem e os impactos sobre a cultura em campo. Os experimentos foram instalados em colaboração entre o laboratório Qualiteste e a Universidade Federal de Uberlândia (UFU). O estudo foi dividido em dois experimentos. No primeiro envolveu 9 tratamentos de sementes com diferentes produtos fitossanitários (fungicidas e inseticidas), ajustes e novas metodologias de avaliação da germinação, sendo elas: entre papel – EP, entre areia – EA, entre papel com restrição hídrica – EPR, entre papel com pré-condicionamento – EPC, areia entre papel – AEP e vermiculita entre papel – VEP. Os tratamentos com moléculas inseticidas afetaram a germinação e avaliação das plântulas com maior fitotoxidez em relação às fungicidas. Metodologias com água prontamente disponível, ocasionaram maior fitotoxidez. Para avaliação de germinação de soja tratadas com produtos fitossanitários as metodologias EPC, AEP e VEP foram as mais apropriadas. No segundo experimento, as sementes foram tratadas com os mesmos produtos em 2 épocas, antecipada (60 dias) e no momento da semeadura em campo. As sementes foram analisadas por meio de testes fisiológicos e mensurações realizadas com análise de imagem com *software* Vigor-S[®]. A análise de imagem foi eficiente para detecção inicial de fitotoxidez de sementes/plântulas em função do tratamento de sementes, sobretudo o comprimento radicular. Os inseticidas Pirâmide[®], Cruiser[®] e Cropstar[®] depreciaram o vigor das sementes principalmente com a antecipação do tratamento. A antecipação em 60 dias do tratamento de sementes, apesar de afetar o desenvolvimento inicial das plantas para os produtos testados, não prejudicou a produtividade em campo em função do vigor.

Palavras-chave: Análise computadorizada, vigor, tratamento de semente, fitotoxidez.

¹Orientador: Everson Reis Carvalho – UFU.

ABSTRACT

ROCHA, Debora Kelli. **Chemical treatment of soybean seeds: image analysis and methodologies for evaluation of physiological quality and impacts on cultivation**. 2019. 59 p. Uberlândia: UFU, 2019. Dissertation (Master Program Agronomy/Crop Science) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia, 2019.¹

The soy is one of the main cultivated species in the world, with great expression and high economic impact on Brazilian agribusiness. Currently, the demand of the seed market consists in the commercialization of treated seeds, and in the need to maintain the high physiological quality of the seeds, as well as representative in the assessment of the same. Therefore, there is a need for adaptation of methodologies of physiological analysis and improvement of techniques of analysis of images. The objective was to evaluate the influence of the treatment of soybean seeds with plant protection products by means of physiological analyzes, including new methodologies, analysis of image and the impacts on the culture in the field. The experiments were installed in collaboration between the laboratory Qualiteste and the Federal University of Uberlândia (UFU). The study was divided into two experiments. The first involved 9 treatments of seeds with different phytosanitary products (Fungicides and insecticides) and adjustments and new methodologies of evaluation of germination, being they: between paper - BP, between sand - BS, between paper with water restriction - BPR, between paper with pre-conditioning - BPC, sand between paper - SBP and vermiculite between paper - VBP. The treatments with insecticide molecules affected the germination and seedling evaluation, with greater phytotoxicity in relation to fungicides. Methodologies with readily available water resulted in greater phytotoxicity. For the evaluation of soybean germination treated with phytosanitary products the BPC, SBP and VBP methodologies were the most appropriate. In the second experiment, the seeds were treated with the same products and in 2 seasons, anticipated (60 days) and at the time of sowing in the field. The seeds were analyzed by means of physiological tests and measurements performed with Vigor-S® software. The image analysis was efficient for the initial detection of seed / seedling phytotoxicity in function of the seed treatment, especially root length. The insecticides Pirâmide®, Cruiser® and Cropstar® depreciated the seed vigor mainly with the anticipation of treatment. The anticipation in 60-days of seed treatment, although affecting the initial development of plants for the products tested, did not affect the productivity in the field due to vigor

Keywords: computerized analysis, vigor, seed treatment, phytotoxicity.

¹Major Professor: Everson Reis Carvalho

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Qualidade de sementes de soja.....	11
2.2 Tratamento industrial e armazenamento de sementes	12
2.3 Déficit hídrico e sementes tratadas.....	14
2.4 Substratos utilizados nos testes de germinação de soja	15
2.5 Análise de imagem	16
CAPÍTULO I. Metodologias para avaliação da germinação de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários.....	24
1 INTRODUÇÃO	26
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4 CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS	37
CAPÍTULO II. Vigor de sementes tratadas com produtos fitossanitários em função das épocas de tratamentos e a relação com análise de imagem e características agronômicas em campo.....	40
1 INTRODUÇÃO	42
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4 CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO GERAL

A avaliação do potencial fisiológico é a base para o monitoramento de lotes comerciais de sementes no controle interno de qualidade das empresas e consiste um desafio permanente para a pesquisa em Tecnologia de Sementes. Embora existam vários métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes, algumas possibilidades, que necessitam de estudos e adequações, é o uso da análise computadorizada de imagens de plântulas e a utilização de novas metodologias em testes fisiológicos, principalmente, quando se trata de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários.

Os ensaios de análise de sementes, em especial o de germinação, são utilizados para comparar a qualidade fisiológica de lotes e estabelecer parâmetros de comercialização (COIMBRA et al., 2007). O ensaio de germinação é realizado em conformidade com as Regras para Análise de Sementes (RAS), a fim de obter resultados comparáveis entre os laboratórios (BRASIL, 2009). Contudo, conforme descrito nas RAS, esta pode sofrer alterações em relação à proporção de água para irrigar o papel de germinação (OLIVEIRA et al., 2009).

Um dos fatores que pode afetar a avaliação da qualidade das sementes é o tratamento com produtos fitossanitários. Os tratamentos químicos de sementes atualmente por questões técnicas e logísticas, estão sendo realizados antes do armazenamento principalmente com uso do tratamento industrial de sementes (BRZEZINSKI et al., 2015; SANTOS et al., 2018). Apesar dos benefícios associados aos tratamentos de sementes, o armazenamento de sementes tratadas, podem causar efeitos deletérios no potencial germinativo das sementes, como constatado por Munkvold et al., (2006) com moléculas inseticidas.

O tratamento industrial de sementes na linha de beneficiamento já é uma técnica usual para facilitar a comercialização de sementes tratadas, e nesta é necessário o correto monitoramento da qualidade fisiológica de sementes durante o armazenamento de sementes tratadas, garantindo que a mesma seja preservada durante o período (“*Seed safety*”). Contudo, existe uma limitação técnica quanto à avaliação fisiológica, uma vez que o produto fitossanitário utilizado pode afetar a avaliação de plântulas na germinação.

O teste de germinação é realizado visando a avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes, porém, por ser um teste realizado em condições ideais de germinação, nem sempre os resultados obtidos refletem o potencial do lote em condições de campo, assim adequações e ajustes serão benéficos.

Outra ferramenta que pode auxiliar a avaliação da qualidade fisiológica é a análise de imagem. Estas vêm sendo estudadas para a avaliação da qualidade física e fisiológica de sementes visando minimizar as limitações existentes nos testes tradicionais. Recentemente foi desenvolvido o programa de Análise Automatizada do Vigor de Sementes - Vigor-S[®], o qual possibilita a obtenção de diversos índices do desenvolvimento de plântulas. Sendo uma opção para automação, ou seja, eliminação de subjetividade e ganho em velocidade de análise, em análises de qualidade de sementes de soja, porém com necessidade de ajustes e estudos.

A correta aferição da qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários é importante, frente aos volumes financeiros envolvidos e o crescimento desse mercado. Muitas vezes o tratamento de sementes pode afetar a qualidade fisiológica das sementes armazenadas, assim o monitoramento eficiente do período em que a semente pode permanecer tratada sem perda da qualidade (“*Seed safety*”) é crucial para o mercado. Algumas moléculas usadas no tratamento de sementes podem prejudicar o estabelecimento das plântulas em campo, principalmente quando ocorre a antecipação do tratamento.

Assim, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a influência do tratamento de sementes de soja com produtos fitossanitários por meio de análises fisiológicas, de imagem e os impactos no cultivo em campo, bem como adequar metodologias que isole possíveis efeitos fitotóxicos das moléculas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Qualidade de sementes de soja

O uso de sementes de soja com altos padrões de qualidade física, genética, fisiológica e sanitária tem sido a grande diferença no estabelecimento da cultura no campo (SILVA et al., 2011a). Uma semente com alta qualidade pode ser obtida a partir do momento que atinge a maturidade fisiológica. Sendo a maturidade fisiológica um estágio caracterizado por tendência de resposta máxima de germinação, velocidade, vigor e massa seca das sementes (MARTINS et al., 2009). O atraso da colheita, a partir desse ponto, acarreta sérios inconvenientes (FANAN et al., 2009) determinados pela exposição relativamente prolongada das sementes a predação, ação de patógenos, estresse hídrico e térmico. Estes fatores podem provocar alterações no balanço hormonal (CARDOSO,

2008) e morfologia das sementes com impactos negativos sobre o potencial de germinação das espécies.

Quando as plantas são expostas periodicamente a condições de estresse hídrico, durante os estágios de formação e maturação das sementes, as mesmas podem apresentar alterações morfológicas e respostas fisiológicas distintas (FERNÁNDEZ-PASCUAL et al., 2013). O mesmo pode ocorrer com as sementes expostas às condições adversas do meio com períodos de chuva e seca após a maturidade fisiológica provocam expansões e retrações do tegumento, proporcionando a desestruturação dos sistemas de membranas e consequentemente maior permeabilidade (DOMENE, 1992), o que aumenta de forma diferenciada a deterioração de sementes (DELOUCHE, 1975).

As sementes de soja são mais suscetíveis aos danos, devido ao arranjo morfológico das sementes, o que proporciona pouca proteção ao eixo embrionário por estar situado em um tegumento pouco espesso (LOPES et al., 2011). Considerada como a principal causa da redução da qualidade das sementes durante todo o processo produtivo (NEVE et al., 2016).

A germinação mais rápida e uniforme é observada em sementes de alto vigor, além da capacidade de melhor suportar as adversidades do local (LOPES et al., 2002). Kolchinski, Schuch e Peske (2006) constataram que plantas provenientes de sementes de alto vigor apresentaram maior área foliar e maior taxa de crescimento a partir dos 21 dias após emergência.

Sementes vigorosas proporcionam que processos como a emissão da raiz primária e taxa de crescimento ocorram de maneira mais rápida e uniforme no processo de germinação (SCHUCH; NEDEL; ASSIS, 1999; MINUZZI et al., 2010). Características essas que afetam o desempenho em campo, como Scheeren et al. (2010) verificaram que as plantas provenientes de sementes de soja de elevado vigor apresentaram maior altura até 75 dias após a semeadura e que a produtividade por área dos lotes de alto vigor pode ser 9% superior aos de baixo vigor, confirmando a relevância da utilização de sementes com alta qualidade.

2.2 Tratamento industrial e armazenamento de sementes

A qualidade e viabilidade das sementes de soja durante o armazenamento dependem da qualidade inicial e das condições de armazenamento do lote. A semente de soja é susceptível a danos durante a colheita, secagem e beneficiamento que podem

influenciar negativamente o potencial germinativo e de vigor das sementes no armazenamento (MARYAM; OSKOUIE, 2011).

Fatores como o conteúdo de água e a variabilidade genética influenciam na susceptibilidade das sementes a danos severos (SILVA et al., 2011b). Em muitos casos, esses danos não são suficientes para destruir as estruturas das sementes, mas o aparecimento de rachaduras que levam a anormalidades nas plântulas, maior susceptibilidade à ação de microorganismos e sensibilidade aos tratamentos químicos reduz a qualidade e o potencial de armazenamento dos lotes (NEVE et al., 2016).

Dentre esses fatores estão os tratamentos químicos de sementes, que atualmente por questões técnicas e logísticas, estão sendo realizados antes do armazenamento em alguns casos. Processo este que consiste em aplicar compostos capazes de proteger as sementes contra efeitos deletérios de patógenos, realizando o controle de enfermidades no período inicial do estabelecimento da lavoura, favorecendo a emergência e o desenvolvimento das plântulas (BALARDIN et al., 2011).

O tratamento de sementes utilizando fungicidas, inseticidas e nematicidas tem sido utilizado na cultura da soja, devido à percepção do valor da semente e a importância de proteger e/ou melhorar o seu desempenho. Ele é usada para aprimorar a qualidade das sementes, pois com a utilização de produtos químicos as plantas terão mais condições de se desenvolverem, devido o controle das doenças que são transmitidas através das sementes (DAN et al., 2010). Estima-se que 95% dos sojicultores utilizam sementes tratadas (HENNING et al., 2010) em busca de melhores qualidades na lavoura. No tratamento químico de sementes se faz uso de produtos contra fitopatógenos, capazes de aprimorar a qualidade das sementes (FRANÇA-NETO, 2015).

O tratamento químico das sementes em geral era realizado em pré-semeadura, tanto na propriedade do agricultor como na própria revenda. Porém, com o avanço tecnológico da agricultura, as empresas produtoras de sementes vêm adotando técnicas que buscam otimizar a logística e maximizar o rendimento da cultura, como o tratamento industrial de sementes. Nesse processo, as sementes são tratadas na própria linha de beneficiamento, posteriormente são ensacadas e armazenadas até o momento da semeadura (BRZEZINSKI et al., 2015).

Todavia, apesar dos benefícios, o tratamento industrial pode apresentar alguns fatores limitantes, principalmente em relação aos possíveis efeitos dos componentes químicos de sua formulação sobre as sementes durante o armazenamento, e posteriormente no campo. Munkvold et al., (2006) relataram que alguns ingredientes

ativos de inseticidas podem, em algumas circunstâncias, serem prejudiciais às sementes.

Os produtos e moléculas utilizados no tratamento de sementes, tanto para milho quanto para soja, estão em constante evolução, assim são de suma importância estudos que envolvam as moléculas atuais e os futuros lançamentos no que diz respeito à sua relação tratamento e armazenamento, e também a influência dessa tecnologia no estabelecimento inicial de culturas relevantes como soja e milho quando submetidas a condições de estresse hídrico no solo, situação essa muitas vezes corriqueira. Frente à escassez de trabalhos nesta linha, novas pesquisas se fazem necessárias para o esclarecimento desta relação, proporcionando a utilização correta desta ferramenta.

2.3 Déficit hídrico e sementes tratadas

Os efeitos benéficos do tratamento de sementes, em geral, podem ser mais proeminentes caso as sementes durante a germinação e emergência sofram algum estresse biótico ou abiótico, como exemplo o déficit hídrico. Segundo Balardin et al., (2011), em algumas regiões do Brasil, é comum a distribuição irregular das chuvas logo após a semeadura, acarretando redução no estande e no crescimento das plantas. O tratamento de sementes, além de promover o controle de patógenos e pragas, pode favorecer a emergência e o desenvolvimento de plantas submetidas a estresse hídrico. Estes mesmos autores concluíram que o tratamento de sementes com alguns produtos fungicidas e inseticidas podem promover alterações benéficas nas plantas, aumentando sua tolerância ao estresse hídrico com efeito positivo sobre o rendimento de grãos da soja.

Alguns produtos ou combinações podem afetar o vigor e a germinação, se usado de modo incorreto diminuindo o número de plântulas normais (ROSA et al., 2012). Alguns trabalhos relatam o efeito fitotóxico de produtos de tratamento de sementes sob a qualidade fisiológica das mesmas, como uma redução na germinação e na sobrevivência de plântulas (KASHYPA et al., 1994; NASCIMENTO et al., 1996). Uma possível redução no número de plântulas normais no teste de germinação de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários pode estar ligada ao substrato em que as sementes são semeadas (CARVALHO et al., 2015).

Assim, algumas pesquisas foram realizadas com o objetivo de avaliar diferentes substratos na germinação de sementes de soja tratadas com produtos químicos, como Carvalho et al., (2015) em que foram testados 3 substratos, areia, papel germitest e papel germitest com vermiculita entre as folhas para germinação de sementes de soja tratadas,

constatando que alguns produtos reduziram a germinação em papel germitest por motivo de toxidez.

Os estudos relacionados com a resposta germinativa de sementes submetidas à condição de estresses artificiais são ferramentas para um melhor entendimento da capacidade de sobrevivência e adaptação destas espécies em condições de estresses naturais, como a seca e solos salinizados, comuns em regiões agrícolas e florestais, podendo contribuir significativamente para o desenvolvimento de estratégias de manejo (PEREIRA et al., 2012).

O uso de agentes sintéticos para simular diferentes potenciais osmóticos, consequentemente restrições hídricas, na germinação em papel germitest é comum no estudo dessa deficiência em diferentes espécies, como soja (MORAES et al., 2003; COSTA et al., 2004; SOARES et al., 2015), canola (ÁVILA et al., 2007), milho (KAPPES et al., 2010) e feijão (COELHO et al., 2010) sendo comumente utilizados o manitol ou polietilenoglicol 6000.

Costa et al., (2004) trabalharam com sementes de soja semeadas em substrato de papel umedecido com soluções de manitol produzindo os potenciais hídricos de 0, -0,6, -1,2 e -1,8MPa, e constataram que a germinação foi favorecida quando as sementes foram submetidas a uma restrição hídrica de -0,46 a -0,52 MPa e que a -1,8 MPa o estresse foi elevado e as sementes, em geral, não germinaram. Soares et al., (2015) com sementes submetidas aos potenciais 0, -0,3, -0,6, -0,9 e -1,2 MPa induzidos por manitol, relataram que a germinação das sementes de soja foi reduzida sob condições de estresse hídrico independente do tamanho das sementes. Porém, nesses trabalhos as sementes não foram tratadas com produtos fitossanitários.

2.4 Substratos utilizados nos testes de germinação de soja

O substrato influencia a germinação, em função de sua estrutura, aeração, capacidade de retenção de água, propensão à infestação por patógenos, dentre outros, podendo favorecer ou prejudicar a germinação das sementes. Constitui o suporte físico no qual a semente é colocada e tem a função de manter as condições adequadas para a germinação e o desenvolvimento das plântulas (FIGLIOLIA et al., 1993). Portanto, o tipo de substrato utilizado deve ser adequado às exigências fisiológicas de germinação de cada espécie, tamanho e forma da semente (BRASIL, 2009).

Dentre os substratos utilizados para teste de germinação destaca-se vermiculita,

areia e papel. A vermiculita que é utilizado nos laboratórios de análises de sementes devido a fácil obtenção, uniformidade na composição química e granulometria, porosidade, capacidade de retenção de água e baixa densidade (FIGLIOLIA et al., 1993; MARTINS et al., 2009).

Há diversos fatores que podem afetar o desempenho do teste de germinação em laboratório dentre eles, no teste de germinação realizado com o substrato rolo de papel pode ser afetado pela presença de fungos nas sementes *Phomopsis* sp e *Fusarium* sp. que podem reduzir o valor da germinação das sementes em laboratório, quando comparada com os valores obtidos em testes com substrato areia.

Aliado a isso, em alguns casos podem ocorrer anormalidades no sistema radicular, caso as sementes sejam tratadas com fungicidas, inseticidas ou outros produtos com alguns sintomas de fitotoxicidade desses produtos. Porém pesquisas nesse sentido são escassas.

2.5 Análise de imagem

Os primeiros estudos voltados para a aplicação de imagens digitais no ramo de sementes iniciou com o uso de *softwares* genéricos de processamento de imagens digitais com o objetivo de medir o comprimento de raízes de diversas espécies.

Sako et al., (2001) desenvolveram um programa destinado à determinação do vigor de sementes de alface, mediante a análise computadorizada de imagens de plântulas (Seed Vigor Imaging System - SVIS[®]). O sistema foi adaptado com sucesso para outras espécies, como soja (HOFFMASTER et al., 2003), milho (OTONI; MCDONALD, 2005), melão (MARCOS FILHO et al., 2006), permitindo o cálculo de índice de vigor, grau de uniformidade de desenvolvimento e avaliação do comprimento de plântulas ou de suas partes. Além de comparar diretamente o vigor dos lotes por meio da análise do crescimento de plântulas, os resultados obtidos pelo SVIS[®] foram relacionados com os testes de envelhecimento acelerado para o milho doce (ALVARENGA et al., 2012), amendoim (MARCHI et al., 2011) e soja (MARCOS FILHO et al., 2009), e o teste e emergência em campo para o amendoim (MARCHI et al., 2011) e girassol (ROCHA, 2012). O SVIS[®] também foi utilizado com sucesso na avaliação da eficiência do condicionamento osmótico em sementes de *Guazuma ulmifolia* L (BRANCALION et al., 2010) e de milho doce (GOMES JUNIOR et al., 2009).

Além do SVIS[®], mais recente desenvolveu-se o GroundEye, em que Pinto et al.,

(2015) com sementes de milho híbrido, onde foi empregado o SAS[®] (atual GroundEye) para avaliação de características de plântulas (comprimento médio do coleóptilo, da raiz e das plântulas) e pelos índices de vigor. Os autores compararam com o uso do SAS[®] com calibração automática, obtida pelo SAS, e a calibração manual, onde os pesos utilizados foram os mesmos do SVIS[®], e relataram que a análise de imagem deve ser feita com a calibração automática pelo software SAS[®].

Recentemente através de uma parceria entre pesquisadores do setor de Tecnologia de Sementes do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ, do Departamento de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP) e da Embrapa Instrumentação Agropecuária, foi desenvolvido o programa Análise Automatizada do Vigor de Sementes - Vigor-S, que apresenta princípios semelhantes ao SVIS[®] para avaliação automatizada do vigor de sementes de soja. Entretanto, a padronização de parâmetros e a validação do Vigor-S[®] como uma alternativa eficiente para avaliação do vigor de sementes dessa espécie ainda consiste em uma etapa que necessita ser fundamentada pela pesquisa (CASTAN et al., 2018).

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. O.; MARCOS-FILHO, J.; GOMES-JUNIOR, F. G. Avaliação do vigor de sementes de milho super doce por meio da análise computadorizada de imagens de plântulas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 488-494, set. 2012.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000300017>
- ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. D. L.; SCAPIM, C. A.; MARTORELLI, D. T.; ALBRECHT, L. P. Testes de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência das plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n.1, p. 62-70, 2005.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222005000100008>
- BALARDIN, R. S.; SILVA, F. D.; DEBONA, D.; CORTE, G. D.; FAVERA, D. D.; TORMEN, N. R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1120-1126, 2011.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011000700002>
- BRANCALION, P. H. S.; TAY, D.; NOVENBRE, A. D. D. L. C.; RODRIGUES, R. R.; MARCOS FILHO, J. Priming of pioneer tree *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae) seeds evaluated by an automated computer image analysis. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 3, p. 274-279, 2010.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000300004>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA-ACS, 2009. Disponível em:
http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 10 dez. 2018.
- BRZEZINSKI, C. R.; HENNING, A. A.; ABATI, J.; HENNING, F. A.; FRANÇA NETO, J. D. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; ZUCARELI, C. Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.37, n. 2, p.147-153, 2015.
<http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v37n2148363>
- CARDOSO, V. J. M. Germinação. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal** 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 384-408
- CARVALHO, R. A. et al. Substratos para a germinação de sementes de soja tratadas. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 24.2015, Lavras. **Anais [...]**. Lavras: UFLA, 2015. 1 CD ROM.
- CASTAN, D. O. C.; GOMES JUNIOR, F. G.; MARCOS FILHO, J. Vigor-S, a new system for evaluating the physiological potential of maize seeds. **Scientia Agricola**, Piracicabav. 75, n. 2, p. 167-172, 2018.
<http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0401>

- COELHO, D. L. M.; AGOSTINI, E. A. T.; GUABERTO, L. M., NETO, N. B. M.; CUSTÓDIO, C. C. Estresse hídrico com diferentes osmóticos em sementes de feijão e expressão diferencial de proteínas durante a germinação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 491-499, 2010.
<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i3.4694>
- COIMBRA, R. A.; TOMAZ, C. A.; MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. Ensaio de germinação com condicionamento dos rolos de papel em sacos plásticos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 92 2007.
<https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000100013>
- COSTA, P. R.; CUSTÓDIO, C. C.; MACHADO NETO, N. B.; MARUBAYASHI, O. M. Estresse hídrico induzido por manitol em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 1, p.105-113, 2004.
<https://doi.org/10.1590/S0101-31222004000200015>
- DAN, L. D. M.; DAN, H. D. A.; BARROSO, A. D. L.; BRACCINI, A. D. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.
<https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000200016>
- DELOUCHE, J. C. Seed quality, and storage of soybeans. *In*: WHIGRUM, D. K. (ed.). **Soybean production, protection and utilization**. Urbana: University of Illinois. 1975. p. 86-107. (Intsoy, 6).
- DOMENE, M. P. **Fatores determinantes de descartes de sementes de soja (Glycinemax L. Merrill) produzidas no estado de Minas Gerais**. 1992. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.
- FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. D.; RAMOS, N. P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 31, n. 1, p. 150-159, 2009.
<https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000100017>
- FERNÁNDEZ PASCUAL, E.; JIMÉNEZ ALFARO, B; CAUJAPÉ CASTELLS, J.; JAÉN MOLINA, R.; DÍAZ, T. E. A local dormancy cline is related to the seed maturation environment, population genetic composition and climate. **Annals of Botany**, Las Palmas de Gran Canaria, n. 112, p. 937–945, 2013.
<https://doi.org/10.1093/aob/mct154>
- FIGLIOLIA, M. B., OLIVEIRA, E. D. C., PIÑA RODRIGUES, F. C. M., DE AGUIAR, I. B. Análise de sementes. Sementes florestais tropicais. **Associacao Brasileira de Tecnologia de Sementes**, Brasília, DF: ABRATES, 1993. p. 137-174.
- FRANCA NETO J. B.; HENNING A. A.; KRZYZANOWSKI, F.C.; LORINI I. Adoção do tratamento industrial de sementes de soja no Brasil, safra 2014/15. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 25, n. 1. p. 26-29, 2015.
- FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Estratégias do melhoramento para

produção de sementes de soja no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2003, Lavras. **Anais [...]**. Lavras: UFLA, p.7, 2003. 1 CD ROM.

GOMES-JUNIOR, F. G.; MONDO, V. H.; CICERO, S. M; MCDONALD, M. B.; BENNETT, M. A Evaluation of priming effects on sweet corn seeds by SVIS. **Seed Technology**, Lincoln, v. 31, n. 6, p. 95-100, 2009.

HENNING, A. A.; YUYAMA, M. M. Levantamento da qualidade sanitária de sementes de soja produzidas em diversas regiões do Brasil, entre as safras 1992/93 e 1996/97. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 21, n. 1, p. 18-26, 1999.
<https://doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v21n1p18-26>

HENNING, A.A.; FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; LORINI, I. Importância do tratamento de sementes de soja com fungicidas na safra 2010/2011, ano de “La Niña”. Londrina: Embrapa Soja, 2010. (Circular Técnica, 82).

HOFFMASTER, A. L.; FUJIMURA, K.; MCDONALD, M. B.; BENNETT, M. A. An automated system for vigor testing three-day old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, n. 3, p. 701-713, 2003.
<https://doi.org/10.15258/sst.2003.31.3.19>

KAPPES, C., DA COSTA ANDRADE, J. A., HAGA, K. I., FERREIRA, J. P., ARF, M. V. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 125-134, 2010.
<https://doi.org/10.5380/rsa.v11i2.16464>

KASHYPA, R. K.; CHAUDHARY, O. P.; SHEORAN, I. S. Effects of insecticide seed treatments on seed viability and vigour in wheat cultivars. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 22, n. 3, p. 503-517, 1994.

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

LOPES, J. C. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Alegre-ES. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 51-58, 2002.
<https://doi.org/10.1590/S0101-31222002000100005>

MARCHI, J. L.; CÍCERO, S. M.; GOMES-JUNIOR, F. G. Utilização da análise computadorizada de plântulas na avaliação do potencial fisiológico de sementes de amendoim tratadas com fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 652-662, dez. 2011.
<https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000400007>

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**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 102-112, jan./fev. 2009.
<https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000100012>

MARCOS-FILHO, J., BENNETT, M. A., MCDONALD, M. B., EVANS, A. F., & GRASSBAUGH, E. M. Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, n. 2, p. 485-497, July 2006.
<https://doi.org/10.15258/sst.2006.34.2.23>

MARTINS, C. C., BOVI, M. L. A.; SPIERING, S. H. Umedecimento do substrato na emergência e vigor de plântulas de pupunheira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 224 - 230, 2009.
<https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000100031>

MARTINS-FILHO, S. E. B. A. S. T. I. ã. O., LOPES, J. C., OTACÍLIO, J. P. R. E.; TAGLIAFERRE, CAvaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Alegre-ES. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 51-58, 2009.

MARYAM, D.; OSKOUIE, B. Study the effect of mechanical damage at processing on soybean seed germination and vigor. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 6, p. 60-64, 2011.

MENDES DE OLIVEIRA, L., ALCÂNTARA BRUNO, R. D. L., GOMES DA SILVA, K. D. R., DA MOTA SILVA, V. D., DOS SANTOS FERARRI, C., ZILDO DA SILVA, G. Germinação e vigor de sementes de *Sapindus saponaria* L. submetidas a tratamentos pré-germinativos, temperaturas e substratos. **Ciência Rural**, v. 42, n. 4, 2012.
<https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000400010>

MINUZZI, A., BRACCINI, A. D. L., RANGEL, M. A. S., SCAPIM, C. A., BARBOSA, M. C.; ALBRECHT, L. P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.
<https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000100020>

MORAES DAN, L. G.; BRACCINI, A. L.; LEMOS BARROSO, A. L.; ALMEIDA DAN, H.; PICCININ, G. G.; VORONIAK, J. M. Physiological potential of soybean seeds treated with thiamethoxam and submitted to storage. **Agricultural Sciences**, Maringá, v. 4, n.11, p. 19-25, 2013.
<https://doi.org/10.4236/as.2013.411A003>

MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 219-226, 2003.
<https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000200007>

MORAIS SOARES, M., CARVALHO DOS SANTOS JUNIOR, H., SIMÕES, M. G., PAZZIN, D.; JUNIO DA SILVA, L. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 370-378, 2015.

MUNKVOLD, G.; SWEETS, L.; WINTERSTEEN, W. **Iowa commercial pesticide applicator manual**: category 4. Ames: Iowa StateUniversity, 2006.

NASCIMENTO, W. M. O.; OLIVEIRA, B.J.; FAGIOLI, M.; SADER, R. Fitotoxicidade do inseticida carbofuran 350 FMC na qualidade fisiológica de sementes de milho.

Revista Brasileira de Sementes, Lavras, v.18, n.2, p.242-245, 1996.

<https://doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v18n2p242-245>

NEVE, J. M., OLIVEIRA, J. A., SILVA, H. P. D., REIS, R. D. G., ZUCHI, J., VIEIRA, A. R. Quality of soybean seeds with high mechanical damage index after processing and storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 11, p. 1025-1030, 2016.

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n11p1025-1030>

OLIVEIRA, A. C. S.; MARTINS, G. N.; SILVA, R. F.; VIEIRA, H. Ensaio de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Revista Científica Internacional**, Brasília, v.1, n. 4, p. 1-21, 2009.

OTONI, R. R.; McDONALD, M. B. Moisture and temperature effects on maize and soybean seedlings using the seed vigor imaging system. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 2, p. 243-247, July 2005.

PEREIRA, M. R. R., MARTINS, C. C., SOUZA, G. S. F.; MARTINS, D. Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 537-545, 2012.

PINTO, C. A. G.; CARVALHO, M. L. M.; ANDRADE, D. B.; LEITE, E. R.; CHALFOUNS, I. Imageanalysis in the evaluation of the physiological potential of maize seeds. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 2, p. 319-328, 2015.

<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150011>

ROCHA, C. R. M. **Avaliação da qualidade de sementes de girassol por meio de análise de imagens**. 2012. 68 f. (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

SAKO, Y.; McDONALD M. B.; FUJIMURA K; EVANS A. F.; BENNETT, M. A. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.29, n.3, p. 625-636, 2001.

SANTOS, S. F.; CARVALHO, E. R.; ROCHA, D. K.; NASCIMENTO, R. M. Composition and volumes of slurry in soybean seeds treatment in the industry and physiological quality during storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.40, n.1, p.067-074, 2018.

<https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n1185370>

SCHEEREN, B. R., PESKE, S. T., SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 35-41, 2010.

<https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000300004>

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes.

Revista Brasileira de Sementes, Londrina, v. 21, n. 1, p. 229-234, 1999.
<https://doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v21n1p229-234>

SILVA, C. A. T. D. **Qualidade de sementes e caracterização de genótipos de soja visando à resistência ao complexo de percevejos**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SILVA, H. P.; BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; NEVES, J. M. G.; SAMPAIO, R. A.; DUARTE, R. F.; OLIVEIRA, A. S. Qualidade de sementes de *Helianthus annuus* L. em função da adubação fosfatada e da localização na inflorescência. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p.1160-1165, 2011a.
<https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000700009>

SILVA, R. P.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A.; REZENDE, R. C.; SILVA, G. C. Qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* L.) durante o beneficiamento. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 32, p. 1219-1230, 2011b.
<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1219>

SOARES, M. M., CARVALHO dos. J., H., SIMÕES, M. G., PAZZIN, D., JUNIO DA SILVA, L. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 370-378, 2015.
<https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4535357>

TECNOLOGIAS de produção de soja: região central do Brasil 2007. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006 b. 225 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 11). Disponível em:
http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=22&cod_pai=16. Acesso em: 10/12/2018

CAPÍTULO I. Metodologias para avaliação da germinação de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários¹

RESUMO

O uso da metodologia adequada e que expressa real qualidade fisiológica de sementes e que minimiza possível fitotoxidez por produtos químicos em testes laboratoriais com sementes de soja é relevante. O objetivo no trabalho foi avaliar a influência e inferir sobre a adequação de metodologias para a representativa avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários. Realizou-se dois ensaios em delineamento inteiramente casualizado, sendo o ensaio 1 em esquema fatorial 9x5, envolvendo nove tratamentos de sementes, entre fungicidas e inseticidas, e cinco potenciais osmóticos (0, -0,25; -0,5; -0,75 e -1,0 MPa) na solução para molhamento do substrato papel no teste de germinação com avaliação das plântulas normais aos 5 e 7 dias. O 2º ensaio foi constituído por fatorial 9x7, com nove tratamentos de sementes e sete metodologias para avaliação da germinação aos 5 dias (entre papel – EP, entre areia – EA, entre papel com restrição hídrica – EPR, entre papel com pré-condicionamento – EPC, areia entre papel – AEP e vermiculita entre papel – VEP). Os tratamentos com moléculas inseticidas afetam a germinação e avaliação das plântulas com maior fitotoxidez em relação à fungicidas. Metodologias com água prontamente disponível ocasionam maior fitotoxidez. Para avaliação de germinação de soja tratadas com produtos fitossanitários as metodologias EPC, AEP e VEP são as mais apropriadas.

Palavras-chave: análise de sementes, toxidez, *Glycine max*, qualidade fisiológica, tratamento de semente.

¹ Artigo enviado para publicação em 18 de janeiro de 2018 na revista Journal of Seed Science, classificação B1 pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

CHAPTER I. Methodologies for the evaluation of the germination in soybean seeds treated with phytosanitary products

ABSTRACT

The use of the appropriate methodology and that expresses real physiological quality of seeds and that minimizes possible phytotoxicity by chemical products in laboratory tests with soybean seeds is relevant. The aim of this work was to evaluate the influence and infer about the adequacy of methodologies for the representative evaluation of the physiological quality of soybean seeds treated with phytosanitary products. Two trials were carried out in a completely randomized design, with trial 1 in a 9x5 factorial scheme involving nine seed treatments between fungicides and insecticides and five osmotic potentials (0, -0.25, -0.5, -0.75 and -1.0 MPa) in the solution for wetting the paper substrate in the germination test, with evaluation of the normal seedlings at 5 and 7 days. The second experiment consisted of a 9x6 factorial, with nine seed treatments and seven methodologies for evaluation of germination at 5 days (between paper - BP, between sand - BS, between paper with water restriction - BPR, between paper with preconditioning - BPC, sand between paper - SBP and vermiculite between paper - VBP). The treatments with insecticidal molecules affect the germination and evaluation of the seedlings, with greater phytotoxicity in relation to fungicides. Methodologies with readily available water, lead to greater phytotoxicity. For the evaluation of soybean germination treated with phytosanitary products the BPC, SBP and VBP methodologies are the most appropriate.

Index terms: seed analysis, toxicity, *Glycine max*, physiological quality, seed treatment.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja é uma das mais importantes no cenário agrícola nacional, sendo uma das principais fontes de divisas para o país, uma vez que contribui com as exportações brasileiras (SANTOS et al., 2018). Na safra de grãos de 2017/18, a soja ocupou a maior área dentre as culturas agrícolas, com 35,15 milhões de hectares, atingindo a produção de 118,98 milhões de toneladas, representando um aumento de 4,3% em relação à safra anterior (CONAB, 2018). Dessa maneira, o mercado de sementes de soja no Brasil tem grande relevância sendo produzidas em 2015/2016 o volume de 2,56 milhões de toneladas de sementes, o mercado que representa o maior volume de sementes produzidas no país (ABRASEM, 2016).

A produção de soja pode ser acometida por estresse biótico e abiótico. Dentre esses fatores bióticos estão às ocorrências de doenças, pragas e nematoides (BRADLEY, 2008). Muitos desses patógenos podem afetar negativamente a germinação, emergência e o estabelecimento das plântulas e assim prejudicar o estande e a produtividade da cultura (MERTZ et al., 2009). Diversas técnicas de manejo são adotadas para que estes fatores possam ocasionar o mínimo possível de danos à cultura da soja, destacando-se o tratamento químico de sementes (BRZEZINSKI et al., 2015). Processo este que consiste em aplicar compostos capazes de proteger as sementes contra efeitos deletérios de patógenos, realizando o controle de enfermidades no período inicial do estabelecimento da lavoura, favorecendo a emergência e o desenvolvimento das plântulas (BALARDIN et al., 2011). O tratamento de sementes utilizando fungicidas, inseticidas e nematicidas tem sido muito utilizado na cultura da soja, devido à percepção do valor da semente e à importância de proteger e/ou melhorar o seu desempenho (DAN et al., 2010).

Corriqueiramente são utilizados diversos produtos na mesma semente, como a combinação de fungicidas, inseticidas, nematicidas, micronutrientes, bioestimulantes, polímeros, corantes ou pigmentos, pó-secantes e inoculantes (*Bradyrhizobium*). Porém, alguns produtos podem causar fitotoxicidade às sementes e às plântulas (BRZEZINSKI et al., 2015). Esse efeito fitotóxico de algumas moléculas, tende a ser otimizado com o avanço do tempo de armazenamento (DAN et al., 2010; PICCINI et al., 2013). Devido às diversas possibilidades de composição da calda para tratamento de sementes de soja, estudos que relacionem os efeitos dessas moléculas sobre a qualidade fisiológica são necessários (SANTOS et al., 2018).

Com o avanço da utilização e aceitação do tratamento industrial de sementes de

soja, técnica em que as sementes são tratadas na linha de beneficiamento e necessariamente, por questões logísticas, armazenadas com produtos fitossanitários até a semeadura, o acompanhamento preciso da qualidade fisiológica é essencial (BRZEZINSKI et al., 2015; FERREIRA, et al., 2016; SANTOS et al., 2018).

A qualidade fisiológica dos lotes de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários tem que ser monitorada com extrema acurácia. Mas, muitas vezes, apesar da facilidade de condução do teste de germinação em rolo de papel (BRASIL, 2009), envolvendo sementes de soja tratadas com produtos químicos fitossanitários, esse pode subestimar a qualidade de um lote devido à possível toxidez. E assim comprometer a relação dos resultados com a real qualidade fisiológica do lote. Devido a elevada utilização de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários, se fazem necessárias pesquisas que auxiliem no entendimento, ajustes e proposições de novas metodologias adequadas para a avaliação dessas sementes, contribuindo para uma maior correlação com a realidade nos campos de produção. Aliado a viabilidade econômica e operacional na rotina dos laboratórios de análises de sementes. Nesse contexto as informações são ainda insuficientes e muitas vezes sem aprofundamento científico.

O objetivo no trabalho foi avaliar a influência e inferir sobre a adequação de metodologias para a representativa avaliação da germinação de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários, e indicar as mais apropriadas, que isole possíveis efeitos fitotóxicos das moléculas.

2 MATERIALE MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em colaboração entre a Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e o laboratório Qualiteste de análises físicas e fisiológicas de sementes (Qualiteste análises agronômicas), credenciado pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA), situado na cidade de Uberlândia, MG.

Sementes de um mesmo lote da cultivar Syn1366CIPRO, apresentando teor de água de 9%, foram divididas e tratadas com oito produtos fitossanitários indicados na Tabela 1, envolvendo fungicidas e/ou inseticidas, mais o tratamento controle com a aplicação somente de água. O volume máximo de calda utilizado foi de 600 mL 100 kg⁻¹ de semente, sendo a dosagem indicada do produto e o restante de água. Não foi utilizado polímero, tão pouco pó-secante.

Tabela 1. Ingredientes ativos, produtos comerciais, tipos e doses utilizadas para o tratamento de sementes de soja.

Ingrediente ativo (i.a.)	Nome comercial	Tipo ¹	Dose produto comercial ²	Dose água ³
Imidacloprido + Tiodicarbe +	Cropstar [®]	I + I	300	300
Tiametoxam	Cruiser 350 FS [®]	I	60	540
Acetamiprido	Pirâmide [®]	I	100	500
Ciantraniliprole	Fortenza 600 FS [®]	I	200	400
Carbendazin + Thiram	Derosal Plus [®]	F + F	200	400
Fludioxonil + Mefenoxam	Maxim XL [®]	F + F + F	100	500
Tiofanato-metílico+ Fluazinam	Certeza [®]	F	180	420
Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato metílico	Standak Top [®]	I + F + F	200	400
Controle	-	-	-	600

¹Tipo: I: inseticida; F: fungicida; ²Dose produto comercial: mL 100 kg⁻¹ de sementes; ³Dose de água: mL 100 kg⁻¹ de sementes; Volume de calda: 600 mL 100 kg⁻¹ de sementes. Fonte: Próprio autor.

Após o procedimento de tratamento, os teores de água nas sementes foram mensurados por meio do método da estufa (24 horas a 105 °C), sendo os teores expressos em porcentagens, conforme Brasil (2009).

Em seguida as sementes foram submetidas a dois ensaios, descritos a seguir, sendo o primeiro realizado para escolha do potencial osmótico em substrato papel e o segundo para avaliação da qualidade das sementes tratadas sob diferentes metodologias de germinação.

Ensaio 1

Após o tratamento das sementes, as mesmas foram submetidas ao teste de germinação em substrato papel (BRASIL, 2009). As sementes foram semeadas em papel germitest (2 folhas) umedecidos com soluções contendo manitol (P.A C₆H₁₄O₆) – P.M. 182,17) nos seguintes níveis de potenciais osmóticos: 0, -0,25; -0,5; -0,75 e -1,0 MPa, em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco.

As concentrações de manitol foram calculadas por meio da fórmula de Van't Hoff,

ou seja, $Y_{os} = -RTC$, onde: Y_{os} = potencial osmótico (atm); R = constante geral dos gases perfeitos ($8,32 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$); T = temperatura (K) e C = concentração (mol L^{-1}) (MORALES et al., 2015) em g L^{-1} de água, utilizadas para obter cada nível de potencial osmótico. Considerando: $1 \text{ MPa} = 10 \text{ bar}$; $1 \text{ bar} = 0,987 \text{ atm}$; $T (\text{K}) = 273 + T (^{\circ}\text{C})$. As quantidades de manitol, em gramas por litro de água destilada, utilizadas para obter cada tratamento encontram-se na Tabela 2. O nível zero (controle), com a utilização somente de água destilada, foi considerado o teste de germinação padrão, conforme Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Após a montagem, os rolos de papéis foram mantidos em germinador tipo mangelsdorf, a 25°C . As avaliações das plântulas normais foram efetuadas aos 5 dias e aos 7 dias após a semeadura, e os resultados finais expressos em porcentagem de plântulas normais, analisadas conforme Brasil (2009).

Tabela 2. Concentração de manitol utilizada para obter os potenciais osmóticos, com temperatura à 25°C .

Potencial Osmótico (MPa)	Concentração ($\text{g manitol L H}_2\text{O}^{-1}$)
0,00	0,00
-0,25	18,6
-0,50	37,1
-0,75	55,7
-1,00	74,3

Fonte: Próprio autor.

O delineamento estatístico foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial 9×5 , envolvendo nove tratamentos de sementes e cinco potenciais osmóticos com quatro repetições de 50 sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do software Sisvar® (FERREIRA, 2014), a 5% de probabilidade pelo teste F, e as médias foram agrupadas por meio do teste Scott e Knott ($p < 0,05$).

Ensaio 2

As sementes submetidas aos tratamentos fitossanitários, conforme Tabela 1, foram encaminhadas também para avaliação sob distintas metodologias de germinação, e mantidas em germinador tipo mangelsdorf, exceto o substrato areia que as bandejas foram mantidas em prateleiras em sala com condições controladas em ambos os ambientes a iluminação foi constante e a temperatura utilizada foi a 25°C com controle diário e com uma tolerância de $\pm 2^{\circ}\text{C}$. As metodologias para germinação foram:

Entre papel (EP): semeadas em substrato papel germitest (2 folhas), em rolos, umedecido com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel

seco, tido como o teste padrão (BRASIL, 2009), e mantidas em germinador tipo mangelsdorf.

Entre areia (EA): as sementes foram colocadas em uma bandeja de fundo branco e tampa transparente com as dimensões interna (307x132x115 mm) e dimensões externa (353x178x121 mm) confeccionada em plástico sobre uma camada uniforme de areia com granulometria média. As sementes foram cobertas com areia média solta de forma a obter uma camada de aproximadamente 1 cm sobre as sementes, após o semeio as bandejas foram tampadas. Posteriormente, a irrigação foi realizada na areia a 60% da capacidade de retenção (BRASIL, 2009) e mantidas em germinador tipo mangelsdorf.

Entre papel com restrição hídrica (EPR): as sementes foram semeadas em papel germitest (2 folhas), em rolos, umedecidos com solução aquosa de manitol preparada para o potencial hídrico -0,25 MPa, conforme descrição anterior e estabelecido em função dos resultados do ensaio 1 e mantidas em germinador tipo mangelsdorf.

Entre papel com pré-condicionamento (EPC): antes da semeadura, as sementes foram dispostas em caixa tipo gerbox sob tela inoxidável, tampadas e condicionadas em germinadores a 25 °C durante 24 horas e em seguida semeadas em papel germitest (2 folhas) umedecidos com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco e mantidas em germinador tipo mangelsdorf.

Entre areia e papel (EAP): areia média autoclavada seca foi distribuída na quantidade de 136 g sobre uma folha de papel germitest, papéis esses umedecidos com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. As sementes foram semeadas sobre essa fina camada de areia distribuída sobre o papel de forma uniforme, cobertas com outra folha e assim os rolos montados e mantidos em germinador tipo mangelsdorf.

Entre vermiculita e papel (EVP): a vermiculita expandida superfina foi distribuída na quantidade de 21 g sobre uma folha de papel germitest, papéis umedecidos com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. As sementes foram semeadas sobre a fina camada de vermiculita distribuída uniformemente sobre o papel e então cobertas com folha germitest e confeccionados os rolos e mantidos em germinador tipo mangelsdorf.

As análises de plântulas foram realizadas aos 5 dias após a semeadura, considerando porcentagem de plântulas normais, conforme critérios das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

O delineamento estatístico foi inteiramente ao acaso em fatorial 9x6, envolvendo

nove tratamentos de sementes e seis metodologias para avaliação da germinação de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários com 4 repetições de 50 sementes. As análises estatísticas foram realizadas por meio da análise de variância com auxílio do software Sisvar® (FERREIRA, 2014), a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$). As médias foram analisadas com o uso do teste de Scott-knott, a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As unidades após o tratamento das sementes oscilaram em valores próximos a 9%, com diferença entre o menor e o maior valor de apenas 0,5%, sendo eles Crosptar® (9,09%), Cruiser 350 FS® (9,08%), Pirâmide® (9,13%), Fortenza 600 FS® (9,05%), Derosal Plus® (9,06%), Maxim XL® (9,31%), Certeza® (8,97%), Standak Top® (9,13%) e o Controle (8,87). O que confere segurança às inferências sobre os efeitos dos produtos fitossanitários no momento dos testes fisiológicos.

O teor de água das sementes influencia diretamente vários aspectos de sua qualidade fisiológica, por isso a sua determinação é fundamental em testes oficiais de qualidade de lotes de sementes (SARMENTO et al., 2015).

Na tabela 3, primeira contagem da germinação em substrato papel, com diferentes potenciais hídricos, verifica-se que na avaliação com água pura (0,00 MPa) o tratamento de sementes com o inseticida Pirâmide® proporcionou menor porcentagem de germinação. Com maior restrição hídrica, -0,25 MPa, produtos somente com moléculas inseticidas ocasionaram menores porcentagens de plântulas normais. O que deixa evidente que, em geral, moléculas inseticidas propiciam maior fitotoxidez e danos nas avaliações de sementes de soja em substrato papel, assim demandando maior atenção nas análises.

O volume e os produtos utilizados na calda de tratamento de sementes de soja tem influência direta sobre a manutenção da viabilidade e vigor ao longo do armazenamento. Sendo necessária a escolha correta quando se necessita armazenar sementes tratadas para que a qualidade fisiológica e os efeitos benéficos do tratamento sejam mantidos (SANTOS et al., 2018).

Tabela 3. Primeira contagem de germinação (%), conduzida entre papel com potenciais hídricos por manitol de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários (TS).

TS*	Potencial Hídrico (MPa)**				
	0,00	-0,25	-0,5	-0,75	-1,00
Cropstar® (I)	97,5 A a	62,0 B b	15,5 C c	6,0 D a	0,0 D a
Cruiser® (I)	98,0 A a	47,0 B c	19,5 C c	3,5 D a	0,0 D a
Pirâmide® (I)	70,5 A b	48,0 B c	15,0 C c	0,0 D a	0,0 D a
Fortenza® (I)	98,5 A a	59,5 B b	28,0 C b	3,0 D a	0,0 D a
Derosal Plus® (F)	97,5 A a	94,0 A a	26,7 B b	0,5 C a	0,0 C a
Maxim XI® (F)	97,0 A a	96,0 A a	49,0 B a	0,0 C a	0,0 C a
Certeza® (F)	99,5 A a	97,5 A a	25,0 B b	0,0 C a	0,0 C a
Standak Top® (IF)	98,0 A a	97,0 A a	22,0 B b	3,0 C a	0,0 C a
Controle	95,5 A a	96,5 A a	16,5 B c	2,5 C a	0,0 C a

*I: inseticida, F: fungicida. **Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-knott, a 5% de probabilidade.

Foi possível observar redução proeminente na primeira contagem de germinação de sementes com a acentuação da restrição hídrica, sendo nula com o potencial hídrico de -1,0 MPa com todos os tratamentos e valores muito baixos a -0,75 MPa. Para -0,5 MPa todos os tratamentos de sementes apresentaram menores valores em relação à -0,25 MPa. Nessa restrição mais amena, sementes tratadas com fungicidas e o controle não diferiram em relação à germinação em substrato papel com água pura (Tabela 4).

Tabela 4. Germinação aos 7 dias (%), conduzida entre papel com potenciais hídricos por manitol de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários (TS).

TS*	Potencial Hídrico (MPa)**				
	0,00	-0,25	-0,50	-0,75	-1,00
Cropstar® (I)	97,5 A a	96,5 A a	95,5 A a	93,0 A a	88,0 B b
Cruiser® (I)	98,0 A a	99,0 A a	93,2 B b	91,5 B a	94,0 B a
Pirâmide® (I)	92,5 A a	97,0 A a	87,5 B c	87,5 B b	79,5 C c
Fortenza® (I)	98,5 A a	98,0 A a	92,0 B b	95,5 B a	90,5 B b
Derosal Plus® (F)	97,5 A a	94,0 A a	98,5 A a	95,5 A a	96,5 A a
Maxim XI® (F)	97,0 A a	96,0 A a	96,0 A a	94,0 A a	88,0 B b
Certeza® (F)	99,5 A a	97,5 A a	98,0 A a	93,5 B a	91,5 B b
Standak Top® (IF)	98,0 A a	97,0 A a	97,0 A a	94,0 A a	93,5 A a
Controle	95,5 A a	96,5 A a	96,0 A a	95,0 A a	89,5 B b

*I: inseticida, F: fungicida. **Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-knott, a 5% de probabilidade.

O potencial de -0,6 MPa foi considerado severo para a germinação de sementes de girassol (KAYA et al., 2006). Sob maior restrição hídrica, ocorre o prolongamento da fase estacionária do processo de embebição (SILVA et al., 2006).

Para germinação final (Tabela 4), observa-se que o prolongamento do período para a germinação para 7 dias foi suficiente para aumento da porcentagem, mesmo sob restrição hídrica mais severas. A contagem aos 7 dias de germinação amenizou os efeitos severos de restrição hídrica encontrado aos 5 dias, principalmente nos potenciais em que não havia ocorrido germinação (-0,75 e -1,0 MPa). Demonstrando o alto vigor do lote de sementes utilizado.

Com água pura (0,00 MPa) e restrição hídrica moderada (-0,25 MPa) não foram verificadas diferenças entre os tratamentos de sementes utilizados, tão pouco entre os potenciais hídricos. Já com o potencial hídrico menor a partir de -0,50 MPa, tratamentos com moléculas inseticidas proporcionaram menores valores (Tabela 4), provavelmente fruto da complexa relação estresse hídrico e/ou fitotoxidez do contato com o produto químico em substrato papel.

Assim, considerando ambas as avaliações de germinação aos 5 e aos 7 dias, frente ao comportamento das análises, o potencial hídrico de -0,25 MPa foi o que apresentou potencial para utilização em substrato papel, sendo esse o utilizado no ensaio 2.

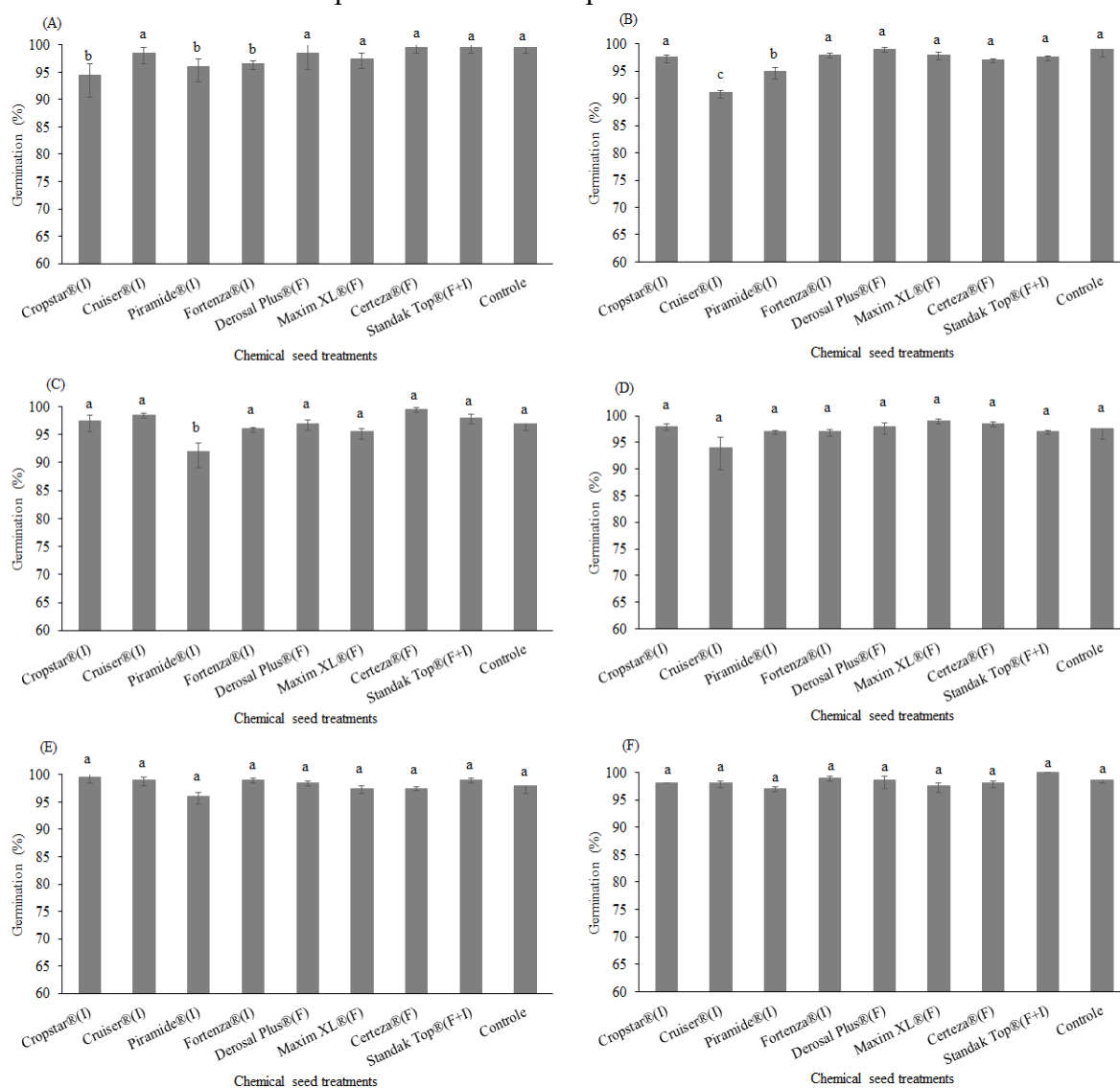
No ensaio 2, em função da análise de variância foi constatado efeito significativo para todas as fontes de variação de forma isolada, tratamento de sementes e substrato na avaliação da germinação, como também para interação entre esses fatores. Dessa maneira, com a interação entre os fatores significativa, fica evidenciado que a avaliação das sementes tratadas com produtos fitossanitários depende e apresenta comportamento distinto em função do substrato utilizado.

Em relação à comparação de metodologias foi verificado que com 2 produtos houveram diferenças entre os substratos, ambos os produtos inseticidas, Cruiser® e Pirâmide®. O que reitera a tendência de moléculas inseticidas afetarem na avaliação da germinação. De modo geral, com a avaliação da germinação aos 7 dias, todos os tratamentos apresentaram elevadas germinações acima de 92%.

Para sementes de soja, há relatos de que a redução da qualidade fisiológica de sementes de soja pela ação dos inseticidas intensifica-se com o prolongamento do período de armazenamento das sementes tratadas (DAN et al., 2010). No entanto, mesmo antes do armazenamento nota-se a influência dos tratamentos inseticidas sobre a avaliação da germinação das sementes de soja em função dos substratos utilizados. Segundo Santos et al. (2018), alguns fatores podem afetar diretamente na eficiência dos tratamentos, como condição hídrica no momento da semeadura e durante o estabelecimento inicial da cultura, ingrediente ativo, formulação dos produtos fitossanitários e o armazenamento.

As formulações fungicidas não apresentaram problemas em nenhum dos substratos avaliados, inclusive foram semelhantes ao controle, que não recebeu tratamento químico, Figura 1. Pereira et al. (2011) relataram que tratamentos com fungicidas aumentam a qualidade sanitária das sementes para períodos curtos de armazenamento.

Figura 1. Germinação de sementes de soja (%), aos 7 dias após a semeadura, tratadas com produtos fitossanitários e conduzidas sob diferentes metodologias A. Entre papel (EP), B. Entre areia (EA), C. Entre papel com restrição hídrica (EPR), D. Entre papel com pré-condicionamento (EPC), E. Entre areia e papel (EAP), F. Entre vermiculita e papel (EAP). *Médias seguidas da mesma letra, em cada metodologia, não diferem entre si pelo teste Scott-knott, a 5% de probabilidade. Barras verticais representam o Desvio padrão amostral.



Para avaliação das sementes tratadas com produtos fitossanitários em cada tipo de substrato, Figura 1, foi constatado que na avaliação com a metodologia entre papel e

somente água (EP), três tratamentos de sementes foram designados como inferiores aos demais, sendo eles os inseticidas Cropstar[®], Pirâmide[®] e Fortenza[®] (Figura 1a). Fato esse que pode estar relacionado à maior fitotoxidez desses produtos junto à água prontamente disponibilizada. Nesse sentido, a metodologia entre areia (EA) também acusou 2 lotes tratados com os inseticidas Cruiser[®] e Pirâmide[®] como inferiores (Figura 1b), ou seja maior número de plântulas anormais.

As anormalidades de plântulas causadas por efeito fitotóxico, neste estudo, não foram uniformes para todas as moléculas, mas em geral apresentavam desenvolvimento retardado das raízes secundárias e redução da plúmula, principalmente nos tratamentos com moléculas inseticidas.

Com utilização da técnica de restrição hídrica induzida por manitol, potencial de - 0,25 MPa, somente sementes tratadas com o inseticida Pirâmide[®] foram designadas como inferiores (Figura 1c). Relacionado a uma menor disponibilidade hídrica imediata, e assim embebição mais lenta, e consequentemente menor efeito fitotóxico dos produtos às sementes e às plântulas, quando comparado com as metodologias anteriores.

Nesse escopo, na metodologia substrato papel com pré-condicionamento (EPC), Figura 1d, não houve diferença entre as germinações das sementes tratadas com produtos fitossanitários com todas apresentando valores elevados. Fruto da menor velocidade de embebição por água e consequentemente menor penetração e/ou absorção do produto químico junto à semente e plântula, sobretudo na fase inicial de embebição. Visto que as sementes apresentavam baixos teores de água no momento do teste próximos a 9%.

França Neto et al., (1998) avaliando a sensibilidade de sementes cultivares de soja aos danos durante a embebição no teste de germinação, verificaram que algumas cultivares responderam positivamente ao pré-condicionamento, enquanto outros não apresentaram respostas positivas. O teor de água nas sementes de soja é uma característica importante que pode afetar os resultados obtidos no teste de germinação usando o procedimento de papel padrão (rolo de papel). Se a umidade inicial da semente é baixa (<11-13%) observa-se danos por embebição, enquanto teores acima de 15% não são afetadas no teste de germinação padrão (TOLEDO et al., 2010). Portanto, como as sementes em estudos possuíam um teor de água baixo, o pré-condicionamento proporcionou uma menor velocidade de embebição inicial de água e consequentemente do produto fitossanitário.

Apesar dos bons resultados da análise com pré-condicionamento na rotina dos laboratórios, essa metodologia apresenta duas limitações, a necessidade de caixas tipo

gerbox de tela inoxidável, o que eleva custo tanto de compra quanto de operação, e também aumenta o tempo de análise em 1 dia.

Nas análises com o uso das metodologias areia entre Papel – AEP (Figura 1e) e Vermiculita entre papel – VEP (Figura 1f), também todos os tratamentos apresentaram elevadas germinações e não diferiram estatisticamente. Em ambas as metodologias, o uso de materiais secos entre as folhas de papéis afeta a velocidade de embebição de água e consequentemente dos produtos químicos, além da possibilidade da interação entre cargas elétricas dos materiais e/ou coloides que podem adsorver as moléculas químicas, porém nesse sentido mais estudos são necessários. E dessa maneira proporciona germinações sem a influência do produto químico, e mais próximas do comportamento nos solos dos campos de produção. Constituindo assim opções de análises de sementes tratadas com facilidade técnica de condução, operacionalidade e padronização. Apesar dos inconvenientes para o dia a dia dos laboratórios de sementes quanto ao espaço, organização e limpeza, e no caso da areia o peso (OLIVEIRA et al., 2016).

4 CONCLUSÕES

Os tratamentos de sementes de soja com moléculas inseticidas afetam a germinação e avaliação das plântulas, com maior fitotoxidez em relação às moléculas fungicidas.

Metodologias de germinação com água prontamente disponível entre papel (EP) e entre areia (EA), proporcionam maior fitotoxidez dos produtos fitossanitários às sementes e plântulas, fato amenizado com o uso da restrição hídrica a -0,25 MPa em papel.

Para avaliação da germinação de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários, as metodologias entre papel com pré-condicionamento (EPC), areia entre papel (AEP) e vermiculita entre papel (VEP) são as mais apropriadas.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO 2016 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. Brasília, DF: ABRASEM, 2016. Disponível em: http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2013/09/Anuario_ABRASEM_2016_SITE.pdf. Acesso em: 10 dez. 2018.

BALARDIN, R. S., SILVA, F. D., DEBONA, D., CORTE, G. D., FAVERA, D. D.; TORMEN, N. R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1120-1126, 2011.

<https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000700002>

BRADLEY, C. A. Effect of fungicide seed treatments on stand establishment, seedling disease, and yield of soybean in North Dakota. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 92, n. 1, p. 120-125, 2008.

<https://doi.org/10.1094/PDIS-92-1-0120>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA-ACS, 2009. Disponível em:

http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 10 dez. 2018.

BRZEZINSKI, C. R.; HENNING, A. A.; ABATI, J.; HENNING, F. A.; FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; ZUCARELI, C. Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 37, p. 147-153, 2015.

<https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n2148363>

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: v. 5 safra 2017/18 n. 11: décimo primeiro levantamento.

Brasília, DF: CONAB, 2018. Disponível em:

https://www.conab.gov.br/info.../21709_4d6f8550138ed03890d0bba9f9db1675

. Acesso em: 28 de ago. 2018.

DAN, L. G. M.; DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; BRACCINI, A. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 32, n. 2 p. 131-139, 2010.

<https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000200016>

FERREIRA, D. F. SISVAR: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 4, p. 278-286, 2014.

<https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

FERREIRA, T. F.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, R. A.; RESENDE, L. S.; LOPES, C. G. M.; FERREIRA, V. F. Quality of soybean seeds treated with fungicides and insecticides before and after storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 278-286, 2016.

<https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n4161760>

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; COSTA, N. P. **Suscetibilidade das principais cultivares de soja utilizadas no Brasil ao dano de embebição no teste de germinação**. Londrina: Embrapa Soja, 1998. 10 p. (Comunicado Técnico, 60)

HUNTER, J.R.; ERICKSON, A.E. Relation of seed germination to soil moisture tension. **Agronomy Journal**, Madison, v. 44, n. 3, p. 107-109, 1952.

<https://doi.org/10.2134/agronj1952.00021962004400030001x>

KAYA, M. D.; OKÇU, G. ATAÇ, M.; CIKILI, Y.; KOLSARICI, O. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **European Journal Agronomy**, Aubière, v. 24, n. 4, p. 291- 295, 2006.

<https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.08.001>

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, jan-fev, 2009.

<https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000100003>

MORALES, R.G. F.; RESENDE, L. V.; MALUF, W.R.; PERES, L.E.P.; BORDINI, I.C. Selection of tomato plant families using characters related to water deficit resistance. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 1, p. 27-33, 2015.

<https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000100005>

OLIVEIRA, F. N.; FRANÇA, F. D; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O. Temperaturas e substratos na germinação de sementes de pereiro vermelho (*Simira gardneriana* M.R. Barbosa;Peixoto). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 658-666, out./dez. 2016.

<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160079>

PEREIRA, C. E.; OLIVEIRA, J.A.; GUIMARÃES, R. M.; VIERA, A.R.; EVANGELISTA, J. R. E.; OLIEVIRA, G. E. Tratamento fungicida e peliculização de sementes de soja submetidas ao armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 158-164, 2011.

<https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000100020>

PICCININ, G.G.; BRACCINI A.L.; DAN, L.G.M.; BAZO, G.L.; LIMA, L.H.S. Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas, **Ambiência**, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 289- 29, 2013.

<https://doi.org/10.5777/ambiencia.2013.02.04>

SANTOS, S. F.; CARVALHO, E. R.; ROCHA, D. K.; NASCIMENTO, R. M. Composition and volumes of slurry in soybean seeds treatment in the industry and physiological quality during storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.40, n.1, p.067-074, 2018.

<https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n1185370>

SILVA, J. B.; RODRIGUES, T. de, J. D.; VIERA, R. D. Desempenho de sementes de soja submetida a diferentes potenciais osmóticos em polietilenoglicol. **Ciência Rural**,

Santa Maria, v. 23, n. 5, p. 1634-1637, 2006.

<https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000500047>

TOLEDO, M. Z.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J. D. B.; NAKAGAWA, J.
Imbibition damage in soybean seeds as affected by initial moisture content, cultivar and
production location. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 38, n. 2, p. 399-408,
2010.

<https://doi.org/10.15258/sst.2010.38.2.13>

CAPÍTULO II. VIGOR DE SEMENTES TRATADAS COM PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS EM FUNÇÃO DAS ÉPOCAS DE TRATAMENTOS E A RELAÇÃO COM ANÁLISE DE IMAGEM E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM CAMPO

RESUMO

A análise de imagens de plântulas vem sendo estudada com o objetivo de minimizar as limitações existentes nos testes tradicionais, sendo uma técnica com amplo potencial de utilização no controle de qualidade de sementes de diversas culturas. O objetivo foi avaliar o vigor de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários em diferentes épocas com análises fisiológicas e de imagem (*software* Vigor-S[®]), e a relação e impactos sobre as características agronômicas em campo. O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), esquema fatorial 9x2, envolvendo 9 tratamentos de sementes (fungicidas e inseticidas) e 2 épocas de realização dos mesmos, antecipada (60 dias) e no momento da semeadura em campo. As avaliações fisiológicas foram: teste de germinação e vigor por restrição hídrica, e por meio de análise de imagem foram obtidos os seguintes parâmetros: comprimento de raiz e hipocótilo, comprimento plântula, índice de vigor, índice de crescimento e uniformidade. As mensurações realizadas por meio do *software* Vigor-S[®], foram eficientes para detecção inicial de fitotoxidez de sementes/plântulas em função do tratamento de sementes, sobretudo o comprimento radicular. Os inseticidas Pirâmide[®], Cruiser[®] e Cropstar[®] depreciaram o vigor das sementes, principalmente com a antecipação do tratamento (60 dias). A antecipação em 60 dias do tratamento de sementes, apesar de afetar o desenvolvimento inicial das plantas para os produtos testados, não prejudica a produtividade em função do vigor.

Palavras-chave: *Glycine max* L., qualidade fisiológica, *software* Vigor-S[®], tratamento de sementes antecipado.

CHAPTER II.VIGOR OF SEEDS TREATED WITH PHYTOSANITARY PRODUCTS AS A FUNCTION OF TREATMENT TIMES AND RELATION WITH IMAGE ANALYSIS AND AGRONOMIC CHARACTERISTICS IN THE FIELD

ABSTRACT

The analysis of seedling images has been studied with the objective of minimizing the existing limitations in the traditional tests, being a technique with great potential of use in the quality control of seeds of diverse cultures. The objective was to evaluate the vigor of soybean seeds treated with phytosanitary products at different times, with physiological and image analysis (Vigor-S® software), and the relation and impacts on agronomic characteristics in the field. The work was conducted in a completely randomized design (DIC), a 9x2 factorial scheme, involving 9 treatments of seeds (fungicides and insecticides) and 2 seasons of anticipation (60 days) and at the time of sowing in the field. The physiological evaluations were germination test and vigor by water restriction, and by means of image analysis the following parameters were obtained: root and hypocotyl length, seedling length, vigor index, growth index and uniformity. Measurements using the Vigor-S® software were efficient for the initial detection of seed / seedling phytotoxicity as a function of seed treatment, especially root length. The insecticides Pirâmide®, Cruiser® and Cropstar® depreciated the vigor of the seeds, mainly with the anticipation of the treatment (60 days). The 60-day anticipation of seed treatment, while affecting the initial development of the plants for the tested products, does not affect productivity as a function of vigor.

Key words: *Glycine max* L., physiological quality, Vigor-S® software, seed treatment anticipated.

1 INTRODUÇÃO

A soja está economicamente entre as culturas mais importantes do Brasil, ocupando uma área de 35,76 milhões de hectares na safra 2018/19 (CONAB, 2019), contribuindo de forma significativa para as exportações brasileiras (SANTOS et al., 2018). Diversas técnicas de manejo são adotadas para que os incrementos na produção sejam positivos na cultura da soja destacando-se o tratamento químico de sementes (BRZEZINSKI et al., 2015).

Sendo assim, justifica-se a busca de tecnologias para melhorar o desempenho das sementes de soja em campo. Nos últimos anos, a tecnologia de sementes tem avançado progressivamente e o potencial fisiológico também, impulsionado pelos avanços tecnológicos influenciados pela pesquisa (NUNES et al., 2014). O potencial fisiológico é um dos atributos que compõe a qualidade da semente (MARCOS-FILHO, 2016), e este deve ser monitorado no controle interno de qualidade de lotes de sementes para comercialização sendo este atributo associado à germinação e vigor (WENDT et al., 2017).

Uma das técnicas que pode afetar tanto positivamente quanto negativamente a qualidade fisiológica é o tratamento químico de sementes com produtos fitossanitários. Atualmente, têm aumentado o uso e a aceitação do Tratamento Industrial de Sementes (TSI). Este tipo de tratamento vem ganhando espaço no mercado de sementes de soja, no qual diversas empresas já fazem uso dessa tecnologia (FRANÇA NETO, 2015; FERREIRA, et al., 2016). Nesse processo, por questões técnicas e logísticas as sementes são tratadas antes do envase e armazenadas até o momento da semeadura (BRZEZINSKI et al., 2015; SANTOS et al., 2018). Porém, o armazenamento de sementes tratadas pode apresentar alguns inconvenientes, como possíveis efeitos depreciativos das moléculas químicas sobre as sementes, como relatado para algumas moléculas por Dan et al., (2010), Piccicin et al., (2013), Ferreira et al., (2016) e Santos et al., (2018). Além da qualidade fisiológica, conseqüentemente a emergência em campo, essa antecipação do tratamento pode afetar os resultados do lote em campo, conforme constatado por Brzezinski et al., (2015) em que a antecipação em 240 dias prejudicou o estabelecimento e a produtividade da soja em relação ao tratamento em pré-semeadura.

Dependendo do período de antecipação, o tratamento antes do envase pode ser prejudicial, mas por questões logísticas de semeadura, principalmente quando se trata de TSI, se faz necessário. O monitoramento do tempo que a semente de soja pode

permanecer tratada sem prejuízos à sua qualidade fisiológica (*Seed safety*) é de extrema importância. Por isso, além do teste de germinação, outros testes para o vigor também são necessários, e para esses a confiabilidade, a rapidez e o bom custo-benefício são essenciais.

O estudo da correlação entre testes de vigor com o estabelecimento de plântulas em campo é frequentemente adotado para validar o comportamento potencial quantificado em laboratório (LEAL et al., 2012). Além do vigor, o estabelecimento em campo pode ser influenciado pelos efeitos diretos e indiretos dos demais atributos que compõem a qualidade fisiológica de um lote de sementes (WENDT et al., 2017).

Diferente do resultado do teste de germinação (BRASIL, 2009), os resultados do teste de vigor não são incluídos em padrões para a comercialização de sementes, porém sua utilização é importante em programas de controle de qualidade conduzidos por empresas produtoras de sementes (CASTAN et al., 2018).

Vários testes são utilizados rotineiramente em laboratórios de sementes para a avaliação do vigor de sementes de soja, dentre eles está o teste de envelhecimento acelerado, tetrazólio, condutividade elétrica, crescimento e classificação do vigor de plântulas (VIEIRA et al., 2003). Uma das limitações dos testes de vigor está relacionada com o tempo necessário para execução e a subjetividade em algumas avaliações (PINTO et al., 2015). Assim, nos últimos anos, na pesquisa em tecnologia de sementes têm sido trabalhados procedimentos computadorizados para a avaliação do vigor de sementes (WENDT et al., 2017).

Nesse sentido, recursos computacionais para avaliação eficiente do potencial fisiológico de sementes foi estudado por Sako et al., (2001), que utilizaram imagens digitalizadas de plântulas de alface no sistema denominado Seed Vigor Imaging System - SVIS[®], e o mesmo sistema foi adaptado para soja em estudos realizados por Hoffmaster et al., (2003), Hoffmaster et al., (2005). Para sementes de milho, Castan et al., (2018) verificaram resultados equivalentes do software Vigor-S[®] aos obtidos na análise SVIS[®] e em testes de vigor convencionalmente utilizados.

Diante do exposto, neste trabalho o objetivo foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja em função da época de tratamento e produtos fitossanitários, por meio de análises fisiológicas e de imagem com *software* Vigor-S[®], e a relação e impactos nas características agrônômicas em campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), *campus* Monte Carmelo, MG, em colaboração com o laboratório Qualiteste de análises físicas e fisiológicas de sementes (Qualiteste Análises Agronômicas), credenciado pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA), Uberlândia, MG.

Após quantificação do teor de água (BRASIL, 2009), sementes de um lote de uma cultivar de soja (Syn1366CIPRO) foram particionados em porções de 2 quilogramas e em seguida tratadas com diferentes fungicidas e/ou inseticidas. Os tratamentos de sementes envolveram oito produtos fitossanitários e o tratamento controle, somente água, indicados na Tabela 1. O volume máximo de calda utilizado foi de 600 ml 100 kg⁻¹ de semente, sendo a dosagem indicada do produto e o restante água (produto + água). No tratamento das sementes não foi utilizado polímero, tão pouco pó-secante. Após o tratamento, as sementes foram deixadas á sombra, a uma temperatura aproximada de 20°C, por 20 minutos para secagem dos tratamentos.

Os tratamentos de sementes foram realizados em duas épocas, de forma antecipada e no momento da semeadura em campo. O tratamento de sementes antecipado ocorreu 60 dias antes da semeadura em campo, após o tratamento, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel kraft multifoliado e permaneceram em ambiente com temperatura controlada a 20°C e 60% de umidade relativa do ar até o dia da semeadura. As sementes que receberam o tratamento no momento da semeadura, ou seja, armazenamento sem tratamento permaneceram armazenadas durante esses 60 dias no mesmo ambiente e temperatura que as sementes tratadas antecipadamente. No momento da semeadura, que ocorreu em novembro de 2017, essas sementes foram tratadas com os produtos indicados na Tabela 1, seguindo os mesmos procedimentos para o tratamento antecipado.

Após o procedimento do tratamento no dia da semeadura, uma porção das sementes foi utilizada para a semeadura em campo e o restante direcionado às imediatas análises fisiológicas e por imagem conduzidas em laboratório.

As avaliações em campo foram realizadas na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), *campus* Monte Carmelo, situada na latitude 18° 43' 29" Sul, longitude 47°29'55''W e altitude de aproximadamente 870 m. O clima é tido como Aw, de acordo com a classificação de Köppen. O solo na área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006), a área escolhida para implantação apresentava homogeneidade de topografia (plana) e de cultivos anteriores.

Tabela 1. Ingredientes ativos, produtos comerciais, classificação e doses para o tratamento de sementes de soja.

Ingrediente ativo (i.a.)	Nome comercial	Classificação ¹	Dose produto comercial ²	Dose água ³
imidacloprido + tiodicarbe	Cropstar [®]	I + I	300	300
tiametoxam	Cruiser 350 FS [®]	I	60	540
acetamiprido	Pirâmide [®]	I	100	500
ciantraniliprole	Fortenza 600 FS [®]	I	200	400
carbendazin + thiram	Derosal Plus [®]	F + F	200	400
fludioxonil + mefenoxam	Maxim XL [®]	F + F + F	100	500
tiofanato-metílico+ fluazinam	Certeza [®]	F	180	420
fipronil + piraclostrobina + tiofanato metílico	Standak Top [®]	I + F + F	200	400
Controle	-	-	-	600

¹I: inseticida; F: fungicida; ²Dose produto comercial: mL 100 kg⁻¹ de sementes; ³Dose de água: mL 100 kg⁻¹ de sementes; Volume de calda: 600 mL 100 kg⁻¹ de sementes. Fonte: Próprio autor.

Posteriormente a realização da amostragem do solo (0-20 cm de profundidade), a adubação foi realizada via sulco no momento da semeadura, atendendo as especificações para a cultura em Ribeiro et al., (1999), com fósforo e potássio por meio das fontes supersimples e cloreto de potássio respectivamente. A abertura dos sulcos de semeadura, espaçados em 0,50 m, foi realizada utilizando tração mecanizada, em sistema de plantio direto, sobre restos de palhada da cultura do milho. A semeadura foi realizada manualmente em 15 de novembro de 2017, e realizado o desbaste após 15 dias de emergência, mantendo-se 13 plantas por metro, padronizando assim para todos os tratamentos o mesmo estande de plantas, 260.000 plantas por hectare. Dessa maneira, foi assegurado que as possíveis diferenças nas características agrônômicas em campo são devidas aos efeitos do vigor das sementes e não das diferentes germinações/emergências que ocasionam estandes distintos, como o ocorrido em trabalhos nessa linha de pesquisa.

As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de 5,0 m de comprimento. Como área útil, foram utilizadas duas fileiras centrais com a eliminação de 0,50 m nas extremidades das mesmas a título de bordadura. Ao longo do ciclo da cultura foi realizado o manejo uniforme de plantas infestantes, pragas e doenças conforme incidência das mesmas.

As avaliações agronômicas realizadas foram alturas de plantas aos 30 e aos 60 dias após a emergência (30 e 60 DAE), altura final em pré-colheita e altura de inserção da primeira vagem, em centímetros, número de vagens por planta e número de sementes por vagem, tomadas em 10 plantas ao acaso da parcela útil. Foi estimada a produtividade de grãos (kg ha^{-1}) com correção para 13% de umidade.

As análises fisiológicas e por imagens foram conduzidas no laboratório Qualiteste de análises físicas e fisiológicas de sementes, Uberlândia, MG.

A análise fisiológica foi por meio dos seguintes testes: Germinação, em substrato de papel tipo Germitest, 2 folhas, na forma de rolo, umedecido com água em 2,5 vezes o peso do papel seco. Foram semeadas quatro repetições de 50 sementes e levadas ao germinador a 25 °C. Foi realizada a primeira contagem de germinação, aos 5 dias após a semeadura, conforme Brasil (2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais. Vigor por meio de germinação sob restrição hídrica, as sementes foram semeadas em papel germitest (2 folhas) com a mesma metodologia descrita para o teste de germinação anteriormente, porém para o umedecimento dos papéis foi utilizada solução aquosa contendo manitol ($\text{P.A C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$ – P.M. 182,17) para simulação artificial da restrição hídrica e obtenção do potencial osmótico de -0,25 MPa. As concentrações de manitol foram calculadas por meio da fórmula de Van't Hoff, ou seja, $Y_{os} = -RTC$, onde: Y_{os} = potencial osmótico (atm); R = constante geral dos gases perfeitos ($8,32\text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$); T = temperatura (K); e C = concentração (mol L^{-1}), em g L^{-1} de água. Considerando: 1 MPa = 10 bar; 1 bar = 0,987 atm; T (K) = 273+T (°C). Nas condições do experimento foram necessários de manitol 18,6 g L^{-1} de água. A avaliação das plântulas normais foi realizada conforme critérios de BRASIL (2009), aos 5 dias após a semeadura.

As sementes foram submetidas a uma análise computadorizada de imagens de plântulas por meio do *software* Vigor-S®, com quatro repetições de 20 sementes. As sementes foram distribuídas sobre 2 folhas de papel germitest umedecidas com quantidade de água destilada equivalente a 2,5 vezes ao peso do papel. As sementes foram dispostas no sentido longitudinal, com duas fileiras no terço superior do papel, cobertas com uma terceira folha e confeccionado os rolos. Os rolos contendo as sementes foram colocados em germinador a 25 °C durante três dias com angulação de 75-85° em relação a horizontal do germinador. Após esse período, a digitalização das imagens das plântulas foi realizada. Para a posterior avaliação no programa computacional Vigor S®, as plântulas foram digitalizadas por meio de escâner HP Scanjet 200, instalado em posição invertida no interior de uma caixa de alumínio (60 x 50 x 12 cm), ajustado na resolução

de 300 dpi. Por meio do *software* Vigor S[®] foram gerados valores numéricos referentes ao índice de vigor, ao crescimento das plântulas e à uniformidade de desenvolvimento (valores em escala absoluta de 0 a 1000, diretamente proporcionais), além dos valores do comprimento médio do hipocótilo e da radícula das plântulas em centímetros (RODRIGUES et al., 2018). Como padrão preliminar para o vigor foi utilizado a proposta estabelecida por Ohio Seed Improvement Association, a qual considera alto vigor: > 500; vigor médio: 200-500 e baixo vigor: <200, porém esses valores ainda necessitam de ajustes para as sementes de soja das cultivares brasileiras produzidas nas condições edafoclimáticas das principais regiões produtoras. Para o cálculo dos índices de vigor, crescimento e uniformidade, as fórmulas foram descritas por Sako et al., (2001).

O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições para o experimento em campo e avaliações das características agronômicas, e quatro repetições para as análises fisiológicas e por imagem em laboratório. Foi adotado esquema fatorial 9x2, envolvendo 9 tratamentos de sementes e 2 épocas de realização dos mesmos, antecipada (60 dias) e no momento da semeadura em campo. Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do software Sisvar[®] (FERREIRA, 2014), a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$). Quando a pertinente, as médias foram agrupadas utilizando-se Scott-Knott, a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os lotes de sementes apresentaram uniformidade quanto aos teores de água, com valores próximos a 9%, com diferença entre o menor e o maior valor de apenas 0,5%, garantindo confiabilidade dos resultados das avaliações do potencial fisiológico das sementes.

A uniformidade do teor de água entre lotes de sementes é de suma importância para a obtenção de resultados consistentes, pois diferenças maiores que 2 a 3 pontos percentuais podem interferir nos resultados dos testes de vigor (MARCOS FILHO, 1999), visto que a velocidade de absorção de água pelas sementes é uma característica de influência em tais testes.

Observou-se que a época de tratamento das sementes não interferiu na germinação em papel, tão pouco o vigor por meio de restrição hídrica. Demonstrando que somente esses testes podem não ser suficientes para detectar possíveis efeitos prejudiciais do tratamento antecipado. Entre os tratamentos fitossanitários houve diferença tanto para

germinação quanto para o vigor por restrição hídrica (Tabela 2). Sementes tratadas com os inseticidas Cropstar[®], Cruiser[®] e Pirâmide[®] apresentaram porcentagem de primeira contagem de germinação inferiores aos demais produtos. O que reitera que algumas moléculas inseticidas podem apresentar toxidez em análises fisiológicas, principalmente em substrato papel (BRZEZINSKI et al., 2015; SANTOS et al., 2018).

Entretanto, todos os percentuais foram acima do mínimo exigido para comercialização de sementes de soja, 80% (MAPA, 2013). O menor valor de germinação foi de 95,4% (Tabela 2). Os lotes de sementes avaliadas estavam vigorosos, apresentando vigor mínimo por restrição hídrica de 94% (Tabela 2). Porém, devido ao baixo coeficiente de variação, pequenas diferenças foram indicadas significativas, sendo os inseticidas Cruiser[®] e Pirâmide[®] e os fungicidas Derosal Plus[®] e Certeza[®] com valores inferiores.

Tabela 2. Porcentagens de germinação (Germ.) e vigor por restrição hídrica (Vigor RH) em função dos tratamentos de sementes com produtos fitossanitários.

TS*	Germ.	Vigor RH
Cropstar [®] (I)	95,4 b	99,0 a
Cruiser [®] (I)	95,4 b	96,3 b
Pirâmide [®] (I)	96,0 b	95,5 b
Fortenza [®] (I)	97,0 a	97,8 a
Derosal Plus [®] (F)	97,8 a	96,3 b
Maxim XL [®] (F)	98,3 a	97,5 a
Certeza [®] (F)	98,0 a	96,3 b
Standak Top [®] (IF)	98,0 a	98,0 a
Controle	98,5 a	97,3 a
CV (%)	2,1	2,2

*I: inseticida, F: fungicida. CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-knott, a 5% de probabilidade.

Em relação às variáveis resultantes da análise computadorizada de sementes e plântulas, o comprimento das plântulas foi menor em sementes tratadas com os inseticidas Cropstar[®], Cruiser[®], Pirâmide[®], Fortenza[®] e com os fungicidas Derosal Plus[®] e Maxim XL[®] (Tabela 3). Algumas moléculas de tratamento de sementes podem levar à anormalidades nas plântulas (Tabela 2), mas também à uma plântula normal menor (Tabela 3) que pode ser detectada por meio de análise de imagem. A diferença entre o controle e o menor comprimento de plântula em sementes tratadas com Pirâmide[®] foi de 28%.

Para uniformidade (Tabela 3), em todos os lotes foram constatados valores acima de 600, porém, plântulas oriundas de sementes tratadas com os produtos Pirâmide[®],

Derosal Plus[®], Maxim XL[®] apresentaram menor uniformidade.

Tabela 3. Comprimento da plântula (Plant.), em centímetros, e a uniformidade (Unif.) em função tratamentos de sementes com produtos fitossanitários, obtidos por meio de análise de imagem (Vigor S[®]).

TS*	Plant.	Unif.
Cropstar [®] (I)	5,6 b	747,5 a
Cruiser [®] (I)	5,6 b	720,3 a
Pirâmide [®] (I)	5,4 b	639,8 b
Fortenza [®] (I)	6,2 b	747,0 a
Derosal Plus [®] (F)	6,1 b	690,5 b
Maxim XL [®] (F)	6,1 b	681,4 b
Certeza [®] (F)	7,0 a	749,6 a
Standak Top [®] (IF)	7,1 a	734,0 a
Controle	7,6 a	756,1 a
CV (%)	20,9	7,4

*I: inseticida, F: fungicida. CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-knott, a 5% de probabilidade.

O comprimento total da plântula, do hipocótilo e a uniformidade das plântulas foram inferiores quando oriundas de sementes que receberam o tratamento antecipado, 60 dias (Tabela 4). Depreciação essa, não constatada por meio dos testes fisiológicos convencionais como germinação. O uso da análise de imagem foi eficiente e sensível para detecção de processos depreciativos iniciais em sementes de soja.

Silva e Cicero (2012) concluíram que o comprimento de plântulas e os índices de vigor e de crescimento obtidos na análise via SVIS[®] foram eficientes na classificação de lotes de sementes de berinjela. No trabalho de Pinto et al., (2015), apenas o índice de uniformidade não apresentou resultados satisfatórios para a classificação da qualidade fisiológica de sementes de milho. Embora haja vários métodos disponíveis para determinar o vigor de sementes, um dos mais importantes é a avaliação da velocidade e uniformidade de crescimento, enfatizada na própria conceituação de vigor (MARCOS FILHO et al., 2009).

Tabela 4. Comprimento total da plântula (Plant.), do hipocótilo (Hip.), em centímetros, e a uniformidade (Unif.) em função da época do tratamento de semente com produtos fitossanitários, obtidos por meio de análise de imagem (Vigor-S[®]).

Época TS*	Plant.	Hip.	Unif.
Antecipado	5,0 b	1,63 b	693,7 b
Semeadura	7,0 a	2,00 a	743,3 a
**CV (%)	20,9	24,1	7,4

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade. **CV: coeficiente de variação.

Para a realização do teste de comprimento de plântulas não são necessários equipamentos e analistas especializados, sendo um teste relativamente simples, porém as medições realizadas no teste são feitas manualmente, demandando tempo e estando sujeitas à variações dentre analistas (DORNELAS et al., 2005). Tendo em vista a grande demanda de tempo e a subjetividade proveniente das variações entre os possíveis analistas do teste, uma alternativa que solucionaria tais entraves seria a automatização deste processo a partir do processamento computadorizado de imagens (HOFFMASTER et al., 2003), além de tornar o teste mais rápido (MARCOS-FILHO et al., 2015).

Para comprimento de raiz, quando houve diferença entre as épocas de tratamento, as sementes que receberam o tratamento no momento do plantio demonstraram superioridade ao tratamento antecipado, fato que ocorreu para os inseticidas Cruiser[®], Pirâmide[®], Fortenza[®] e para o fungicida Maxim XL[®] e o controle (Tabela 5).

Tabela 5. Comprimento de raiz, em centímetros, em função das épocas e dos tratamentos de sementes com produtos fitossanitários (TS), obtidos por meio de análise de imagem (Vigor-S[®]).

TS*	Época de tratamento de semente	
	Antecipado	Semeadura
Cropstar [®] (I)	4,66 Aa	4,66 Ac
Cruiser [®] (I)	3,10 Bc	4,71 Ac
Pirâmide [®] (I)	2,10 Bd	3,46 Ad
Fortenza [®] (I)	3,90 Bb	5,08 Ab
Derosal Plus [®] (F)	4,34 Aa	4,50 Ac
Maxim XI [®] (F)	3,80 Bb	4,73 Ac
Certeza [®] (F)	4,80 Aa	5,26 Ab
Standak Top [®] (IF)	4,48 Aa	5,88 Aa
Controle	5,15 Ba	6,15 Aa
CV (%)	11,9	

*I: inseticida, F: fungicida. **Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-knott, a 5% de probabilidade.

Com o tratamento antecipado, os produtos inseticidas Cruiser[®] e Pirâmide[®] foram os mais prejudiciais ao desenvolvimento de raiz das plântulas (Tabela 5). Mesmo com o tratamento em Pré-semadura, todos os tratamentos químicos depreciaram o desenvolvimento radicular, exceto o tratamento Standak Top[®] que não diferiu do controle. Para ambas as épocas de tratamento, o inseticida Pirâmide[®] proporcionou menor desenvolvimento radicular, indicando uma maior fitotoxidez desse ao sistema radicular com o tratamento antecipado e em pré-semadura a inibição radicular foi de 59 e 44%, respectivamente em relação ao controle. A avaliação do desenvolvimento radicular, por meio da mensuração do comprimento com a metodologia de análise de imagem usada,

também foi eficiente para avaliação de fitotoxidez de produtos fitossanitários às sementes e plântulas de soja.

Vanzolini et al., (2007) buscaram correlacionar os dados de comprimento de plântula e raiz com os dados de emergência de plântulas em campo e concluíram que somente o comprimento de raiz obteve tal correlação de forma a diferenciar os lotes de soja. Assim como Vanzolini et al., (2007), outros autores relataram o comprimento de raiz sensível na diferenciação de lotes de sementes de soja (KRZYANOWSKI 1991; NAKAGAWA, 1999; VANZOLINI; 2002).

De maneira geral, os lotes que receberam o tratamento no momento do plantio foram mais vigorosos (Tabela 6). Para os tratamentos com Cropstar[®], Derosal Plus[®] e Certeza[®] não houve diferença do índice de vigor em função da época de tratamento.

Para o tratamento antecipado, os inseticidas Pirâmide[®] e Cruiser[®] proporcionaram menores índices de vigor. E para o tratamento no momento da semeadura, novamente o inseticida Pirâmide[®] ocasionou menor índice de vigor de plântulas. De acordo com o padrão preliminar para o vigor estabelecido por Ohio Seed Improvement Association, a qual considera alto vigor: > 500; vigor médio: 200-500 e baixo vigor: <200, demonstra que a maioria dos tratamentos fitossanitários utilizados no momento da semeadura obtiveram alto vigor, exceto para o tratamento Pirâmide[®]. Já no tratamento antecipado, observa-se médio vigor para os tratamentos Cruiser[®], Pirâmide[®] e Maxim XL[®]. Para o tratamento Pirâmide[®] observou-se uma redução no índice de vigor de 25% com o tratamento antecipado. Sendo assim, o padrão estabelecido por Ohio se adequa as sementes brasileiras.

Tabela 6. Índice de vigor em função das épocas e dos tratamentos de sementes com produtos fitossanitários (TS), obtidos por meio de análise de imagem (Vigor-S[®]).

TS*	Época de tratamento de semente	
	Antecipado	Semeadura
Cropstar [®] (I)	590,2 Aa	544,9 Ac
Cruiser [®] (I)	440,3 Bc	600,5 Ab
Pirâmide [®] (I)	351,2 Bd	468,7 Ad
Fortenza [®] (I)	515,6 Bb	629,7 Ab
Derosal Plus [®] (F)	539,0 Ab	560,8 Ac
Maxim XL [®] (F)	491,9 Bb	581,1 Ac
Certeza [®] (F)	591,9 Aa	621,6 Ab
Standak Top [®] (IF)	567,0 Ba	675,6 Aa
Controle	609,9 Ba	716,4 Aa
CV (%)	8,9	

*I: inseticida, F: fungicida. CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-knott, a 5% de probabilidade.

De maneira semelhante ao observado para o índice de vigor, os lotes que receberam o tratamento no momento do plantio tiveram maior índice de crescimento, exceto para Crosptar[®], Derosal Plus[®] e Certeza[®] em que a época de tratamento não afetou (Tabela 7). Para o tratamento antecipado, em sementes com Pirâmide[®] e Cruiser[®] houve menor índice de crescimento de plântulas. Já com o tratamento no momento da semeadura, os inseticidas Pirâmide e o Crosptar[®] foram os mais prejudiciais ao índice de crescimento. De modo geral, os índices de vigor e crescimento apresentaram discriminações próximas. Segundo, Nakagawa (1999) o teste de comprimento de plântulas ou de suas partes tem sido considerado eficiente para detectar diferenças no potencial fisiológico de sementes de várias espécies. Ao mesmo tempo, além dessa sensibilidade, seus resultados podem apresentar estreita relação com a emergência de plântulas em campo (KRZYZANOWSKI, 1991; VANZOLINI et al., 2007; MARCOS FILHO et al., 2009). Assim, os parâmetros calculados em função dos comprimentos das plântulas e partes das mesmas, obtidos com a metodologia descrita no trabalho, podem ser úteis para variações sutis entre lotes e detecção de deteriorações e/ou fitotoxidez iniciais.

Tabela 7. Índice de crescimento em função das épocas e dos tratamentos de sementes com produtos fitossanitários (TS), obtidos por meio de análise de imagem (Vigor-S[®]).

TS*	Época de tratamento de semente	
	Antecipado	Semeadura
Cropstar [®] (I)	516,8 Aa	464,0 Ac
Cruiser [®] (I)	346,0 Bc	523,4 Ab
Pirâmide [®] (I)	238,4 Bd	384,4 Ac
Fortenza [®] (I)	432,1 Bb	563,8 Ab
Derosal Plus [®] (F)	480,8 Aa	498,5 Ab
Maxim XI [®] (F)	422,2 Bb	526,6 Ab
Certeza [®] (F)	532,1 Aa	558,9 Ab
Standak Top [®] (IF)	498,6 Ba	647,7 Aa
Controle	567,4 Ba	679,2 Aa
CV (%)	11,6	

*I: inseticida, F: fungicida. CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-knott, a 5% de probabilidade.

Embasado nas características avaliadas pelo *software* Vigor S[®] infere-se que o equipamento é promissor na avaliação do vigor de sementes de soja, podendo ser adotado como teste complementar no controle de qualidade de empresas produtoras de sementes.

Em relação às características agronômicas em campo, a altura de inserção de primeiro legume, altura final e número de sementes por vagem não diferiram em função

dos tratamentos. Sendo que a altura de inserção da primeira vagem apresentou média geral de 8,62 e CV de 12,22% e o número de semente por vagem apresentou média geral de 2,34, e o CV de 14,66%. Fatores que podem ter contribuído para isso são: mesma cultivar e estande de plantas padronizado.

Não observou-se influência do tratamento fitossanitário para altura das plantas realizadas aos 30 e 60 dias após a semeadura. Entretanto, a época que as sementes receberam o tratamento influenciou no desenvolvimento inicial das plantas em campo, alturas aos 30 e aos 60 dias, tendo as sementes que permaneceram armazenadas tratadas por dois meses apresentado desenvolvimento inicial mais lento, resultando em menores alturas em relação aquelas que receberam o tratamento no momento do plantio (Tabela 8).

Tabela 8. Altura de plantas aos 30 dias (Alt.30) e aos 60 DAE (Alt. 60) e de altura de inserção do primeiro legume (1º leg.), em centímetros, em função da época do tratamento de semente de soja com produtos fitossanitários.

Época TS*	Alt. 30	Alt. 60
Antecipado	11,0 b	47,9 b
Semeadura	11,7 a	51,7 a
CV (%)	8,6	10,5

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade. **CV: coeficiente de variação.

Neste sentido, Dan et al., (2013) constataram reduções na emergência de plântulas oriundas de sementes de soja tratadas e armazenadas com inseticida. Brzezinski et al., (2015) relataram que o tratamento de sementes antecipado (240 dias antes da semeadura) prejudicou o estabelecimento da cultura, a massa de mil sementes e a produtividade de grãos, em relação ao tratamento em pré-semeadura. E que os tratamentos químicos contendo fungicidas e inseticidas associados favoreceram o estabelecimento da cultura, porém não alteraram o desempenho produtivo da soja.

Para o número de vagens por planta, o tratamento antecipado proporcionou médias inferiores em relação ao realizado no momento de semeadura com os inseticidas Cropstar® e Pirâmide® e com o controle para os demais tratamentos não houve problema com a antecipação (Tabela 9). Com o tratamento antecipado, observa-se menores médias com o uso dos inseticidas Cropstar® e Cruiser® bem como o controle. O fato do controle, somente água, ter apresentado médias inferiores com tratamento antecipado em algumas variáveis, pode estar relacionado ao favorecimento de patógenos ao longo do armazenamento. Com o tratamento no momento da semeadura nenhum produto

depreciou ou incrementou essa importante componente produtiva.

Tabela 9. Número de vagem por planta em função da época do tratamento de semente de soja com produtos fitossanitários.

TS*	Época de tratamento de semente	
	Antecipado	Semeadura
Cropstar® (I)	41,93 Bb	65,47 Aa
Cruiser® (I)	41,07 Ab	47,63 Aa
Pirâmide® (I)	49,43 Ba	63,97 Aa
Fortenza® (I)	55,77 Aa	56,13 Aa
Derosal Plus® (F)	51,53 Aa	56,53 Aa
Maxim X1® (F)	60,13 Aa	60,53 Aa
Certeza® (F)	57,00 Aa	47,97 Aa
Standak Top® (IF)	55,87 Aa	57,56 Aa
Controle	44,33 Bb	60,53 Aa
CV (%)	14,3	

*I: inseticida, F: fungicida. CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-knott, a 5% de probabilidade.

Os tratamentos de sementes não afetaram de forma significativa a produtividade final, independente da época de realização dos mesmos, com média geral de 4416 kg ha⁻¹. A média apresentada no trabalho foi superior à média nacional, segundo a CONAB (2019) a produtividade estimada para safra 2018/2019 foi de 3210 kg ha⁻¹ e na safra 2017/18 este valor foi de 3410 kg ha⁻¹.

A produtividade final em campo não foi alterada em função da época de tratamento das sementes, o que possibilita a antecipação do tratamento em 60 dias, importante para ganhos logísticos. Porém, ressalta-se que esse resultado foi obtido em função de vigor com estande padronizado. Já Brzezinski et al., (2015), padronizando o número de sementes por hectare, observaram que o tratamento em pré-semeadura proporcionou maior emergência e produtividade em relação ao tratamento antecipado, 240 dias, com valores médios de 65% e 2684 kg ha⁻¹ e 57% e 2505 kg ha⁻¹, respectivamente. Evidenciando dessa maneira a importância do estande adequado para altas produtividades.

4 CONCLUSÕES

As mensurações dos comprimentos de plântulas e demais índices derivados por meio de análise de imagem, *software* Vigor-S®, são testes eficientes para detecção inicial de fitotoxidez de sementes/plântulas em função do tratamento de sementes, sobretudo o

comprimento radicular.

O tratamento de sementes com os produtos inseticidas Pirâmide[®], Cruiser[®] e Cropstar[®] depreciaram o vigor das sementes, principalmente com a antecipação do tratamento (60 dias).

A antecipação em 60 dias do tratamento de sementes, apesar de afetar o desenvolvimento inicial das plantas para os produtos testados, não prejudica a produtividade em função do vigor.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa, nº 45, de 17 de setembro de 2013. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n.45, p. 25, 20 set. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA-ACS, 2009. 395 p.

http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 18 de dezembro 2018

BRZEZINSKI, C. R.; HENNING, A. A.; ABATI, J.; HENNING, F. A.; FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; ZUCARELI, C. Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 37, p. 147-153, 2015.

<https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n2148363>

CASTAN, D. O. C.; GOMES JUNIOR, F. G.; MARCOS FILHO, J. Vigor-S, a new system for evaluating the physiological potential of maize seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.75, n. 2, p.167-172, 2018.

<https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0401>

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: v. 5 safra 2017/18 n. 11: décimo primeiro levantamento. Brasília, DF: CONAB, 2018. Disponível em:

https://www.conab.gov.br/.../safras/graos/...safra...graos/.../21709_4d6f8550138ed0389.

--

Acesso em: 28 de ago. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Perspectivas para agropecuária**: volume 6: safra 2018-2019. Brasília, DF: CONAB, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/images/arquivos/outros/Perspectivas-para-a-agropecuaria-2018-19.pdf> Acesso em: 4 de jan. 2019.

CHALFOUNS, I. Image analysis in the evaluation of the physiological potential of maize seeds. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 2, p. 319-328, 2015.

<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150011>

DAN, L. G. M.; DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; BRACCINI, A. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2 p. 131-139, 2010.

<https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000200016>

DORNELAS, M. C.; LOBO, C. A.; VIEIRA, I. G. Avaliação do tamanho de plântulas de Eucalyptus spp. após a germinação, com utilização de análise de imagens digitais auxiliada por computador. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 125-130, 2005.

FERREIRA, T. F.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, R. A.; RESENDE, L. S.; LOPES, C. G. M.; FERREIRA, V. F. Quality of soybean seeds treated with fungicides and

insecticides before and after storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 278-286, 2016.

<https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n4161760>

FRANCA NETO J. B.; HENNING A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LORINI I.
Adoção do tratamento industrial de sementes de soja no Brasil, safra 2014/15.
Informativo Abrates, Londrina, v 25, n 1. p.4-8, 2015.

HOFFMASTER, A. F.; XU, L.; FUJIMURA, K.; MCDONALD, M. B.; BENNETT, M. A.; EVANS, A. F. The Ohio State University Seed Vigor Imaging System (SVIS) for soybean and corn seedlings. **Seed Technology**, Lincoln, v. 27, n. 1, p. 7-24, 2005.

HOFFMASTER, A. L.; FUJIMURA, K.; MCDONALD, M. B.; BENNETT, M. A.
An automated system for vigour testing three-day-old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, n. 3, p. 701-713, 2003.
<https://doi.org/10.15258/sst.2003.31.3.19>

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; COSTA, N. P. A
Semente de soja como tecnologia e base para altas produtividades. Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Série Sementes. Circular técnica, 55).

KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de comprimento de raiz de plântula de soja.
Informativo ABRATES, Brasília, v. 2, n. 1, p. 1114, 1991.

LEAL, C. C. P.; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; TOMCZAK, V. E.;
BENEDITO, C. P. Validação de testes de vigor para sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 421-424, 2012.

MARCOS FILHO, J. **Seed physiology of cultivated plants**. Londrina: ABRATES, 2016.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.72, n. 4, p. 363-374. July/Aug. 2015.
<https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>

MARCOS FILHO, J. Teste de Envelhecimento Acelerado. In.: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999, p. 31-34.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. D. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.
<https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000100012>

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.21- 22

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.). **Vigor de**

sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p. 21-24.

NUNES, R. T. C.; UBIRATAN, O. S.; OTONIEL, M. M.; CAÍQUE, M. S. L. Análise de imagens na avaliação da qualidade fisiológica de sementes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 9, n. 5, p. 84-90, 2014.

PICCININ, G. G.; BRACCINI A.L.; DAN, L. G. M.; BAZO, G. L.; LIMA, L. H. S. Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas, **Ambiência**, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 289- 29, 2013.
<https://doi.org/10.5777/ambiencia.2013.02.04>

PINTO, C. A. G.; CARVALHO, M. L. M.; ANDRADE, D. B.; LEITE, E. R.; I. Image analysis in the evaluation of the physiological potential of maize seeds. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 2, p. 319-328, 2015.
<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150011>

RODRIGUES, M.; GOMES JUNIOR, F. G.; MARCOS FILHO, J. Sistema Vigor-S para avaliação automatizada do vigor de sementes de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8., 2018, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: 2018. p. 986-988.

SAKO Y; McDONALD, M. B; FUJIMURA K; EVANS, A. F.; BENNETT, M. A. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n.3 p. 625-636. 2001.

SANTOS, S. F. dos. CARVALHO, E. R.; ROCHA, D. K.; NASCIMENTO, R. M. Composition and volumes of slurry in soybean seeds treatment in the industry and physiological quality during storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.40, n.1, p.067-074, 2018.
<https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n1185370>

SILVA, C. B., LOPES, M. M., MARCOS FILHO, J., & VIEIRA, R. D. Automated system of seedling image analysis (SVIS) and electrical conductivity to assess sunhemp seed vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 55-60, mar. 2012.
<https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000100007>

VANZOLINI, S.; ARAKI, C. A. S.; SILVA, A. C. M. T.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 90-96, 2007.
<https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000200012>

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

VIEIRA, R. D.; BITTENCOURT, S. R. M.; PANOBIANCO, M. Seed vigour: an important component of seed quality in Brazil. **Seed Testing International**, Suíça, n. 126, p. 21-22, 2003.

WENDT, L., DE MATOS MALAVASI, M., LOPES DRANSKI, J. A., CONTRO MALAVASI, U.; GUILHIEN GOMES JUNIOR, F. Relação entre testes de vigor com a

emergência a campo em sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 2, p.166-171, 2017.
<https://doi.org/10.5039/agraria.v12i2a5435>