



**DEBORA KELLI ROCHA**

**TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES DE SOJA:  
PROCESSOS DE APLICAÇÃO E QUALIDADE DAS  
SEMENTES**

**LAVRAS - MG  
2023**

**DEBORA KELLI ROCHA**

**TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES DE SOJA: PROCESSOS DE  
APLICAÇÃO E QUALIDADE DAS SEMENTES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Rocha, Debora Kelli.

Tratamento químico de sementes de soja: : processos de aplicação e qualidade de sementes / Debora Kelli Rocha. - 2023.  
91 p. : il.

Orientador(a): Everson Reis Carvalho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2023.  
Bibliografia.

1. *Glycine max*.
2. Tratamento Industrial de Sementes (TSI).
3. Tratamento On-Farm. I. Carvalho, Everson Reis. II. Título.

**DEBORA KELLI ROCHA**

**TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES DE SOJA: PROCESSOS DE  
APLICAÇÃO E QUALIDADE DAS SEMENTES**

**CHEMICAL TREATMENT OF SOYBEAN SEEDS: APPLICATION PROCESSES  
AND SEED QUALITY**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 30 de maio de 2023.

Dr. Everson Reis Carvalho

Dra. Edila Vilela de Resende Von Pinho

Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho

Dra. Marcela Carlota Nery

Dra. Thaís de Andrade

UFLA

UFLA

CQ SEEDS

UFVJM

PROVIVI

Dr. Everson Reis Carvalho  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2023**

*Deus, e Nossa Senhora...*

*Aos meus pais, Ramon e Maurista, à minha irmã Barbara, aos meus sobrinhos Maria Luiza e  
Fabrício Filho, à minha família, amigos, professores e colegas que me acompanharam em  
minha jornada de aprendizado.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, à 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 àqueles que me deram a vida e me proporcionaram a evolução: Mamãe Maurista e Papai Ramon, obrigada por não criarem obstáculos para meus sonhos, que eram novos perante a realidade que vivíamos.

Em segundo lugar agradeço a minha irmã Barbara e os meus sobrinhos Maria Luiza e Fabricio Filho, Papai do céu é muito generoso comigo de me proporcionar tanto afeto que vem de vocês. Ao meu cunhado Fabricio Soares pela auxílio sempre que necessário.

À minha vovó Aparecida Francisca (*in memoriam*), pelas orações e carinho. Ao meu padrinho Romeu (*in memoriam*) pela preocupação com meus estudos.

À minha madrinha Cintia e às minhas primas Geovana e Juliana, por vibrarem com minhas conquistas.

Agradeço ao meu orientador Dr. Everson Reis Carvalho, por fornecer conhecimento e orientação ao longo de todo este projeto, principalmente no momento de pandemia que os laboratórios suspenderam as atividades.

Agradeço os professores e pesquisadores do Setor de Sementes UFLA e aos funcionários do Laboratório de Análise de Sementes da UFLA, em especial ao Sr. Itamar, pelos ensinamentos e auxílio durante os experimentos.

Às amigas e companheirismos que os experimentos proporcionaram, em um momento delicado de pandemia, principalmente à Amanda e Venicius, a esses dois meu imensurável agradecimento, como sinto falta de trabalharmos juntos. À Ariela, Leandro, Dayliane, Elias, Giovana e Pedro, que nunca mediram esforços para me ajudar. E às amigas Cristiane, Thaisa, Camila e Rejanne, pela amizade e apoio.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pelo acolhimento e aprendizado ao longo dos anos, que fizeram toda a diferença na minha formação, sinto orgulho dessa instituição.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, principalmente à Marli, por estar sempre disposta a me ajudar.

Ao Núcleo de Estudos em Sementes – NESem, e por todos os ensinamentos adquiridos, por todas as oportunidades de crescimento pessoal e profissional.

Ao *Seed Care Institute* da Syngenta, pelo apoio e parceria na realização dos meus experimentos.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições para este trabalho.

À Agromen Sementes Agrícolas, pelo apoio e incentivo.

Aos órgãos de apoio à pesquisa ao CNPq e à CAPES, pela minha bolsa de doutorado e taxa de bancada. O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) Código de Financiamento – 001 e Taxa de Bancada Processo 148063/2019-5.

A todos aqueles que contribuíram por essa conquista.

Muito obrigada!

*“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes.”(Cora Carolina )*



## RESUMO

O tratamento químico de sementes é uma técnica amplamente difundida na produção de soja, porém, a relação dessa tecnologia com a qualidade fisiológica das sementes deve ser considerada, principalmente quando se faz necessário o armazenamento das sementes após o tratamento. Algumas moléculas usadas no tratamento de sementes podem prejudicar a qualidade fisiológica em função da antecipação do tratamento, da assertividade de dose do tratamento, constituição e formulação dos volumes finais da calda utilizadas na cultura da soja. Sendo assim, foram realizados três estudos com os objetivos de identificar e quantificar os efeitos sobre a qualidade fisiológica de sementes armazenadas em função da assertividade de dose de inseticidas, constituição e volumes finais da calda de tratamento; avaliar o efeito de produtos fitossanitários e funcionais usados no tratamento sobre a qualidade das sementes de soja armazenadas e; avaliar metodologias e parâmetros para validação do uso da análise computadorizada de imagem de alta resolução na avaliação de recobrimento de sementes de soja tratadas, bem como caracterizar os perfis de qualidade de recobrimento e assertividade de dose em sementes tratadas *On-Farm* e via TSI no agronegócio brasileiro. Os efeitos da associação entre o erro de dose do inseticida, volume de calda aquosa elevada e período de armazenamento prolongado são aditivos e prejudiciais à qualidade fisiológica das sementes tratadas. A adição dos componentes Co-Mo + Inoculante + Grafite, além da qualidade dos fitossanitários, interferem na qualidade fisiológica das sementes após 30 dias de armazenamento. O número excessivo de produtos via tratamento de sementes pode afetar negativamente a qualidade delas, mesmo com curto período de armazenamento, 15 dias, evidenciado principalmente pelo vigor. A composição do tratamento afeta diretamente o desprendimento de pó (Dust-off) das sementes. A análise de imagens é eficiente para quantificação do recobrimento de sementes de soja tratadas, independente da dominância de cor. O recobrimento de sementes apresenta relação direta com a assertividade de dose. Existe uma heterogeneidade entre as amostras *On-Farm* com falhas no recobrimento e assertividade de dose, enquanto as amostras TSI possuem maior tendência de elevados recobrimentos e assertividade de doses, com predominância de resultados homogêneos e próximos aos recomendados, porém, com algumas exceções de amostras *On-Farm*.

**Palavras-chave:** *Glycine max* . Qualidade de Tratamento. *On Farm*. Tratamento de sementes. Tratamento Industrial de Sementes (TSI). Vigor.

## ABSTRACT

Chemical seed treatment is a widely used technique in soybean production, but the relationship between this technology and the physiological quality of seeds must be considered, especially when seed storage after treatment is necessary. Some molecules used in seed treatment can impair the physiological quality due to the anticipation of the treatment, assertiveness of the treatment dose, constitution and formulation of the final volumes of the syrup used in the soybean crop. Thus, three studies were carried out with the objectives of identifying and quantifying the effects on the physiological quality of stored seeds as a function of the assertiveness of the insecticide dose, constitution and final volumes of the treatment mixture; evaluate the effect of phytosanitary and functional products used in the treatment on the quality of stored soybean seeds; and to evaluate methodologies and parameters for validating the use of high-resolution computerized image analysis in the evaluation of coating of treated soybean seeds, as well as to characterize the profiles of coating quality and dose assertiveness in seeds treated “On-Farm” and via IST in Brazilian agribusiness. The effects of the association between insecticide dose error, high aqueous spray volume and prolonged storage period are additive and detrimental to the physiological quality of treated seeds. The addition of Co-Mo + Inoculant + Graphite components, in addition to the quality of phytosanitary products, interfere with the physiological quality of the seeds after 30 days of storage. The excessive number of products via seed treatment can negatively affect their quality, even with a short storage period, 15 days, evidenced mainly by vigor. The composition of the treatment directly affects the detachment of dust (Dust-off) of the seeds. Image analysis is efficient for quantifying the coverage of treated soybean seeds, regardless of color dominance. Seed coating is directly related to dose assertiveness. There is heterogeneity between “On-Farm” samples, with failures in coverage and dose assertiveness, while TSI samples have a greater tendency towards high coverages and dose assertiveness, with a predominance of homogeneous results close to those recommended, but with some exceptions of samples “On-Farm”.

**Keywords:** Storability. *Glycine max* L. Merril. Treatment quality. “On Farm”. Industrial Seed Treatment (TSI). Vigor.

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>13</b>
	<b>CAPÍTULO 2 ASSERTIVIDADE DE DOSES E VOLUMES DE CALDA EM SEMENTES DE SOJA TRATADAS COM INSETICIDA E OS EFEITOS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA.....</b>	<b>15</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>
	<b>CAPÍTULO 3 COMO OS COMPONENTES USADOS NO TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES AFETAM A QUALIDADE FISIOLÓGICA AO LONGO DO ARMAZENAMENTO?.....</b>	<b>39</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>43</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>
	<b>CAPÍTULO 4 ASSERTIVIDADE DE DOSE E QUALIDADE DO TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO EM FUNÇÃO DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO.....</b>	<b>68</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>70</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>72</b>
<b>2.1</b>	<b>Ensaio 1: definição de parâmetros na coleta e processamento das imagens teste dos <i>backgrounds</i>. .....</b>	<b>73</b>
<b>2.2</b>	<b>Ensaio 2: avaliação da porcentagem de recobrimento das sementes tratadas.....</b>	<b>74</b>
<b>2.3</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>74</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>75</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>88</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>89</b>

## CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

### 1 INTRODUÇÃO

A soja é uma das mais importantes commodities do cenário agrícola mundial, sendo uma das principais fontes de divisas para o agronegócio brasileiro (CONAB, 2022). Isso se deve a evolução do conhecimento e aos avanços tecnológicos disponibilizados aos agricultores, muitos dos quais são transferidos via sementes. Assim, há uma demanda crescente por sementes, especialmente as de alta qualidade (SANTOS *et al.*, 2018).

O mercado de sementes tem sido cada vez mais exigente no que diz respeito a obtenção de sementes de alta qualidade (PESKE, 2017). Diante dessa exigência cada vez maior do mercado, o manejo na produção de sementes, e em especial na pós colheita, é fundamental para garantir a qualidade das sementes. Com isso, torna-se necessário pesquisas nessa área, a fim de fornecer informações para o setor produtivo e também subsídios para o monitoramento eficiente de lotes comerciais de sementes durante o armazenamento.

Diversas técnicas de manejo são adotadas para a obtenção de sementes de qualidade, desde a implantação do campo de produção até o armazenamento dos lotes de sementes prontos para comercialização. Uma das técnicas de grande difusão no processamento pós-colheita de sementes é o tratamento com produtos fitossanitários e funcionais. A eficiência dessa técnica pode ser afetada por diversos fatores, dentre eles, a tecnologia de aplicação (MEDEIROS *et al.*, 2023), volume de calda (SANTOS *et al.*, 2018), assertividade de dose (REIS *et al.*, 2023) e tratamentos adicionais, a exemplo do uso de pó secante (ABATI *et al.*, 2018).

O tratamento de sementes geralmente pode ser realizado com duas tecnologias de aplicação, tratamento na fazenda, comumente chamado de *On-Farm* ou tratamento industrial de sementes (TSI). O tratamento *On-Farm* é feito na propriedade do agricultor, sob supervisão do agricultor e/ou com assistência técnica e, em geral, com menor capacidade do equipamento. Este tipo de tratamento envolve variabilidade substancial em equipamentos e níveis tecnológicos de aplicação (LUDWIG *et al.*, 2011; MEDEIROS *et al.*, 2023). Em contrapartida, o processo de TSI é realizado pelo produtor de sementes ou empresa especializada como parte do processo de semente processamento (BRZEZINSKI *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2021, MEDEIROS *et al.*, 2023).

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, LUDWIG, 2011). Somente o tratamento de sementes não é garantia de qualidade, visto que existem diversas possibilidades de composições e produtos a serem utilizados no tratamento de sementes de soja e, conseqüentemente, de diferentes volumes de calda, fatores estes que podem afetar positivamente ou negativamente a qualidade fisiológica das sementes (SANTOS *et al.*, 2018; CARVALHO *et al.*, 2022, REIS *et al.*, 2023).

Diante das tecnologias associadas ao tratamento de sementes e aos volumes financeiros envolvidos e o crescimento desse mercado, a correta manutenção da qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários é importante. Dependendo das condições o tratamento de sementes pode afetar a qualidade fisiológica das sementes armazenadas, assim, o monitoramento eficiente do período em que a semente de soja pode permanecer tratada sem depreciação da qualidade (*Seed safety*) é crucial para o mercado de sementes de soja.

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, ROCHA *et al.*, 2020, REIS *et al.*, 2023). Esse efeito fitotóxico de algumas moléculas tende a ser otimizado com o avanço do tempo de armazenamento (DAN *et al.*, 2010; PICCINI *t al.*, 2013, CARVALHO *et al.*, 2020). 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 a elevada utilização de sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários, são necessárias pesquisas que auxiliem no entendimento da relação de importantes fatores, como assertividade de doses e volumes de calda, bem como a avaliação da interação dos componentes usados no tratamento de sementes sobre a qualidade fisiológica das mesmas quando armazenadas e do tratamento em si. Aliado a um estudo para caracterizar os perfis de qualidade de sementes tratadas via tecnologia *On-Farm* e via TSI no agronegócio brasileiro, quanto ao recobrimento e assertividade de dose .

## REFERÊNCIAS

- BALARDIN, R. *et al.* 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.
- BRZEZINSKI, C. R. *et al.* Spray volumes in the industrial treatment on the physiological quality of soybean seeds with different levels of vigor. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 2, p. 174-181, 2017.
- CARVALHO, E. R. *et al.* Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. e202042036, 2020.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, 12º levantamento, setembro 2022. Brasília: Conab, 2022. v. 9. n. 12. p. 1-88.
- DAN, L. G. D. M. *et al.* Desempenho de sementes de soja tratadas com inseticidas e submetidas a diferentes períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 215-222, 2010.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A. **A alta qualidade de sementes de soja: fator importante para a produção da cultura**. Circular Técnica 136. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 24 p.
- LUDWIG, M. P. *et al.* Eficiência do recobrimento de sementes de soja em equipamento com sistema de aspersão. **Ciência Rural**, v. 41, n. 4, p. 557-563, 2011.
- MEDEIROS, J. C. *et al.* Quality of corn seed industrial seed treatment (IST) and “On-farm” treatment (OFT) in Brazilian agribusiness. **Journal of Seed Science**, v. 45, p. e202345017, 2023.
- PESKE, S.T. Dinâmica do mercado de sementes no Brasil. **Seed News**, n. 5, p.12-15, 2017. (Edição Especial).
- PICCININ, G.G. *et al.* Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas, **Ambiência**, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 289- 29, 2013.
- REIS, L. V. *et al.* Treatment technologies for soybean seeds: Dose effectiveness, mechanical damage and seed coating. **Ciência e Agrotecnologia**, v.47, p. e013622, 2023.
- ROCHA, D. K. *et al.* Does the substrate affect the germination of soybean seeds treated with phytosanitary products?. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, p. e020119, 2020.
- SANTOS, S. F. *et al.* Composition and volumes of slurry in soybean seeds treatment in the industry and physiological quality during storage. **Journal of Seed Science**, v. 40, n.1, p. 067-074, 2018.

SILVA, R.F.F.; DOBASHI, A.F. **Análise do custo de produção da safra 2021/2022 de soja no Mato Grosso do Sul.** Campo Grande: Boletim APROSOJA, 2021.

## CAPÍTULO 2    ASSERTIVIDADE DE DOSES E VOLUMES DE CALDA EM SEMENTES DE SOJA TRATADAS COM INSETICIDA E OS EFEITOS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA

### RESUMO

O tratamento químico de sementes é uma técnica amplamente difundida na agricultura, porém, a falta de cuidado durante a operação ao tratar as sementes pode afetar sua eficiência, como assertividade de dose e composição da calda de tratamento. Logo, objetivou-se identificar e quantificar seus efeitos sobre a qualidade fisiológica de sementes armazenadas em função da assertividade de dose de inseticidas, constituição e volumes finais da calda de tratamento. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3 x 3 x 5, envolvendo 3 doses de inseticida Tiametoxam (ausência de dose, dose recomendada e erro de dose, dobro do recomendado), 3 volumes finais de calda (500, 750 e 1000 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes) e 5 períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). Para avaliação da qualidade fisiológica foram realizados os testes germinação, germinação rolo de papel mais vermiculita, envelhecimento acelerado modificado em substrato, comprimento de hipocótilo e de raiz por meio de análise de imagem, além do teor de água nas sementes. Para aferir a assertividade da dose do ingrediente ativo Tiametoxam foi utilizada a Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). O erro na assertividade de dose do inseticida Tiametoxam proporciona efeitos negativos sobre a qualidade fisiológica das sementes. Volume de calda para tratamento com Tiametoxam igual ou superior a 750 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes, calda aquosa, e associado ao erro de dose é prejudicial à qualidade fisiológica, e esse efeito é intensificado com o armazenamento a partir de 30 dias. Os efeitos da associação entre o erro de dose do inseticida, volume de calda aquosa elevada, acima de 750 mL. 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, e período de armazenamento prolongado são aditivos e prejudiciais à qualidade fisiológica das sementes tratadas.

**Palavras-chave:** *Glycine max.* Armazenamento seguro. Tiametoxam. Tratamento industrial de sementes. Vigor.



## ABSTRACT

The chemical treatment of seeds is a widely used technique in agriculture, but the lack of care during the operation when treating the seeds can affect its efficiency, such as the assertiveness of dose and composition of the treatment mixture. Therefore, the objective was to identify and quantify the effects on the physiological quality of stored seeds as a function of the dose of insecticides, constitution and final volumes of the treatment mixture. The experimental design was completely randomized (DIC), in a 3 x 3 x 5 factorial scheme, with 3 doses of Thiamethoxam insecticide (lack of dose, recommended dose and dose error, twice the recommended), 3 final spray volumes (500, 750 and 1000 mL.100 kg<sup>-1</sup> of seeds) and 5 storage periods (0, 15, 30, 45 and 60 days). To evaluate the quality, germination tests, germination roll of paper plus vermiculite, accelerated aging modified in substrate, length of hypocotyl and root through image analysis, in addition to the water content in the seeds, were performed. To assess the assertiveness of the dose of the active ingredient Thiamethoxam, High Performance Liquid Chromatography (HPLC). The error in the assertiveness of the dose of the insecticide Thiamethoxam, provides negative effects on the physiological quality of the seeds. Spray volume for treatment with Thiamethoxam equal to or greater than 750 mL.100 kg<sup>-1</sup> of seeds, aqueous solution, and associated with dosing error, is harmful to physiological quality and this effect is intensified with storage from 30 days. The effects of the association between the insecticide dose error, high aqueous solution volume, above 750 ml. 100 kg<sup>-1</sup> of seeds, and prolonged storage period are additive effects detrimental to the physiological quality of treated seeds.

**Keywords:** *Glycine max.* Seed safety Thiamethoxam. Industrial seed treatment. Vigor.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de sementes de alta qualidade é um dos fatores para obtenção de elevadas produtividade de grãos (REIS *et al.*, 2022; BAGATELI *et al.*, 2019). O uso de tecnologias que proporcionam condições mais adequadas aos processos de germinação e emergência das sementes são essenciais para expressar o máximo potencial produtivo das culturas, dentre essas tecnologias está o tratamento químico de sementes.

Os tratamentos químicos de sementes podem ser realizados basicamente de duas formas, na própria fazenda *On-Farm* (TOF), realizado pelo agricultor usuário das sementes, ou via tratamento de sementes industrial (TSI) no qual o processo é realizado pelo produtor de sementes ou por empresa especializada (LUDWIG *et al.*, 2011, REIS *et al.*, 2023). Em ambas as tecnologias é importante a assertividade de dose e volume de calda ideal, para evitar possíveis danos à qualidade fisiológica. Atualmente, devido as diversas possibilidades de composições e volumes finais de calda, estudos para verificar a influência sobre a qualidade fisiológica são necessários (SANTOS *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2021; MEDEIROS *et al.*, 2023).

Em algumas condições se faz uso de um volume maior de calda para o tratamento de sementes de soja, em decorrência da quantidade de produtos, melhor recobrimento e distribuição, resultando em um volume acima de 600 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes, indicado como ideal para não afetar a qualidade fisiológica da semente (EMBRAPA, 2011). Dessa forma, é fundamental o conhecimento de seus efeitos na qualidade fisiológica das sementes, principalmente quando são submetidas ao armazenamento por um período prolongado (ABATI *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2020; CARVALHO *et al.*, 2022; MEDEIROS *et al.*, 2023); Santos *et al.* (2018) relatam efeitos deletérios sobre o vigor de sementes de soja tratadas com elevados volumes de calda, porém, com influência dos genótipos, condições de armazenamento e composição da calda.

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, é necessário e de extrema importância o monitoramento do tempo que a semente de soja pode permanecer tratada sem prejuízos à sua qualidade fisiológica (*Seed safety*) (CARVALHO *et al.*, 2020).

Apesar dos benefícios associados aos tratamentos de sementes, o armazenamento de sementes tratadas, dependendo das moléculas utilizadas e períodos de armazenamento, pode

causar efeitos deletérios no potencial germinativo das sementes, como constatado por Castro *et al.* (2008) que verificaram que sementes de sojas tratadas com inseticidas e bioestimulantes tiveram a formação de raízes mais finas, evidenciando o efeito tóxico, bem como Carvalho *et al.* (2020), com moléculas inseticidas em sementes de soja. Rocha *et al.* (2020) ao tratarem sementes de soja com inseticidas verificaram redução do potencial germinativo durante o armazenamento. Santos *et al.* (2023) relatam que o tratamento químico prévio pode intensificar a deterioração das sementes em condições não controladas.

Nesse contexto, a avaliação do efeito do tratamento de sementes na qualidade fisiológica, no desenvolvimento da cultura e na produtividade é de grande importância, tendo em vista a crescente utilização de sementes de soja tratadas com o processo industrial (DECARLI *et al.*, 2019).

Atualmente, frente ao número de compostos e produtos que podem ser combinados e veiculados às sementes, além da busca por um melhor recobrimento e distribuição, é necessário o uso de volumes de calda mais elevados. O uso de maiores volumes de calda e de diferentes moléculas, que estão em constante evolução, no tratamento de sementes sem a depreciação da qualidade fisiológica das sementes de soja é de suma importância e depende de diversos fatores, principalmente quando se trata do armazenamento de sementes tratadas (DAN *et al.*, 2010; ROCHA *et al.*, 2020; CARVALHO *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2023). Aliado a isso, um fator muito negligenciado é a precisão na dosagem dos produtos, que pode influenciar na eficiência e efeitos sobre a qualidade fisiológica.

Assim, objetivou-se identificar e quantificar os efeitos sobre a qualidade fisiológica de sementes armazenadas em função da assertividade de dose do tratamento com inseticida (tiametoxam), constituição e volumes finais das caldas utilizadas na cultura da soja.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Sementes de um mesmo lote da cultivar da cultivar Brasmax Foco foram divididas em porções de 2,5 kg para posterior tratamento com diferentes produtos, dosagens e volumes de calda. Todas as sementes foram tratadas vom fungicida Maxim Advanced® (Ingrediente ativo Fludioxonil 25 g/L + Metalaxil-M 20 g/L + Tiabendazol 150 g/L) para todas as sementes em dosagem recomendada (100 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes) e com o inseticida Cruiser 350 FS® (Ingrediente ativo Tiametoxam 350 g/L – 35% m/v) com a aplicação de diferentes doses. O processo de tratamento foi efetuado em máquina Momesso Arktos Laboratório L5K, para simulação de tratamento industrial em bateladas.

Foram simuladas 3 doses do inseticida, em função da recomendada em bula de 200 mL. 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, sendo elas: 0X, 1X e 2X (para representar a ausência e erro de dose) a dose recomendada o que equivale a 0, 200 e 400 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes e 3 volumes finais de calda 500, 750 e 1000 mL, completados somente com água (TABELA 1).

Tabela 1 - Doses e componentes da calda de tratamento das sementes de soja.

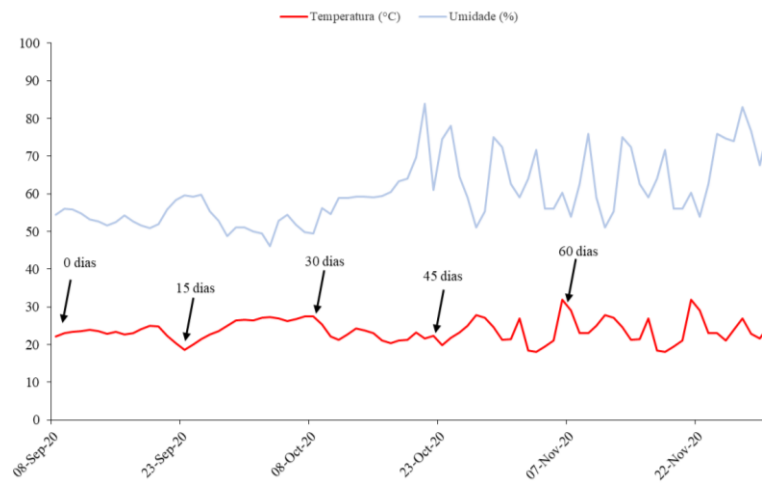
SIGLA*	Maxim Advanced®	Cruiser 350 FS®	Dose água	Volume de calda Final
	mL. 100 kg <sup>-1</sup> de sementes			
0D – 1V	100	0	400	500
0D - 2V	100	0	650	750
0D – 3 V	100	0	900	1000
1D – 1V	100	200	200	500
1D – 2V	100	200	450	750
1D – 3V	100	200	700	1000
2D – 1V	100	400	0	500
2D – 2V	100	400	250	750
2D – 3V	100	400	500	1000

\*D- Doses; V- Volume de calda final.

Fonte: Da autora (2023).

Após os procedimentos de tratamento, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel multifoliados e armazenadas em armazém convencional, sem controle de temperatura e umidade, na unidade de beneficiamento, tratamento e armazenamento do Setor de Sementes, Departamento de Agricultura, UFLA, em Lavras, MG, Brasil. As condições de temperatura e umidade relativa do ambiente foram monitoradas por meio de “*dataloggers*” (FIGURA 1).

Figura 1 - Média diária da temperatura (°C) e umidade relativa (%) ao longo do período de armazenamento das sementes de soja em Lavras, MG, Brasil



As avaliações das qualidade física e fisiológica das sementes foram realizadas ao longo do armazenamento, por 5 períodos após o tratamento, sendo: 0, 15, 30, 45 e 60 dias. As avaliações efetuadas foram por meio dos seguintes testes e determinações:

- Teor de água (TA): foi mensurado por meio do método da estufa (24 horas a 105 °C), sendo os teores expressos em porcentagens, conforme Brasil (2009).
- Germinação rolo de papel (G RP): foi realizada com quatro repetições de 50 sementes por tratamento, com semeadura em substrato papel germitest (2 folhas), em rolos, umedecido com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, e mantidos em germinador tipo mangelsdorf a 25 °C (BRASIL, 2009). As avaliações foram realizadas de acordo com as RAS (Regra para Análise de Sementes) ao quinto dia após a semeadura para a *primeira contagem de germinação* e ao oitavo dia, germinação, pela contagem de plântulas normais. Os resultados foram expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).
- Germinação rolo de papel mais vermiculita (G RP+V): foi realizada com quatro repetições de 50 sementes por tratamento, com semeadura em substrato papel germitest (2 folhas), em rolos, umedecido com água destilada em quantidade equivalente a 3,0 vezes o peso do papel seco. Sob o papel umedecido distribuiu-se uniformemente 21 gramas (aproximadamente 100 mL) de vermiculita expandida média umedecida na proporção 1:1 (1 litro de água para cada 1Kg de vermiculita), sendo logo após a semeadura mantidos em germinador tipo Mangelsdorf a 25 °C, conforme metodologia

adaptada de Rocha *et al.* (2020). A contagem de plântulas normais foi realizada de acordo com as RAS ao quinto dia após a semeadura para a *primeira contagem de germinação* e ao oitavo dia para germinação. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais (BRASIL, 2009).

- d) Envelhecimento acelerado modificado em substrato (EAS): foram utilizadas caixas plásticas tipo gerbox, adaptadas com tela de alumínio suspensa. Em cada gerbox foram adicionados 40 mL de água e uma camada única de sementes sobre toda a tela. Em seguida foram mantidas em câmara tipo BOD a 41 °C por 48 horas (MARCOS FILHO, 1999). Após este período a semeadura foi realizada em substrato acondicionado em bandeja plástica, contendo areia + solo na proporção 2:1, umedecido a 60% da capacidade de retenção. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal à temperatura de 25 °C, em regime alternado de luz e escuro (12 horas). A avaliação foi realizada com contagem de plântulas normais emergidas, aos 5 e 8 dias após a semeadura.
- e) Desenvolvimento inicial de plântulas: com quatro repetições de 20 sementes, seguindo as metodologias descritas para o teste de germinação. Aos quatro dias após a semeadura foram realizadas as capturas das imagens da plântulas. As avaliações foram feitas no GroundEye®, versão S120. As plântulas foram inseridas na bandeja do módulo de captação para a obtenção de imagens de alta resolução. Subsequentemente, para a calibração da cor de fundo foi utilizado o modelo de cor CIEL\*a\*b com índice de luminosidade de 0 a 100, dimensão “a” -13,9 a 46,1 e dimensão “b” de -57,1 a -40,6. Após a calibração da cor do fundo, a análise das imagens foi feita automaticamente através da extração dos valores médios dos seguintes parâmetros: média do tamanho da parte aérea (hipocótilo), média do tamanho da raiz primária e comprimento total de plântulas.

Para aferir a assertividade da dose do ingrediente ativo Tiametoxam foi utilizada a *Cromatografia líquida de alta eficiência* (HPLC). A cromatografia somente foi realizada nos tratamentos em que foi utilizado o inseticida. As amostras foram analisadas no equipamento Agilent 1260 Infinity II, que possui sistema de cabine de solvente, bomba quaternária, injetor, colunas cromatográficas, detector de comprimento de onda variável (VWD) e computador com software analítico (AGILENT, 2022).

Para análise, foram utilizadas 200 sementes de soja em triplicata para cada uma das amostras. Para proceder a extração das amostras foram adicionados solventes específicos. Uma alíquota do filtrado foi retirada e transferida para um balão volumétrico. O conteúdo foi então transferido para realizar injeções no cromatógrafo e a leitura dos dados no software OpenLab. Na quantificação do inseticida tiametoxam por HPLC, foram utilizados os parâmetros específicos utilizados pelo Laboratório do *Seedcare Institute Latin America - Syngenta*: coluna cromatográfica, fase móvel, fluxo da fase móvel, comprimento de onda, volume de injeção e temperatura da coluna, com um tempo tempo de retenção de aproximadamente 6 minutos. O software calcula automaticamente o resultado em  $\text{g.kg}^{-1}$ .

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições, em esquema fatorial  $3 \times 3 \times 5$ , envolvendo 3 doses de inseticida (0, 200 e 400  $\text{mL.100 kg}^{-1}$  de sementes), 3 volumes finais de calda (500, 750 e 1000  $\text{mL.100 kg}^{-1}$  de sementes) e 5 períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). 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. Quando pertinente foi utilizado o teste de Scott-knott, a 5%.

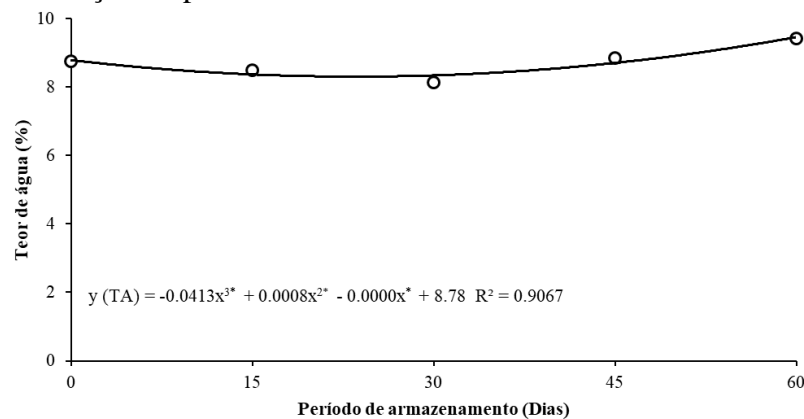
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observada interação significativa entre os fatores doses, volume final e período de armazenamento para as variáveis primeira contagem do teste de germinação em rolo de papel (PC RP), germinação final em rolo de papel (G RP), primeira contagem do teste de germinação em rolo de papel mais vermiculita (PC RP+V), germinação final em rolo de papel mais vermiculita (G RP+V). Já a variável teor de água das sementes (TA) teve efeito apenas entre os períodos de armazenamento.

Houve também interação entre doses, volume final e período de armazenamento para as variáveis envelhecimento acelerado modificado 5 dias (EAS 5 D) e envelhecimento acelerado 8 dias modificado (EAS 8 D).

O teor de água após o tratamento das sementes oscilou em valores próximos a 9% em função dos períodos de armazenamento (FIGURA 2), independente de volumes e dosagens utilizadas. A elevação do teor de água das sementes ao final do armazenamento, entre 45 e 60 dias, ocorreu em função do equilíbrio higroscópico entre sementes e o ambiente, com maior umidade relativa nesse período devido o início do período chuvoso (FIGURA 1).

Figura 2 - Porcentagem média de teor de água em sementes da cultivar de soja Brasmax Foco IPRO em função do período de armazenamento



Fonte: Da autora (2023).

A diferença, apesar de mínima (0,8%), ocorreu durante o período de armazenamento, visto que as sementes permaneceram em ambiente não controlado. O teor de água das sementes influencia diretamente em 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), bem como nos testes de vigor, não havendo variação superior a dois pontos



percentuais (MARCOS-FILHO, 2015). Para sementes de soja, Amaral *et al.* (2018), relataram que a determinação do teor de água nas sementes é importante no armazenamento e na preservação da qualidade até o período da comercialização.

Para primeira contagem de germinação, ao adotar a dose 0, ou seja, sem inseticida, as sementes apresentaram valores mais elevados de plântulas normais. Em contrapartida com erro de dose para 2x a recomendada, mesmo com volume final de calda mais baixo (500 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes), foram constatados efeitos fitotóxicos (TABELA 2), fato que se repetiu com aos 0, 15 e 30 dias.

Tabela 2 - Primeira contagem de germinação de sementes de soja, cultivar Brasmax Foco IPRO, em função da dosagem (D) de Tiametoxam, diferentes volumes finais de calda (V) e períodos de armazenamento (A).

Armazenamento (dias)	Volume de calda (mL.100 kg <sup>-1</sup> sementes)	Doses		
		0	1	2
0	500	94 Aa	88 Aa	81 Bb
	750	94 Aa	88 Aa	81 Bb
	1000	89 Aa	80 Bb	89 Aa
15	500	91 Aa	81 Ba	73 Ca
	750	84 Aa	83 Aa	72 Ba
	1000	87 Aa	75 Bb	70 Ba
30	500	87 Aa	86 Aa	76 Bb
	750	88 Aa	79 Bb	81 Ba
	1000	84 Aa	74 Bb	74 Bb
45	500	89 Aa	86 Aa	85 Aa
	750	88 Aa	86 Aa	79 Ba
	1000	84 Aa	83 Aa	78 Aa
60	500	92 Aa	85 Aa	86 Aa
	750	91 Aa	83 Ba	79 Bb
	1000	92 Aa	88 Aa	74 Bb

\*As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúsculas na coluna, para cada período de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Com o avanço do armazenamento, os efeitos prejudiciais do erro de dose (2X) permaneceram, principalmente com volumes de caldas mais elevados, igual ou acima de 750 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes. Mesmo com a dose recomendada ocorreram valores mais baixos em relação à dose 0 de inseticida, principalmente ao utilizar volumes de calda mais elevados, de

750 ou 1000 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes (TABELA 3). Resultado que pode estar relacionado ao tipo de substrato utilizado no teste, papel germitest, que pode otimizar a fitotoxicidade por algumas moléculas somado ao avanço desses efeitos ao longo do armazenamento (DECARLI *et al.*, 2019; CARVALHO *et al.*, 2020; ROCHA *et al.*, 2020; CARVALHO *et al.*, 2022).

Resultado semelhante foi encontrado também para germinação, onde de maneira geral, o erro de dose, 2x, ocasionou menores valores de germinação desde a primeira avaliação (TABELA 3), efeitos prejudiciais, esses otimizados com o aumento do volume de calda aquosa, 750 ou 1000 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes e o avanço do período de armazenamento. Mesmo com a dose recomendada constatou-se algumas diminuições de germinação em relação à dose 0 de inseticida, porém, em menor intensidade e frequência.

Tabela 3 - Germinação rolo de Papel de sementes de soja, cultivar Brasmax Foco IPRO, em função da dosagem (D) de Cruiser 350 FS<sup>®</sup> (Tiametoxam) e diferentes volumes finais de calda (V) e analisadas ao longo do armazenamento (A).

Armazenamento (dias)	Volume de calda (mL.100 kg <sup>-1</sup> sementes)	Doses		
		0	1	2
0	500	94 Aa	89 Aa	84 Bb
	750	95 Aa	89 Ba	85 Bb
	1000	90 Aa	84 Ba	91 Aa
15	500	95 Aa	88 Ba	78 Ca
	750	87 Ab	87 Aa	79 Ba
	1000	90 Ab	81 Bb	80 Ba
30	500	89 Aa	87 Aa	79 Bb
	750	89 Aa	82 Bb	82 Ba
	1000	85 Aa	77 Bb	76 Bb
45	500	91 Aa	86 Ba	85 Ba
	750	88 Aa	86 Aa	79 Bb
	1000	84 Aa	83 Aa	78 Bb
60	500	93 Aa	89 Aa	88 Aa
	750	92 Aa	88 Aa	84 Ba
	1000	92 Aa	88 Aa	76 Bb

\*As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúsculas na coluna, para cada período de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Com o erro de dose, 2x, e o volume de calda aquosa mais elevado, igual ou superior a 750 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes e o armazenamento a partir de 15 dias, grande parte dos valores ficaram estão abaixo de 80% (TABELA 4), o que demonstra a importância da assertividade

para a manutenção da qualidade das sementes tratadas com inseticidas (*Seed safety*). Para a comercialização de sementes de soja no Brasil, o valor mínimo de germinação é 80% (BRASIL, 2013). O menor valor de germinação foi de 76% encontrado ao adotar um volume de calda final de 1000 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes, com o dobro da dose de inseticida, nos períodos de armazenamento de 30 e 60 dias, a diminuição em relação às maiores médias, constatadas no controle, foram de 9% e 16%, respectivamente. Rocha *et al.* (2020) relatam que nesse tipo de substrato a tendência é maior de fitotoxidez em sementes tratadas, com variações entre os ingredientes ativos.

Brzezinski *et al.* (2017), ao estudarem diferentes volumes de calda em tratamento de sementes para sementes de soja, perceberam que volumes superiores a 600 mL causaram redução da germinação. Pereira *et al.* (2018) relataram que ao tratar as sementes de soja com o inseticida Tiametoxam, as mesmas reduziram a germinação e vigor ao longo do armazenamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias). Pereira *et al.* (2021) verificaram que período de armazenamento associado ao elevado volume de calda (900 mL. mL.100 kg<sup>-1</sup>) de sementes reduziram a qualidade e vigor das sementes de soja.

Para avaliações do teste de germinação com inclusão da vermiculita entre os papéis, os efeitos do aumento de dose e aumento do volume final de calda tornam-se sutis (TABELA 5), fato este constatado no período 0 dias de armazenamento, com todos os valores acima de 91% sem diferença estatística mesmo com o erro de dose, com apenas um exceção. Na primeira leitura de germinação foi possível finalizar o teste, sem necessidade de contagem aos 8 dias. A sensibilidade das sementes com o aumento da dose e volume final de calda foi observada aos 15 e 30 dias de armazenamento para a dosagem recomendada e para o dobro da mesma, com os volumes de calda mais elevados, 750 e 1000 mL de volume de calda.

Ao contrário do que foi observado para germinação em substrato papel (TABELA 4), com o uso da vermiculita não foi constatado um agravamento dos efeitos da fitotoxidez com o avanço do armazenamento, aos 45 dias e aos 60 dias, em que de modo geral os valores não apresentaram diferenças, todos acima de 86% (TABELA 5). A exemplo, a combinação de erro de dose e alto volume de calda 1000 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes com 60 dias de armazenamento proporcionou 76% na germinação em papel, ao passo que com papel e vermiculita o valor observado foi de 86% (TABELAS 4 e 5). Reforçando que o tipo de substrato usado no teste de germinação de sementes tratadas apresenta influência direta nos resultados. Para Rocha *et al.*

(2020), metodologias de germinação com água prontamente disponível ocasionam maior fitotoxidez em plântulas de soja, principalmente com uso de inseticidas em relação a fungicidas.

Tabela 4 - Primeira contagem de germinação rolo de papel mais vermiculita de sementes de soja, cultivar Brasmax Foco IPRO, em função da dosagem de Cruiser 350 FS® (D) e diferentes volumes finais de calda (V) e analisadas ao longo do armazenamento (A).

Armazenamento (dias)	Volume de calda (mL.100 kg <sup>-1</sup> sementes)	Doses		
		0	1	2
0	500	93 Aa	89 Ab	95 Aa
	750	91 Aa	94 Aa	96 Aa
	1000	93 Aa	97 Aa	93 Aa
15	500	81 Ab	81 Aa	79 Aa
	750	91 Aa	80 Ba	81 Ba
	1000	87 Aa	79 Ba	79 Ba
30	500	89 Aa	87 Aa	86 Ab
	750	93 Aa	87 Ba	85 Bb
	1000	87 Aa	89 Aa	92 Aa
45	500	87 Aa	87 Ab	88 Aa
	750	90 Ba	97 Aa	89 Aa
	1000	92 Aa	87 Ab	87 Aa
60	500	93 Aa	89 Aa	89 Aa
	750	85 Ab	90 Aa	89 Aa
	1000	90 Aa	88 Aa	86 Aa

\*As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúsculas na coluna, para cada período de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Han *et al.* (2023), estudando diferentes metodologias de embebição para a germinação de sementes de feijão alado (*Psophocarpus tetragonolobus*), observaram que o uso de vermiculita foi a metodologia mais eficaz em que as sementes tiveram lenta embebição e sem ocorrência de lesões, observados por microscopia eletrônica. Tais resultados corroboram com o observado neste estudo, onde a menor velocidade de embebição das sementes e a menor concentração dos produtos em contato com as sementes, ocasionou a absorção mais lenta dos ingredientes ativos sistêmicos e água por meio do uso da vermiculita no substrato (ROCHA *et al.*, 2020). Amenizando assim, possíveis efeitos fitotóxicos nos testes de germinação, se tornando mais próximos das condições em campo, onde o solo faria esta função.

É importante ressaltar, que 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 (TOLEDO *et al.*, 2010). Portanto, como as sementes em estudo possuíam um teor de água baixo, a vermiculita proporcionou uma menor velocidade de embebição e, portanto, percentuais superiores de germinação.

As ocorrências e intensidades da fitotoxidez em sementes tratadas nos testes também podem estar associadas ao relatado por Yang *et al.* (2018), que em sementes de milho sugerem que a ocorrência de difusão de compostos não iônicos pelo pericarpo é capaz de lesar o endosperma, inibindo o processo de germinação e a formação da radícula. Em sementes de soja, Sartori *et al.* (2020) relataram maior concentração de produtos fungicidas no tegumento das sementes e após a emergência, a região dos cotilédones foi onde houve maior absorção do produto fitossanitário, independentemente do fungicida utilizado. Os mesmos autores alegam que o tipo de solo também afeta a absorção dos fungicidas, que ao comparar a emergência das plântulas em solos com diferentes teores de matéria orgânica, observaram maior translocação do produto pelas raízes quando semeadas em solo com menor teor de matéria orgânica.

Em relação ao vigor por envelhecimento acelerado (TABELA 6), logo no início do armazenamento, 0 dias, a combinação de uso de inseticida tiametoxam e volume elevado de calda aquosa, igual ou superior a 750 mL.100 kg<sup>-1</sup> sementes, foi prejudicial ao vigor das sementes. Porém, com uso do volume de calda mais baixa, 500 mL.100 kg<sup>-1</sup> sementes, o vigor não diferiu entre as doses de inseticida, mesmo com o erro da dose, reiterando a importância do volume de calda ideal.

Com o avanço do armazenamento, o uso de doses elevadas de calda aquosa, igual ou superior a 750 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes associado ao erro de dose do inseticida foi prejudicial ao vigor das sementes, já com efeitos aos 15 de armazenamento (TABELA 5).

Porém, mesmo com a dose correta do inseticida, quando foi utilizado o volume de calda mais elevado, 1000 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes de calda aquosa, aos 15 dias já foram constatados valores mais baixos de vigor. Nesse mesma época, com o erro de dose, esses efeitos já foram constatados com volume de 750 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes, demonstrando que os efeitos danosos de erro de dose e volume de calda elevado são aditivos. Tais resultados discordam de Segalin

*et al.* (2013) que indicaram que volumes de calda inferiores a 1.400 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes não afetam o processo de germinação das sementes.

O volume de calda no tratamento de sementes tem sido um fator importante, pois com a utilização de diferentes compostos no processo de tratamento industrial de sementes, pode-se atingir altos volumes, inclusive ultrapassando 600 mL.100 de kg de semente<sup>-1</sup>, que é o volume máximo recomendado para tratamento de sementes via líquido (EMBRAPA, 2011). Santos *et al.* (2018) afirmam que a utilização de maiores volumes de calda no tratamento sem causar prejuízos à qualidade fisiológica das sementes de soja depende de vários fatores, como o vigor, além dos efeitos ao longo do armazenamento das sementes (BRZEZINSKI *et al.*, 2017).

Tabela 5 - Resultados do teste de vigor (%), por meio do envelhecimento acelerado contagem aos 5 dias, de sementes de soja, cultivar Brasmax Foco IPRO, em função da dosagem de Cruiser 350 FS<sup>®</sup> (Tiametoxam) (D) e diferentes volumes finais de calda (V) e analisadas ao longo do armazenamento (A).

Armazenamento (dias)	Volume de calda (mL.100 kg <sup>-1</sup> sementes)	Doses		
		0	1	2
0	500	81 Ab	84 Aa	79 Aa
	750	87 Aa	77 Bb	76 Ba
	1000	87 Aa	81 Ba	78 Ba
15	500	84 Aa	77 Ba	83 Aa
	750	78 Aa	74 Aa	65 Bb
	1000	81 Aa	69 Bb	66 Bb
30	500	85 Aa	75 Ba	77 Ba
	750	72 Ab	77 Aa	76 Aa
	1000	81 Aa	79 Aa	69 Bb
45	500	79 Ab	76 Aa	76 Aa
	750	89 Aa	76 Aa	58 Cc
	1000	81 Ab	63 Bb	63 Bb
60	500	81 Ba	87 Aa	77 Ba
	750	84 Aa	83 Aa	76 Ba
	1000	83 Aa	83 Aa	75 Ba

\*As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúsculas na coluna, para cada período de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Estendendo o tempo para contagem até os 8 dias após a semeadura, as tendências e ocorrências de diferenças no vigor em função de fitotoxidez pelo uso de tiametoxam foram mais sutis e pontuais, permanecendo somente efeitos prejudiciais da combinação de dose aquosa

mais elevada, 1000 mL. 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, erro de dose e armazenamento igual ou superior a 45 dias (TABELA 6). O que leva a inferir que, para sementes tratadas com inseticida, contagens mais precoces nos testes podem levar a resultados inferiores, pois com o prolongamento do tempo de desenvolvimento das plântulas, parece amenizar os efeitos de fitotoxidez, citados anteriormente, proporcionando resultados mais consistentes, fato este observado também na germinação rolo de papel e na germinação rolo de papel mais vermiculita aos 8 dias. Por isso, contagens com períodos mais prolongados nos testes em sementes tratadas com inseticidas é aconselhável.

Tabela 6 - Vigor (%), por meio do envelhecimento acelerado contagem aos 8 dias., cultivar Brasmax Foco IPRO, em função da dosagem de Cruiser 350 FS<sup>®</sup> (Tiametoxam) (D) e diferentes volumes finais de calda (V) e analisadas ao longo do armazenamento (A).

Armazenamento (dias)	Volume de calda (mL.100 kg <sup>-1</sup> sementes)	Doses		
		0	1	2
0	500	83 Ab	86 Aa	86 Aa
	750	90 Aa	82 Ba	79 Bb
	1000	92 Aa	84 Ba	79 Cb
15	500	91 Aa	88 Aa	92 Aa
	750	93 Aa	92 Aa	89 Aa
	1000	88 Aa	86 Aa	89 Aa
30	500	90 Aa	83 Ba	85 Ba
	750	82 Bb	82 Ba	88 Aa
	1000	85 Ab	87 Aa	82 Aa
45	500	82 Ab	81 Aa	81 Aa
	750	91 Aa	82 Ba	80 Ba
	1000	83 Ab	73 Bb	75 Bb
60	500	85 Ab	89 Aa	86 Aa
	750	90 Aa	89 Aa	84 Ba
	1000	93 Aa	90 Aa	86 Ba

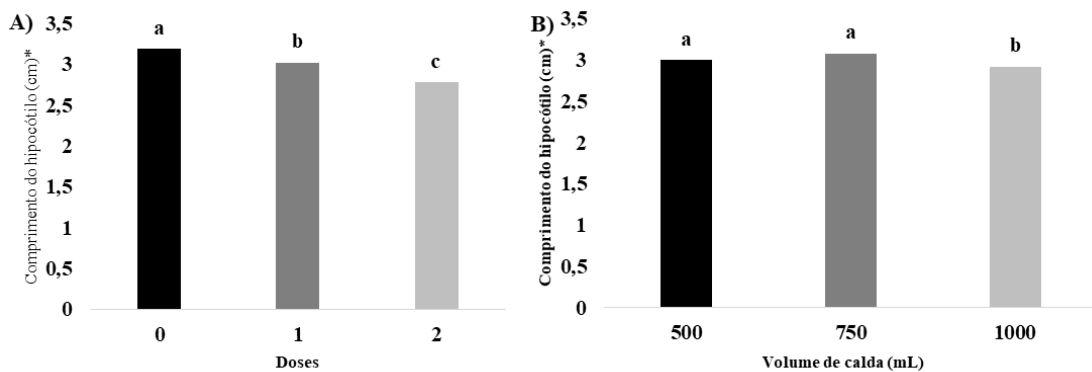
\*As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúsculas na coluna, para cada período de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Zambon (2013), Strieder *et al.* (2014) e Carvalho *et al.* (2020), recomendam a realização do industrial tratamento no máximo 60 dias antes do início da semeadura de modo a minimizar possíveis efeitos tóxicos para as sementes.

Na análise de plântulas, foi possível observar o efeito isolado dos fatores doses e volumes de calda para o comprimento do hipocótilo, representados nas Figura 3A e 3B, respectivamente. A medida em que se aumentou a dose de Tiametoxam, o comprimento do hipocótilo das plântulas foi reduzido, mostrando, portanto, um efeito fitotóxico do produto no teste em papel. Vale ressaltar que, da mesma forma como ocorre no teste de germinação, esse efeito pode ser ocasionado pela velocidade de embebição de água e do produto e maior concentração dos produtos junto a rizosfera, visto que a maneira de condução do teste é a mesma. Isso pode explicar o menor comprimento do hipocótilo mesmo quando foi aplicado a dose correta (1x) e que, com erro de dose em 2X, observou-se um efeito ainda maior de fitotoxidez nas plântulas.

Figura 3 - Comprimento do hipocótilo em sementes da cultivar de soja Brasmax Foco IPRO em função da dosagem (A) e do Volume de calda (B).



\*As médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.  
Fonte: Da autora (2023).

Ao comparar os diferentes volumes de calda utilizados, nota-se que o maior volume, de 1000 mL. 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, foi prejudicial ao desenvolvimento do hipocótilo, esse efeito prejudicial do excesso de calda aquosa também foi observado na maioria dos testes fisiológicos.

A análise de sementes e plântulas por meio de imagens tem sido amplamente utilizada em pesquisas, pois além de auxiliar na avaliação de características tanto de morfologia da semente e a relação com o desenvolvimento da plântula, traz também maior precisão e menor subjetividade, com maior agilidade dos resultados e podendo relacionar com o vigor de sementes (ABUD *et al.*, 2022).

Oliveira *et al.* (2021), ao estudarem a eficiência da análise de imagens computadorizadas de plântulas para avaliar a fitotoxicidade do tratamento químico de sementes de soja, observaram diferenças no vigor em diferentes tratamentos fitossanitários utilizados e



relatam que o uso da técnica se faz eficaz e altamente sensível para avaliar possíveis efeitos fitotóxicos decorrentes do tratamento químico. Carvalho *et al.* (2020), com o auxílio do Vigor-S<sup>®</sup>, relataram que fitotoxicidade causada pelo tratamento das sementes de soja é evidente pela característica comprimento das raízes.

Na análise do comprimento de raiz (TABELA 7), pode-se observar que de maneira geral, não houve diferenças entre os volumes de calda quando não se utilizou o timetoxam, dose 0, em todos os períodos de armazenamento avaliado, com exceção apenas aos 0 dias. Ao utilizar a dose 1, apenas aos 60 dias de armazenamento foi possível observar menor comprimento de raiz com o maior volume de calda. Já com o erro de dose, os efeitos nocivos do volume de calda elevado, igual ou maior que 750 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes, foram observados já com 45 dias de armazenamento.

Tabela 7 - Comprimento de raiz de plântulas de soja, cultivar Brasmax Foco IPRO, em função da dosagem (D) de Tiametoxam e diferentes volumes finais de calda (V) e analisadas ao longo do armazenamento (A).

Armazenamento (dias)	Volume de calda (mL.100 kg <sup>-1</sup> sementes)	Doses		
		0	1	2
0	500	5,48 Ab	5,90 Aa	6,61 Aa
	750	6,69 Aa	4,92 Ba	6,94 Aa
	1000	5,00 Ab	5,53 Aa	5,82 Aa
15	500	7,50 Aa	7,37 Ab	6,97 Aa
	750	8,21 Aa	9,07 Aa	7,29 Ba
	1000	7,20 Ba	8,57 Aa	7,21 Ba
30	500	6,89 Aa	7,59 Aa	6,34 Aa
	750	7,59 Aa	6,00 Bb	6,33 Ba
	1000	7,10 Aa	6,84 Aa	5,71 Ba
45	500	7,53 Aa	6,09 Ba	6,16 Ba
	750	7,65 Aa	6,27 Ba	5,10 Cb
	1000	6,54 Aa	5,55 Ba	4,66 Bb
60	500	7,31 Aa	6,74 Aa	5,51 Ba
	750	6,84 Aa	6,76 Aa	6,10 Aa
	1000	6,75 Aa	5,13 Bb	5,37 Ba

\*As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúsculas na coluna, para cada período de armazenamento, não diferem pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Ao comparar as doses em cada volume de calda estudado, nota-se que após 15 dias de armazenamento, a combinação erro de dose e volume mais elevado, 750 e 1000 mL, foram prejudiciais ao crescimento radicular inicial. Fato que não foi constatado com a dose correto ou ausência do inseticida. A partir dos 45 dias de armazenamento, mesmo com volume de calda

baixo, 500 mL. 100 kg<sup>-1</sup> de sementes e dose correta, foi verificado menor crescimento radicular em relação ao controle, dose 0. Indicando que sementes tratadas com essa receita devem ser armazenadas por períodos inferiores a esse.

Este resultado reforça o que foi encontrado também nos demais testes fisiológicos, ou seja, existe um efeito fitotóxico em sementes armazenadas ao utilizar doses superiores ao recomendado e ainda, este efeito é potencializado quando o volume de calda é maior, acima de 750 mL.100 kg<sup>-1</sup> sementes. A deterioração das sementes de soja tratadas e armazenadas está diretamente ligada ao tipo de molécula e à viscosidade da calda utilizada no tratamento de sementes (CARVALHO *et al.*, 2022).

Para Carvalho *et al.* (2020) o tratamento antecipado de sementes de soja com inseticidas, 60 dias, afetou o desenvolvimento inicial das plântulas, porém, não prejudicou a produtividade em campo. E quando ocorre fitotoxicidade essa é evidente no comprimento das raízes.

As variações nas doses do ingrediente ativo Tiametoxam foram confirmadas por meio da quantificação em HPLC (TABELA 8). Em todas as amostras em que se esperava o erro de dose, foram quantificados valores próximo ao dobro da dose recomendada, independente do volume de calda. Logo, assegura-se que o tratamento foi conduzido de forma correta e que nas sementes analisadas realmente estavam com as dosagens desejadas, a recomendada em bula (dose 1) e o dobro da mesma (dose 2).

Tabela 8 - Quantidade do ingrediente ativo Tiametoxam (g/ kg sementes de soja) mensurada pelo teste de HPLC da cultivar Brasmax Foco IPRO, em função da dosagem de Cruiser 350 FS<sup>®</sup> (Tiametoxam) (D) e diferentes volumes finais de calda (V).

Doses	Volume Final (mL)		
	500	750	1000
1	0.61 Aa	0.65 Ba	0.62 Aa
2	1.23 Ab	1.33 Cb	1.28 Bb
CV	0.95		

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Em todos os tratamentos, os resultados foram superiores a 88% de assertividade de dose em relação a planejada (80%) (TABELA 9). Esse resultado reforça o relatado por Reis *et al.* (2023), sobre a relevância da assertividade da dose no tratamento de sementes, pois além de afetar diretamente a eficiência dos produtos utilizados, pode também otimizar problemas de fitotoxidez, conforme observado nos resultados anteriores. Santos *et al.* (2018) citam que alguns

fatores podem afetar diretamente na eficiência dos tratamentos, como condições hídricas no momento da semeadura, durante o estabelecimento da cultura, assim como ingrediente ativo, formulação dos produtos fitossanitários e armazenamento. A distribuição e uniformidade adequados do produto na superfície da semente são importantes para garantir os benefícios do tratamento de sementes (AFZAL *et al.*, 2020; MEDEIROS *et al.*, 2023).

Tabela 9 - Percentual de acerto do ingrediente ativo Tiametoxam (g/ kg sementes de soja) mensurada pelo teste de HPLC da cultivar Brasmax Foco IPRO, em função da dosagem de Cruiser 350 FS<sup>®</sup> (Tiametoxam) (D) e diferentes volumes finais de calda (V)

Doses	Volume Final (mL)		
	500	750	1000
1	87.61 Ca	93.81 Aa	89.52 Ba
2	88.09 Aa	88.33 Ab	88.09 Aa
CV	0.98		

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Rocha *et al.* (2020) observaram que moléculas inseticidas afetam a germinação de sementes de soja causando fitotoxidez, afetando o desenvolvimento de plântulas normais. Além do uso de moléculas inseticidas, Abati *et al.* (2020) afirmam que o potencial fisiológico de sementes de soja é reduzido com o aumento do volume de calda utilizado no tratamento industrial e com o prolongamento do período de armazenamento, corroborando assim com este estudo.

#### 4 CONCLUSÕES

O erro na assertividade de dose do inseticida Tiametoxam proporciona efeitos negativos sobre a qualidade fisiológica das sementes.

Volume de calda para tratamento com Tiametoxam igual ou superior a 750 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes, calda aquosa, e associado ao erro de dose, é prejudicial à qualidade fisiológica e esse efeito é intensificado com armazenamento a partir de 30 dias.

Os efeitos da associação entre o erro de dose do inseticida, volume de calda aquosa elevada, acima de 750 mL. 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, e período de armazenamento prolongado são aditivos e prejudiciais à qualidade fisiológica das sementes tratadas.

## REFERÊNCIAS

- ABATI, J. *et al.* Physiological response of soybean seeds to spray volumes of industrial chemical treatment and storage in different environments. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. e202042002, 2020.
- ABUD, H.F. *et al.* Image analysis of the seeds and seedlings of *Vigna radiata*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 53, p. e20207303, 2022.
- AFZAL, I. *et al.* Modern seed technology: Seed coating delivery systems for enhancing seed and crop performance. **Agriculture**, v. 10, n. 11, p. 1-20, 2020.
- AGILENT. **1260 Infinity II LC System**. Analytical HPLC Systems. 2022. Disponível em: <https://www.agilent.com/en/product/liquid-chromatography/hplc-systems/analytical-hplc-systems/1260-infinity-ii-lc-system#relatedproducts>. Acesso em: 18 maio 2023.
- BAGATELI, J. R. *et al.* Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, v. 41, p. 151-159, 2019.
- BALDINI, M.; FERFUIA C.; PASQUINI S. Effects of some chemical treatments on standard germination, field emergence and vigour in hybrid maize seeds. **Seed Science and Technology**, v. 46, p. 41-51, 2018.
- BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Brasília: MAPA/ACE, 2019. 126 p.**
- \_\_\_\_\_. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ ACS, 2009. 395 p.
- BRZEZINSKI, C. R. *et al.* Spray volumes in the industrial treatment on the physiological quality of soybean seeds with different levels of vigor. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 2, p. 174-181, 2017.
- CARVALHO, E. R. *et al.* Physiological and enzymatic monitoring of treated seeds of cultivars soybean during storage. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 17, n. 3, p. e2077-e2077, 2022.
- CARVALHO, E. R. *et al.* Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. e202042036, 2020.
- CARVALHO, E. R. *et al.* Soil water restriction and performance of soybean seeds treated with phytosanitary products. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 1, p. 59-66, 2022.
- CASTRO, G. S. A. *et al.* Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 10, p. 1311-1318, 2008.

DAN, L. G. D. M. *et al.* Desempenho de sementes de soja tratadas com inseticidas e submetidas a diferentes períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 215-222, 2010.

DECARLI, L. *et al.* Tratamento industrial em sementes de soja: qualidade fisiológica e desempenho da cultura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 3, 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil - 2012 e 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/904487/5/TEC.PROD.15.pdf>. Acesso em: 18 maio 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 4, p. 278- 286, 2014.

HAN, C.T.; SUNG, Y.; HSUEH, M.T. Imbibition Treatments on the germination of white winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) seeds. **Horticulture Journal**, p. UTD-387, 2023.

LUDWIG, M. P. *et al.* Eficiência do recobrimento de sementes de soja em equipamento com sistema de aspersão. **Ciência Rural**, v. 41, n. 4, p. 557-563, 2011.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. *In*: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p. 133-149.

\_\_\_\_\_. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MEDEIROS, J. C. *et al.* Quality of corn seed industrial seed treatment (IST) and *On-Farm* treatment (OFT) in Brazilian agribusiness. *Journal of Seed Science*, v.45, p. e202345017, 2023.

OLIVEIRA, G. R. F. *et al.* Computerized analysis of seedling performance in evaluating the phytotoxicity of chemical treatment of soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 43, p. 1-10, 2021.

PEREIRA, R. C. *et al.* Physiological quality of soybean seeds stored after industrial treatments with different chemicals. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. E6310212279, 2021.

PEREIRA, R. C. *et al.* Physiological quality of soybean seeds treated with imidacloprid before and after storage. **Plant, Soil and Environment**, v. 66, n. 10, p. 513-518, 2020.

REIS, L. V. *et al.* Treatment technologies for soybean seeds: Dose effectiveness, mechanical damage and seed coating. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 47, p. e013622, 2023.

REIS, V. U. V. *et al.* Vigor of maize seeds and its effects on plant stand establishment, crop development and grain yield. **Journal of Seed Science**, v. 44, p. e202244020, 2022.

ROCHA, D. K. *et al.* Does the substrate affect the germination of soybean seeds treated with phytosanitary products? **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, p. e020119, 2020.

SANTOS, R. F. *et al.* Physiological potential of soybean seeds treated and stored under uncontrolled conditions. **Journal of Seed Science**, v. 45, p. e202345005, 2023.

SANTOS, S. F. *et al.* Composition and volumes of slurry in soybean seeds treatment in the industry and physiological quality during storage. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 1, p. 067-074, 2018.

SARMENTO, H.G.S. *et al.* Determinação do teor de água em sementes de milho, feijão e pinhão-manso por métodos alternativos. **Revista Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 249-256, 2015.

SARTORI, F.F. *et al.* Soybean seed treatment: how do fungicides translocate in plants? **Pest Management Science**, v. 76, n. 7, p. 2355-2359, 2020.

STRIEDER, G. *et al.* Estudo técnico e de cenários econômicos para implantação de uma unidade de tratamento industrial de sementes de soja e trigo. **Informativo Abrates**, v. 24, n. 3, p. 118-123, 2014.

TOLEDO, M. Z. *et al.* 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.

YANG, D.B., AVELAR S.A.G., TAYLOR A.G. Systemic seed treatment uptake during imbibition by corn and soybean. **Crop Science**, v.58, p.2063–2070, 2018.

ZAMBON, S. Aspectos importantes do Tratamento de Sementes. **Informativo Abrates**, v. 23, n. 2, p. 26, 2013.

### **CAPÍTULO 3 COMO OS COMPONENTES USADOS NO TRATAMENTO QUÍMICO DE SEMENTES AFETAM A QUALIDADE FISIOLÓGICA AO LONGO DO ARMAZENAMENTO?**

#### **RESUMO**

Na cultura da soja, o tratamento de sementes é amplamente difundido, muitas vezes com o uso de diversos produtos, porém, a interação e o excesso de componentes utilizado pode afetar a qualidade fisiológica das sementes. O objetivo no presente trabalho foi avaliar o efeito de produtos fitossanitários e funcionais usados no tratamento sobre a qualidade das sementes de soja armazenadas. As sementes foram tratadas com combinações de fungicida, inseticida, polímero, pó secante, grafite, cobalto-molibdênio e inoculante. As avaliações da qualidade física e fisiológica foram realizadas após cinco períodos de armazenamento: 0, 15, 30, 60 e 90 dias, por meio dos testes de teor de água, germinação, emergência de plântulas, envelhecimento acelerado modificado em substrato, comprimento da parte aérea (hipocótilo), comprimento da raiz primária e comprimento total de plântulas. Foi realizada também a quantificação do desprendimento de pó (*Dust-off*). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 10 x 5, envolvendo 10 composições do tratamentos de sementes e 5 períodos de armazenamento. A inclusão dos componentes Co-Mo + Inoculante + Grafite, além do Fungicida, Inseticida e Polímero, interfere na qualidade fisiológica das sementes após 30 dias de armazenamento, evidenciado principalmente pela redução do vigor das sementes. Para evitar efeitos prejudiciais sobre a qualidade fisiológica, a utilização de Co-Mo e grafite adicionais aos produtos fitossanitários deve ser realizada mais próximo da semeadura. O número excessivo de produtos via tratamento de sementes pode afetar negativamente a qualidade delas, mesmo com curto período de armazenamento, 15 dias. A composição do tratamento afeta diretamente o desprendimento de pó (*Dust-off*) das sementes.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Produtos fitossanitários. Armazenamento seguro. Fitotoxidez.



## ABSTRACT

In the soybean crop, seed treatment is widely disseminated, often with the use of different products, but the interaction and excess of components used can affect the physiological quality of the seeds. The objective of this work was to evaluate the effect of phytosanitary and functional products used in the treatment on the quality of stored soybean seeds. The seeds were treated with combinations of fungicide, insecticide, polymer, drying powder, graphite, cobalt and molybdenum, inoculant. Physical and physiological quality evaluations were performed after five storage periods: 0, 15, 30, 60 and 90 days. The evaluations were carried out through tests of water content, germination, seedling emergence, accelerated aging modified in substrate and seedling development. The quantification of dust release (Dust-off) was also carried out. The experimental design was completely randomized, in a 10 x 5 factorial scheme, involving 10 seed treatment compositions and 5 storage periods. The inclusion of the components Co-Mo + Inoculant + Graphite, in addition to the Fungicide, Insecticide and Polymer, interferes with the physiological quality of the seeds after 30 days of storage, evidenced mainly by the reduction of seed vigor. It is recommended to use Co-Mo and graphite closer to sowing, in order to avoid the phytotoxic effect and also to reduce the release of dust.

**Keywords:** *Glycine max* L. Merrill. Phytosanitary products. Seed safety. Phytotoxicity.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja é uma importante commodity no cenário agrícola mundial, sendo o Brasil considerado o maior produtor da cultura (CONAB, 2022). Elevadas produtividades e produções estão diretamente relacionadas ao uso de tecnologias e muitas desses veiculadas via sementes.

Dentre os diversos avanços tecnológicos que visam aumentar a produtividade da soja, destaca-se o tratamento químico de sementes. O tratamento de sementes com produtos fitossanitários protege e favorece o desenvolvimento inicial de plântulas de soja, principalmente em condições adversas de cultivo, como restrição hídrica (CARVALHO *et al.*, 2022a), bem como permite combinações entre inseticidas, fungicidas, polímeros e pó secantes (FRANÇA-NETO *et al.*, 2016). No entanto, a combinação desses produtos, fitossanitários e funcionais, e volume de calda utilizados, podem afetar a qualidade fisiológica das sementes, sobretudo quando armazenadas (SANTOS *et al.* 2018; PEREIRA *et al.*, 2021a, CARVALHO *et al.*, 2022a). Diante das possibilidades de composição e volumes de calda para tratamento de sementes, são necessários estudos sobre sua relação com a qualidade fisiológica das sementes (SANTOS *et al.* 2018).

Além da adição dos produtos fitossanitários (inseticidas e fungicidas), as empresas têm utilizado pó secante junto ao tratamento de sementes, objetivando a rápida secagem do produto fitossanitário e de maneira uniforme (ABATI *et al.*, 2018). Tem-se investido também em vendas de pacotes tecnológicos com a combinação de micronutrientes (PEREIRA *et al.*, 2021b), além de outros produtos funcionais como polímeros e inoculantes.

A utilização de cobalto e molibdênio é importante para auxiliar no processo de fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja, e embora amplamente utilizada no tratamento *On-Farm*, o uso desses micronutrientes no processo de tratamento de sementes industrial (TSI) ainda é pouco explorado (PEREIRA *et al.*, 2021b).

Existem diversos estudos mostrando o efeito do tratamento de sementes com produtos fitossanitários sobre a qualidade fisiológica das mesmas ao longo do armazenamento. Carvalho *et al.* (2020) observaram redução na qualidade de sementes de soja armazenadas por 60 dias, no entanto, não houve reduções para níveis abaixo do padrão para comercialização de sementes comerciais. Abati *et al.* (2020), estudando o efeito de volumes de calda, e a combinação de diferentes produtos químicos, observaram redução na qualidade de sementes de soja com o

aumento do volume de calda utilizado no tratamento industrial ao longo do período de armazenamento em ambiente não controlado. Bem Junior *et al.* (2020) avaliando a qualidade de sementes de soja tratadas com fungicidas e inseticidas, observaram que o uso de inseticida apresentou efeito negativo na qualidade fisiológica das sementes de soja quando armazenadas.

Com o conceito de venda de sementes tratadas industrialmente para o “abre e plante”, em que se preconiza que o agricultor não precisa adicionar nenhum componente antes do plantio, é necessário uso de Co-Mo, Inoculantes e Grafite, além dos já tradicionais fungicidas, inseticidas, polímeros e pós secante. Assim, é indispensável estudo para o entendimento das interações entre esses componentes e a qualidade das sementes de soja armazenadas.

Alguns autores também estudaram a interação de outros produtos junto ao tratamento de sementes industrial, como Abati *et al.* (2018), que com o uso de pó secante associado ao tratamento inseticida, observaram redução na qualidade fisiológica de sementes da cultivar BRS 360 RR; e Oliveira *et al.* (2021), que observaram redução no desenvolvimento de plântulas de soja quando da mistura de fungicidas + inseticidas + micronutrientes (Co e Mo) no tratamento de sementes.

No entanto, devido as diversas possibilidades de composição da calda para tratamento de sementes de soja, estudos que relacionem os efeitos isolados e a interação dessas moléculas sobre a qualidade fisiológica das sementes ainda são escassos e carecem de informações atuais. Sendo assim, o objetivo no presente trabalho foi avaliar o efeito das composições do tratamento químico de sementes, envolvendo produtos fitossanitários, polímero, pó secante, micronutrientes, inoculante e grafite, sobre a qualidade das sementes de soja ao longo do armazenamento e o desprendimento de pó das sementes.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Análise de Sementes, Departamento de Agricultura, Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL), da Universidade Federal de Lavras- UFLA, onde as sementes foram armazenadas. A cidade está localizada na região Sul de Minas Gerais, latitude 21° 14' S, longitude 45° 00' W Gr. e 918 m de altitude. O clima de Lavras, pela classificação climática de Köppen, é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso, subtropical (BRASIL, 1992; DANTAS *et al.*, 2007).

Sementes de soja, cultivar Foco Brasmax, foram pesadas e separadas em porções de 2,5 kg para posterior tratamento. O processo de tratamento foi efetuado em máquina Momesso Arktos Laboratório L5K, para simulação de tratamento industrial em bateladas.

No tratamento industrial foram utilizados os seguintes componentes: produtos químicos fitossanitários (inseticida + fungicida), polímero e pó secante: Fungicida (F) - Maxim Advanced® (Ingrediente ativo Fludioxonil 25 g/L + Metalaxil-M 20 g/L + Tiabendazol 150 g/L) para as sementes tratadas apenas com fungicida em dosagem recomendada (100 mL produto comercial.100 kg<sup>-1</sup> de sementes) e para as demais combinações, as sementes foram tratadas com a receita Fortenza® Duo (Fortenza 600 FS® + Cruiser® 350 FS + Maxim Advanced®), envolvendo fungicida (Maxim Advanced®) e inseticidas: Cruiser 350 FS® (IC) (Ingrediente ativo Tiametoxam 350 g/L – 35% m/v; dosagem 200 mL do produto comercial.100 kg<sup>-1</sup> de sementes); Inseticida Fortenza 600® (IF) (Ingrediente ativo Ciantraniliprole 600 g/L – 60% m/v; 60 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes); Polímero (P) Biocroma® vermelho (Densidade 1,10 g/m<sup>3</sup> dosagem 100 mL do produto comercial.100 kg<sup>-1</sup> de sementes); Cobalto e Molibdênio (Co-Mo) (Fertilizante Organomineral Classe A, Densidade 1,25 g/mL, composto de Enxofre 0,55% p/p – (6,875 g/L), Cobalto 1% p/p – (12,5 g/L), Carbono Orgânico Total 20% p/p (250 g/L), Molibdênio 10% p/p – (125 g/L), com a fontes sulfato de cobalto, molibdato de sódio, sacarídeos, EDTA (6,6%): dosagem 200 mL do produto comercial.100 kg<sup>-1</sup> de sementes); Inoculante (IN) (100 mL.100 kg<sup>-1</sup> de sementes); Pó secante (Pó) Biogloss® biogrow (200 g.100 kg<sup>-1</sup> de sementes) e Grafite (G) (Composto de Grafite natural 70-100%; Quartzo 0,01-25,0% dosagem 400 g produto comercial.100 kg<sup>-1</sup> de sementes) e a Água (A) foi utilizada apenas quando utilizado somente Fungicida (F). O Volume Final de Calda (VFC) foi resultado da soma dos volumes de cada produto.

Tabela 1 - Produtos comerciais, tipos e doses utilizadas para o tratamento de sementes de soja.

SIGLA*		F**	IC	IF	P	A	Co- Mo	IN	VFC	Pó	G
		(ml)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)	(g)	(g)
C1	F	100	-	-	-	260	-	-	360	-	-
C2	F+I	100	200	60	-	-	-	-	360	-	-
C3	F+I+P (BASE-B)	100	200	60	100	-	-	-	460	-	-
C4	B+Pó	100	200	60	100	-	-	-	460	200	-
C5	B+G	100	200	60	100	-	-	-	460	-	400
C6	B+Pó+G	100	200	60	100	-	-	-	460	200	400
C7	B+Pó+CM	100	200	60	100	-	200	-	660	200	-
C8	B+Pó+IN	100	200	60	100	-	-	100	560	200	-
C9	B+Pó+CM+IN	100	200	60	100	-	200	100	760	200	-
C10	B+Pó+CM+IN+G	100	200	60	100	-	200	100	760	200	400

\*Dose produto comercial: mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes. F: Fungicida; I: Inseticida; P: Polímero, Pó: Pó secante; G: Grafite, CM: Cobalto e molibdênio; IN: Inoculante. \*\* F: Fungicida; IC: Inseticida Cruiser; IC: Inseticida Fortenza, P: Polímero, A: Água; Co-Mo: Cobalto e molibdênio, VFC: Volume Final de Calda.

Fonte: Da autora (2023).

Após o tratamento, as sementes foram dispostas em sacos de papel tipo kraft e armazenadas em galpão não climatizado, na Unidade de Beneficiamento e Armazenamento de Sementes do Departamento de Agricultura, ESAL – UFLA. Ao longo do armazenamento a qualidade das sementes foi avaliada aos 0, 15, 30, 60 e 90 dias, por meio dos seguintes testes:

- Teor de água: mensurado por meio do método da estufa (24 horas a 105 °C), sendo os valores expressos em porcentagens (BRASIL, 2009).
- Germinação em rolo de papel (GP): com quatro repetições de 50 sementes por tratamento, com semeadura em substrato papel (2 folhas), em rolos, umedecido com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, e foram mantidas em germinador tipo mangelsdorf a 25 °C. As contagens de plântulas normais foram realizadas aos 5 e 8 dias após a semeadura (BRASIL, 2009).
- Germinação rolo de papel mais vermiculita (GV): foi conduzida com os mesmos procedimentos descritos para a Germinação em rolo de papel (GP), porém, com o uso da vermiculita entre os papéis e a sementes, conforme metodologia modificada de Rocha et al. (2020). Após a semeadura sobre o papel umedecido, 3 vezes o peso do papel seco, foi adicionado uma fina camada de vermiculita úmida distribuída uniformemente sobre as sementes e o papel, e então cobertas com folha de papel e confeccionados os rolos. Foi utilizado o volume de 100 ml de vermiculita comercial média umedecida por rolo (proporção de vermiculita/ água de 1:1, isto é, a cada quilo de vermiculita foi utilizado

1 litro de água destilada. A contagem de plântulas normais foi realizada aos 5 dias após a semeadura (BRASIL, 2009).

- d) Emergência de plântulas: o substrato utilizado foi composto pela mistura de areia + solo (proporção 2:1) colocado em bandejas plásticas, irrigado a 60% da capacidade de retenção de água na semeadura e posteriormente quando necessário, de forma uniforme. Foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação à temperatura de 25 °C, em regime alternado de luz e escuro (12 horas). A contagem de emergência de plântulas foi realizada aos 5 e 8 dias após a semeadura.
- e) Envelhecimento acelerado modificado em substrato (EAS): foram utilizadas caixas plásticas tipo gerbox, adaptadas com tela de alumínio suspensa. Em cada gerbox foram adicionados 40 mL de água e uma camada única de sementes sobre toda a tela. Em seguida, foram mantidas em câmara tipo BOD a 41 °C por 48 horas (MARCOS-FILHO, 2020). Após este período, a semeadura foi realizada em substrato acondicionado em bandeja plástica, contendo areia + solo na proporção 2:1, umedecido a 60% da capacidade de retenção de água. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal à temperatura de 25 °C, em regime alternado de luz e escuro (12 horas). A avaliação das plântulas emergidas foram realizadas aos 5 e 8 dias após a semeadura.
- f) Comprimento de plântulas por meio de imagens de alta resolução: com quatro repetições de 20 sementes, seguindo as metodologias descritas para o teste de germinação. Aos quatro dias após a semeadura foram realizadas as capturas das imagens da plântulas. As avaliações foram feitas no GroundEye®, versão S120. As plântulas foram inseridas na bandeja do módulo de captação para a obtenção de imagens de alta resolução. Subsequentemente, para a calibração da cor de fundo foi utilizado o modelo de cor CIEL\*a\*b com índice de luminosidade de 0 a 100, dimensão “a” -13,9 a 46,1 e dimensão “b” de -57,1 a -40,6. Após a calibração da cor do fundo, a análise das imagens foi feita automaticamente através da extração dos valores médios dos seguintes parâmetros: média do tamanho da parte aérea (hipocótilo), média do tamanho da raiz primária e comprimento total de plântulas.
- g) Desprendimento de partículas/poeira das sementes (Dust-off): antes do teste, as amostras foram acondicionadas por 48 horas à 20 °C e 50 % de umidade relativa. Após este período, utilizou-se o medidor de poeira (Dustmeter) Heubach D.38679

Langelsheim, seguindo a metodologia da European Seed Association - ESA. Para avaliação das amostras de sementes os parâmetros estabelecidos foram: o tempo de operação do equipamento (120 segundos), o tamanho da amostra analisada (100 gramas de sementes) e o fluxo de ar (20 litros por minuto). Um filtro de microfibra de 6 cm de diâmetro foi colocado no porta-filtro e o conjunto foi pesado, procedendo-se a operação de desprendimento de poeira. O tambor foi carregado com a amostra de sementes, com o movimento giratório do conjunto, as sementes em atrito pelos defletores instalados dentro do tambor resultaram em desprendimento de partículas de poeira. Ao final do tempo de movimentação estabelecido, o conjunto filtro e porta filtro foram pesados novamente e por diferença de peso, estimou-se a massa de partículas desprendida. Os resultados foram apresentados em  $\text{g } 100 \text{ kg}^{-1}$  sementes (REIS *et al.*, 2023).

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições, em esquema fatorial 10 x 5, envolvendo 10 composições do tratamento de sementes e 5 épocas de avaliação ao longo do armazenamento. As análises estatísticas foram realizadas por meio da análise de variância com auxílio do software Sisvar® (FERREIRA, 2019), a 5% de probabilidade pelo teste F ( $p < 0,05$ ). Quando necessário as médias foram analisadas com o uso do teste de Scott-knott, a 5%, ou com análises de regressões polinomiais com a escolha do modelo significativo de maior coeficiente de determinação.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças nos teores de água das sementes após os tratamentos, em todas as composições dos tratamentos até 30 dias de armazenamento (TABELA 2). Independente da composição do tratamento os valores foram semelhantes, característica importante para assegurar as inferências sobre a qualidade fisiológica. Segundo Amaral *et al.* (2018), a umidade das sementes deve ser o mais uniforme possível, pois mesmo com sua uniformidade, a tendência é que esse teor de água seja reduzido após um período até a comercialização.

Aos 60 dias observou-se maiores valores para as composições F, F+I e B, todos sem uso de pó secante (TABELA 2). No entanto, aos 90 dias de armazenamento esses resultados não se repetiram.

Tabela 2 - Teor de água de sementes de soja, tratadas com diferentes composições de produtos em função do armazenamento.

Composição TS	Período de armazenamento (dias)				
	0	15	30	60	90
C1 F	12,91 a	12,70 a	12,78 a	12,85 a	9,91 d
C2 F + I	12,84 a	12,59 a	12,87 a	12,86 a	9,90 d
C3 F + I + P (B)	12,64 a	12,90 a	12,82 a	13,14 a	11,16 a
C4 B+Pó	12,48 a	12,77 a	12,77 a	12,76 b	10,25 d
C5 B+G	12,60 a	12,71 a	12,61 a	12,60 b	10,17 d
C6 B+Pó+G	12,64 a	12,48 a	12,75 a	12,44 b	10,12 d
C7 B+Pó+CM	12,61 a	12,95 a	12,96 a	12,72 b	11,33 a
C8 B+Pó+IN	12,71 a	12,94 a	12,96 a	12,54 b	10,69 b
C9 B+Pó+CM+IN	12,46 a	12,65 a	12,63 a	12,76 b	10,55 c
C10 B+Pó+CM+IN+G	12,64 a	12,62 a	12,86 a	12,72 b	10,21 d
C.V.	1,62				

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

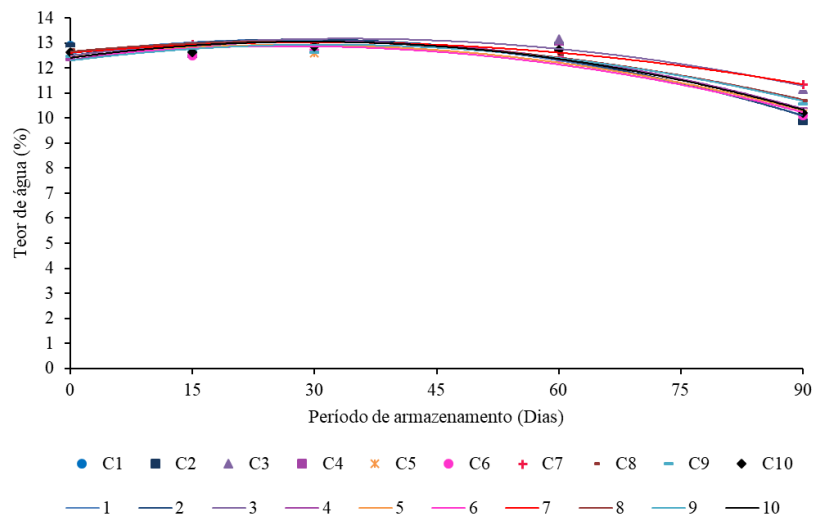
Fonte: Da autora (2023).

Houve redução no teor de água das sementes na metade final do armazenamento, para todos as composições (FIGURA 1). Esse fato era esperado, tendo em vista que as sementes foram armazenadas em ambiente sem controle de temperatura e da umidade relativa. Considerando que o tratamento foi realizado no início do mês de maio, análises aos 90 dias de armazenamento no mês de agosto, todo o período de armazenamento foi conduzido na estação seca menor umidade relativa média, o teor de água das sementes foi reduzido em função do



equilíbrio higroscópico com o ambiente de armazenamento. Reiterando que as composições dos tratamentos de sementes não afetaram o equilíbrio higroscópico no armazenamento até 45 dias.

Figura 1 - Teor de água de sementes de soja tratadas com diferentes composições de produtos em função dos períodos de armazenamento. C1: F; C2: F+I; C3: F+I+P (BASE – B); C4: B+Pó; C5: B+G; C6: B+Pó+G; C7: B+Pó+CM; C8: B+Pó+IN; C9: B+Pó+CM+IN; C10: B+Pó+CM+IN+G.



Fonte: Da autora (2023).

Nos resultados da primeira contagem de germinação, observou-se no início do armazenamento, maiores valores de plântulas normais nas composições de tratamento de sementes F, F+I, B+G (TABELA 3). Composições essas com número reduzido de componentes, as demais com número maior de produtos apresentaram menores valores, mesmo no início do armazenamento, quando avaliados na metodologia com uso de papel. Efeitos nocivos do número excessivo de produtos no tratamento de sementes ficou evidente ao final dos 90 dias de armazenamento, em que a partir de inclusão dos inseticidas já houve diminuição da qualidade em relação ao fungicida e principalmente nas composições com 5 ou mais componentes (C7, C8, C9 e C10).

Tabela 3 - Primeira contagem de germinação (%) de sementes de soja, tratadas com diferentes composições de produtos em função do armazenamento.

Composição TS	Período de armazenamento (dias)				
	0	15	30	60	90
C1 F	95 a	96 a	96 a	85 a	85 a
C2 F + I	90 a	90 a	94 a	88 a	69 b
C3 F + I + P (B)	85 b	85 b	85 b	85 a	72 b
C4 B+Pó	84 b	84 b	88 a	84 a	62 c
C5 B+G	94 a	94 a	91 a	88 a	74 b
C6 B+Pó+G	84 b	88 a	90 a	84 a	58 c
C7 B+Pó+CM	83 b	84 b	82 b	81 a	60 c
C8 B+Pó+IN	86 b	83 b	89 a	81 a	67 c
C9 B+Pó+CM+IN	79 b	79 b	76 b	76 a	60 c
C10 B+Pó+CM+IN+G	79 b	76 b	84 a	84 a	53 c
C.V.	6,61				

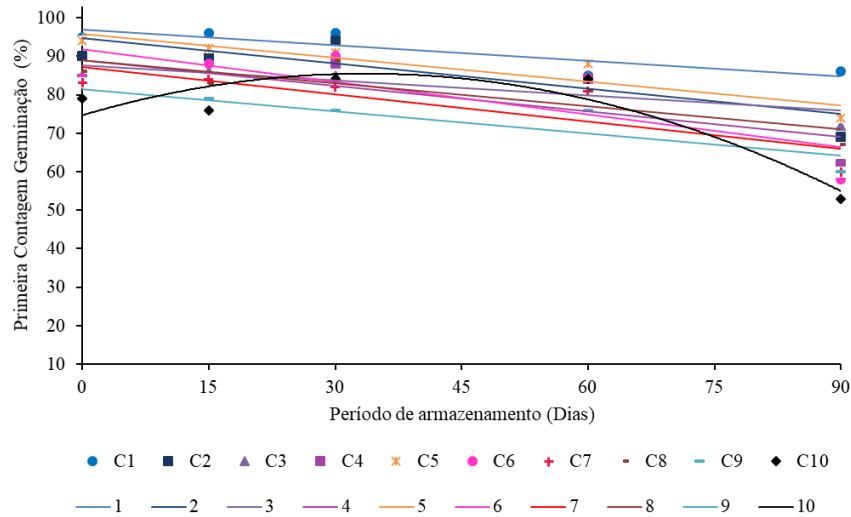
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Rocha *et al.* (2020) relataram que tratamentos com moléculas inseticidas afetam a germinação de sementes de soja, com maior fitotoxidez em relação ao tratamento com fungicidas. Santos *et al.* (2023), estudando os efeitos da combinação de produtos no tratamento químico sobre a qualidade de sementes de soja, observaram redução no potencial de germinação das sementes quando utilizado pó secante na composição do tratamento. A composição do pó secante (que muitas vezes contém dióxido de titânio e cloreto de talco natural) pode ser um dos fatores que afetam a germinação das sementes, pois, apesar de serem de natureza hidrofílica, existem relatos de que podem causar danos relacionados à embebição (TOLEDO *et al.*, 2010; SANTOS *et al.* 2023).

Ao longo do armazenamento, houve redução de plântulas normais na primeira contagem de germinação, para todas as composições de tratamento de sementes (FIGURA 2). Com o tratamento somente com fungicida em patamares mais elevados de qualidade, em relação aos tratamentos com maior número de produtos. Principalmente para a composição com todos os produtos, em que notou-se maior redução aos 90 dias de armazenamento, com apenas 53% de plântulas normais. O que reforça a importância de se conhecer o período de armazenamento seguro para a qualidade das sementes tratadas (*Seed safety*), sobretudo quando se utiliza um número maior de produtos na composição, situação corriqueira e crescente no TSI.

Figura 2 - Primeira contagem de germinação de sementes de soja, tratadas com diferentes composições de produtos em função do armazenamento. C1: F; C2: F+I; C3: F+I+P (BASE – B); C4: B+Pó; C5: B+G; C6: B+Pó+G; C7: B+Pó+CM; C8: B+Pó+IN; C9: B+Pó+CM+IN; C10: B+Pó+CM+IN+G.



Fonte: Da autora (2023).

Na avaliação inicial da germinação, não houve diferença entre as composições dos tratamentos. No entanto, após 15 dias de armazenamento, foi observado efeito prejudicial sobre a germinação para os tratamentos com 5 ou mais componentes ou aquelas em que foi inserido o pó secante. Abati *et al.* (2018) também observaram redução na velocidade de germinação em sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários e adição de pó secante.

Tabela 4 - Porcentagem de germinação (%) aos 8 dias de sementes de soja, tratadas com diferentes composições de produtos em função do armazenamento.

Composição TS	Período de armazenamento (dias)				
	0	15	30	60	90
C1 F	95 a	96 a	96 a	88 a	87 a
C2 F + I	90 a	95 a	96 a	92 a	74 b
C3 F + I + P (B)	86 a	90 b	92 a	90 a	75 b
C4 B+Pó	90 a	90 b	95 a	89 a	71 b
C5 B+G	95 a	96 a	94 a	90 a	77 b
C6 B+Pó+G	93 a	88 b	91 a	91 a	64 b
C7 B+Pó+CM	82 a	90 b	87 b	87 a	63 c
C8 B+Pó+IN	91 a	87 b	91 a	89 a	70 b
C9 B+Pó+CM+IN	86 a	87 b	79 c	81 a	63 c
C10 B+Pó+CM+IN+G	89 a	84 b	90 a	87 a	59 c
C.V.	5,68				

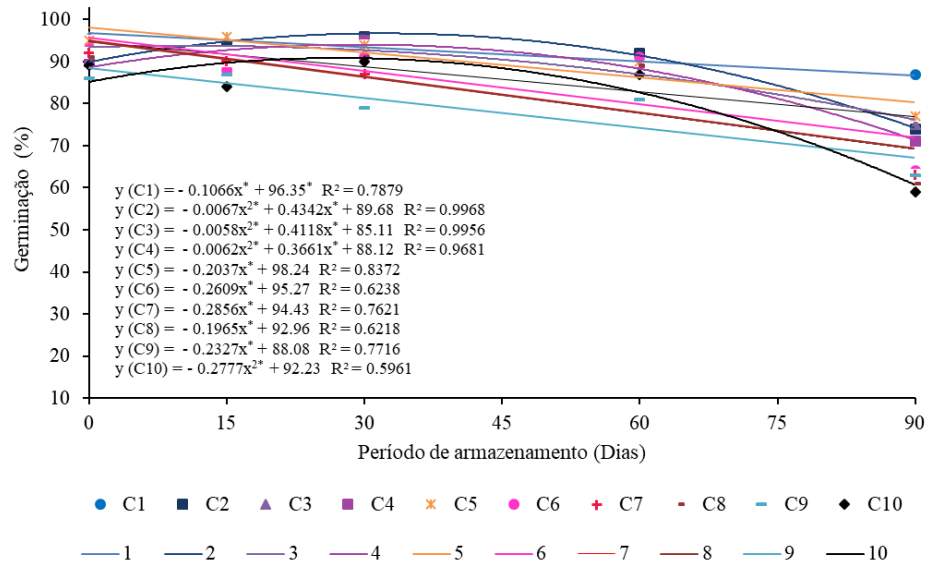
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Da mesma forma, como observado na primeira contagem, houve redução na germinação final das sementes após o armazenamento de 90 dias, intensificado nas combinações com maior número de produtos na composição final do tratamento de sementes, como B+Pó+CM, B+Pó+CM+IN e B+Pó+CM+IN+G, com decréscimos de 2,8, 2,3 e 2,8% na germinação, respectivamente (FIGURA 3). Todos esses tratamentos apresentavam em sua constituição suplementar a base comum em TSI, pó secante e Co-Mo. O que denota atenção, pois muitas vezes, os agricultores realizam o chamado retratamento, com diversos produtos funcionais sobre as sementes já tratadas industrialmente com fungicida, inseticida, polímero e em alguns casos pó secante.

Pereira *et al.* (2021b), ao estudarem a relação da composição (micronutriente + bioregulador + polímero + pó secante) do tratamento de sementes de soja sobre a qualidade fisiológica de soja durante o armazenamento (0, 15, 30, 45, 60 e 90 dias), concluíram que a combinação desses quatro componentes no tratamento de sementes e o volume de calda, associados aos períodos de armazenamento (15 dias após o tratamento), proporcionam efeito nocivo sobre a qualidade fisiológica das sementes, porém, o estudo não avaliou a combinação com inseticidas e fungicidas.

Figura 3 - Germinação (%) final de sementes de soja, tratadas com diferentes composições de produtos em função do armazenamento. C1: F; C2: F+I; C3: F+I+P (BASE – B); C4: B+Pó; C5: B+G; C6: B+Pó+G; C7: B+Pó+CM; C8: B+Pó+IN; C9: B+Pó+CM+IN; C10: B+Pó+CM+IN+G.



Fonte: Da autora (2023).

No teste de germinação em rolo de papel mais vermiculita, não ocorreram diferenças entre as composições até 15 dias de armazenamento (TABELA 5). Aos 30 dias, houve redução na germinação de sementes tratadas com os composições C4, C6, C9 e C10, todos continham pó secante. No entanto, aos 60 dias, apenas para a composição com o maior número de componentes apresentou redução na germinação, reiterando a necessária atenção no período de armazenamento mais curto para sementes com um número elevados de produtos, acima de 5.

Alves *et al.* (2017) afirmaram que a interação entre produtos e/ou determinados ingredientes ativos podem causar redução na qualidade das sementes, com conseqüente redução do estabelecimento das plântulas em campo devido à fitotoxidez ocasionada por essa interação, fato este que também foi observado neste estudo.

Tabela 5 - Porcentagem de germinação (%) RP+V de sementes de soja, tratadas com diferentes composições de produtos em função do armazenamento.

Composição TSI		Período de armazenamento (dias)				
		0	15	30	60	90
C1	F	98 a	95 a	93 a	94 a	84 b
C2	F + I	95 a	94 a	95 a	95 a	88 a
C3	F + I + P (B)	97 a	96 a	97 a	96 a	82 b
C4	B+Pó	96 a	97 a	92 b	90 a	82 b
C5	B+G	96 a	96 a	95 a	94 a	87 a
C6	B+Pó+G	96 a	93 a	90 b	91 a	83 b
C7	B+Pó+CM	97 a	89 a	96 a	93 a	77 b
C8	B+Pó+IN	96 a	95 a	96 a	93 a	91 a
C9	B+Pó+CM+IN	97 a	95 a	91 b	93 a	86 a
C10	B+Pó+CM+IN+G	98 a	94 a	86 b	82 b	84 b
C.V.		4,65				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

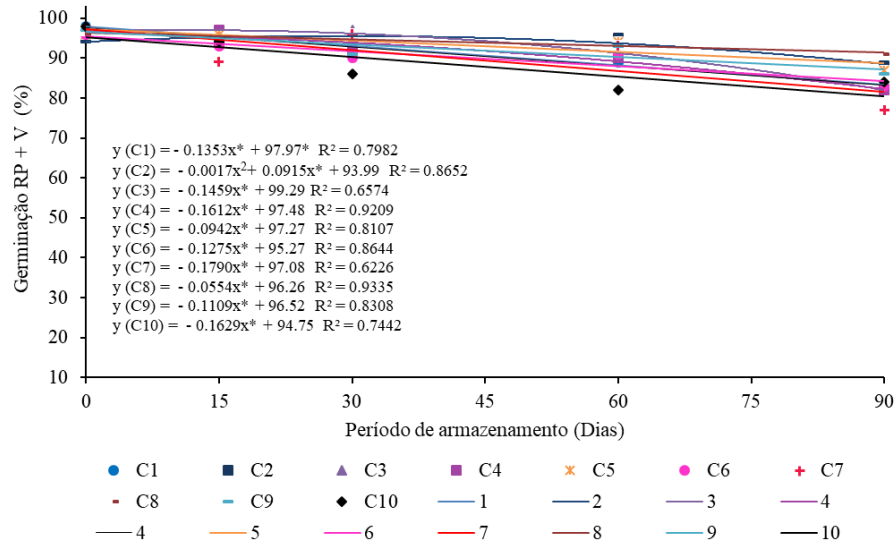
Fonte: Da autora (2023).

Ludwig *et al.* (2011) observaram que, em sementes de soja tratadas com a combinação de produtos de princípio ativo e modo de ação diferentes, mesmo que com um único volume de calda de 600 mL. 100 kg<sup>-1</sup>, houve efeito negativo na qualidade das sementes armazenadas por 60 dias após o tratamento, sendo as avaliações realizadas em 0, 60, 120 e 180 dias, sem controle de temperatura e umidade relativa. Os autores também observaram que existem diferenças entre cultivares e entre combinações de produtos.

Ao longo do armazenamento, houve redução na germinação GV, independente do composição do tratamento de sementes (FIGURA 4). Esse resultado também foi observado no teste de germinação padrão, no entanto, as médias do teste de germinação utilizando a metodologia de rolo de papel + vermiculita foram superiores, com valores acima de 80%, e portanto, dentro do padrão de comercialização de sementes de soja no país, mesmo após 90 dias de armazenamento. Dessa forma, é possível relacionar que o substrato utilizado amenizou o efeito fitotóxico atrelado ao processo de embebição das sementes mais lento.

Rocha *et al.* (2020) observaram que não houve decréscimo da germinação utilizando rolo de papel mais vermiculita em sementes de soja tratadas com produtos fitossanitários. Os autores também observaram fitotoxidez em sementes e plântulas nos métodos de germinação com água prontamente disponível, como no teste de germinação entre papel.

Figura 4 - Germinação RP+V (%) de sementes de soja, tratadas com diferentes composições de produtos em função do armazenamento. C1: F; C2: F+I; C3: F+I+P (BASE – B); C4: B+Pó; C5: B+G; C6: B+Pó+G; C7: B+Pó+CM; C8: B+Pó+IN; C9: B+Pó+CM+IN; C10: B+Pó+CM+IN+G.



Fonte: Da autora (2023).

No teste de emergência foi observado efeito isolado dos fatores composições de tratamento industrial de sementes e armazenamento. Na avaliação da primeira contagem, observou-se menores valores a partir do composição C4 (TABELA 6). Ou seja, quanto maior a combinação de produtos no tratamento das sementes, houve maior redução na qualidade das mesmas, principalmente quando comparado aos tratamento realizados somente com fungicida (C1) e mistura de fungicida + inseticidas e polímero (C2 e C3).

Tabela 6 - Porcentagem de emergência (%) aos 5 dias de sementes de soja, tratadas com diferentes composições de produtos.

	Composição TSI	Plântulas emergidas
C1	F	84 a
C2	F + I	80 a
C3	F + I + P (B)	76 b
C4	B+Pó	71 c
C5	B+G	73 c
C6	B+Pó+G	66 d
C7	B+Pó+CM	67 d
C8	B+Pó+IN	71 c
C9	B+Pó+CM+IN	66 d
C10	B+Pó+CM+IN+G	62 e
	C.V.	10,16

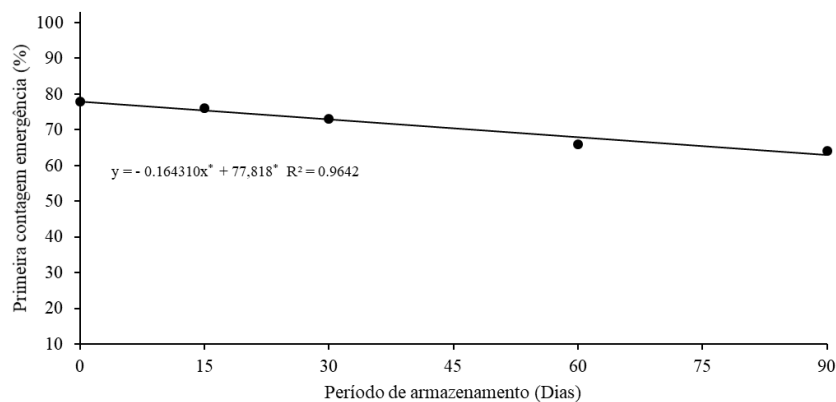
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Além disso, houve redução na qualidade das sementes após o armazenamento, independente do composição de produtos utilizados no tratamento industrial das sementes, resultado esse que também foi observado no teste de germinação padrão e germinação em rolo de papel + vermiculita. A cada 10 dias foi observado uma redução de 1,6% na porcentagem de plântulas emergidas aos 5 dias após a semeadura (FIGURA 5).

Abati *et al.* (2020) relatam que o potencial fisiológico das sementes de soja geralmente diminui com o aumento do volume de calda utilizado no tratamento industrial e com o decorrer do período de armazenamento, o que corrobora com o observado neste estudo.

Figura 5 - Emergência (%) aos 5 dias de sementes de soja, tratadas com diferentes composições de produtos.



Fonte: Da autora (2023).



Resultados semelhantes foram encontrados na emergência final, com destaque para os composições C6, C7, C9 e C10, que tiveram os menores valores quando comparado aos demais (TABELA 7). Estes composições tinham na composição a adição de grafite e/ou CoMo, que pode ter contribuído para redução na qualidade das sementes.

Tabela 7 - Porcentagem de emergência (%) aos 8 dias, de sementes tratadas com diferentes composições de produtos.

	Composição TSI	Plântulas emergidas
C1	F	89 a
C2	F + I	87 a
C3	F + I + P (B)	85 b
C4	B+Pó	83 b
C5	B+G	84 b
C6	B+Pó+G	80 c
C7	B+Pó+CM	81 c
C8	B+Pó+IN	85 b
C9	B+Pó+CM+IN	80 c
C10	B+Pó+CM+IN+G	78 c
	C.V.	6,73

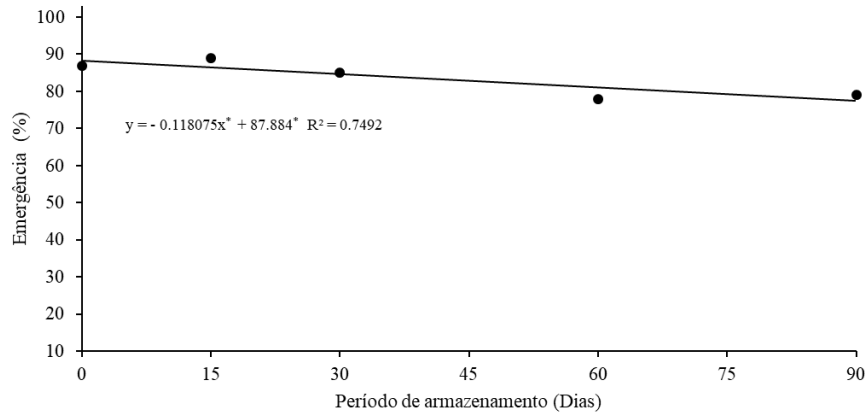
\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Oliveira *et al.* (2021), estudando a fitotoxicidade do tratamento químico de sementes de soja por meio de análise computadorizada, também observaram que a mistura de fungicidas + inseticidas + micronutrientes (Co e Mo) no tratamento de sementes deram origem a plântulas com menores índices de vigor, crescimento e menor uniformidade. Esse resultado corrobora com o que foi observado neste estudo para a maioria dos testes fisiológicos realizados, o que reitera nestes casos, o uso dos produtos o mais próximo possível da semeadura.

Em relação ao período de armazenamento, da mesma forma como observado na primeira contagem de emergência, houve redução da emergência de plântulas ao longo do armazenamento, sendo que a cada 10 dias de armazenamento houve redução de 1,2% na emergência final (FIGURA 6). Silva *et al.* (2023) também observaram redução na qualidade de sementes de soja tratadas com produtos químicos e armazenadas por 120 dias em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa.

Figura 6 - Porcentagem de emergência aos 8 dias, de sementes tratadas com diferentes composições de produtos.



Fonte: Da autora (2023).

No teste de envelhecimento acelerado, também foi observada redução no vigor das sementes à medida em que ocorreu a maior combinação de produtos no tratamento de sementes, com destaque para os tratamentos C9 e C10 que, logo após o tratamento químico (0 dias), foram observados médias de 44 e 46% de emergência na primeira avaliação do teste (TABELA 8). Ao longo do armazenamento também foram observados menores valores para estas composições. Por outro lado, sementes tratadas apenas com fungicida (C1) houve as maiores médias de emergência após envelhecimento acelerado, e portanto, maior vigor quando comparado aos demais composições utilizados.

Tabela 8 - Primeira leitura de envelhecimento acelerado modificado (%) de sementes de soja, tratadas com diferentes composições de produtos em função do armazenamento.

Composições TSI	Período de armazenamento (dias)				
	0	15	30	60	90
C1 F	86 a	80 a	85 a	83 a	73 a
C2 F + I	64 c	67 a	79 a	71 a	81 a
C3 F + I + P (B)	73 b	54 b	65 b	70 a	75 a
C4 B+Pó	60 c	49 b	69 b	57 b	68 b
C5 B+G	59 c	56 b	75 a	73 a	74 a
C6 B+Pó+G	56 c	44 c	68 b	69 a	59 b
C7 B+Pó+CM	59 c	52 b	60 b	61 b	60 b
C8 B+Pó+IN	65 c	50 b	68 b	65 a	61 b
C9 B+Pó+CM+IN	46 d	54 b	72 a	65 a	67 b
C10 B+Pó+CM+IN+G	44 d	34 c	55 b	46 c	57 b
C.V.	14,12				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

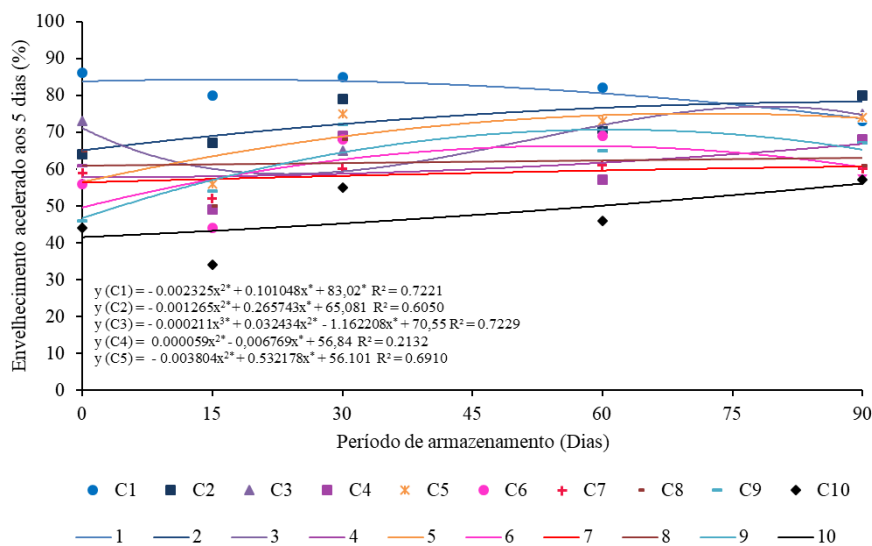
Fonte: Da autora (2023).

Esse resultado é importante, pois sob condições de campo, os fungicidas têm como alvo, patógenos que atacam sementes em germinação e/ou emergência por até 4 a 5 semanas após a semeadura (LAMICHHANE *et al.*, 2020) e, com isso, conferem maior proteção das sementes e proporcionam um bom estabelecimento das plântulas em campo.

Resultados semelhantes foram evidenciados por Souza *et al.* (2015), que obtiveram respostas positivas no vigor de sementes de soja com tratamentos de sementes compostos por Standak Top (inseticida + fungicida). Já Carvalho *et al.* (2022a) afirmaram que o tratamento de sementes de soja utilizando a combinação de inseticidas + nematicidas, e posteriormente armazenadas por 6 meses, que ocorreu a redução do vigor e o desenvolvimento inicial das plântulas, com diferentes intensidades em função do ingrediente ativo.

Ao longo do armazenamento observou-se maiores oscilações das composições em relação à emergência de plântulas para todos os tratamentos estudados (FIGURA 7). Para a maioria das composições notou-se um aumento na emergência aos 15 dias e, posteriormente, os valores foram mais próximos, com uma linha de tendência linear. Apesar disso, em todos as composições o modelo de regressão foi quadrático, não conseguindo, portanto, obter uma relação mais precisa sobre o efeitos desses fatores na primeira contagem de emergência após envelhecimento acelerado.

Figura 7 - Porcentagem de emergência aos 5 dias após envelhecimento acelerado de sementes de soja, tratadas com diferentes composições de produtos em função do armazenamento. C1: F; C2: F+I; C3: F+I+P (BASE – B); C4: B+Pó; C5: B+G; C6: B+Pó+G; C7: B+Pó+CM; C8: B+Pó+IN; C9: B+Pó+CM+IN; C10: B+Pó+CM+IN+G.



Fonte: Da autora (2023).

Na segunda avaliação do teste de envelhecimento acelerado (TABELA 9), observou-se valores superiores aos observados na primeira avaliação, em ambas as composições utilizadas. No entanto, é importante destacar que a diferença é maior em composições com maior quantidade de produtos no tratamento de sementes, como por exemplo, para a composição C1 a diferença foi de 8% a mais na segunda leitura e na composição C10 essa diferença foi de 32% aos 0 dias. Esses resultados ressaltam que a interação dos produtos pode atrasar o processo de germinação das sementes e, com isso, a emergência das plântulas demora mais tempo para ocorrer.

Tabela 9 - Porcentagem de plântulas emergidas (%) aos 8 dias após envelhecimento acelerado, tratadas com diferentes composições de produtos em função do armazenamento.

Composição TSI	Período de armazenamento (dias)				
	0	15	30	60	90
C1 F	94 a	91 a	93 a	88 a	78 b
C2 F + I	84 b	83 b	86 a	90 a	83 a
C3 F + I + P (B)	91 a	79 b	80 a	79 b	84 a
C4 B+Pó	83 b	74 c	84 a	78 b	69 b
C5 B+G	81 b	81 b	90 a	86 a	89 a
C6 B+Pó+G	84 b	74 c	83 a	81 b	71 b
C7 B+Pó+CM	87 b	75 c	84 a	81 b	72 b
C8 B+Pó+IN	85 b	81 b	86 a	79 b	74 b
C9 B+Pó+CM+IN	82 b	77 c	87 a	79 b	77 b
C10 B+Pó+CM+IN+G	76 b	63 d	80 a	71 b	67 b
C.V.	7,55				

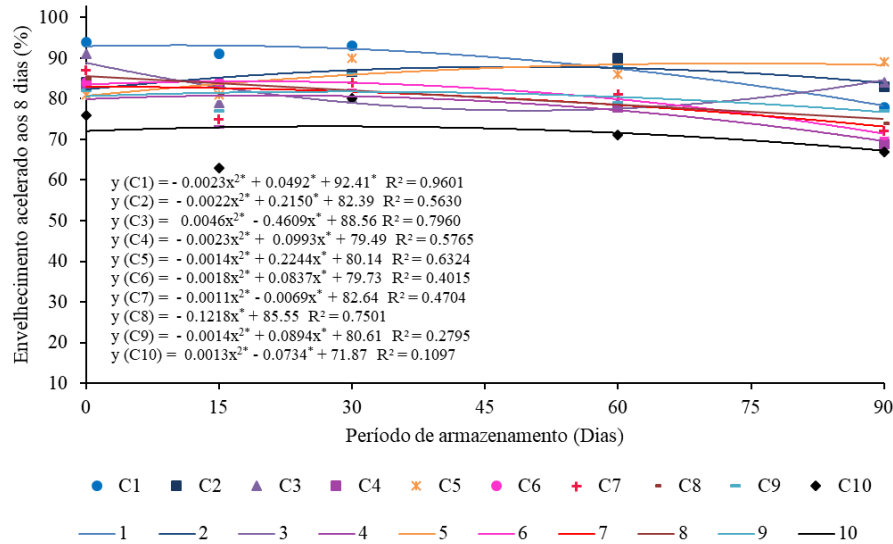
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Carvalho *et al.* (2022b) observaram redução na germinação de sementes de soja após o tratamento com calda predominantemente aquosa e a utilização de moléculas inseticidas sistêmicas, associado a fungicidas e polímero. Os mesmos autores afirmaram que esses efeitos deletérios são maiores com o avanço do armazenamento, o que corrobora com o observado neste estudo.

Ao analisar os efeitos das composições de tratamento de sementes nos valores de emergência após envelhecimento acelerado em função do período de armazenamento, na maioria das composições o efeito foi quadrático, com uma tendência de queda ao longo do armazenamento (FIGURA 8). No entanto, para a maioria deles os coeficientes de determinação foram baixos e as diferenças numéricas também foram relativamente baixas.

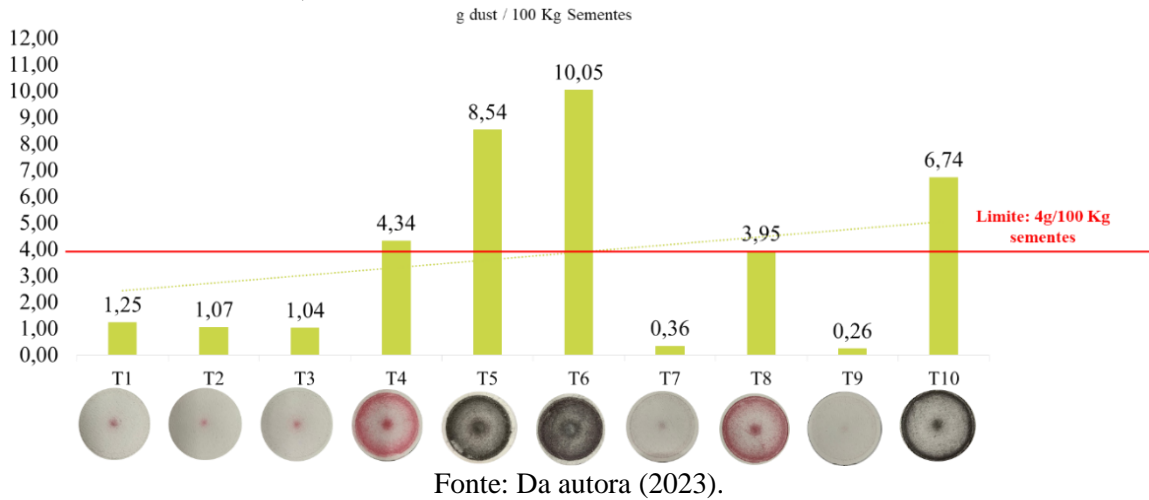
Figura 8 - Porcentagem de plântulas emergidas aos 8 dias após envelhecimento acelerado, tratadas com diferentes composições de produtos em função do armazenamento. C1: F; C2: F+I; C3: F+I+P (BASE – B); C4: B+Pó; C5: B+G; C6: B+Pó+G; C7: B+Pó+CM; C8: B+Pó+IN; C9: B+Pó+CM+IN; C10: B+Pó+CM+IN+G.



Fonte: Da autora (2023).

Na avaliação do desprendimento de poeira (*dust-off*) foi observado maiores valores para as composições C5, C6 e C10, todos com adição de grafite no processo de tratamento das sementes (FIGURA 9). Em outras composições, como C4 e C8, foram observados valores de 4,34 e 3,95 g de poeira por  $100\text{Kg}^{-1}$ , valores estes próximos do limite máximo preconizado pela *European Seed Treatment Assurance* (ESTA) para o desprendimento de partículas/poeira em sementes de soja tratadas, que é de 4 g de poeira por  $100\text{Kg}^{-1}$  de sementes (REIS *et al.*, 2023).

Figura 9 - Desprendimento de poeira ( g dust/ 100 Kg sementes) em sementes de soja tratadas com diferentes composições de produtos. T1: F; T2: F+I; T3: F+I+P (BASE – B); T4: B+Pó; T5: B+G; T6: B+Pó+G; T7: B+Pó+CM; T8: B+Pó+IN; T9: B+Pó+CM+IN; T10: B+Pó+CM+IN+G.



É desejável que ocorra menor desprendimento de partículas após o tratamento de sementes, pois está relacionado com a menor perda do ativo e maior segurança ambiental durante as operações agrícolas (NUYTTENS *et al.*, 2013). Reis *et al.* (2023) observaram menor desprendimento de poeira nos tratamentos realizados de forma industrial quando comparado às sementes tratadas na fazenda (*On-Farm*).

A formação de poeira nas sementes tratadas está diretamente relacionada à adesão dos produtos, indicando possível incompatibilidade entre as formulações e perda de ingrediente ativo após o tratamento e, conseqüentemente, a ineficiência da proteção (AVELAR *et al.*, 2012). Por isso, se faz importante o estudo dos produtos utilizados no processo de tratamento, pois com seus resultados, pode-se relacionar que o uso antecipado do grafite no tratamento é prejudicial à qualidade das sementes, observado nos testes fisiológicos, devendo, portanto, ser utilizado o mais próximo possível da semeadura.

Na avaliação do desenvolvimento de plântulas por meio de imagens, observou-se aos 0 e 30 dias maiores comprimentos de hipocótilo nas composições C1, C2 e C6 (TABELA 10). Com o avanço do armazenamento, houve maior redução no vigor das plântulas, principalmente para os composições de tratamento C9 e C10, aos 60 dias. E ao final do armazenamento, para o arranjo C10 houve o menor valor observado, o que corrobora com resultados obtidos em outros testes fisiológicos, em que a combinação de vários produtos no tratamento de sementes é prejudicial à qualidade das mesmas após o armazenamento.

Tabela 10 - Comprimento hipocótilo (cm) de plântulas oriundas de sementes de soja, tratadas com diferentes composições de produtos em função do armazenamento.

Composição TSI	Período de armazenamento (dias)				
	0	15	30	60	90
C1 F	3,42 a	3,30 a	3,41 a	3,93 a	2,77 a
C2 F + I	3,11 a	2,87 a	3,22 a	3,73 a	2,91 a
C3 F + I + P (B)	2,91 b	2,57 a	2,95 b	3,35 b	2,77 a
C4 B+Pó	2,71 b	2,90 a	2,76 b	2,92 c	2,72 a
C5 B+G	3,03 b	2,91 a	3,04 b	3,51 a	2,44 b
C6 B+Pó+G	3,16 a	2,89 a	3,20 a	3,29 b	2,83 a
C7 B+Pó+CM	2,87 b	2,63 a	2,91 b	2,97 c	2,42 b
C8 B+Pó+IN	2,96 b	3,06 a	2,90 b	3,38 b	2,52 b
C9 B+Pó+CM+IN	2,92 b	2,70 a	2,88 b	2,88 c	2,65 a
C10 B+Pó+CM+IN+G	2,86 b	2,89 a	2,77 b	3,09 c	2,01 c
C.V.	9,26				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Oliveira *et al.* (2021) observaram fitotoxidez em plântulas de soja após o tratamento com inseticidas + fungicidas + CoMo e relataram que uma das causas possíveis para a ocorrência da fitotoxidez está no uso de tratamentos com grande volume da mistura aplicada, fator este determinante para redução do vigor.

Resultados semelhantes foram observados na avaliação do comprimento das raízes das plântulas, em que os composições com a mistura de fungicidas + inseticidas (C1 e C2) foram superiores aos demais tratamentos, em todos os períodos de armazenamento (TABELA 11). Além disso, para as composições C9 e C10 foram observados os menores valores aos 60 dias e, aos 90 dias, houve maior redução do vigor nas sementes tratadas com o arranjo C10.

Tabela 11 - Comprimento de raízes (cm) de plântulas oriundas de sementes de soja, tratadas com diferentes composições de produtos em função do armazenamento.

Composição	TSI	Período de armazenamento (dias)				
		0	15	30	60	90
C1	F	10,41 a	8,47 a	10,31 a	9,58 a	5,21 a
C2	F + I	10,31 a	7,69 a	10,21 a	9,25 a	6,56 a
C3	F + I + P (B)	8,52 b	7,58 a	8,46 b	7,99 b	7,23 a
C4	B+Pó	8,97 b	8,47 a	8,61 b	8,01 b	5,59 a
C5	B+G	8,56 b	7,81 a	8,26 b	9,92 a	5,58 a
C6	B+Pó+G	9,63 a	7,22 a	9,33 a	7,52 b	5,52 a
C7	B+Pó+CM	7,65 b	6,36 b	7,43 b	7,61 b	5,23 a
C8	B+Pó+IN	8,94 b	8,60 a	8,86 b	9,05 a	5,57 a
C9	B+Pó+CM+IN	8,08 b	5,95 b	7,75 b	6,89 b	5,59 a
C10	B+Pó+CM+IN+G	7,89 b	7,33 a	7,72 b	6,47 b	3,49 b
C.V.		13,86				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2023).

Carvalho *et al.* (2020) descrevem o potencial de uso da análise de imagem na identificação de fitotoxicidade de produtos químicos no tratamento de sementes. De fato, neste estudo, também foi possível obter resultados semelhantes a outros testes de vigor para avaliar possíveis efeitos nocivos de combinações de produtos.

Dessa forma, os resultados obtidos reforçam a importância de conhecer a interação dos produtos fitossanitários quando utilizados em mistura no tratamento de sementes, a fim de estabelecer as melhores combinações que não afetam a qualidade fisiológica das sementes, principalmente durante o armazenamento, e ainda, direcionar as empresas e produtores quanto à época de aplicação de alguns produtos como cobalto e molibdênio e também o grafite, visando o máximo potencial das sementes em campo.



## 4 CONCLUSÕES

O uso adicional dos componentes Co-Mo + Inoculante + Grafite, além dos fungicidas, inseticidas e polímero, interfere na qualidade fisiológica das sementes após 30 dias de armazenamento, evidenciado principalmente pela redução do vigor.

Para evitar efeitos prejudiciais sobre a qualidade fisiológica, a utilização de Co-Mo e grafite adicionais aos produtos fitossanitários deve ser realizada mais próximo da semeadura, em período inferior a 15 dias..

Sementes com o tratamento base, usado como pacote tecnológico em grande parte das empresas sementeiras em TSI (fungicida, inseticidas e polímero), mantiveram a qualidade fisiológica até os 60 dias de armazenamento.

O número excessivo de produtos via tratamento de sementes pode afetar negativamente a qualidade das mesmas, mesmo com curto período de armazenamento, 15 dias.

A composição do tratamento afeta diretamente o desprendimento de pó (Dust-off) das sementes.

## REFERÊNCIAS

- ABATI, J. *et al.* Physiological potential of soybean seeds treated in the industry with and without the application of dry powder. **Journal of seed Science**, v. 40, n. 2, p. 179-184, 2018.
- ABATI, J. *et al.* Physiological response of soybean seeds to spray volumes of industrial chemical treatment and storage in different environments. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. e202042002, 2020.
- ALVES, E. *et al.* Efeito do tratamento químico com inseticida/fungicida e polímero na qualidade fisiológica da semente de soja. **Científic@ - Multidisciplinary Journal**, v. 4, n. 1, p. 12-18, 2017.
- AVELAR, S. A. G. *et al.* The use of film coating on the performance of treated corn seed. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 186-192, jun. 2012.
- BEM JUNIOR, L. Del *et al.* Impact of storage on the physiological quality of soybean seeds after treatment with fungicides and insecticides. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. e202042037, 2020.
- BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas: 1992-1990**. Brasília: MAPA, 1992. 84 p.
- \_\_\_\_\_. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- CARVALHO, E.R. *et al.* Soil water restriction and performance of soybean seeds treated with phytosanitary products. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 1, p. 59-66, 2022a.
- CARVALHO, E.R. *et al.* Physiological and enzymatic monitoring of treated seeds of cultivars soybean during storage. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 17, p. 1-9, 2022b.
- CARVALHO, E.R. *et al.* Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v. 42, p.1-12, 2020.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, 12º levantamento, setembro 2022**. Brasília: Conab, 2022. v. 9, n. 12. p. 1-88.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- ESTA. European Seed Treatment Assurance. **Valores de referência de poeira**. Método de teste de Heubach. Disponível em: <https://euroseeds.eu/esta-the-european-seed-treatment-assurance-industry-scheme/dust-reference-values-heubach-test-method/>. Acesso em: 13 abr. 2023.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G.P.; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016.

LAMICHHANE, J. R. *et al.* Revisiting sustainability of fungicide seed treatments for field crops. **Plant Disease**, v. 104, n. 3, p. 610-623, 2020.

LUDWIG, M.P. *et al.* Qualidade de sementes de soja armazenadas após recobrimento com aminoácido, polímero, fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 395-406, 2011.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. *In*: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. MARCOS-FILHO.J. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2020.

NUYTTENS, D. *et al.* Pesticide-laden dust emission and drift from treated seeds during seed drilling: a review. **Pest Management Science**, Medford, v. 69, n. 5, p. 564-575, jun. 2013.

OLIVEIRA, G.R.F. *et al.* Computerized analysis of seedling performance in evaluating the phytotoxicity of chemical treatment of soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 43, p. e202143032, 2021.

PEREIRA, R. C. *et al.* Physiological quality of soybean seeds stored after industrial treatments with different chemicals. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e6310212279, 2021a.

PEREIRA, R.C. *et al.* Potencial fisiológico de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial com bioestimulante antes e após armazenamento. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n. 4, p. 40078-40093, 2021b.

REIS, L.V. *et al.* Treatment technologies for soybean seeds: Dose effectiveness, mechanical damage and seed coating. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 47, p. e013622, 2023.

ROCHA, D. K. *et al.* Does the substrate affect the germination of soybean seeds treated with phytosanitary products?. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, p. e020119, 2020.

SANTOS, R.F. *et al.* Physiological potential of soybean seeds treated and stored under uncontrolled conditions. **Journal of Seed Science**, v. 45, p. e202345005, 2023.

SANTOS, S.F. *et al.* Composition and volumes of slurry in soybean seeds treatment in the industry and physiological quality during storage. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 1, p. 67-74, 2018.

SILVA, M. da. *et al.* Qualidade de sementes de soja (*Glycine max* L.) tratadas e submetidas ao armazenamento. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 4, p. 13049-13056, 2023.

SOUZA, V. Q. S. *et al.* Produção de sementes de soja e vigor das sementes produzidas com diferentes tratamentos de sementes. **Global Science Technology**, v. 8, n. 1, p. 157-166, 2015.

TOLEDO, M. Z. *et al.* Imbibition damage in soybean seeds as affected by initial moisture content, cultivar and production location. **Seed Science and Technology**, v. 38, n. 2, p. 399-408, 2010.

## **CAPÍTULO 4 ASSERTIVIDADE DE DOSE E QUALIDADE DO TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO EM FUNÇÃO DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO**

### **RESUMO**

O tratamento de sementes é uma tecnologia que pode ser aplicada basicamente de duas formas, o tratamento de sementes à nível de fazenda, a comumente denominado de *On-Farm* ou via tratamento de sementes industrial (TSI), realizado na própria empresa sementeira. Tecnologias de aplicação de produtos via sementes podem afetar o resultado final, assim, faz se necessário a avaliação da qualidade do tratamento através da porcentagem de recobrimento pelo produto fitossanitário e adequação da dose. Neste sentido, o objetivo foi avaliar metodologias e parâmetros para validação do uso da análise computadorizada de imagem de alta resolução na avaliação de recobrimento de sementes de soja tratadas, bem como caracterizar os perfis de qualidade de recobrimento e adequação de dose em sementes tratadas *On-Farm* e via TSI no agronegócio brasileiro. Sementes tratadas em ambos os processos foram coletadas em diversos produtores de soja do Brasil e avaliadas quanto à porcentagem de recobrimento por meio da análise de imagens com alta resolução e quanto a porcentagem do ingrediente ativo inseticida por meio de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC). A análise de imagens é eficiente para quantificação do recobrimento de sementes de soja tratadas, independente da dominância de cor. O recobrimento de sementes apresenta relação direta com a assertividade de dose. Sementes de soja tratadas por tecnologia TSI apresentam maior tendência e predominância de amostras com alta qualidade e homogeneidade de tratamento em relação às *On-Farm*, com recobrimentos e assertividade de doses adequados. Em sementes tratadas com tecnologia *On-Farm* é constatada heterogeneidade de qualidade de tratamento, com grande variabilidade de recobrimento e assertividade de dose.

**Palavras-chave:** TSI. *On-Farm*. Processamento digital de imagens. HPLC. Tratamento químico de sementes. Recobrimento de sementes.

## ABSTRACT

Seed treatment is a technology that can be applied basically in two ways, seed treatment at the farm level, commonly called “On-Farm” or via industrial seed treatment (IST). It is necessary to evaluate the quality of the treatment through the percentage of coverage by the phytosanitary product and the assertiveness of the dose of both seed treatment methods. In this sense, the objective was to evaluate methodologies and parameters for validating the use of high-resolution computerized image analysis in the evaluation of coating of treated soybean seeds, as well as to characterize the profiles of coating quality and dose assertiveness in treated seeds “On-Farm” and via TSI in Brazilian agribusiness. Seeds treated in both processes were collected from producers in Brazil and evaluated for the percentage of coverage by means of image analysis with the GroundEye® equipment and the percentage of insecticide active ingredient by means of High Performance Liquid Chromatography (HPLC). The dominance color was considered for the evaluation of seed coating, being purple, green, red and blue for the “On-farm” samples, and red for the TSI samples. Image analysis is efficient for evaluating the coating of treated soybean seeds and contributes to seed quality control. Compared to the “On-Farm” samples, the TSI samples showed greater coverage, with dose assertiveness close to the recommended one. An exception should be made to the profile of producers, who treat seeds in an “On-Farm” way, and achieve efficiency close to the technology associated with industrial treatment. Seed coating is directly related to dose assertiveness.

**Keywords:** IST. On-Farm. Digital image processing. HPLC.

## 1 INTRODUÇÃO

À medida que cresce a percepção do valor da semente no Brasil, a indústria sementeira de soja começa a oferecer semente com qualidade fisiológica ainda maior, com adoção de processos adequados que favorecem a obtenção de qualidade, ou preservem o desempenho em campo das sementes (CARVALHO *et al.*, 2022). Um desses fatores é a adoção do tratamento químico de sementes, que avança ano a ano. Sementes de soja utilizadas no Brasil, mais de 90% são comercializadas tratadas e o tratamento de sementes representa cerca de 1,5% do custo de produção (RICHETTI; GOULART, 2018; ABRASEM, 2020, SILVA; DOBASHI, 2021). Com tantos produtos aplicados na semente, é necessário que além da certeza da sua qualidade, ter a certeza de que os produtos foram bem aplicados e houve distribuição adequada do produto para que desempenhe seu papel (SANTOS *et al.*, 2018; REIS *et al.*, 2023).

O tratamento de sementes é uma tecnologia que pode ser aplicada basicamente de duas maneiras, na própria fazenda ou indústria de sementes. O tratamento de sementes à nível de fazenda, comumente denominado de *On-Farm*, em que o processo é realizado na propriedade do agricultor, sob sua própria supervisão e em geral com equipamento de menor precisão, quanto à tecnologia de aplicação e combinação dos produtos fitossanitários (MEDEIROS *et al.*, 2023; REIS *et al.*, 2023).

O tratamento industrial de sementes (TSI) é realizado com a utilização de equipamentos específicos pelo produtor de sementes ou empresa especializada como parte do processo de beneficiamento de sementes com consequente armazenamento das sementes até a semeadura (BRZEZINSKI *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2020; REIS *et al.*, 2023). A tecnologia do TSI, permite a aplicação associada de fungicidas, inseticidas, micronutrientes, polímero, pó secante dentre outros produtos (BEM JÚNIOR, 2017). A adoção desse tipo de tratamento tem aumentado na cadeia produtiva da soja e diversas empresas oferecem essa tecnologia (FERREIRA *et al.*, 2016; CARVALHO *et al.*, 2020). Ambas as maneiras de tratamento de sementes trazem vantagens e desvantagens, as quais devem ser analisadas cuidadosamente pelo produtor e responsável técnico.

A avaliação da eficiência do tratamento de sementes faz parte do controle interno das empresas sementeiras, consiste um desafio permanente para a pesquisa em Tecnologia de Sementes. Assim, nos últimos anos, na pesquisa em tecnologia de sementes têm sido

trabalhados procedimentos computadorizados para a avaliação do vigor de sementes e desenvolvimento de plântulas (CARVALHO *et al.*, 2020; LIMA *et al.*, 2023)

Embora existam métodos para avaliação da qualidade do tratamento de sementes, algumas possibilidades, que necessitam de estudos e adequações, é o uso da análise computadorizada de imagens de sementes a fim de avaliar a qualidade do tratamento, como exemplo, avaliação precisa da porcentagem de recobrimento pelo produto fitossanitário, o que muitas vezes é feito de forma subjetiva. Autores como Oliveira *et al.* (2021) e Carvalho *et al.* (2020) validaram a eficiência da análise de imagens computadorizadas de plântulas para avaliar a fitotoxicidade do tratamento químico de sementes de soja. Lima *et al.* (2023) relataram que a fenotipagem por análise de imagem é eficiente na identificação do vigor de plântulas de algodão. No entanto, estudos que avaliem a qualidade e o recobrimento do tratamento de sementes por meio desta ferramenta ainda são escassos.

Neste sentido, o objetivo foi avaliar metodologias e parâmetros para validação do uso da análise computadorizada de imagem de alta resolução na avaliação de recobrimento de sementes de soja tratadas, bem como caracterizar os perfis de qualidade de recobrimento e assertividade de dose em sementes tratadas com tecnologia *On-Farm* e via TSI no agronegócio brasileiro.



## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletadas sementes de soja de diferentes lotes e cultivares, em regiões produtoras do agronegócio brasileiro, dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Bahia e Mato Grosso. As amostragens foram realizadas em empresas sementeiras, revendas e em fazendas produtoras de grãos.

As coletas foram realizadas aleatoriamente nos estados brasileiros e caracterizadas em função da tecnologia de tratamento das sementes, sendo classificadas em sementes tratadas industrialmente (TSI) e sementes tratadas na própria propriedade (*On-Farm*). O número de amostras coletadas foi em função da viabilidade logística e econômica em cada região a ser explorada, totalizando 75 amostras com tecnologia TSI e 75 amostras com tecnologia *On-Farm*. Nas amostragens foram coletadas somente lotes de sementes em que foi declarado o uso do inseticida *Tiametoxam*; *Clorantaniliprole*; *Ciantaniliprole*; *Fipronil*; *Imidacloprido* no tratamento. As coletas mínimas eram de 2 kg de sementes por amostra, sendo então, homogeneizadas, identificadas e enviadas.

As amostras foram submetidas à avaliação da qualidade do tratamento das sementes por meio do teste de assertividade da dose do ingrediente ativo informado com Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), realizado no *Seedcare Institute – Syngenta*, Holambra – SP, Brasil e avaliação da porcentagem de recobrimento das sementes por produtos fitossanitários e produtos funcionais com uso de captação e análise de imagens de alta resolução, sendo esta realizada na Universidade Federal de Lavras - UFLA, Escola de Ciências Agrárias de Lavras - ESAL, Departamento de Agricultura - DAG, Laboratório Central de Pesquisa em Sementes – LCPS, Lavras – MG, Brasil.

- a) Assertividade de dose do ingrediente ativo: A cromatografia somente foi realizada nos tratamentos *On Farm* tratadas com *Tiametoxam*; *Clorantaniliprole*; *Ciantaniliprole*; *Fipronil*; *Imidacloprido* e nas amostras TSI tratadas com *Tiametoxam* e *Ciantaniliprole*. As amostras foram analisadas no equipamento Agilent 1260 Infinity II, que possui sistema de cabine de solvente, bomba quaternária, injetor, colunas cromatográficas, detector de comprimento de onda variável (VWD) e computador com software analítico (AGILENT, 2022).

Para análise, foram utilizadas 200 sementes de soja em triplicata para cada uma das amostras. Para proceder a extração das amostras foram adicionados foram adicionados

solventes específicos. Uma alíquota do filtrado foi retirada e transferida para um balão volumétrico. O conteúdo foi então transferido para realizar injeções no cromatógrafo e a leitura dos dados no software OpenLab. Para a quantificação dos inseticidas por HPLC, foram utilizados os parâmetros específicos utilizados pelo Laboratório do *Seedcare Institute Latin America - Syngenta*: coluna cromatográfica, fase móvel, fluxo da fase móvel, comprimento de onda, volume de injeção e temperatura da coluna, com um tempo, tempo de retenção de aproximadamente 3,7 minutos. Por meio do software foi calculado automaticamente o resultado em g de ingrediente ativo inseticida por quilograma de sementes (Reis *et al.*, 2023). Na análise dos resultados do HPLC, para assertividade de dose, os resultados obtidos por amostra foi relativizado em função da dose ideal, considerada 100% (MEDEIROS *et al.*, 2023).

- b) Captação e análise de imagens de alta resolução para porcentagem de recobrimento: as análises foram realizadas com uso da plataforma GroundEye®, versão S800, para essa avaliação foram necessários 2 ensaios, sendo para um para definição e avaliação de metodologias e parâmetros na coleta e processamento das imagens e outro para quantificação das porcentagens de recobrimentos na amostra.

## 2.1 **Ensaio 1:** definição de parâmetros na coleta e processamento das imagens teste dos *backgrounds*.

As amostras TSI continham produtos de coloração vermelha e rosa, enquanto as amostras *On-Farm* estavam separadas em grupos de produtos com colorações variadas, como vermelha, rosa, azul, roxo e verde. Diante das discrepâncias das cores do recobrimento nas sementes, tornou-se necessário um estudo da configuração inicial do sistema GroundEye® em relação a coloração do fundo (*background*) para capturar as imagens, com o devido e correto contraste, entre o material de interesse e o fundo da imagem. Para análise de imagens computadorizadas foi realizado um teste para investigar a cor do *background* que tivesse o melhor contraste com as cores do recobrimento das sementes e assim estabelecer uma metodologia de análise de imagens para avaliação dos tratamentos das sementes.

Realizou-se a captura e o processamento das imagens das sementes de soja tratadas com as cores azul, verde, vermelha/rosa e roxa, em duas repetições de 50 sementes de cada tratamento para cada cor de *background* testada, sendo elas: amarela, preta, azul, vermelha e branca. Posteriormente, foi criada uma configuração inicial de análise específica para cada *background*, para obtenção dos melhores contrastes.

A seleção do *background* ideal foi feita pela avaliação visual da eficiência de detecção das imagens que permitisse maior contraste entre as sementes tratadas e o fundo da imagem.

## 2.2 Ensaio 2: avaliação da porcentagem de recobrimento das sementes tratadas

Para a avaliação do recobrimento foi realizada a captura e o processamento das imagens das sementes de soja tratadas por meio do sistema de análise de imagens GroundEye®, versão S800, composto por um módulo de captação que possui uma bandeja de acrílico e uma câmera de alta resolução e um software integrado para avaliação. O percentual de recobrimento das sementes com tratamento foi avaliado por meio de análise de imagem. As sementes de soja foram inseridas na bandeja do módulo de captação para a obtenção de imagens de alta resolução com auxílio de um tabuleiro semeador, analisando 50 sementes por cada repetição dos tratamentos. Na configuração da análise para a calibração da cor de fundo foi utilizado o modelo de cor CIE  $L^*a^*b$  com índice L de 0,0 a 100,0; índice a de -18,8 a 41,2 e índice b de -56,1 a -6,5. O tamanho mínimo de descarte do objeto foi de 0,30 cm<sup>2</sup> e o preenchimento de interior selecionado. Modelo esse desenvolvido após vários pré-testes. Depois da calibração da cor do fundo, foi realizada a análise das imagens utilizando a ferramenta de Cor: Dominância, sendo consideradas como porcentagem de recobrimento das sementes com tratamento a soma das porcentagens das cores em dominância. Cores estas definidas em relação a coloração dos produtos que foram utilizados no tratamento das sementes, e obtidos os resultados em % em função da superfície analisada.

## 2.3 Análise estatística

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade, pelo teste F, e quando significativos, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott com significância de 5%. Para realizar os testes de agrupamento de médias foi utilizado o software Sisvar® (FERREIRA *et al.*, 2014). Os dados também foram analisados por meio de estatística descritiva calculando a média e coeficiente de variação. Os resultados foram apresentados na forma de gráficos para porcentagens de recobrimento e não recobrimento e assertividade de dose.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização dos testes dos *backgrounds* (ensaio 1) para a definição de parâmetros na coleta e processamento das imagens, definiu-se para análise das imagens com o *background* de cor amarela foi utilizado o parâmetro de cor CIELab com índice de luminosidade de 0 a 100, dimensão “a” -41,2 a 18,8 e dimensão “b” de 44,3 a 120,0. Para o *background* de cor azul foi definido o parâmetro de cor CIELab com índice de luminosidade de 0 a 100, dimensão “a” -19,1 a 40,9 e dimensão “b” de -42,6 a -20,0. Já para análise do *background* de cor vermelha foi utilizado o parâmetro de cor YCbCr com índice de luma de 0 a 1,0, índice de azul de -0,15 a 0,01 e índice de vermelho de 0,10 a 0,41. Em relação aos parâmetros, foi utilizado o preenchimento de interior, o tamanho mínimo das sementes de 0,08 cm<sup>2</sup> e a dilatação de -0,02 cm para todas as cores de *background* analisadas.

Para a análise dos *backgrounds* das cores preto e branco, a configuração inicial de coloração desenvolvida não foi efetiva para avaliação das sementes tratadas. Dentre os demais, na avaliação do *background*, o de coloração azul foi definido para utilização como fundo devido os melhores resultados .

Após a captura das imagens foi utilizada a metodologia e parâmetros definidos no ensaio 1 na configuração de análise para o *background* de cor azul.

Para análise da superfície das sementes não recobertas, tanto *On-Farm* quanto TSI, foram avaliadas as dominâncias de cores amarela e laranja. Já para a análise da superfície recoberta dessas sementes foi analisada a dominância de cor de acordo com a Figura 1, sendo desconsideradas as cores que não fazem parte desta classificação.

Figura 1 - Classificação das cores dominantes de acordo com a cor dos diferentes tratamentos de sementes.

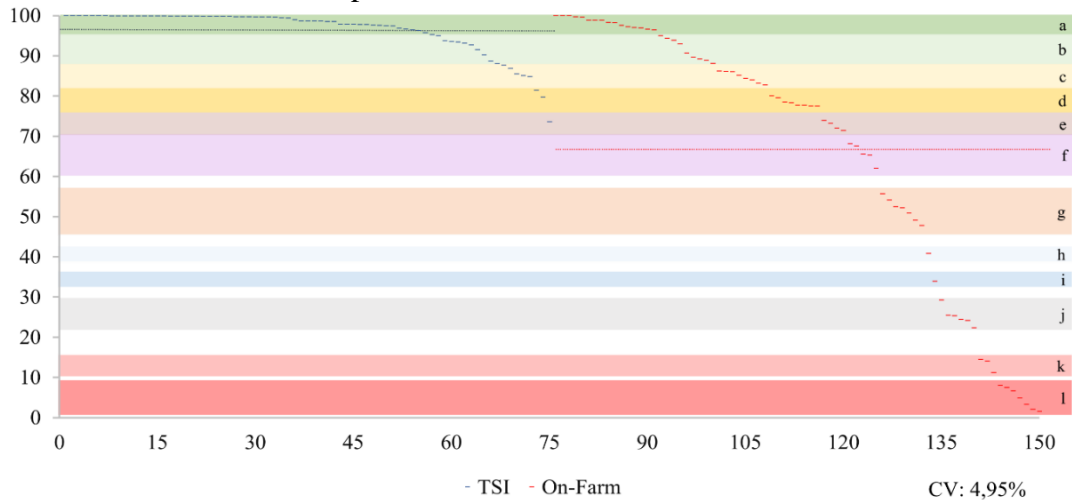


Fonte: Da autora (2023).

Em relação aos resultados da análise de imagens, para a porcentagem de recobrimento das sementes, constatou-se para amostras oriundas de tecnologia TSI o valor mínimo de recobrimento de 73,54%, enquanto o máximo recobrimento mensurado foi de 100%, uma diferença percentual de 26,46% entre os extremos (FIGURA 2). Para as amostras *On-Farm* a média mínima encontrada foi de 1,52%, enquanto a média máxima encontrada foi de 99,99%, uma diferença percentual de 98,47% entre os extremos (FIGURA 2).

No grupo de amostras classificadas como as de melhores recobrimentos, 73 amostras, cujos valores oscilaram entre 100 e 95,20%, houve grande predominância de amostras TSI (78,00%) em função das amostras *On-Farm* (22,00%). Já entre o grupo de menores recobrimentos, as tendências são inversas, dentre as 7 amostras do pior grupo, não houve sementes oriundas de TSI. Considerando o sugerido por Medeiros *et al.* (2023) o valor de 90% para um recobrimento satisfatório em sementes de milho tratadas, dentre as amostras acima desse valor foram encontradas 75,50% de amostras TSI e 24,50% de *On-Farm* (FIGURA 2). Os mesmos autores consideraram um excelente recobrimento em sementes de milho, valores acima de 95%, nesse padrão foram encontradas 78,00% de amostras de soja em TSI e 22,00% de amostras *On-Farm*, reforçando a tendência de maior excelência no tratamento de sementes industrial, de forma geral, mas com algumas amostras *On-Farm*. Considerando os perfis das amostras, sugere-se também para semente de soja o valor mínimo de 90% para um recobrimento satisfatório e 95% para um recobrimento de excelência.

Figura 2 - Separação das amostras em grupos distintos em função da porcentagem de recobrimento da superfície das sementes.



\*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.  
Fonte: Da autora (2023).

Trabalhando com recobrimento de sementes de milho tratadas no agronegócio brasileiro Medeiros *et al.* (2023) constataram que apenas 68,80% das amostras *On-Farm* tiveram mais de 93% de recobrimento, enquanto 100% das amostras TSI tiveram recobrimento acima de 93%. Ao considerar como excelente recobrimento, um padrão acima de 95%, verificaram que apenas 46,30% das amostras *On-Farm* atingiram esse padrão de qualidade; no entanto, 97,50% das amostras do TSI atenderam o padrão estabelecido pelo estudo.

As tratadoras utilizadas no TSI têm tecnologias que apresentam vantagens em relação à eficiência na aplicação da dose dos produtos, como o relatado por Reis *et al.* (2023), em que o tratamento por batelada ou tratadoras industriais de fluxo contínuo, garantiram melhores recobrimento das sementes de soja, maior eficácia da aplicação da dose, menor desprendimento de partículas, e ainda, uma menor ocorrência de danos mecânicos em comparação à tecnologia de aplicação *On-Farm*.

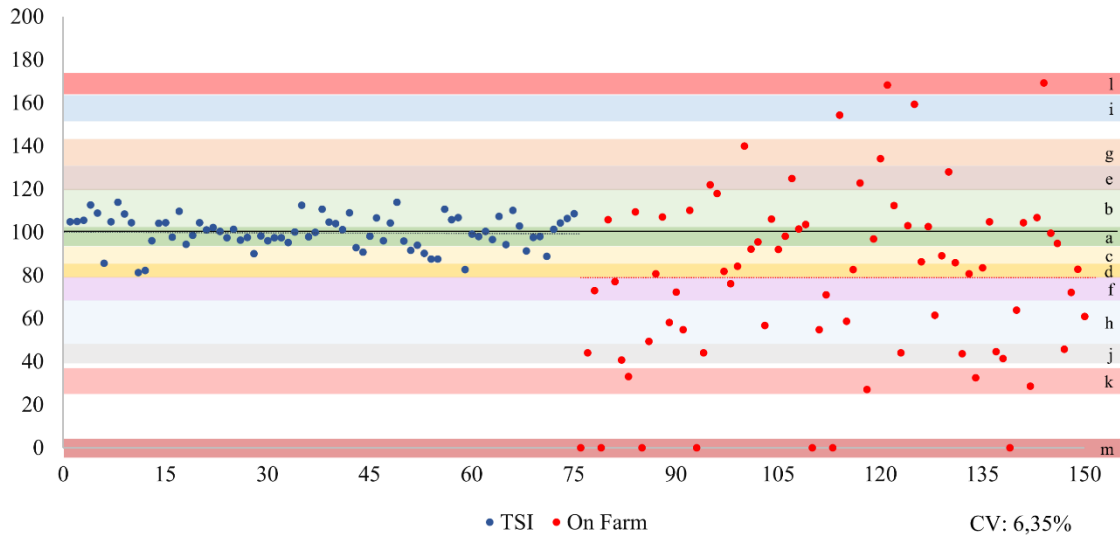
Soares *et al.* (2019) ao estudarem diferentes formas de tratamento em sementes de soja, observaram que o tratamento industrial produziu um melhor recobrimento às sementes. Além disso, resultou em maior taxa de emergência de plântulas no campo e proporcionou maior produtividade de grãos.

Esses resultados também reforçam a importância de um tratamento fitossanitário realizado de maneira correta, para assegurar não somente a eficiência do produto aplicado para o controle de patógenos em campo, mas também não causar fitotoxidez. Diversos trabalhos relacionam a fitotoxidez com o volume de calda utilizado no tratamento de sementes, como



Outro importante parâmetro de avaliação da qualidade do tratamento é a assertividade de dose do ingrediente ativo, ou seja, o que realmente foi aplicado em relação ao desejado. As médias de assertividade para amostras TSI oscilaram entre 81,25% e 113,91%, ou seja, uma subdosagem máxima de 18,75% e uma superdosagem máxima de 13,91% (FIGURA 4).

Figura 4 - Separação das amostras em grupos distintos em função da porcentagem de assertividade de dose do ingrediente ativo nas sementes .



\*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.  
Fonte: Da autora (2023).

Em contrapartida, para as amostras *On-Farm*, a oscilação foi de 0,00% a 169,27%, sendo que os resultados correspondentes a 0,00% significam ausência do ingrediente ativo que o produtor identificou como utilizado. Acima da amostra com ausência do i.a., a média mínima encontrada foi 27,06% de assertividade, ou seja, ainda um valor muito baixo devido a subdosagem de aproximadamente de 73%. A média mais elevada indicou uma superdosagem de aproximadamente 69% (FIGURA 4). Reforçando a heterogeneidade constatada nas amostras *On Farm* tanto para recobrimento quanto para assertividade de dose.

Tanto a subdosagem quanto a superdosagem são prejudiciais à qualidade do tratamento de sementes, sendo a subdosagem prejudicial à eficácia do produto em relação ao patógeno/praga alvos e superdosagem prejudicial muitas vezes à qualidade fisiológica das sementes em função de fitotoxicidade, dependendo do ingrediente ativo utilizado (MEDEIROS *et al.* 2023; CARVALHO *et al.*, 2022).

Considerando um intervalo satisfatório de assertividade de dose entre 80% e 120%, dentre as amostras nesse intervalo, 70,75% eram oriundas de tecnologia TSI e 29,25% de *On-*



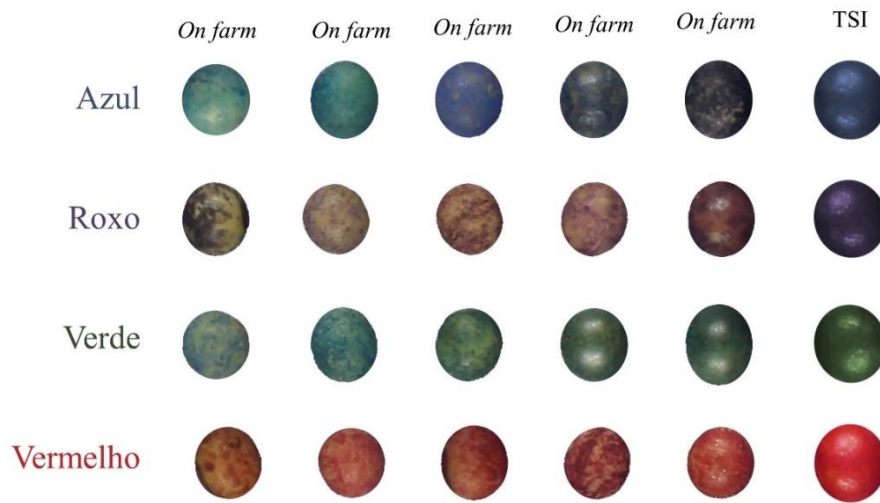
*Farm* (FIGURA 4). Reforçando a tendência de maior assertividade de dose em sementes de soja tratadas via tecnologia de aplicação TSI, com algumas exceções para *On-Farm*.

O TSI assegura melhor eficiência na aplicação e distribuição dos produtos, garantindo uniformidade de cobertura das sementes, bem como sementes tratadas com precisão de dosagem (FRANÇA-NETO *et al.*, 2015). Reis *et al.* (2023) relataram uma eficiência acima de 99% no recobrimento de sementes de soja tratadas com tecnologias TSI, enquanto em sementes tratadas com tecnologia *On-Farm* esse valor foi de 88%, reforçando assim, os resultados também obtidos nesse estudo.

O bom recobrimento do produto e uma boa distribuição na superfície das sementes são parâmetros importantes para avaliar a qualidade do tratamento fitossanitário e a eficiência do mesmo na proteção das sementes (PES *et al.*, 2020; JAVED *et al.*, 2022; MEDEIROS *et al.*, 2023).

A exemplo, na Figura 5 são apresentadas algumas imagens de amostras *On-Farm* TSI. Conforme discutido anteriormente, amostras *On-Farm* apresentaram elevada heterogeneidade nos recobrimentos em todas as diferentes cores as quais foram coletadas, que foram corretamente quantificadas via imagem de alta resolução, já amostras TSI com maior recobrimento e maior homogeneidade nas amostras. Dessa forma, nota-se a desuniformidade na coloração do tratamento *On-Farm* dentro de uma mesma cor predominante de tratamento de sementes.

Figura 5 - Recobrimento de amostras tratadas em cores predominates: azul, roxo, verde e vermelho em função das tecnologias de aplicação na fazenda (*On-Farm*) e tratadas industrialmente (TSI).

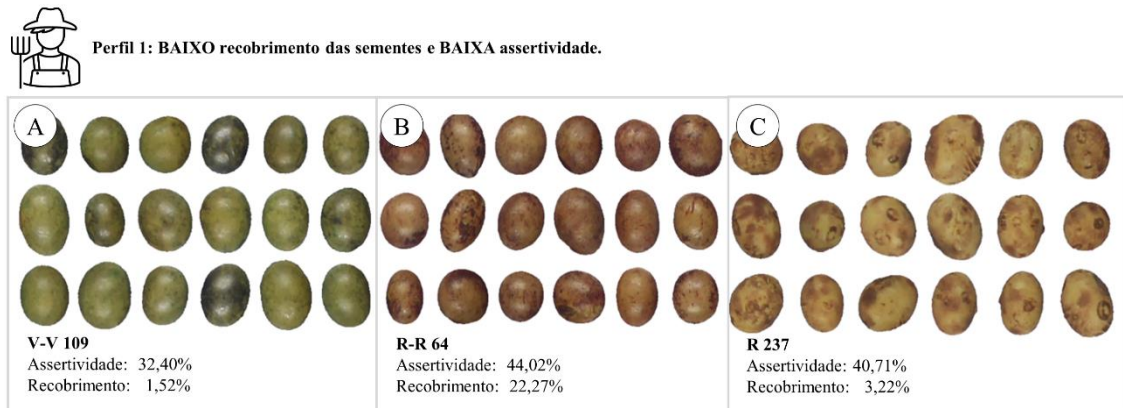


Fonte: Da autora (2023).

Com as amostras de diversos estados brasileiros, e em função das análises dos resultados dos parâmetros de qualidade discutidas anteriormente, foi possível identificar alguns perfis de qualidade de tratamento em função das tecnologias e processos de aplicação utilizados na própria fazenda.

Para as amostras do tratamento *On-Farm* observou-se diferentes perfis de produtores, dentre eles, aqueles em que as sementes estavam com um baixo recobrimento das sementes e baixa assertividade de dose, como a amostra V-V 109, tratada com produto fitossanitário de coloração vermelha com 1,52% de recobrimento e 32,40% de assertividade do ingrediente ativo, amostra R-R 64 tratada com produto fitossanitário de coloração roxa e com 22,27% de recobrimento e 44,02% de assertividade e, por fim, a amostra R 237 tratadas com produto fitossanitário de coloração roxa e com 3,22% de recobrimento e 40,71% de assertividade. Indicando resultado de perfis de produtores com baixa tecnologia de aplicação e acompanhamento técnico, combinação prejudicial para qualidade do tratamento (FIGURA 6 A, B e C).

Figura 6 - Amostras *On-Farm* com sementes com baixo recobrimento (%) e baixa assertividade de dose (%).



Fonte: Da autora (2023).

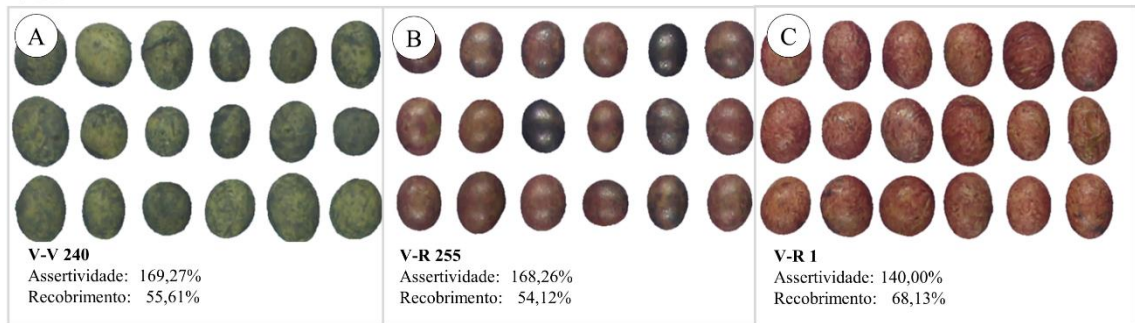
Em algumas amostras foi observado baixo recobrimento, porém, com superdosagem, como exemplo, a amostra V-V 240 com 55,61% e 169,27%; V-R 255 54,12% e 168,26% e V-R 1 68,13% e 140,00% de recobrimento e assertividade, respectivamente (FIGURA 7 A, B e C). Neste caso, sugere-se que o produtor na tentativa de obter um bom recobrimento, aumentou a dosagem recomendada do produto (100%), porém, mesmo com o 70% a mais do produto não foi possível obter um bom recobrimento, provavelmente por não ter uma tecnologia de aplicação eficiente aliado a uma calda predominante aquosa, dificultando a identificação do recobrimento.

Por meio de outras amostras é possível inferir sobre perfis de produtores, em que na tentativa de melhorar o recobrimento das amostras aumentaram significativamente a dosagem aplicada em relação à recomendada, mas conseguiram um bom recobrimento, a exemplo das amostras V-R 60 99,95% e 159,41%; V-R 18 88,10% e 154,28% e V-R 139 92,24% e 124,56% de recobrimento e assertividade, respectivamente (FIGURA 8A, B e C). Provavelmente relacionado a uma tecnologia de aplicação primária melhor e/ou o uso de produtos funcionais ou outros produtos fitossanitários no aumento do volume de calda.

Figura 7 - Amostras *On-Farm* com superdosagem e baixo recobrimento.



Perfil 2: BAIXO recobrimento das sementes e ALTA assertividade.

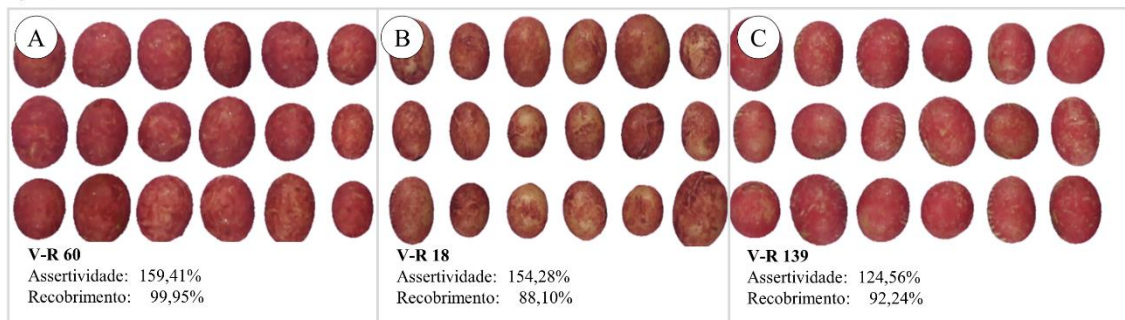


Fonte: Da autora (2023).

Figura 8 - Amostras *On-Farm* com superdosagem e recobrimento satisfatório.



Perfil 3: ALTO recobrimento das sementes e ALTA assertividade.



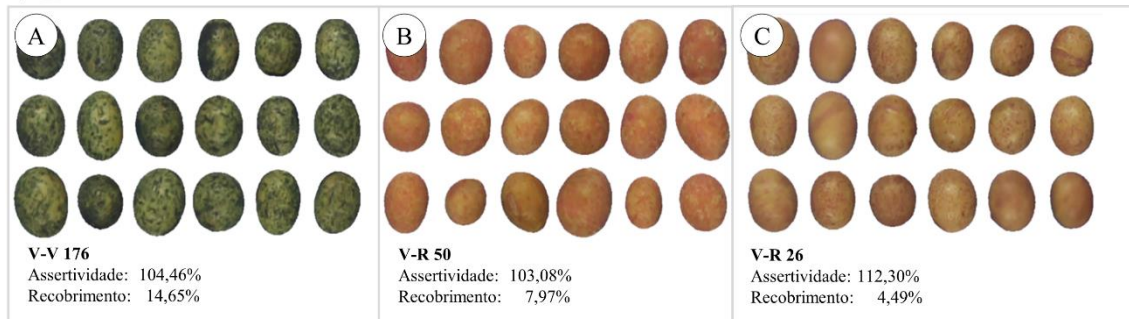
Fonte: Da autora (2023).

Identificou-se amostras em que as sementes tratadas apresentaram alta assertividade da dosagem do ingrediente ativo, resultando em uma assertividade próxima a 100%, porém, com baixo recobrimento identificado por meio da análise de imagem, a exemplo das amostras V-V 176 14,65% e 104,46%; V-R 50 7,97% e 103,08% e V-R 26 4,49% e 112,30% de recobrimento e assertividade, respectivamente (FIGURA 9 A, B e C). Fato que pode estar ligado a um uso excessivo de água na calda de tratamento, buscando melhorar a distribuição do produto, porém, a coloração/recobrimento ficou muito clara, dificultando a identificação por imagem.

Figura 9 - Amostras *On-Farm* com assertividade de dose satisfatória, porém com baixo recobrimento.



Perfil 4: BAIXO recobrimento das sementes e assertividade IDEAL.



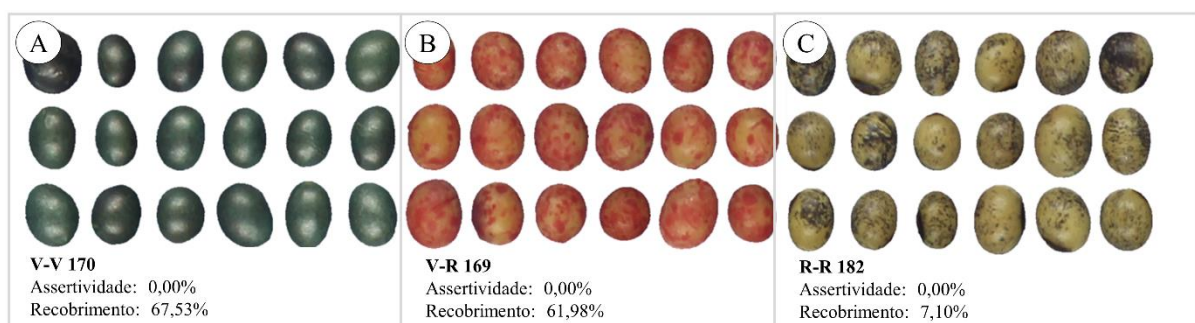
Fonte: Da autora (2023).

Amostras com 0,00% de assertividade e com resultados de recobrimento foram aquelas em que os produtores amostrados informaram o uso de um produto fitossanitário, porém, o ingrediente ativo não foi encontrado nas amostras, ou seja, as sementes não foram tratadas com o produto informado pelo produtor, ou houve uma falha grave na aplicação do produto ou mesmo produtos de origem ou fabricação duvidosa, como acontece com as amostras V-V 170, V-R 169 e R-R 182 ambas com 0,00% de assertividade e acima de 0% de recobrimento (FIGURA 10 A, B e C).

Figura 10 - Amostras *On-Farm* com baixa assertividade de dose, porém, com recobrimento.



Perfil 5: Assertividade ZERO e recobrimento.



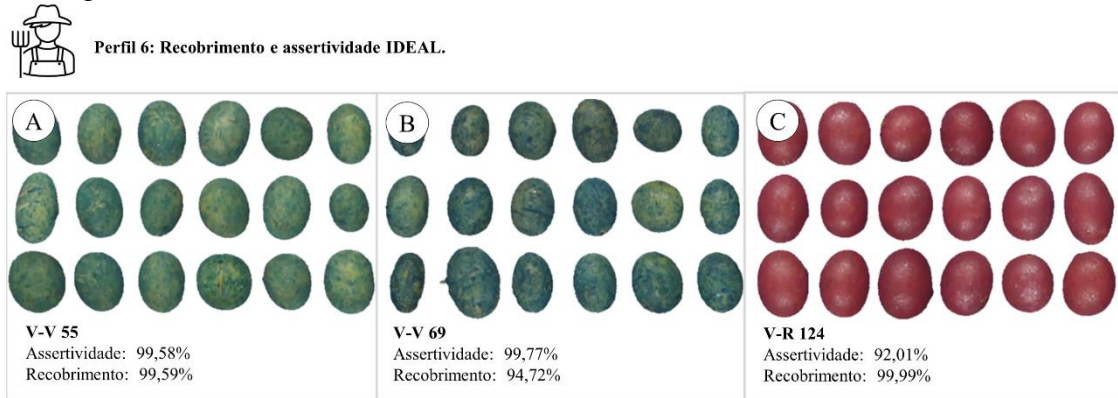
Fonte: Da autora (2023).

Algumas amostras *On-Farm* seguiram o padrão de qualidade das amostras TSI, como as amostras V-V 55 99,59% e 99,58%; V-V 69 99,77% e 94,72% e V-R 124 99,99% e 92,01% de recobrimento e assertividade, respectivamente. Indicando que alguns produtores detêm tecnologia de aplicação e assistência técnica para um tratamento de sementes adequado, mesmo



que realizado na fazenda, semelhante aos perfis de qualidade predominante das amostras TSI. (FIGURA 11 A, B e C).

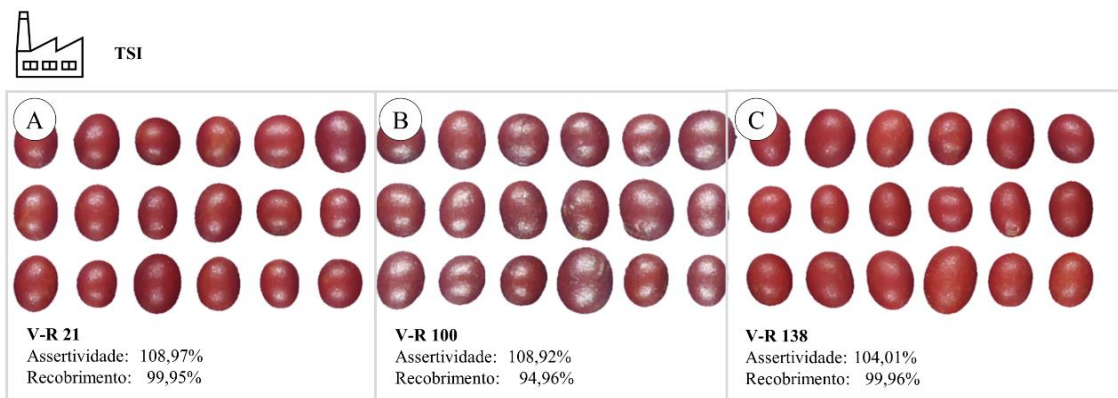
Figura 11 - Amostras *On-Farm* com assertividades e recobrimentos satisfatórios.



Fonte: Da autora (2023).

Grande parte das amostras coletadas com a tecnologia de tratamento industrial (TSI) apresentaram recobrimento das sementes e assertividade de dose satisfatórios ou classificados como de excelência, conforme discutido anteriormente, e representado por algumas como TSI V-R 21 com 99,95% e 108,97%; V-R 100 com 94,96% e 108,92% e a V-R 138 com 99,96% e 104,01% % de recobrimento e assertividade, respectivamente (FIGURA 12 A, B e C). Esses Resultados são consequências de uma maior tecnologia de aplicação dos produtos fitossanitários e funcionais, como polímeros, associado a um acompanhamento técnico adequado.

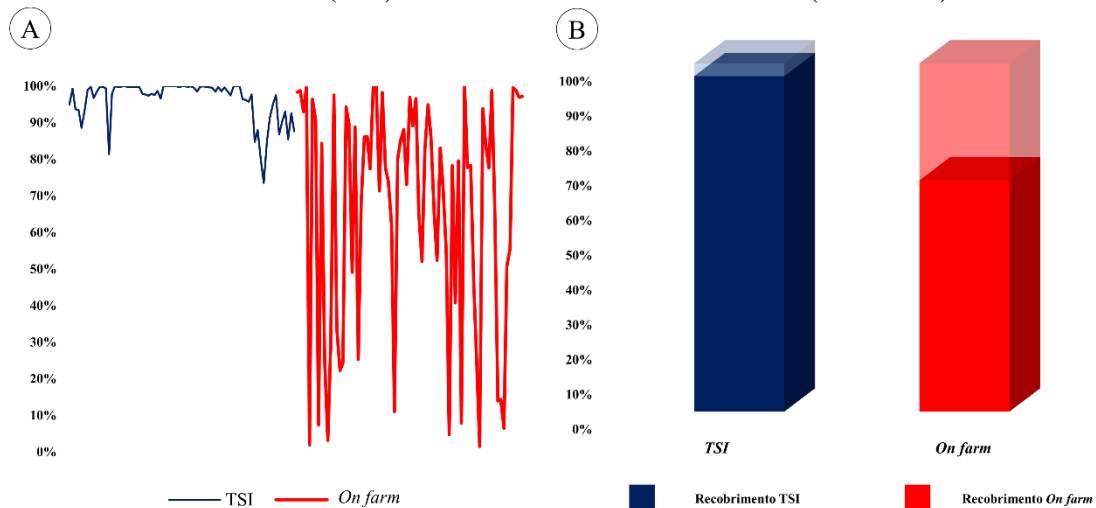
Figura 12 - Amostras TSI com assertividade e recobrimentos de excelência.



Fonte: Da autora (2023).

Em relação ao recobrimento médio de todas as amostras, diferença entre a qualidade do tratamento final entre a tecnologia industrial (TSI) e *On-Farm* ficou evidente, sendo o valor médio para as amostras TSI de 96,32% e para *On-Farm* 66,39% de recobrimento (FIGURA 13). Reforçando o discutido sobre a diferença da qualidade entre as tecnologias de aplicação.

Figura 13 - (A) Assertividade de dose das amostras tratadas industrialmente (TSI) e amostras tratadas na fazenda (*On-Farm*). (B) Assertividade médias de amostras tratadas industrialmente (TSI) e amostras tratadas na fazenda (*On-Farm*).



Fonte: Da autora (2023).

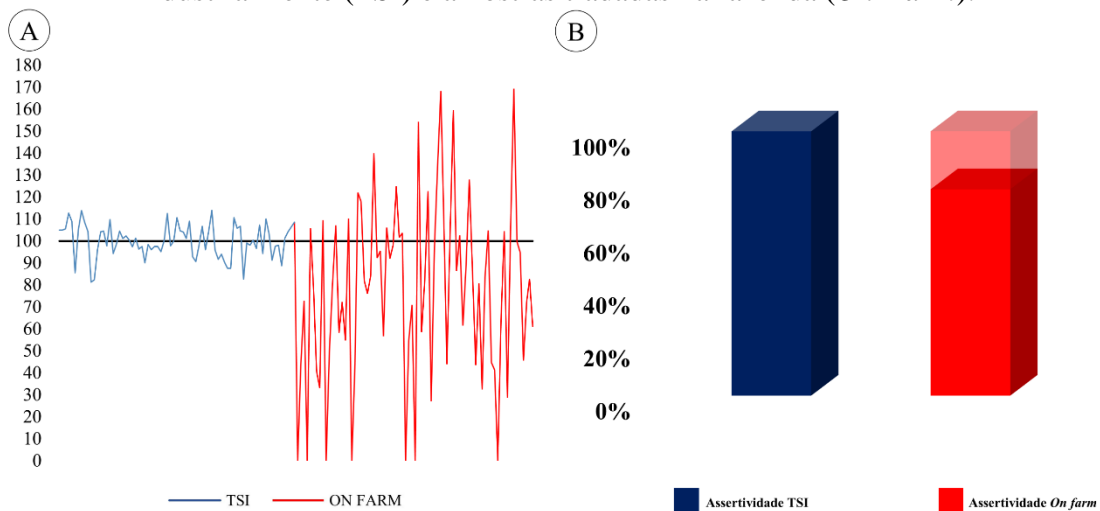
Uns dos problemas constatados nas avaliações das amostras *On-Farm* foi grande heterogeneidade entre elas quanto à qualidade do tratamento, fato que fica claro na representação gráfica da Figura 13. Oscilações acentuadas podem ser observadas para sementes tratadas na fazenda, o que reforça o fato de que as amostras *On-Farm* não possuem uma tecnologia de aplicação homogêneas dos produtos, com grande variabilidade entre os produtores. Já para TSI, oscilações sutis entre as amostras foram constatadas para a % recobrimento, com maior parte das amostras com valores próximos a 100%.

Esse resultado sugere que a razão dessa falha seja em função da tecnologia e cuidados durante o tratamento das sementes, em que não se otimiza a aplicação primária e, por consequência, terá uma falha na distribuição dos produtos na aplicação secundária. Mas vale ressaltar, que existem algumas exceções, com produtores que conseguem realizar tratamentos com a devida qualidade necessária.

Quanto à assertividade de dose das amostras, em amostras com tecnologia industrial observa-se pequena oscilação dos resultados comparados a amostras *On-Farm* (FIGURA

14A). Já para a assertividade de dose média, encontrou-se 99,96%, e para *On-Farm* 85,33%, reiterando a discrepância em relação à assertividade de doses nas amostras (FIGURA 14B). Da mesma forma que observado para recobrimento, a heterogeneidade dos resultados para amostras *On-Farm* foi superior a observada nas amostras TSI (FIGURA 13). Constatou-se que de modo geral, as tendências de resultados entre recobrimento e assertividade de doses foram semelhantes.

Figura 14 - (A) Assertividade de dose das amostras tratadas industrialmente (TSI) e amostras tratadas na fazenda (*On-Farm*). (B) Assertividade médias de amostras tratadas industrialmente (TSI) e amostras tratadas na fazenda (*On-Farm*).



Fonte: Da autora (2023).

Neste sentido, salienta-se o fato de que, ao tratar as sementes na indústria, a tecnologia aplicada otimiza a utilização dos produtos com a assertividade de doses e, em consequência da homogeneidade do tratamento, evita efeitos fitotóxicos dos produtos utilizados para as sementes. Por outro lado, nas amostras tratadas na fazenda, foram constatados resultados heterogêneos quanto a qualidade, o que sugere consequências negativas dos erros da dosagem utilizada, tanto com subdosagem quanto superdosagem.



## 4 CONCLUSÕES

O uso do fundo (*background*) azul é o mais adequado para captação e contraste nas imagens. A análise de imagens é eficiente para quantificação do recobrimento de sementes de soja tratadas, independente da dominância de cor.

O recobrimento de sementes apresenta relação direta com a assertividade de dose.

Sementes de soja tratadas por tecnologia TSI apresentam maior tendência e predominância de amostras com alta qualidade e homogeneidade de tratamento em relação às *On-Farm*, com recobrimentos e assertividade de doses adequados.

Em sementes tratadas com tecnologia *On-Farm* é constatada heterogeneidade de qualidade de tratamento, com grande variabilidade de recobrimento e assertividade de dose.

## REFERÊNCIAS

- ABRASEM, A. Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **Anuário 2019/20**. 2020. Disponível em: [http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2022/01/ANUARIO\\_2019\\_2020.pdf](http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2022/01/ANUARIO_2019_2020.pdf). Acesso em: 18 maio 2023.
- AGILENT. 1260 Infinity II LC System. **Analytical HPLC Systems**. 2022. Disponível em: <https://www.agilent.com/en/product/liquid-chromatography/hplc-systems/analytical-hplc-systems/1260-infinity-ii-lc-system#relatedproducts>. Acesso em: 18 maio 2023.
- BAUDET, L.; PESKE, F. Aumentando o desempenho das sementes. **SEED News**, Pelotas, ano XI, n 5, p 22-26, set./out. 2007.
- BEM JÚNIOR, L.D. **Avaliação qualitativa de métodos de tratamento de sementes de soja**. 2017. 68 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2017.
- BRZEZINSKI, C.R. *et al.* Spray volumes in the industrial treatment on the physiological quality of soybean seeds with different levels of vigor. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 2, p. 174-181, 2017.
- CANTARELLI, L.D. *et al.* Physiological seeds quality: spatial distribution and variability among soybean plant population. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 344-351, 2015.
- CARVALHO, E. R. *et al.* Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. e202042036, 2020.
- CARVALHO, E. R. *et al.* Soil water restriction and performance of soybean seeds treated with phytosanitary products. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 59-66, 2022.
- DECARLI, L., *et al.* Tratamento industrial em sementes de soja: qualidade fisiológica e desempenho da cultura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, n.3, 2019.
- FRANÇA NETO, J. de B., *et al.* Adoção do tratamento industrial de sementes de soja no Brasil, safra 2014/2015. **Informativo ABRATES**, v. 25, p. 26-29, 2015.
- KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A. **A alta qualidade de sementes de soja: fator importante para a produção da cultura**. Circular Técnica 136. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 24 p.
- LIMA, J. M. E. *et al.* Delinting and neutralizers residue effect on stored cotton seeds physiological quality determined by phenotyping image analysis. **Journal of Seed Science**, v. 45, p. e202345014, 2023.
- MATTIONI, F., *et al.* Vigor de sementes e desempenho agrônômico de plantas de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 108-116, 2012.

- NUNES, J.C.S. Tratamento de sementes de soja como um processo industrial no Brasil. **Seed News**, v. 20, n. 1, p. 26-32, 2016.
- OLIVEIRA, G. R. F. *et al.* Computerized analysis of seedling performance in evaluating the phytotoxicity of chemical treatment of soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 43, p. 1-10, 2021.
- PESKE, S. Cresce a percepção do valor da semente, **SEED News**, Pelotas, ano XI, n. 4, p 8-9 jul/ago. 2007.
- PESKE, S.T. Dinâmica do mercado de sementes no Brasil. **Seed News**, n. 5, p. 12-15, 2017 (Edição Especial).
- REIS, L. V. *et al.* Treatment technologies for soybean seeds: Dose effectiveness, mechanical damage and seed coating. **Ciência E Agrotecnologia**, v. 47, p. e013622, 2023.
- RICHETTI, A.; GOULART, A. C. P. **Adoção e custo do tratamento de sementes na cultura da soja**. Embrapa: Comunicado Técnico, 2018. n. 247.
- SANTOS, M. S. **Tratamento de sementes industrial ou “On-Farm” 2020**. Disponível em: <https://maissoja.com.br/tratamento-de-sementes-industrial-ou-”On-Farm”/>. Acesso em: 18 nov. 2022.
- SANTOS, S. F. dos. *et al.*. Composition and volumes of slurry in soybean seeds treatment in the industry and physiological quality during storage. **Journal of Seed Sciences**, v. 40, p. 67-74, 2018.
- SCHEEREN, B.R. *et al.* Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de sementes**, v. 32, n. 3, p .35-41, 2010.
- SILVA, R.F.F.; DOBASHI, A.F. **Análise do custo de produção da safra 2021/2022 de soja no Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, MS: Boletim APROSOJA, 2021.
- SOARES, C. M. *et al.* Seed quality and crop performance of soybeans submitted to different forms of treatment and seed size. **Journal of Seed Science**, v. 41, p. 069-075, 2019.