

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**TRATAMENTO INDUSTRIAL DE SEMENTES DE SOJA COM POSTERIOR
ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES AMBIENTES**

Josiel Ricardo Toni
Engenheiro Agrônomo/UFRS

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Área de concentração Sistemas de Produção Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Abril de 2021

CIP - Catalogação na Publicação

Toni, Josiel Ricardo
Tratamento Industrial de sementes de soja com
posterior armazenamento em diferentes ambientes /
Josiel Ricardo Toni. -- 2021.
87 f.
Orientador: Lauri Radunz.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2021.

1. Ciências Agrárias. 2. Agronomia. 3. Fitotecnia.
4. Sementes. 5. Pós-colheita. I. Radunz, Lauri,
orient. II. Título.

JOSIEL RICARDO TONI
Engenheiro Agrônomo - UFFS

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 30.04.2021
Pela Banca Examinadora
(Via videoconferência)

Homologado em:
Por

LAURI LOURENÇO RADÜNZ
Orientador - PPG Fitotecnia
UFRGS
Fitotecnia

CHRISTIAN BREDEMEIER
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em

RAFAEL GOMES DIONELLO
PPG Fitotecnia/UFRGS

ANDRÉ PICH BRUNES
PPG Fitotecnia/UFRGS

LEANDRO GALON
PPG Ciência e Tecnologia
Ambiental/UFFS

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado o dom da vida, por me proteger e me dar saúde e força diariamente para superar todas as dificuldades.

Agradeço a minha família por nunca deixarem de acreditar em mim, e principalmente por todo amor, carinho, incentivo, apoio incondicional, paciência e ajuda na execução do experimento.

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade da realização do mestrado em Fitotecnia, área de concentração Sistemas de produção vegetal, e todo seu corpo docente, técnicos, direção, e administração pelos quais me oportunizaram muito conhecimento e aprendizado. Agradeço a Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Erechim (UFFS), por ter concedido o seu espaço e material necessário para realização da pesquisa.

Agradeço o professor Dr. Lauri Lourenço Radunz por ter me concedido sua orientação e amizade com muita sabedoria e paciência na caminhada acadêmica, desde o início dos projetos de iniciação científica na graduação em Agronomia até a orientação durante o mestrado. Agradeço a ele por ter me oportunizado a realização deste trabalho, por todo suporte, considerações e incentivos repassados.

Agradeço ao professor D. Sc. Leandro Galon e ao professor Dr. Altemir José Mossi por terem cedido os laboratórios e materiais da UFFS a seus cuidados para a realização da pesquisa de mestrado.

Agradeço a empresa Sementes Estrela por ter contribuído com a realização da pesquisa por meio da doação das sementes de soja e por ter cedido as instalações e materiais do Agro Sementes Laboratório de Análises. Agradeço a empresa Grazmec por ter emprestado a máquina utilizada no tratamento industrial das sementes.

Agradeço aos professores Dr. Rafael Gomes Dionello, professor Dr. André Pich Brunes e professor Dr. Sc. Leandro Galon por terem participado da banca examinadora e por todas as considerações e contribuições sugeridas.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de pesquisa.

Agradeço a todos os meus amigos pelo incentivo. A todos que de maneira direta ou indireta fizeram parte e contribuíram para a minha caminhada de formação acadêmica, profissional e social, o meu MUITO OBRIGADO.

TRATAMENTO INDUSTRIAL DE SEMENTES DE SOJA COM POSTERIOR ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES AMBIENTES¹

Autor: Josiel Ricardo Toni

Orientador: Lauri Lourenço Radunz

RESUMO

A soja apresenta importância mundial, pois é fonte de alimento e energia. A alta qualidade de sementes permite germinação rápida e uniforme, com melhor estande de plantas a campo. Os fungos e insetos-praga podem atacar as sementes e reduzir a sua qualidade. O tratamento industrial visa proteger as sementes contra o ataque de patógenos, mas não deve afetar a qualidade das mesmas. Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial, com e sem a utilização de pó secante e polímero de recobrimento, com posterior armazenamento em diferentes ambientes. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, arranjado em parcelas sub-subdivididas (tempo x sistemas de armazenamento x tratamento industrial de sementes), com quatro repetições. A cultivar de soja utilizada foi a 55I57RSF IPRO, sendo submetida ao tratamento industrial de sementes com fungicida (metalaxil-M, tiabendazol e fludioxonil) e inseticida (tiametoxam e ciantraniliprole), combinados ou não com polímero e pó secante, com posterior armazenamento em ambiente controlado e natural por 180 dias. A cada 45 dias de armazenamento foram realizadas análises físicas, fisiológicas e sanitárias. Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), com posterior aplicação do teste de *Scott-Knott* ou análise de regressão. A qualidade física reduziu ao longo do armazenamento em todos os tratamentos e em ambos os sistemas de armazenamento. Houve maior redução da qualidade fisiológica das sementes de soja tratadas quimicamente e armazenadas em ambiente controlado e natural, provavelmente devido aos efeitos fitotóxicos ocasionados pelos produtos. Ao longo do tempo, em ambos os sistemas de armazenamento, ocorreu incidência de fungos nas sementes sem aplicação de fungicida. O ambiente controlado proporcionou menor redução da qualidade das sementes, provavelmente devido à baixa temperatura e umidade relativa do local. O tratamento industrial afetou negativamente a qualidade das sementes ao longo do armazenamento, com menos intensidade no armazenamento em ambiente controlado. O tratamento industrial de sementes é indicado para a cultivar 55I57RSF IPRO, porém quanto maior o período de armazenamento menor será a qualidade das sementes tratadas.

¹Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal da Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (87f.) Abril, 2021.

INDUSTRIAL TREATMENT OF SOYBEAN SEEDS WITH SUBSEQUENT STORAGE IN DIFFERENT ENVIRONMENTS²

Author: Josiel Ricardo Toni
Adviser: Lauri Lourenço Radunz

ABSTRACT

Soy is important worldwide, as it is a source of food and energy. The high quality of seeds allows uniform germination and a good plant stand. Fungi and insect pests can attack seeds and reduce their quality. The industrial treatment of seeds aims to protect the seeds against the attack of these pathogens, but it should not affect their quality. Given the above, this study aimed to evaluate the physical, physiological and sanitary quality of soybean seeds subjected to industrial treatment, with and without the use of drying powder and coating polymer, with subsequent storage under different environments. The experiment was conducted in completely randomized, arranged in a split-plot design (time x storage systems x industrial seed treatment) with four replications. The soybean cultivar 55I57RSF IPRO was subjected to industrial seed treatment with fungicides (metalaxyl-M, thiabendazole and fludioxonil) and insecticides (thiamethoxam and cyantraniliprole), combined or not with polymer and drying powder, with subsequent storage in a controlled and natural environment for 180 days. Every 45 days of storage, physical, physiological and sanitary analyzes were performed. The data were subjected to analysis of variance by the F test ($p < 0.05$), with subsequent application of the *Scott-Knott* test or regression analysis. Physical quality decreased during storage in all treatments and in both systems. There was a reduction in the physiological quality of chemically treated soybeans and stored in a controlled and natural environment, probably due to the phytotoxic effects caused by the products. Over time, in both storage systems, there was an incidence of fungi in the seeds without the application of fungicide. The controlled environment provided less reduction in the quality of the seeds, probably due to the low temperature and low relative humidity of the air in that environment. The industrial treatment of seeds negatively affected the quality of soybean seeds during storage, with less intensity in storage in a controlled environment. Industrial seed treatment is indicated for the cultivar 55I57RSF IPRO, however, the longer the storage period, the lower the quality of the treated seeds.

² Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (87p.) April, 2021.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1	A soja.....	6
2.2	Qualidade de sementes	7
2.3	Fungos	9
2.4	Insetos-praga.....	12
2.5	Tratamento de sementes	13
2.6	Tratamento convencional e industrial de sementes	16
2.7	Armazenamento de sementes	18
	REFERÊNCIAS	21
3	Artigo 1.....	28
3.1	INTRODUÇÃO.....	31
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.3	RESULTADOS	39
3.4	DISCUSSÃO	49
3.5	CONCLUSÕES	56
	REFERÊNCIAS	57
4	Artigo 2.....	64
4.1	INTRODUÇÃO.....	67
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	68
4.3	RESULTADOS	72
4.4	DISCUSSÃO	77
4.5	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS	79
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
6	APÊNDICE	86

Relação de tabelas

Página

ARTIGO 1

1. Produtos e respectivas doses utilizadas para o tratamento industrial das sementes de soja . 33
2. Tratamento industrial de sementes (TIS) realizado nas sementes de soja..... 33
3. Peso de mil sementes (g) de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN) 40
4. Porcentagem de germinação de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN) 42
5. Primeira contagem de germinação de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN) 43
6. Índice de velocidade de germinação de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN) 44
7. Envelhecimento acelerado de sementes de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN) 45
8. Comprimento de plântulas de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN) 46
9. Transferência de matéria seca (mg/plântula) de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN). 47
10. Emergência plântulas em areia de sementes de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN) 48

ARTIGO 2

1. Produtos e respectivas doses utilizadas para o tratamento industrial das sementes de soja . 69
2. Tratamento industrial de sementes (TIS) realizado nas sementes de soja..... 69
3. Incidência de *Fusarium* spp. (%) em sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e natural (AN) 73

4. Incidência de fungos *Aspergillus* spp. (%) em sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e armazenadas em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN), independentemente do tempo de armazenamento 74
5. Incidência de *Penicillium* spp. (%) em sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e natural (AN) 75
6. Incidência de outros fungos (%) em sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e armazenadas em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN), independentemente do tempo de armazenamento 77

APÊNDICE

1. Resumo da análise de variância, pelo teste F, do teor de água (TA) e peso de mil sementes (PMS) de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial e armazenadas em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN) por 180 dias..... 86
2. Resumo da análise de variância, pelo teste F, do teste de germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de plântulas (CP), transferência de matéria seca (TMS) e emergência em areia (EMA) de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e armazenadas em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN) 86
3. Resumo da análise de variância, pelo teste F, do teste de sanidade para os fungos *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. e outros fungos (OF) 87

Relação de figuras

Página

ARTIGO 1

1. Temperatura e umidade relativa durante o período de armazenamento em ambiente controlado (A) e ambiente natural (B) de sementes de soja tratadas quimicamente com fungicida, inseticida, polímero e pó secante. 35
2. Teor de água de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS), independentemente do sistema de armazenamento (A) e em função do sistema de armazenamento, independentemente do tratamento industrial de sementes (B), ao longo do tempo.. 39
3. Peso de mil sementes (g) de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) com posterior armazenamento em ambiente controlado (A) e ambiente natural (B). 40
4. Porcentagem de germinação de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlado (A) e ambiente natural (B). 41
5. Primeira contagem de germinação de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlado (A) e ambiente natural (B). 43
6. Índice de velocidade de germinação de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlada (A) e ambiente natural (B). 44
7. Envelhecimento acelerado de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlada (A) e ambiente natural (B). 45
8. Comprimento de plântulas (cm) de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlada (A) e ambiente natural (B). 46
9. Transferência de matéria seca (mg/plântula) de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlado e natural (B). 47
10. Emergência de plântulas em areia (%) de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlado (A) e natural (B). ... 48

ARTIGO 2

Página

1. Temperatura e umidade relativa durante o período de armazenamento em ambiente controlado (A) e ambiente natural (B) de sementes de soja tratadas quimicamente com fungicida, inseticida, polímero e pó secante. 70
2. Incidência de *Fusarium* spp. (%) em sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e armazenadas em ambiente controlado (A) e natural (B).. 73
3. Incidência de *Aspergillus* spp. em sementes de soja submetidas ao tratamento de sementes industrial e armazenadas por 180 dias, independentemente do sistema de armazenamento. 74
4. Incidência de *Penicillium* spp. (%) em sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e armazenadas em ambiente controlado (A) e natural (B). 75
5. Incidência de outros fungos (%) em sementes de soja submetidas ao tratamento de sementes industrial e armazenadas por 180 dias, independentemente do sistema de armazenamento.. 76

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. [Merril]) é uma cultura de grande importância econômica produzida no Brasil e no mundo, pois é a fonte de alimento e energia. Dela podem ser extraídos diversos produtos, de forma direta ou indiretamente, em virtude dos altos teores de proteínas, aminoácidos, óleo vegetal, antioxidantes e minerais presentes na soja (Freitas *et al.*, 2010; Rodrigues, Abreu; Oliveira, 2017).

A cultura da soja no Brasil ocupou 37 milhões de hectares na safra 2019/20, representando aumento de 3% na área semeada em relação à safra 2018/19. Com esse crescimento a produção apresentou incremento de 4,3% em relação à safra 2018/19, atingindo 124,8 milhões de toneladas, um recorde histórico (Conab, 2020). Assim, em 2020, o Brasil atingiu o primeiro lugar na produção mundial de soja, um grande feito para produtores e profissionais da área. Para safra 2020/21, a estimativa de produção é de 133,7 milhões de toneladas, numa área estimada em 38,2 milhões de hectares (Conab, 2021).

O alcance de altas produtividades é possível com a utilização de diversas práticas de manejo, além de muito empenho e dedicação de cada profissional envolvido durante as etapas de produção. É preciso estar atento em todas as fases de produção da soja, porém é na semeadura que se estabelece o potencial produtivo. Uma boa semeadura é realizada com sementes de alta qualidade semeadas no momento certo. As sementes são organismos vivos que necessitam de cuidados para expressarem o seu máximo potencial, contribuindo para o estabelecimento rápido e uniforme das plantas, favorecendo altas produtividades. No entanto, diversos fatores como temperatura e umidade relativa do ar, fungos fitopatogênicos e insetos-pragas atuam sobre as sementes, tanto no campo quanto no armazenamento, contribuindo para a rápida deterioração das sementes, provocando redução da sua qualidade.

A redução destes problemas pode ocorrer com a realização tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas. Esta é uma prática tecnológica recomendada pela pesquisa e que se mostra eficiente no controle de patógenos transmitidos por sementes, reduzindo falhas na germinação e na emergência de plântulas (Migliorine *et al.*, 2012; Conceição *et al.*, 2014).

O tratamento de sementes, realizado na propriedade (*On Farm*) ou na própria empresa produtora de sementes (Tratamento Industrial de Sementes), pode ser um aliado na germinação das sementes e no crescimento e desenvolvimento das plântulas a campo. Porém, os produtos aplicados de forma isolada ou combinada podem afetar estes parâmetros e prejudicar o desenvolvimento da cultura. O tratamento de sementes pode provocar efeito fitotóxico, ocasionando atrofia do sistema radicular, engrossamento, encurtamento, rigidez e fissuras longitudinais do hipocótilo, atraso no desenvolvimento vegetativo da parte aérea das plantas, e muitas vezes ocasionar o multi-brotamento no nó cotiledonar influenciando negativamente no estabelecimento e na produtividade da soja (França-neto *et al.*, 2016).

O tratamento industrial de sementes (TIS) é uma prática que passou a fazer parte do fluxograma de muitas empresas sementeiras do país. Esta técnica passou a ser utilizada no Brasil a partir do ano de 2010 em algumas Unidades de Beneficiamento de Sementes (Segalin *et al.*, 2013). O TIS é realizado com equipamentos inovadores, eficientes e sofisticados, que combinam a aplicação de fungicidas, inseticidas, nematicidas, micronutrientes, dentre outros produtos, com alta precisão da dose, o que contribui para maximizar a eficiência dos produtos, proteger os operadores e evitar a contaminação ambiental (Brzezinski *et al.*, 2015; França-neto *et al.*, 2015; Ludwig, 2017). O crescimento da utilização do TIS pode ser justificado por algumas vantagens que o mesmo proporciona, como: maior comodidade e rendimento por hora aos produtores, economia de tempo e mão de obra, proteção ao produtor pela redução do risco de intoxicação, evitando o manuseio de agrotóxicos, precisão de aplicação dos produtos e melhor eficiência na cobertura das sementes (França-neto *et al.*, 2015).

O armazenamento tem como objetivo manter a qualidade das sementes advindas do campo, reduzindo a deterioração ao máximo possível. O principal objetivo do armazenamento é a manutenção da qualidade das sementes, para que tenham longevidade durante o tempo que ficarão guardadas até a semeadura (Villela & Menezes, 2014). Porém, em condições não controladas, os fatores temperatura, umidade relativa do ar, fungos e insetos-praga podem acelerar a deterioração e a perda de qualidade das sementes (Ludwig *et al.*, 2011). A redução da qualidade de sementes pode ocorrer durante o armazenamento em condições não controladas, devido à exposição das mesmas a variações de umidade relativa do ar e temperatura, ao ataque de insetos-praga e fungos de armazenamento (Marcos Filho, 2015a). Sendo assim, quanto mais tempo as sementes ficarem expostas a estas variações, maior será a sua deterioração (Rocha *et al.*, 2017).

As sementes tratadas quimicamente podem ser semeadas imediatamente após o tratamento ou serem armazenadas por um determinado período até a próxima semeadura. No TIS, as sementes são tratadas quimicamente na linha de processamento das próprias empresas, com posterior ensaque e armazenamento até a semeadura (Brzezinski *et al.*, 2015). No entanto os efeitos gerados sobre a qualidade das sementes tratadas e armazenadas ainda não são bem conhecidos, o que gera preocupação (Dorneles *et al.*, 2019). Sendo assim torna-se importante o conhecimento dos produtos utilizados e seus efeitos sobre a qualidade de sementes de soja após a sua aplicação e armazenamento das sementes tratadas.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial, com e sem a utilização de pó secante e polímero de recobrimento, com posterior armazenamento em diferentes ambientes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A soja

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma planta anual e herbácea que pertence à família *Fabaceae* (Leguminosas). É uma *commodity* que se destaca mundialmente no cenário produtivo de grãos, sendo um dos principais produtos produzidos e exportados pelo Brasil (Camargo *et al.*, 2017; Rocha *et al.*, 2018; Puia *et al.*, 2020).

A soja apresenta grande importância na agricultura brasileira devido a sua capacidade de manter milhares de empregos, diretos e indiretos, além de impulsionar outros setores da economia (Rocha *et al.*, 2018). A demanda nacional por carne é um fator que favorece a crescente contribuição do farelo de soja, isto porque quanto maior for a atividade de criação de animais para o abate, maior será a demanda por soja (Costa *et al.*, 2020). Ademais, a soja está sendo explorada como matéria prima na produção de combustíveis, principalmente biodiesel (Bussolaro, Zelin & Simonetti, 2011) e também etanol (Pretto *et al.*, 2014).

Originada do nordeste da China (entre 45 e 50° N), a soja foi introduzida no Ocidente, inicialmente na Europa em 1712, chegando nos Estados Unidos em 1765, onde teve investimento em pesquisa e desenvolvimento tecnológico que rendeu cultivares produtivas, resistentes a doenças para um sistema produtivo adaptado às diferentes condições de produção norte-americanas (Gazzoni, 2018).

O primeiro cultivo da soja no Brasil foi realizado por Gustavo D'utra, em 1882, no estado da Bahia, mas sem sucesso devido as condições climáticas daquele local, visto que o material genético havia sido desenvolvido para climas frios e temperados (Gazzoni, 2018). A partir de 1891 iniciou-se os testes das cultivares no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC-SP) (Gazzoni, 2018). A expansão da sua cadeia (soja em grão, farelo e óleo) aconteceu a partir da década de 1970, devido à alta do preço do mercado mundial e pela vantagem competitiva do Brasil em relação aos outros países produtores, isto porque o escoamento da safra brasileira acontece na entressafra americana, quando os preços atingem as maiores cotações (Montoya *et al.*, 2019).

O cultivo da soja nas lavouras brasileiras cresce ano após ano e com isso ela torna-se cada vez mais expressivo economicamente no setor agrícola do país. A forte liquidez na

comercialização do produto, somada ao comportamento do câmbio, expectativa futura e bons resultados da safra 2018/19, tanto em produtividade quanto financeiramente, são fatores que contribuíram para o aumento na área semeada da cultura da soja no Brasil em 2020. Além do grande potencial de mercado externo, a cultura da soja possui excelente adaptação às mais variadas condições edafoclimáticas brasileiras, o que impulsiona o seu cultivo em todas as regiões do país (Rocha *et al.*, 2018). O cultivo da soja no Brasil é amplo, sendo semeada na região Sul, Sudeste, Norte, Nordeste e Centro-Oeste do país (Puia *et al.*, 2020).

O aumento da área cultivada com soja cresceu consideravelmente nos últimos anos, aumentando a produção nacional e colocando o país como maior produtor mundial da soja. Um dos efeitos gerados por esta expansão territorial da cadeia da soja é o crescimento do PIB (Produto Interno Bruto) do Brasil nos últimos anos. O PIB da cadeia da soja à preços básicos foi de 8,2% ao ano no período de 2000 a 2014, indo de R\$ 41.116 milhões em 2000 para R\$ 129.810 milhões em 2014, impactando significativamente e de forma crescente na geração de renda do agronegócio brasileiro e se tornando importante relativamente na economia do país (Montoya *et al.*, 2019). Os mesmos autores relatam que a cadeia da soja em 2014 respondeu em relação ao agronegócio, com 12,70% do PIB, 12,10% dos empregos e 9,80% do consumo de energia.

2.2 Qualidade de sementes

O Brasil se destaca mundialmente na produção de soja e muitos são os fatores que levaram o país a alcançar altos patamares de produtividade. Em alguns estados brasileiros, a soja conta com um sistema de cultivo de alto suporte tecnológico, semeadura em sistema de plantio direto, adubação equilibrada e ajustada conforme o potencial produtivo esperado, controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas. O uso de cultivares adaptadas para cada região de semeadura e arranjo espacial de plantas, cuidados que na condução da lavoura, da semeadura até a colheita, revelam a importância para ganho de produtividade (Costa *et al.*, 2020).

Além das técnicas citadas anteriormente, o ganho de produtividade nas lavouras brasileiras de soja se deve a utilização de sementes de alta qualidade, sem a necessidade de abertura de novas áreas cultiváveis. A introdução da cultura da soja em diversas áreas foi proporcionada por meio de adoção de novas tecnologias e uso de sementes de alta qualidade física, fisiológica, genética e sanitária, adoção de sistema de plantio direto e melhoramento genético das cultivares de soja (Rocha *et al.*, 2018).

A semente é considerada um insumo básico dentro de qualquer sistema de produção, sendo que a sua qualidade pode ser determinante no estabelecimento e produtividade da cultura. As sementes de alta qualidade são assim denominadas a partir de um somatório de atributos físicos, fisiológicos, sanitários e genéticos. O somatório destes atributos favorece o bom desempenho das sementes no campo, contribuindo para um estande ideal de plantas e altas produtividades (França-Neto *et al.*, 2010).

A qualidade física das sementes significa a pureza e a umidade, ela reflete na composição física ou mecânica de um lote sendo que esse oferece informações sobre a contaminação do lote com sementes de outras cultivares, material inerte e/ou plantas daninhas. A alta qualidade física de um lote indica que os processos de colheita e pós-colheita foram bem planejados e executados (Peske & Barros, 2006).

Os atributos genéticos indicam à pureza varietal e/ou a contaminação genética de um lote de sementes. Este atributo deve mostrar o potencial produtivo, precocidade, resistência a pragas, moléstias e condições adversas do solo e clima, além de apresentar qualidade de grão e/ou semente (Peske & Barros, 2006).

Os atributos fisiológicos são tudo aquilo que envolve o metabolismo da semente como forma de expressar o seu potencial produtivo, como germinação e vigor (Peske, Villela & Meneghello, 2016). Estes indicam a capacidade da semente em desempenhar funções vitais de germinação, vigor e longevidade, além de assegurar a porcentagem de emergência de plântulas no campo (Carvalho & Novembre, 2011).

Os atributos sanitários indicam se as sementes de um lote são sadias, livre de patógenos como bactérias, nematoides, vírus e principalmente fungos (Peske, Villela & Meneghello, 2016). Se os atributos sanitários não forem atendidos, poderá ocorrer a redução da qualidade fisiológica das sementes, além de contribuir como fonte de contaminação de outras áreas (Danelli *et al.*, 2011).

O somatório destes quatro atributos confere às sementes a capacidade de germinarem e darem origem a plântulas vigorosas, das quais irão propiciar um estande ideal de plantas no campo e com isso favorecer altas produtividades. As sementes de alta qualidade devem apresentar condições físicas e sanitárias adequadas, além de características genéticas e fisiológicas, bem como alta taxa de germinação e vigor (Marcos Filho, 2015b). A porcentagem e a uniformidade de germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas a campo podem ser afetadas pelo atributo fisiológico das sementes (Carvalho & Novembre, 2011). A obtenção de uma lavoura com população ideal de plantas decorre da utilização correta de

diferentes práticas culturais, ficando a sua eficiência restrita ao uso de sementes de alta qualidade fisiológica (Cunha *et al.*, 2015).

A qualidade das sementes pode ser afetada no campo e no armazenamento, por diferentes fatores, como temperatura e umidade relativa do ar, ataque de fungos e insetos-praga. Esses fatores, isolados ou combinados, podem acelerar o processo de deterioração das sementes, reduzindo a sua qualidade. Desta forma, é importante que as empresas produtoras de sementes e instituições de pesquisa invistam na definição de metodologias e testes para aferição da qualidade dos lotes de sementes (Martin *et al.*, 2011). Assim, pode-se estimar o desempenho das sementes, tanto no campo quanto no armazenamento, a partir de testes específicos que contribuam para tomada de decisão do produtor de sementes (Lopes, Silva & Vieira, 2013).

As altas produtividades da soja, assim como de outras culturas como milho, trigo e feijão, são decorrentes do potencial de cada cultivar em condições de campo e por meio da utilização de tecnologias e práticas de manejo durante o seu cultivo. Como visto, uma destas práticas é a utilização de sementes de alta qualidade, a qual permite uma germinação rápida e uniforme, favorecendo o estabelecimento inicial de plântulas no campo, proporcionando condições favoráveis para altas produtividades. No entanto, fungos e insetos-praga podem afetar a qualidade das sementes de soja, reduzindo a germinação e influenciando negativamente no desenvolvimento e crescimento das plântulas, prejudicando o estande inicial de plantas a campo e, conseqüentemente, gerar queda na produtividade.

2.3 Fungos

Os fungos são organismos que podem ocasionar um grande número de doenças na cultura da soja, gerando redução da produtividade e da qualidade de suas sementes. Os fungos transmitidos por sementes ou presentes no solo no momento da semeadura são os principais causadores de doenças em plantas nas lavouras de soja (Brzezinski *et al.*, 2015; Scussel, Savi & Kluczkovski, 2018). A ocorrência de altas temperaturas e alta umidade relativa do ar pode ocasionar aumento na infestação de sementes por patógenos durante as fases de maturação e colheita (Juhász *et al.*, 2013). Durante o armazenamento de sementes os fungos também são considerados os principais agentes de deterioração, pois levam a perda do poder germinativo, descoloração, redução do valor nutricional e alterações no odor (Scussel, Savi & Kluczkovski, 2018).

A qualidade das sementes, em todas as etapas de produção, pode ser comprometida pela associação de microrganismos fitopatogênicos (Medeiros *et al.*, 2016). Além disso, as inúmeras

doenças de importância econômica são disseminadas por patógenos que possuem suas estratégias de sobrevivência associadas as sementes (Santos *et al.*, 2016).

Os fungos são classificados conforme o teor de água da semente, umidade relativa do ar e estágio de infecção, em fungos de campo e de armazenagem, sendo que a sua infecção pode ocorrer em diversos estágios, desde o campo até a pós-colheita (Scussel, Savi & Kluczkovski, 2018). A cultura da soja pode ser afetada por fungos habitantes do solo que podem ser transmitidos via sementes. Conforme Bellé & Fontana (2018), as doenças radiculares e vasculares, provocados por fungos, bactérias e nematoides, estão entre as principais causas de redução na produtividade das culturas de interesse alimentar mundial. Estes autores ainda relatam que os fungos constituem no maior grupo de patógenos radiculares que ocorrem em todos os tipos de sistemas agrícolas, causando doenças nas principais espécies cultivadas.

Os principais fungos patogênicos relevantes para cultura da soja que podem ser transmitidos via sementes são: *Cercospora kikuchii*, *Colletotrichum truncatum*, *Fusarium semitectum*, *Macrophomina phaseolina*, *Phomopsis sojae*, *Rizoctonia solani* e *Sclerotinia sclerotiorum* (Lucca Filho & Farias, 2012; França-Neto *et al.*, 2016). Destes fungos de campo, o gênero *Fusarium* spp. é o mais importante (Scussel, Savi & Kluczkovski, 2018). Os principais gêneros de fungos de armazenamento são *Aspergillus* spp. e *Penicilium* spp. No armazenamento, a deterioração das sementes pode ocorrer devido ao ataque de fungos específicos, reduzindo a qualidade fisiológica das sementes (Medeiros *et al.*, 2016).

Inúmeros fungos habitantes de solo e/ou transmitidos via sementes, que são causadores de doenças em plantas cultivadas, já foram identificados. Dentre os fungos que acometem a cultura da soja pode-se destacar:

Sclerotium rolfsii, causador da murcha de esclerócio ou podridão do caule: Este fungo tem a capacidade de produzir uma grande quantidade de estruturas de sobrevivência no solo (escleródios), podendo permanecer viáveis durante vários anos (Sinch, Sinch & Sinch, 2014).

Pythium spp., causador de tombamento de plântulas: Este fungo necrotrófico ocasiona lesões e podridões radiculares (Weiland, 2011). É um fungo de difícil controle devido a sua longevidade no solo e habilidade de evitar as defesas das plantas e a logística, custo e eficácia dos fungicidas (Bellé & Fontana, 2018).

Phytophthora infestans, causador da requeima: É um fungo considerado uma ameaça à segurança alimentar devido as perdas econômicas na casa de 6 bilhões de dólares anualmente (Derevnina *et al.*, 2016), e que está associado a doença requeima da batata (Whisson *et al.*, 2016). A *Phytophthora infestans* se reproduz rapidamente em períodos de alta umidade e

temperatura amena (Huberli *et al.*, 2011), ocasionando podridão em sementes de soja, tombamento pré e pós-emergente, podridão de caules e raízes (Chang *et al.*, 2017).

Rhizoctonia spp., causador da rizoctoniose, mela ou requeima: Este fungo habitante de solo penetra nas raízes e colo das plantas após a germinação de escleródios e produção de micélio por meio de ferimentos e aberturas naturais, provocando podridão seca e estrangulamento na região da haste, resultando em murcha, tombamento ou sobrevivência (Bellé & Fontana, 2018).

Macrophomina phaseolina, causador da podridão da raiz: É um fungo necrotrófico que apresenta uma enorme quantia de hospedeiros, sendo responsável por ocasionar perdas econômicas em mais de 500 espécies de plantas cultivadas de 75 famílias botânicas (Islam *et al.*, 2012). A *Macrophomina phaseolina* é um fungo habitante do solo capaz de infectar plantas de soja em diferentes estádios de desenvolvimento, podendo reduzir a população de plantas no campo, afetar a qualidade de sementes e induzir precocemente a maturação e morte das plantas, sendo de difícil controle por produzir microescleródios no solo (Bellé & Fontana, 2018).

Sclerotinia sclerotiorum, causador do mofo branco: É um fungo disseminado principalmente por sementes contaminadas (Bellé & Fontana, 2018), que infecta caules, folhas e flores na forma de escleródios (Clarkson *et al.*, 2013), sendo a soja uma das culturas mais comprometidas (Lyu *et al.*, 2016). Os danos provocados pelo mofo branco podem ser expressivos na produção e qualidade dos grãos, podendo chegar a 70% de perdas (Meyer *et al.*, 2013).

Phomopsis sojae, causador do cancro da haste: Este fungo ataca as sementes de soja, principalmente em períodos chuvosos combinados com altas temperatura na fase de maturação. É um fungo que pode afetar negativamente a qualidade das sementes, pois é considerado o principal causador da baixa germinação das sementes de soja no teste padrão de germinação. (Goulart, 2018).

Colletotrichum truncatum, causador da antracnose: Este fungo possui a capacidade de atacar todas as partes da planta de soja nas fases vegetativa, de floração e frutificação das sementes, além de provocar redução acentuada de legumes e retenção foliar e haste verde na soja (Goulart, 2018).

Cercospora kikuchi, causador da mancha púrpura ou crestamento foliar: é um fungo que acomete a cultura soja na fase final do enchimento de grãos, provocando severas reduções no rendimento e qualidade das sementes (Câmara *et al.*, 2019). A *Cercospora* pode lesar todas as partes da planta, folhas, pecíolos, caules, vagens e sementes, no entanto acomete principalmente

a germinação das sementes, provocando redução do estande e baixa qualidade das sementes (Chanda *et al.*, 2014). As perdas na cultura da soja geradas pela infecção de *Cercospora*, juntamente com *Septoria glycines*, podem chegar a 20% da produção total (Alves *et al.*, 2013).

Fusarium spp. causador da murcha de *Fusarium*: fungo que persiste no solo por meio de clamidósporos e permanece viável por várias estações, dificultando o seu manejo (Singh, Shing & Shing, 2010). O *Fusarium* spp. germina e se desenvolve em temperaturas de solo e do ar em torno de 28 °C, penetra nas raízes do hospedeiro e infecta o sistema vascular, promovendo entupimento dos vasos com micélio ou esporos (Bellé & Fontana, 2018).

Aspergillus spp. e *Penicillium* spp. Fungos considerados de armazenamento, pois normalmente infectam as sementes durante o armazenamento, sendo encontrados no ar, poeira, solo e resíduos de sementes. Muitas espécies de *Aspergillus* estão relacionados com a deterioração das sementes, aquecimento, formação de torrões e produção de toxinas (Scussel, Savi & Kluczkovski, 2018).

2.4 Insetos-praga

A soja pode sofrer o ataque de insetos-praga desde a germinação das sementes até a colheita, podendo provocar danos econômicos significativos na cultura, redução da produtividade e da qualidade de grãos e sementes. Muitos insetos-praga atacam a soja em seus estádios iniciais, podendo reduzir o número de plantas de soja na área cultivada e, conseqüentemente, gerar queda na produtividade. Os insetos-pragas que atacam a soja em seus estádios iniciais podem ocasionar destruição das sementes e/ou plântulas, ingestão de raízes, destruição dos cotilédones e das folhas unifoliadas, lesão nos ponteiros ou nos brotos das folhas trifoliadas, podendo, com estes danos, reduzir a produtividade da cultura (Hoffmann-Campo *et al.*, 2012). Perdas expressivas de estande inicial são causadas por insetos-praga que atacam sementes e plântulas nos estágios iniciais em diversas culturas (Conceição *et al.*, 2014).

Os insetos-praga que podem ser encontrados atacando a cultura da soja em seus estádios iniciais são: a lagarta rosca, lagarta-elasma ou broca do colmo (*Elasmopalpus lignosellus*), lesmas, caracóis, piolhos de cobra, percevejo castanho da raiz (*Scaptocoris* spp), cochonilha da raiz (*Dysmicoccus brevipes*), corós (*Phyllophaga cuyabana*, *Liogenys* spp., *Plectris pexa*) (Sosa-Gómez *et al.*, 2014).

Os insetos-praga que atacam as sementes após a semeadura devem ser controlados, no entanto este controle torna-se dispendioso, uma vez que estes insetos se encontram submersos

ao solo. Por isso, o tratamento de sementes com produtos químicos pode ser utilizado para a realização deste controle (Degrande & Vivian, 2009).

2.5 Tratamento de sementes

A soja, dentre outras culturas como o milho, trigo e o feijão, podem sofrer com ataque de fungos, insetos-praga e nematoides do início ao final do seu ciclo de cultivo, influenciando negativamente no crescimento e desenvolvimento delas, o que pode contribuir para redução da produtividade. Dessa forma é necessário utilizar tecnologias para reduzir ou eliminar os efeitos ocasionados por estes agentes, sendo uma delas a realização do tratamento de sementes com produtos químicos. A realização do tratamento de sementes é uma prática de manejo adotada pelos produtores nas principais áreas de produção agrícola (Gaspar *et al.*, 2014).

O uso de ferramentas tecnológicas que propiciem condições favoráveis para o processo de germinação das sementes e emergência de plântulas são ideais para que a cultura da soja expresse o seu máximo potencial produtivo (Decarli *et al.*, 2019). Assim, o tratamento de sementes tem como objetivo principal proteger sementes e plântulas em seu início de desenvolvimento contra o ataque de insetos-praga, fungos e nematoides que podem prejudicar o estabelecimento da cultura no campo. O tratamento de sementes com produtos químicos tem papel primário na proteção de sementes e plântulas contra efeitos negativos propiciados pela ação de patógenos, melhorando a sua qualidade sanitária (Balardin *et al.*, 2011; Conceição *et al.*, 2014). O tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas proporciona redução dos danos causados por fungos e insetos-praga de sementes e plântulas de soja (Balardin *et al.*, 2011).

O tratamento de sementes é uma prática antiga que visa, principalmente, o controle de doenças transmitidas via sementes, tendo início no Brasil em 1981, por meio da recomendação oficial do tratamento com fungicidas, realizada pela Embrapa Soja (Henning *et al.*, 1981). O tratamento de sementes é uma técnica que visa a manutenção da qualidade das sementes (Cunha *et al.*, 2015), sendo uma prática tecnológica recomendada pela pesquisa e que se mostra eficiente no controle de patógenos em sementes, reduzindo falhas na germinação e emergência de plântulas (Migliorine *et al.*, 2012). O efeito do tratamento de sementes ainda é acentuado na fase de plântula, o que propicia bom estabelecimento da lavoura nos 20 primeiros dias após a semeadura (Dan *et al.*, 2010).

Os produtos utilizados no tratamento de sementes podem ter diferentes funções, seja como proteção ou para favorecer a sua plantabilidade. O tratamento químico de sementes

utilizando fungicida, inseticida, micronutriente, nematicida, polímero dentre outros produtos, é a forma mais difundida para o controle de patógenos transmitidos via sementes (Conceição *et al.*, 2014).

Existem diferentes ingredientes ativos de fungicidas e inseticidas registrados no ministério da agricultura para o tratamento de sementes, como por exemplo metomil, bifentrina, fipronil, imidacloprido, carbendazin, piraclostrobina, tiofanato metílico, tiram, carboxina, captan, ipconazol, tiametoxam, ciantraniliprole, metalaxil, tiabendazol, fludioxinil, entre outros. No entanto é importante que, ao escolher os produtos para realizar o tratamento de sementes, o produtor e/ou o profissional saibam quais fungos e insetos-praga desejam controlar, bem como ter conhecimento da área e da pressão destes agentes em anos anteriores.

A seguir destaca-se a finalidade dos ingredientes ativos utilizados para o tratamento de sementes neste trabalho:

Metalaxil-M + tiabendazol + fludioxinil: fungicida recomendado para controle de podridão da semente (*Fusarium pallidoroseum*), mancha púrpura ou crestamento foliar (*Cercospora kikuchii*), Phomopsis da semente (*Phomopsis sojae*), podridão de grãos armazenados (*Aspergillus flavus*), cladosporiose (*Cladosporium herbarum*), podridão aquosa ou mela (*Rhizoctonia solani*); podridão de sclerotinia ou mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) (Brasil, 2021).

Tiametoxam: Inseticida recomendado para controle da lagarta elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*), cupim de monte (*Procornitermes triacifer*), mosca branca (*Bemisia tabaci* raça B), tamanduá da soja (*Stemechus subignatus*), torrãozinho (*Aracanthus mourei*), coró da soja (*Liogenys fuscus*), vaquinha verde-amarela (*Diabrotica speciosa*) (Brasil, 2021).

Ciantraniliprole: Inseticida recomendado para controle de helicoverpa (*Helicoverpa armigera*), lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), lagarta-elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*), coró (*Lyogenys fuscus*), tamanduá-da-soja (*Sternechus subignatus*), vaquinha-verde-amarela (*Diabrotica speciosa*), lagarta-falsa-medideira (*Pseudoplusia includens*), lagarta-das-folhas (*Spodoptera eridanea*), mosca-branca (*Bemisia tabaci* Biótipo b) e lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) (Brasil, 2021).

Os polímeros de recobrimento utilizados para o tratamento de sementes são moléculas biodegradáveis, que em sua maioria são originários de materiais encontrados na natureza, mas que podem ser sintetizados em laboratório (Roy *et al.*, 2014). Esses polímeros são materiais derivados de fontes renováveis como o milho, a batata, a celulose e a cana de açúcar, podendo ter origem também da síntese de bactérias ou de fontes fósseis, como o petróleo (Brito *et al.*,

2011). Muitos polímeros derivados destes materiais renováveis como polissacarídeos de celulose, agarose, dextrana, alginatos, amido, quitosana e proteínas como a albumina, já foram testados no revestimento de sementes (Oliveira *et al.*, 2009). Alguns polímeros derivados do petróleo, como o policaprolactonas, copoliésteres aromáticos e alifáticos, e materiais inorgânicos como óxidos e sílicas também já foram testados no revestimento de sementes (Brito *et al.*, 2011).

O polímero líquido é um produto de recobrimento aplicado sobre as sementes, cujo objetivo é uniformizar a aplicação dos demais produtos e permitir maior aderência destes com a semente. A adição de polímeros para a peliculização das sementes proporciona mais segurança aos trabalhadores no decorrer da aplicação e manuseio das sementes tratadas quimicamente, diminuição da aplicação de grafite na semeadura, melhoria na distribuição dos produtos sobre as sementes, redução da oscilação de temperatura e umidade e agregação de valor comercial as sementes (Ludwig *et al.*, 2011).

Segundo Benatto Júnior *et al.* (2012) o polímero de revestimento pode reduzir as perdas dos agrotóxicos ocasionadas pelo atrito das sementes com as semeadoras, melhorar a distribuição e aderência dos ingredientes ativos na superfície das sementes, melhorando significativamente a semeadura. Este produto busca melhorar a eficiência dos demais produtos aplicados sobre as sementes, melhorando a sua adesão e reduzindo a lixiviação dos mesmos à campo, fato que pode ser observado ao se colocar água sobre as sementes com e sem polímero (Ludwig, 2017). A utilização de polímeros no revestimento de sementes permite que os produtos químicos e biológicos sejam aplicados uniformemente contra o ataque de patógenos, diminuindo os impactos na saúde do agricultor e no meio ambiente (Camargo *et al.*, 2017).

O pó secante é um polímero composto por mica revestida com dióxido de titânio e cloreto de talco natural, com natureza hidrofílica (Abati *et al.*, 2018). O pó secante é um produto aplicado sobre as sementes na fase final do tratamento de sementes. A utilização deste produto tem como objetivo a secagem rápida dos produtos aplicados sobre as sementes após o tratamento, além de permitir maior fluidez das sementes no momento da semeadura. A aplicação do pó secante permite uma secagem rápida e uniforme das sementes após a aplicação de produtos químicos no tratamento de sementes (Abati *et al.*, 2018).

É importante destacar que o pó secante e o polímero líquido de revestimento devem ser compatíveis com os demais produtos e não devem apresentar efeitos negativos sobre a qualidade das sementes.

O tratamento de sementes com produtos químicos é realizado na pré-semeadura da soja, podendo ser executado tanto nas propriedades rurais (tratamento convencional “*On Farm*”), em empresas que comercializam sementes e insumos ou em empresas produtoras de sementes utilizando equipamentos específicos com maior precisão e uniformidade na dose dos produtos. As sementes de soja que são tratadas nas empresas comercializadoras ou nas próprias empresas produtoras de sementes, muitas vezes, ficam armazenadas por dias, semanas e até meses antes da semeadura. Dessa forma é importante que se tenha estudos que investiguem informações valiosas quanto a qualidade das sementes de soja submetidas ao tratamento de sementes, períodos e sistemas de armazenamento.

2.6 Tratamento convencional e industrial de sementes

O tratamento de sementes é muito utilizado pelos sojicultores brasileiros, pois é uma etapa de grande importância que tem por objetivo proteger as mesmas do ataque de patógenos que comprometem o desenvolvimento inicial de plântulas (Ludwig *et al.*, 2015). Este processo também auxilia no controle de patógenos que são transmitidos via sementes de baixa qualidade, além de garantir uma população ideal de plantas quando as condições edafoclimáticas na semeadura são desfavoráveis e podem favorecer o ataque de fungos habitantes de solo, como: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. (Conceição *et al.*, 2016).

O tratamento convencional “*On Farm*” (TOF) de sementes é realizado nas propriedades rurais, utilizando-se máquinas portáteis que aplicam os produtos químicos sem precisão da dose e uniformidade no revestimento. Além disso, o tratamento de sementes dentro das propriedades rurais pode ser feito em sacos plásticos, tonéis, tambores giratórios, roscas sem fim e betoneiras. Estes procedimentos dificultam a correta aplicação, precisão da dose recomendada e uniformidade no revestimento das sementes, e, além disso, podem gerar contaminação humana, animal ou ambiental.

O tratamento de sementes vem passando por mudanças ao longo dos anos, e uma delas diz respeito a dose correta e uniformidade na aplicação de produtos químicos aplicados sobre as sementes. Além disso, e com o avanço da tecnologia na agricultura, as empresas estão buscando técnicas que otimizem a logística e maximizem o rendimento da cultura na colheita.

O Tratamento Industrial de Sementes (TIS) é uma destas técnicas implantadas que visam a dose correta e uniformidade na aplicação dos produtos químicos sobre as sementes, além de permitir maior rendimento da cultura. No TIS, as sementes são tratadas quimicamente na linha de processamento das próprias empresas, com posterior ensaque e armazenamento até

a semeadura (Brzezinski *et al.*, 2015). O TIS é realizado com equipamentos sofisticados, que combinam a aplicação de fungicidas, inseticidas, nematicidas, dentre outros produtos, com alta precisão de dose (Ludwig, 2017). Está técnica passou a ser utilizada no Brasil a partir do ano de 2010 em algumas Unidade de Beneficiamento de Sementes (Segalin *et al.*, 2013).

O TIS possui algumas vantagens relevantes em relação ao TOF, realizado na fazenda. Dentre elas pode-se destacar o uso de equipamentos inovadores, uso de novas formulações contendo fungicidas, inseticidas, nematicidas e micronutrientes no mesmo tratamento, máquinas eficientes e sofisticadas, que contribuem para maximizar a eficiência dos produtos, proteger os operadores e evitar a contaminação ambiental (Brzezinski *et al.*, 2015; França-Neto *et al.*, 2015; Ludwig, 2017). O crescimento da utilização do TIS pode ser justificado por algumas vantagens que o mesmo proporciona, como: maior comodidade aos produtores, maior rendimento por hora, economia de tempo e mão de obra, proteção ao produtor pela diminuição do risco de intoxicação, evitando o manuseio de agrotóxicos, precisão de aplicação dos produtos e melhor eficiência na cobertura das sementes (França-Neto *et al.*, 2015).

A importante contribuição da utilização de sementes de alta qualidade para altas produtividades de soja pode influenciar no aumento de produtos químicos para o tratamento de sementes que são ofertados ao mercado. Assim, com o aumento na percepção do valor da semente e da importância da sua proteção para melhorar o seu desempenho, é visível o crescimento de produtos a disposição do TIS para diferentes finalidades, como: proteção, utilizando fungicidas e inseticidas, ou nutrição, utilizando micronutrientes (Avelar *et al.*, 2011). Além da aplicação de fungicidas e inseticidas no TIS de sementes também é possível a utilização em forma combinada de nematicidas, micronutrientes, bioestimulantes, corantes ou pigmentos, polímeros de revestimento, pó secante e inoculantes (França-Neto *et al.*, 2015).

Os mais variados produtos químicos disponíveis no mercado para o tratamento de sementes devem exercer a sua função e contribuir para que haja um bom desempenho das sementes no campo. No entanto é importante que esses produtos não apresentem efeitos fitotóxicos sobre a qualidade das sementes, e de maneira alguma influenciem negativamente no crescimento e desenvolvimento das plântulas a campo. Além disso, o potencial fisiológico das diversas cultivares de soja respondem de maneira diferente aos diferentes produtos químicos aplicados sobre sementes. Dessa forma, é importante que todos os anos sejam realizados e divulgados estudos que contribuem com informações sobre o tratamento de sementes.

Em estudo que avaliou o tratamento de sementes de soja com fungicida (carbendazin + thiram), inseticida (imidacloprido + tiodicarbe), micronutriente e polímero não apresentou

efeito fitotóxico sobre a qualidade fisiológica das sementes em laboratório, no entanto não apresentou efeito significativo sobre a produtividade (Conceição *et al.* 2014). O tratamento industrial e convencional de sementes de soja com piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil e polímero não afetou a germinação de sementes de diferentes cultivares de soja com alto vigor, mas aumentou o percentual de plântulas normais em sementes de baixo vigor, além de favorecer a emergência da cultura e potencializar a produtividade (Decarli *et al.*, 2019). O tratamento industrial de sementes de soja melhorou o revestimento das mesmas, permitiu melhor taxa de emergência e proporcionou maior produtividade de grãos (Soares *et al.*, 2019).

Os efeitos negativos provocados pelo tratamento de sementes também já foram relatados na literatura. Dan *et al.* (2012) verificaram redução do vigor e da germinação de sementes de soja tratadas com inseticidas imidacloprido + tiodicarbe, acefato e carbofurano.

Os produtos químicos utilizados no tratamento de sementes desempenham diferentes funções, sendo que a sua utilização deve seguir sempre a recomendação de um profissional treinado e capacitado. Além disso, é importante a realização de pesquisas que visem estudar e descrever os possíveis efeitos positivos e negativos gerados pelos produtos aplicados sobre as sementes, seja de forma isolada ou combinada. Dessa forma, é possível verificar na literatura que os resultados encontrados, para os diferentes produtos químicos utilizados, apontam influência positiva e negativa sobre a qualidade das sementes das diferentes cultivares de soja, seja após a realização do tratamento de sementes ou durante o período de armazenamento de sementes tratadas. Sendo assim, é preciso a realização de mais estudos sobre os efeitos que estes variados produtos podem provocar sobre a qualidade das sementes, para que, com isso, se possa implantar a melhor ferramenta possível.

2.7 Armazenamento de sementes

O armazenamento é uma etapa de pós-colheita nada menos importante que as demais fases de cultivo, visto que tem por objetivo guardar e conservar as sementes após a colheita, proporcionando condições que permitam reduzir ao máximo a sua deterioração e minimizem a perda da sua qualidade. O objetivo principal do armazenamento é a manutenção da qualidade das sementes, para que tenham longevidade durante o tempo que ficarão guardadas à espera da semeadura (Villela & Menezes, 2014). A partir do momento em que a semente atinge a maturidade fisiológica é que inicia o seu armazenamento, ou seja, ele inicia antes mesmo da colheita e se estende até a semeadura dessas sementes (Piccini *et al.*, 2013).

As sementes podem ser armazenadas, de maneira geral, de três formas: a granel (em silos metálicos, de madeira, de concreto e em tulhas), em sacos sob condições ambientais naturais e em sacos sob condições controladas de temperatura e/ou umidade relativa do ar (Baudet & Villela, 2006). No armazenamento em ambiente natural as sementes ficam expostas às oscilações de temperatura e umidade relativa do ar, fazendo com que as mesmas absorvam ou percam água conforme as condições do ambiente, acelerando a deterioração e reduzindo a sua qualidade.

A redução da qualidade de sementes pode ocorrer durante o seu armazenamento, tanto em ambiente controlado quanto em ambiente natural. No entanto, no armazenamento de sementes em condições naturais, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar, a deterioração das sementes é mais intensa. O armazenamento de sementes sob condições não controladas deixa as mesmas expostas a variações de temperatura e umidade relativa do ar, ao ataque de insetos-praga e fungos de armazenamento, o que pode contribuir para a diminuição da qualidade das mesmas (Ludwig *et al.*, 2011). O armazenamento de sementes em condições não controladas reduz a qualidade das sementes, devido a exposição das mesmas a variações de temperatura e umidade relativa do ar, ao ataque de insetos-praga e fungos de armazenamento (Marcos-Filho *et al.*, 2015). Sendo assim, quanto mais tempo as sementes ficarem expostas a estas variações, maior será a sua deterioração (Rocha *et al.*, 2017).

O armazenamento de sementes em ambiente controlado permite que as condições de temperatura e umidade relativa do ar permaneçam baixas e sem variações, contribuindo para que não ocorra oscilações de absorção ou perda de água para o ambiente, reduzindo o processo de deterioração das sementes e desacelerando a perda de qualidade das mesmas. As sementes de soja armazenadas em ambiente com umidade relativa e temperatura ar controlada apresentaram maior taxa de vigor em relação às sementes armazenadas em ambiente natural (Rocha *et al.*, 2017).

As embalagens utilizadas para o armazenamento de sementes são classificadas quanto a sua permeabilidade em: embalagens permeáveis ou porosas (sacos de tecido, papel multifoliado e plástico ou polipropileno trançado), embalagens resistentes à penetração do vapor de água ou semipermeáveis e embalagens impermeáveis a prova de umidade, completamente vedadas (Baudet & Villela, 2006). As embalagens permeáveis podem contribuir para perda da qualidade fisiológica das sementes de forma mais rápida. As sementes armazenadas em embalagens permeáveis podem apresentar variação no teor de água em função das oscilações da umidade relativa do ar, devido ao caráter higroscópico das sementes (Andrade

et al., 2012). A permeabilidade das embalagens permite que ocorram trocas gasosas entre a massa de sementes e a ambiente que as circula, propiciando maior atividade de microrganismos, insetos e metabolismo da semente, favorecendo a redução na qualidade das sementes (Silva *et al.*, 2010).

As sementes de soja tratadas com produtos químicos, geralmente, são semeadas logo após este processo. Porém, com a alta demanda pelo tratamento de sementes e pela crescente adoção do TIS, muitas empresas sementeiras estão optando pelo tratamento de sementes antecipadamente, com posterior armazenamento. As sementes submetidas ao tratamento de sementes, com máquinas e dosagens específicas em unidades beneficiadoras de sementes, são armazenadas até a semeadura (Dan *et al.*, 2010; Henning *et al.*, 2012), que pode levar dias até semanas. No entanto, os efeitos gerados sobre a qualidade das sementes tratadas e armazenadas ainda não são bem conhecidos, o que gera preocupação (Dorneles *et al.*, 2019).

A literatura traz estudos que evidenciam a não ocorrência de redução da qualidade de sementes de soja tratadas quimicamente e armazenadas. Em trabalho realizado por Mbofung *et al.* (2013), as sementes de soja tratadas quimicamente com fipronil, tiodicarbe, dentre outros produtos, responderam melhor ao armazenamento de 120 dias sob baixas temperaturas e umidade relativa do ar, em comparação a semente não tratada. Ao longo de oito meses de armazenamento, as sementes de soja tratadas com metalaxil e fipronil não apresentaram efeitos fitotóxicos e o armazenamento foi eficiente no controle de fungos de armazenamento (Mavaieie, 2014).

Entretanto, há também resultados de pesquisa que evidenciam efeitos negativos sobre a qualidade de sementes de soja tratadas quimicamente e armazenadas por determinados períodos. Dan *et al.* (2010) observaram que os produtos químicos a base de fipronil e tiametoxam, dentre outros, provocaram acentuado efeito fitotóxico nas sementes de soja ao longo do armazenamento.

Conforme Brzezinski *et al.* (2015), o tratamento de sementes de soja realizado durante 240 dias antes da semeadura prejudicou o estabelecimento da cultura, o peso de mil sementes e a produtividade em relação ao tratamento na pré-semeadura. Da mesma forma, o uso de produtos químicos a base de carbendazin e thiran reduziram a qualidade das sementes de soja, no entanto, o tratamento de sementes contribuiu para o controle de patógenos durante 120 dias de armazenamento, evidenciando a importância desta técnica (Conceição *et al.*, 2016). O armazenamento de sementes de soja tratadas quimicamente pode intensificar o processo de deterioração das mesmas, além de, possivelmente, promover a redução dos efeitos funcionais

dos ingredientes ativos (Ferreira, 2016). Além disso, os possíveis efeitos fitotóxicos ocasionados pela má calibração do equipamento, podem se agravar durante o armazenamento de sementes tratadas, reduzindo acentuadamente a qualidade fisiológica das mesmas (Brzezinski *et al.*, 2017).

A partir da adoção do tratamento industrial têm-se um armazenamento das sementes tratadas por um determinado período, diferentemente do que ocorre no tratamento na fazenda onde a semeadura é realizada, de maneira geral, logo após o tratamento das sementes. Conforme apresentado, os efeitos do armazenamento de sementes tratadas quimicamente não são bem conhecidos, pois observa-se que os trabalhos de pesquisas relatam respostas controversas em relação ao armazenamento de sementes tratadas quimicamente, uma vez que estas pesquisas apontam para resultados positivos e negativos neste processo.

As respostas controversas encontradas na literatura sobre o armazenamento de sementes tratadas podem estar relacionadas com os diferentes ingredientes ativos (fungicidas, inseticidas, nematicidas, polímeros, inoculantes, dentre outros produtos) que são aplicados nas diferentes cultivares de soja, ou ainda pela combinação destes. É importante destacar que cada cultivar de soja, apesar de ser do mesmo gênero e espécie, tem sua própria genética, ou seja, suas próprias características. Assim, cada ingrediente ativo poderá agir de forma diferente em cada cultivar. A partir disso, deve-se ter cuidado com os variados pacotes de tratamento de sementes disponíveis no mercado e no tempo e condições do armazenamento de sementes tratadas, visto que estes fatores podem ocasionar efeito fitotóxico e afetar negativamente a qualidade das sementes de soja. Dessa maneira é necessário a realização de novos estudos que gerem informações importantes para a tomada de decisões da empresa sementeira, profissionais responsáveis e agricultores.

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**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 179-184, 2018.

ALVES, J. S. *et al.* Severidade de doenças fúngicas em genótipos de soja semeados em Uberaba, MG. **Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 21, p. 236-244, 2013.

ANDRADE, E. M. G. *et al.* Diagnóstico do armazenamento de sementes em pequenas propriedades do município de Umari - CE. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, PB, v. 8, n. 4, p. 29-36, 2012.

- AVELAR, S. A. G. *et al.* Armazenamento de sementes de soja tratadas com fungicida, inseticida e micronutriente e recobertas com polímeros líquido e em pó. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p. 1719-1725, 2011.
- BALARDIN, R. S. *et al.* Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1120-1126, 2011.
- BAUDET, L.; VILLELA, F. A. Armazenamento de sementes. *In*: PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2. ed. Pelotas: UFPel, 2006. p. 427-469.
- BELLÉ, R. B.; FONTANA, D. C. Patógenos de solo: principais doenças vasculares e radiculares e formas de controle. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 28, p. 779-803, 2018.
- BENATTO JUNIOR, J. C. *et al.* Physiological quality of soybeans seeds treated with fungicide and coating with polymeros. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 2, p. 269-273, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cruiser 350 FS**. [Base de dados AGROFIT]. Brasília, DF: MAPA, [201-?]. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 18 abr. 2021
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Fortenza 600 FS**. [Base de dados AGROFIT]. Brasília, DF: MAPA, [201-?]. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 18 abr. 2021
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Maxin advanced**. [Base de dados AGROFIT]. Brasília, DF: MAPA, [201-?]. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 18 abr. 2021
- BRITO, G. F. *et al.* Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campo Grande, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.
- BRZEZINSKI, C. R. *et al.* Seeds treatment times in the establishment and yelde performance of soybean crops. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 37, n. 2, p. 147-153, 2015.
- BRZEZINSKI, C. R. *et al.* Spray volumes in the industrial treatment on the physiological quality of soybean seeds different levels of vigor. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 39, n. 2, p. 174-181, 2017.
- BUSSOLARO, I.; ZELIN, E.; SIMONETTI, A. P. M. M. Aplicação de silício no controle de perceijos e produtividade da soja. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, n. 3, p. 9-19, 2011.
- CÂMARA, F. M. D. M. *et al.* Emergência de sementes de soja com diferentes porcentagens de infestação de mancha púrpura. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, PB, v. 15, n. 1, p. 18-22, 2019.

CAMARGO, F. R. T. D. *et al.* Physiological quality of soybean seeds treated with carboxymethyl cellulose and fungicide. **American Journal of Plant Sciences**, Irvine, v. 8, n. 11, p. 2748-2757, 2017.

CARVALHO, C. D.; NOVENBRE, A. D. L. C. Avaliação da qualidade de sementes de fumo, nuas e revestidas, pelo teste de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 177-185, 2011.

CHANDA, A. K. *et al.* Development of a quantitative polymerase chain reaction detection protocol for *Cercospora kikuchii* in soybean leaves and its use for documenting latent infection as affected by fungicide applications. **Phytopathology**, St. Paul, v. 104, n. 10, p. 1118-1124, 2014.

CLARKSON, J. P. *et al.* Population structure of *Sclerotinia sclerotiorum* in crop and wild hosts in the UK. **Plant Pathology**, Oxford, v. 62, p. 309-324, 2013.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safra 2019/20: décimo segundo levantamento: set. 2020. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos**, Brasília, DF, v. 7, n. 12, p. 1-68, set. 2020.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safra 2020/21: quinto levantamento: fev. 2021. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos**, Brasília, DF, v. 8, n. 5, p. 1-94, fev. 2021.

CONCEIÇÃO, G. M. *et al.* Desempenho de plântulas e produtividade de soja submetida a diferentes tratamentos químicos nas sementes. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1711-1720, 2014.

CONCEIÇÃO, G. M. *et al.* Physiological and sanitary quality of soybean seeds under different chemical treatments during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 11, p. 1020-1024, 2016.

COSTA, S. J. B. *et al.* Análise econômica do agronegócio da soja na Bahia, Brasil. **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, [p. 1-19], jun. 2020.

CUNHA, R. P. D. *et al.* Diferentes tratamentos de sementes sobre o desenvolvimento de plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 10, p. 1761-1767, out. 2015.

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

DAN, L. G. D. M. *et al.* Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 45-51, 2012.

DANELLI, A. L. *et al.* Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de soja em função do tratamento químico de sementes e foliar no campo. **Ciência y Tecnología**, Madrid, v. 4, n. 2, p. 29-37, 2011.

- DE PRETTO, C. *et al.* Avaliação técnico-econômica do processo de obtenção de oligopeptídeos e etanol a partir da casca de soja. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA*, 20., 2014, Florianópolis, SC. [Anais ...]. São Paul: ABEQ, 2014. Trabalho 21938, [p. 1-8].
- DECARLI, L. *et al.* Tratamento industrial em sementes de soja: qualidade fisiológica e desempenho da cultura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 3, [art.] e6235, 2019.
- DEREVNINA, L. *et al.* Emerging oomycete threats to plants and animals. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences**, London, v. 371, n. 1709, [art.] 20150459, 2016.
- DEGRANDE, P. E.; VIVIAN, L. M. **Pragas da soja: 2008/2009**. Londrina: Embrapa Soja, 2009.
- DORNELES, G. D. O. *et al.* Desempenho de sementes de soja submetidas a tratamento com fungicida/inseticida e períodos de armazenamento. **Brasilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 3, p. 2303-2310, 2019.
- FERREIRA, T. F. **Qualidade de sementes de soja tratadas com inseticidas e fungicidas antes e após o armazenamento**. 2016. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade. **Informativo Abrates**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 37-38, 2010.
- FRANÇA-NETO, J. B. *et al.* **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 83 p. (Documentos 380).
- FRANÇA-NETO, J. D. B. *et al.* Adoção do tratamento industrial de sementes de soja no Brasil, 2014/15. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 26-29, abr. 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1019146>.
- FREITAS, M. D. C. *et al.* Época de semeadura e densidade populacional de linhagens de soja UFU de ciclo semitardio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 698-708, 2010.
- GASPAR, A. P. *et al.* Soybean seed yield response to multiple seed components across diverse environments. **Agronomy Journal**, Madison, v. 106, n. 6, p. 1955-1962, 2014.
- GAZZONI, D. L. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e cultura**, São Paulo, v. 70, n. 3, p. 16-18, 2018.
- GOULART, A. C. P. **Deteção e controle químico de *Colletotrichum* em sementes de soja e algodão**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2009. 33 p.
- GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja: deteção, importância e controle**. 2 ed., Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2018. 71 p.

HENNING, A. A. Tratamento industrial de sementes mais prático e eficiente. **Revista Campo e Negócio**, Uberlândia, v. 4, n. 115, 2012.

HENNING, A. A.; FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P. Recomendação do tratamento químico de sementes de soja *Glycine max* (L.) Merril. Londrina: Embrapa CNPSo, 1981. 9 p. (EMBRAPA-CNPSo. Comunicado Técnico, 12).

HUBERLI, D. *et al.* M. Intraspecific variation in host susceptibility and climatic factors mediate epidemics of sudden oak death in western US forests. **Plant Pathology**, Oxford, v. 6, n. 2, p. 579-592, 2012.

ISLAM, M. S. *et al.* Ferramentas para matar: genoma de um dos fungos patogênicos mais destrutivos de plantas *Macrophomina phaseolina*. **BMC Genomics**, London, v. 13, n. 1, p. 493-509, 2012.

JUHÁSZ, A. C. P. *et al.* Desafios fitossanitários para a produção de soja. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 34, n. 276, p. 66-75, 2013.

LOPES, M. P.; SILVA, C. B.; VIEIRA, R. D. Physiological potential of eggplant seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 225-230, 2013.

LUCCA FILHO, O. A.; FARIAS, C. R. J. Patologia de sementes. *In*: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2012. p. 273-369.

LUDWIG, M. P. Tratamento de sementes: profissionalização. **Revista Seed News**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 10-12, 2017.

LUDWIG, M. P. *et al.* Armazenamento de sementes de soja tratadas e seu efeito no desempenho de plântulas. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n. 1, p. 51-56, 2015.

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

LYU, X. L. *et al.* The spo1 opsine microbial counterpart is involved in *Sclerotinia sclerotiorum* development and response to environmental stress. **Front Microbiology**, Lausanne, v. 6, [art.] n. 1504, 2016.

MAVAIEIE, D. P. R. **Desempenho de sementes de diferentes cultivares de soja tratadas e não tratadas armazenadas em diferentes condições**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015b. 659 p.

MARTIN, T. N. *et al.* Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de repolho cv. Chato de quintal e Coração de boi. **Revista Faculdade Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 8-17, 2011.

MBOFUNG, G. C. Y. *et al.* Effects of storage temperature and relative humidity on viability and vigor of treated soybean seeds. **Crop Science**, New York, v. 53, p. 1085-1095, 2013.

MEDEIROS, J. G. F. *et al.* Fungos associados às sementes de *Enterolobium contortisiliquum*: análise da incidência, controle e efeitos na qualidade fisiológica com o uso de extratos vegetais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 47-58, 2016.

MEYER, M. C. *et al.* Chemical control of white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) on soybean in Brazil. **Acta Phytopathologica Sinica**, Budapest, v. 43 p. 137. 2013.

MIGLIORINI, P. *et al.* Efeito do tratamento químico e biológico na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de canola. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 788-801, 2012.

MONTOYA, M. A. *et al.* Uma nota sobre consumo energético, emissões, renda e emprego na cadeia de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 73, n. 3, p. 345-369, 2019.

OLIVEIRA, A. F. *et al.* Preparação, caracterização e propriedades de filmes poliméricos com potencial aplicação no recobrimento de sementes. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1845-1849, 2009.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Produção de sementes. *In*: PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2. ed. Pelotas: UFPel, 2006. p. 273-369.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. Produção de sementes. *In*: PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S.; SCHUCH, L. O. B. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: UFPel, 2012. p. 418.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. Valorizando a semente. **Revista Internacional de Sementes**, Pelotas, v. 20, n. 2, p. 18-21, 2016.

PICCININ, G. G. *et al.* Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas. **Revista Ambiente**, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 289-298, 2013.

PUIA, J. D. *et al.* Resposta de cultivares de soja à *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. **Brasilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 732-737, 2020.

ROCHA, B. G. R. *et al.* Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 2, p. 376-384, 2018.

ROCHA, G. C. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Revista Científica**, Goianésia, v. 1, n. 5, p. 50-65, 2017.

RODRIGUES, A. R.; ABREU, M. L. D.; OLIVEIRA, E. D. S. D. Cultivo da soja em sistemas de semeadura em linhas cruzadas e convencional. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 32, p. 17-23, 2017.

ROY, A. *et al.* Controlled pesticide release from biodegradable polymers. **Central European Journal of Chemistry**, Warsaw, v. 12, n. 4, p. 453-469, 2014.

SANTOS, L. A. *et al.* Radioterapia e termoterapia como tratamentos de sementes de soja. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 37-44, 2016.

SCUSSEL, V. M.; SAVI, G. D.; KLUCZKOVSKI, A. M. Fungos e micotoxinas em grãos armazenados. *In*: LORINI, I. *et al.* **Armazenagem de grãos**. Jundiaí: Instituto Bio Ganeziz, 2018. p. 733-898.

SEGALIN, S. R. *et al.* Physiological quality of soybean seeds treated with different spray volumes. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 501-509, 2013.

SILVA, F. S. *et al.* Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 8, n. 1, p. 45-56, 2010.

SINCH, S. P.; SINCH, H. B.; SINCH, K. D. Biocontrol potential of mixture of trichoderma Isolates on damping-off. **The Bioscan**, Jharkhand, v. 9, n. 3, p. 1301-1304, 2014.

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**, Londrina, v. 41, n. 1, p. 069-075, 2019.

SOSA-GÓMEZ, D. R. *et al.* **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. 3 ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

VILLELA, F. A.; MENEZES, N. L. O armazenamento de cada semente. **Revista Internacional de Sementes**, Pelotas, v. 18, n. 4, p. 10-14, 2014.

WEILAND, J. E. Influence of the isolation method on the recovery of pythium species from forest nursery soil in Oregon and Washington. **Plant Disease**, St. Paul, v. 95, n. 5, p. 547-553, 2011.

WHISSON, S. C. *et al.* The cell biology of late blight disease. **Current Opinion in Microbiology**, London, v. 34, p. 127-135, 2016.

ZAMBOM, S. Aspectos importantes do tratamento de sementes. *In*: ANUÁRIO Abrasem. Brasília, DF: ABRASEM, 2013. p. 24-25.

3 ARTIGO 1

Qualidade física e fisiológica de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial e ao armazenamento em ambientes controlado e natural

QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS AO TRATAMENTO INDUSTRIAL E AO ARMAZENAMENTO EM AMBIENTES NATURAL E CONTROLADO

RESUMO

A qualidade de sementes é um fator limitante na busca por altas produtividades de soja. No entanto, fungos e insetos-praga podem atacar as sementes e reduzir a sua qualidade, sendo o tratamento industrial uma ferramenta utilizada para minimizar o ataque destes patógenos. As sementes tratadas quimicamente, muitas vezes, são armazenadas por determinados períodos até a semeadura, o que pode acarretar a redução da sua qualidade. O presente estudo objetivou avaliar a qualidade física e fisiológica de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial com posterior armazenamento em diferentes ambientes. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, arranjado em parcelas subdivididas (tempo x sistemas de armazenamento x tratamento industrial de sementes), com quatro repetições. A cultivar de soja utilizada foi a 55I57RSF IPRO, submetida ao tratamento industrial de sementes com fungicida (metalaxil-M, tiabendazol e fludioxonil) e inseticida (tiametoxam e ciantraniliprole), combinados ou não com polímero e pó secante, com posterior armazenamento em ambiente controlado e natural por 180 dias. A cada 45 dias de armazenamento foram avaliados o teor de água, peso de mil sementes, germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, comprimento de plântulas, transferência de matéria seca e emergência em areia. Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), sendo posteriormente submetidos ao teste de *Scott-Knott* ou análise de regressão. Houve redução no teor de água e no peso de mil sementes ao longo do armazenamento em ambos os ambientes de armazenamento. Ocorreu redução da qualidade fisiológica das sementes ao longo do armazenamento, com maiores efeitos naquelas tratadas com os produtos químicos e armazenadas em ambiente natural, em relação ao tratamento controle e ao armazenamento em ambiente controlado, respectivamente. O tratamento industrial afetou negativamente a qualidade das sementes durante o armazenamento em ambos os ambientes. A qualidade das sementes de soja reduziu, porém com menor intensidade no armazenamento em ambiente controlado.

Palavras-chave: TSI. Fungicida. Inseticida.

QUALITY OF SOYBEAN SEEDS SUBMITTED TO INDUSTRIAL TREATMENT AND STORED IN A NATURAL AND CONTROLLED ENVIRONMENT

Abstract

Seed quality is a limiting factor in the search for high soybean yields. However, fungi and pest insects can attack seeds and reduce their quality, and industrial treatment is a tool used to minimize the attack of these pathogens. Chemically treated seeds are often stored for certain periods until sowing, which can reduce their quality. This study aimed to evaluate the physical and physiological quality of soybean seeds submitted to industrial treatment with subsequent storage under different environments. The experiment was conducted in a completely randomized split-plot design (time x storage systems x industrial seed treatment) with four replications. The soybean cultivar used was 55I57RSF IPRO, subjected to industrial seed treatment with fungicide (metalaxyl-M, thiabendazole and fludioxonil) and insecticide (thiamethoxam and cyantraniliprole), combined or not with polymer and drying powder, with subsequent storage in a natural environment and controlled environment for 180 days. At every 45 days of storage, water content, weight of a thousand seeds, germination, first germination count, germination speed index, accelerated aging, seedling length, dry matter transfer were evaluated and emergency in sand. Data were submitted to analysis of variance by the F test ($p < 0.05$), and subsequently submitted to the *Scott-Knott* test or regression analysis. There was a reduction in water content and weight of a thousand seeds during storage in both storage environments. There was a reduction in the physiological quality of seeds during storage, with greater effects on those treated with chemical products and stored in a natural environment, in relation to the control treatment and storage in a controlled environment, respectively. Industrial treatment negatively affected seed quality during storage in both environments. The quality of soybean seeds was reduced, but with less intensity in controlled environment storage.

Keywords: TSI. Fungicide. Insecticide.

3.1 INTRODUÇÃO

A utilização de sementes com alta qualidade física, fisiológica, sanitária e genética permite germinação rápida e uniforme, favorecendo o estabelecimento e o estande inicial das plantas e contribui para altas produtividades (Carvalho, 2011; Cunha *et al.*, 2015; Marcos Filho, 2015; Rocha *et al.*, 2018). Porém, diferentes fatores como temperatura e umidade relativa do ar, fungos fitopatogênicos e insetos-praga podem atuar sobre as sementes de soja no campo e no armazenamento, contribuindo para a rápida deterioração das sementes e redução da sua qualidade.

O rendimento da soja pode ser limitado por fatores como doenças e insetos-praga que ocorrem durante o ciclo da cultura, podendo estar atrelados às próprias sementes (Lemes *et al.*, 2019). Os fungos transmitidos por sementes ou presentes no solo são organismos que podem provocar muitas doenças na cultura da soja (Brzezinski *et al.*, 2015). Já os insetos-praga podem destruir as sementes, plântulas e cotilédones, consumir raízes e folhas, e ocasionar perdas expressivas no rendimento da cultura (Sosa-Gómez *et al.*, 2012; Conceição *et al.*, 2014). Dessa forma, o tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas é uma prática que visa reduzir o ataque de fungos e insetos-praga na cultura da soja, diminuindo os riscos de perdas de produtividade gerada por estes agentes.

O tratamento de sementes com produtos químicos contendo fungicida, inseticida, micronutriente, nematicida, polímero dentre outros produtos, é a forma mais difundida para o controle de patógenos transmitidos via sementes (Conceição *et al.*, 2014). O tratamento químico de sementes é uma prática tecnológica consolidada, muito difundida e economicamente recomendada, que se mostra eficiente no controle de patógenos, reduzindo falhas na germinação (Avelar *et al.*, 2011; Migliorine *et al.*, 2012; Conceição *et al.*, 2014). Esta técnica deve utilizar produtos e misturas com a dose correta, distribuídos de maneira homogênea em todo o lote de sementes (Avelar *et al.*, 2011).

O tratamento de sementes é uma prática que não deve afetar a qualidade das mesmas. Conforme Dan *et al.* (2012) não houve interferência negativa sobre a qualidade fisiológica das sementes de soja tratadas com tiametoxam, fipronil e imidacloprido. De acordo com Soares *et al.* (2019), o tratamento industrial melhorou o revestimento das sementes, permitiu melhor taxa de emergência e proporcionou maior produtividade de grãos.

No entanto, dependendo do ingrediente ativo e da cultivar utilizada, o tratamento de sementes de soja pode ocasionar redução da qualidade destas. Dan *et al.* (2012) verificaram

redução do vigor e da germinação de sementes de soja tratadas com inseticidas imidacloprido + tiodicarbe, acefato e carbofurano.

As sementes de soja tratadas quimicamente podem ser semeadas após o tratamento ou muitas vezes serem armazenadas durante dias, semanas ou até meses até a semeadura. Os efeitos positivos ou negativos gerados sobre a qualidade das sementes tratadas e armazenadas ainda não são bem conhecidos, o que gera preocupação (Dorneles *et al.*, 2019). Assim, se faz necessário intensificar o conhecimento sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas ao tratamento químico e ao armazenamento (Dan *et al.*, 2012).

Ao avaliarem os efeitos da temperatura de armazenamento e umidade relativa sobre a viabilidade e vigor de sementes de soja tratadas com fludioxonil, mefenoxan e tiametoxam, Mbofung *et al.* (2013) verificaram que houve melhor resposta do armazenamento sob baixas temperaturas e baixa umidade relativa do ar. Mavaieie (2019) verificou que o armazenamento de sementes de soja tratadas quimicamente com carboxin + thiran e imidacloprido + tiodicarbe, por oito meses em ambiente controlado, proporcionou menor redução da qualidade fisiológica em relação ao armazenamento em ambiente convencional.

O armazenamento por 60 dias de sementes de soja tratadas com imidacloprido + tiodicarbe trouxe redução na porcentagem de plântulas normais (Vieira & Simonetti, 2014). De maneira semelhante, Brzezinski *et al.* (2015) verificaram que o tratamento de sementes de soja, realizado 240 dias antes da semeadura, prejudicou o estabelecimento da cultura, o peso de mil sementes e a produtividade de grãos em relação ao tratamento na pré-semeadura.

As respostas encontradas na literatura sobre o armazenamento de sementes tratadas podem estar relacionadas com os diferentes ingredientes ativos de fungicidas, inseticidas, nematicidas, polímeros, inoculantes, dentre outros produtos que são aplicados nas variadas cultivares de soja. A partir disso, deve-se ter cuidado com os “pacotes” disponíveis no mercado para o tratamento de sementes, além de observar o tempo e as condições do armazenamento de sementes tratadas, visto que estes fatores podem afetar negativamente a qualidade das sementes de soja. Dessa maneira, é necessário a realização de novos estudos que gerem informações importantes para a tomada de decisões da empresa sementeira, profissionais responsáveis e agricultores.

Sendo assim, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade física e fisiológica de sementes de soja, cultivar 55I57RSF IPRO (Brasmax Zeus), submetidas ao tratamento industrial de sementes, com posterior armazenamento em diferentes ambientes.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no laboratório do grupo de pesquisa Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas (MASSA), na Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Erechim e no Agro Sementes Laboratório de Análises, Erechim, RS.

OBTENÇÃO DAS SEMENTES

As sementes de soja utilizadas no experimento foram da cultivar 55I57RSF IPRO (BMX Zeus), safra 2019/20, categoria S1, peneira 6,00 mm, lote S19RO6006, produzidas e beneficiadas pela empresa Sementes Estrela. Após a colheita e beneficiamento, as sementes foram armazenadas em ambiente natural por 90 dias antes do tratamento industrial.

TRATAMENTO INDUSTRIAL DAS SEMENTES

O tratamento industrial de sementes foi realizado com os ingredientes ativos e respectivas doses apresentados na Tabela 1:

TABELA 1: Produtos e respectivas doses utilizadas para o tratamento industrial das sementes de soja

PRODUTOS	INGREDIENTE ATIVO	DOSE (100 kg de sementes)
Fungicida	Metalaxil-M, Tiabendazol e Fludioxonil	100 mL
Inseticida	Tiametoxam	200 mL
Inseticida	Ciantraniliprole	60 mL
Polímero	Disco AG Red L-232	100 mL
Pó secante	Fluidus F-028 gloss	180 g

As sementes de soja, após homogeneizadas, foram submetidas ao tratamento industrial de sementes conforme a Tabela 2:

TABELA 2: Tratamento industrial de sementes (TIS) realizado nas sementes de soja

TIS	COMBINAÇÕES
TIS1	Sem tratamento
TIS2	Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante
TIS3	Fungicida + Inseticida + Polímero
TIS4	Fungicida + Inseticida + Pó secante
TIS5	Fungicida + Inseticida
TIS6	Fungicida
TIS7	Inseticida

Para preparo da calda foi adicionado água aos produtos até atingir, em cada tratamento, volume de calda de 700 mL/100 kg de sementes.

O tratamento industrial de sementes foi realizado com auxílio de uma máquina de tratamento de sementes por batelada, com capacidade para tratar quatro quilogramas, da marca Grazmec, com disco de atomização rotativo, utilizada para tratamento de sementes em pequena escala. Foram colocados quatro quilogramas de sementes sobre a bandeja da máquina e, com o disco atomizador ligado, as misturas dos produtos foram postas com o auxílio de uma seringa. O ciclo em cada batelada foi de 10 segundos para aplicação da mistura e 25 segundos para recobrimento das sementes, totalizando 35 segundos por batelada. A descarga das sementes foi efetuada manualmente num saco de ráfia e, após 24 horas de descanso para secagem dos produtos, as sementes foram encaminhadas para o armazenamento.

ARMAZENAMENTO

Após o tratamento e 24 horas de descanso, as sementes foram armazenadas em dois sistemas: ambiente controlado, com controle de umidade relativa ($\pm 63\%$) e temperatura ($\pm 20^\circ\text{C}$) e em ambiente natural, com umidade relativa e temperatura ambiente. A umidade relativa do ar e a temperatura dos locais de armazenamento foram monitoradas periodicamente por meio de um termo-higrômetro digital. A armazenagem das sementes foi realizada em sacos de papel *kraft*, sendo que cada unidade experimental foi composta por aproximadamente 1000 g de sementes.

Ao longo do armazenamento no sistema em ambiente controlado (Figura 1A), a temperatura média registrada foi de 17°C , variando de 15°C a 19°C , com umidade relativa média de 45% , variando de 40% a 49% . Já no sistema de armazenamento em ambiente natural (Figura 1B), a temperatura e a umidade relativa do ar tiveram maior oscilação durante o armazenamento. A temperatura média do ar no armazenamento em ambiente natural foi de 27°C , variando de 11°C a 35°C , com umidade relativa média de 65% , variando de 45% a 90% .

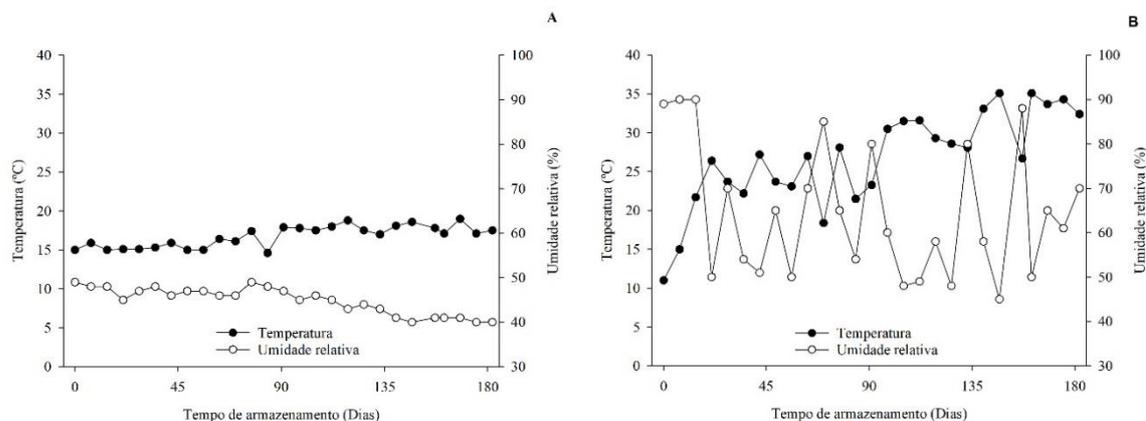


FIGURA 1: Temperatura e umidade relativa durante o período de armazenamento em ambiente controlado (A) e ambiente natural (B) de sementes de soja tratadas quimicamente com fungicida, inseticida, polímero e pó secante.

As sementes foram armazenadas durante 180 dias, em ambos os sistemas, efetuando-se, no início do armazenamento e a cada 15 dias, casualização na disposição das unidades experimentais a fim de balancear os efeitos ambientais. A cada 45 dias de armazenamento foram coletadas quatro unidades experimentais (quatro repetições) de sementes de cada tratamento para efetuar as análises físicas e fisiológicas.

Cada unidade de armazenagem consistiu em uma unidade experimental numerada de um a 240 aleatoriamente. As unidades experimentais foram alocadas em fileiras, sem sobreposição, sobre prateleiras no armazenamento em ambiente controlado e sobre lastros de madeira no armazenamento em ambiente natural, também sem sobreposição. As unidades experimentais foram consideradas como amostra média, as quais foram abertas em cada período de análise sem serem repostas.

ANÁLISES DE QUALIDADE

A avaliação da qualidade das sementes foi realizada por meio de análises físicas e fisiológicas.

Para a realização das análises foram coletadas quatro unidades experimentais (quatro repetições) após a realização do tratamento industrial e, posteriormente, a cada 45 dias de armazenamento, por um período de 180 dias (0, 45, 90, 135 e 180 dias de armazenamento), consistindo em cinco períodos de avaliação.

Análises físicas

As sementes de soja foram submetidas às seguintes análises físicas: teor de água e peso de mil sementes.

Teor de água

O teor de água das sementes de soja foi determinado pelo método de estufa a $105\pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas. Para tal, foram coletadas, em cada repetição, três subamostras de diferentes pontos do saco. Essas subamostras foram combinadas para formar a amostra de trabalho. Cada amostra de trabalho foi acondicionada em recipiente previamente seco por 30 minutos em estufa a 105°C . As amostras de trabalho, juntamente com os recipientes, foram pesadas antes e depois da secagem, com o auxílio de uma balança de precisão de 0,001 g (Brasil, 2009).

Peso de mil sementes

O peso de mil sementes foi determinado por meio da contagem de oito subamostras de 100 sementes em cada repetição dos tratamentos. O resultado foi obtido multiplicando-se por dez o peso médio das oito subamostras. Os resultados foram expressos em gramas (Brasil, 2009).

Análises fisiológicas

As sementes de soja foram submetidas às seguintes análises fisiológicas: teste de germinação e de vigor. Para determinação do vigor foi efetuado o teste de primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, teste de envelhecimento acelerado, comprimento de plântulas, transferência de matéria seca e emergência em areia.

Teste de germinação

No teste de germinação as sementes foram acondicionadas em rolos de papel, tipo *Germitest*, embebidos em água destilada na proporção de 2,5 vezes o seu peso seco. Foram semeadas duas subamostras de 50 sementes de cada repetição, totalizando 400 sementes por tratamento. Os rolos com as sementes foram alocados e mantidos em germinador por oito dias à temperatura de 25°C e fotoperíodo de 24 horas. A leitura foi realizada de acordo com as Regras para Análise de Sementes, contabilizando-se as plântulas normais e anormais, sendo os resultados expressos em porcentagem (Brasil, 2009).

Teste de primeira contagem de germinação

O teste de primeira contagem de germinação foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, sendo que ao quinto dia após a sementeira foram contabilizadas e retiradas as plântulas normais, sendo os resultados expressos em porcentagem (Brasil, 2009).

Índice de velocidade de germinação

O teste de índice de velocidade de germinação foi realizado conforme o teste de germinação. Duas subamostras de 50 sementes, de cada repetição, foram semeadas em papel *germitest* embebido 2,5 vezes o seu peso com água destilada. Os rolos com as sementes foram alocados e mantidos em germinador por oito dias à temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 24 horas. A contagem de plântulas normais foi realizada diariamente, a mesma hora, até o último dia (oitavo) de contagem estabelecido pelas Regras para Análise de Sementes. As plântulas normais foram computadas e retiradas do rolo de papel em cada dia de contagem (Nakagawa, 1999). Foram consideradas plântulas normais germinadas aquelas que tiveram dois ou mais centímetros de comprimento entre raiz e parte aérea. Ao final do teste aplicou-se aos dados diários de germinação a Equação 2 descrita por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \frac{Gn}{Nn} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G1, G2...Gn = número de plântulas normais na primeira, segunda e última contagens;

N1, N2... Nn = número de dias de sementeira à primeira, segunda e última contagens.

Teste de envelhecimento acelerado

Para o teste de envelhecimento acelerado as sementes foram previamente dispostas em *gerbox* suspensos com tela. Foram adicionados 40 mL de água destilada no fundo do *gerbox*, e este o qual foi acondicionado em BOD à temperatura de 41° C por 48 horas (Marcos Filho, 1999). Na sequência o teste foi conduzido conforme o teste de germinação, sendo que ao quinto dia após sementeira foi efetuada a contagem de plântulas normais de acordo com as Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009) e os resultados foram expressos em porcentagem.

Comprimento de plântulas

Para aferição do comprimento de plântula foram semeadas duas subamostras de 20 sementes de cada repetição no terço superior do papel *germitest*, embebido em água 2,5 vezes o seu peso seco com água destilada e mantidas em germinador a temperatura de 25° C e sem exposição a luz. O comprimento das plântulas normais (Brasil, 2009) foi mensurado no oitavo dia após a semeadura por meio da medição da plântula inteira (ponta da raiz até a inserção dos cotilédones) de 10 plântulas normais de cada subamostra (Nakagawa, 1999). A medição foi realizada com o auxílio de uma régua milimétrica e o resultado expresso em centímetros por planta.

Transferência de matéria seca

Este teste foi realizado simultaneamente ao teste de comprimento de plântulas, com a mesma metodologia, diferindo apenas na avaliação. No oitavo dia após a semeadura, para o teste de comprimento de plântulas, foi efetuada a contagem e retirada das plântulas normais. Destas foram retirados os restos do tecido de reserva (cotilédones) e na sequência as plântulas foram postas para secar em estufa a 80° C por 24 horas (Nakagawa, 1999). Posteriormente, foi efetuada a pesagem do material em balança de precisão de 0,001 g e determinada a matéria seca. Os resultados são expressos em mg plântula⁻¹.

Emergência em areia

No teste de emergência em areia foram semeadas duas subamostras de 100 sementes de cada repetição, totalizando 800 sementes por tratamento. As sementes foram semeadas em bandejas plásticas contendo sete centímetros de areia umedecida com água a 60% da capacidade de campo, sendo que cinco centímetros e meio de areia formavam a base e mais um centímetro e meio foram utilizados para cobrir as sementes. As bandejas com as sementes foram alocadas e mantidas em sala por oito dias à temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 24 horas, com umedecimento da areia quando necessário. A leitura foi realizada de acordo com as Regras para Análise de Sementes, contabilizando-se as plântulas normais e anormais, sendo os resultados expressos em porcentagem (Brasil, 2009).

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado, disposto em arranjo de parcelas sub-subdivididas 5x2x7 (cinco períodos de armazenagem x dois sistemas de armazenagem, sete tratamentos industriais), com quatro repetições.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade da variância e os resíduos submetidos a análise de normalidade. Posteriormente, se considerados normais aplicou-se a análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Apresentando significância, os fatores qualitativos foram comparados pelo teste de *Scott-Knott* ($p \leq 0,05$), já para os fatores quantitativos foi aplicada análise de regressão. Os modelos foram selecionados com base na significância da regressão, pelo teste “t” ($p \leq 0,05$), pelo valor do coeficiente de determinação ($r^2 > 0,60$), pela significância da regressão ($p \leq 0,05$) e pelo comportamento biológico.

3.3 RESULTADOS

O teor de água apresentou interação dupla entre os fatores tempo x sistemas de armazenamento e tempo de armazenamento x tratamento industrial de sementes (TIS). Já para o peso de mil sementes (PMS) houve interação tripla entre os fatores estudados, tempo x sistemas de armazenamento x TIS (Apêndice 1).

O teor de água das sementes apresentou valores semelhantes entre os TIS, logo após o tratamento de sementes, mantendo-se semelhantes até o final do armazenamento. Ao decorrer do armazenamento ocorreu redução do teor de água das sementes, independentemente do sistema de armazenamento (Figura 2A) e do sistema de armazenamento, independentemente do TIS (Figura 2B). O teor de água foi menor nas sementes armazenadas em ambiente controlado (AC) em relação as sementes armazenadas em ambiente natural (AN) (Figura 2B).

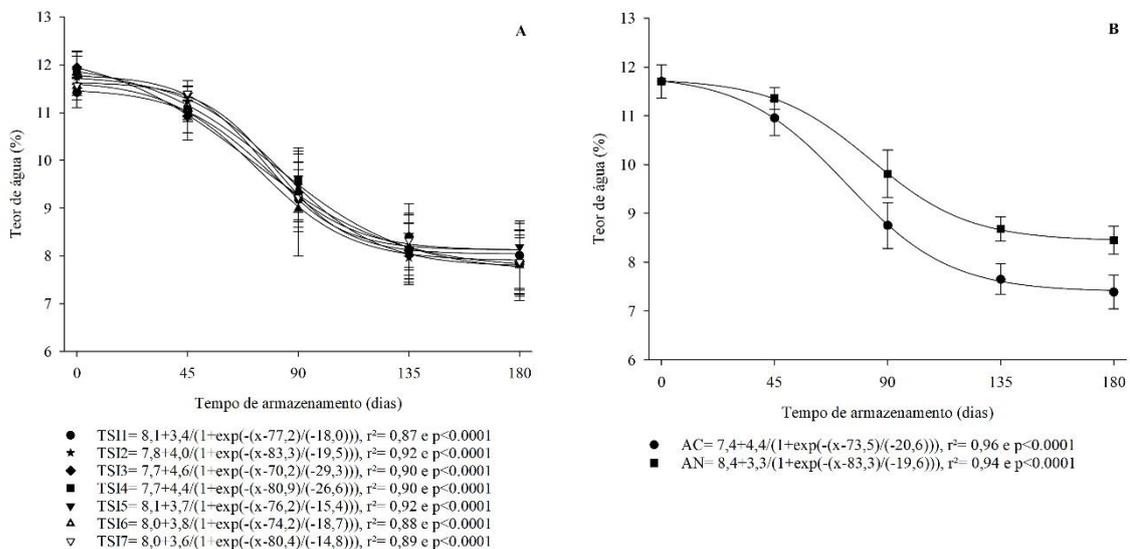


FIGURA 2: Teor de água de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS), independentemente do sistema de armazenamento (A) e em

função do sistema de armazenamento, independentemente do tratamento industrial de sementes (B), ao longo do tempo. TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida; AC: Ambiente controlado; AN: Ambiente natural.

O PMS de soja reduziu ao longo do armazenamento para todos os TIS e em ambos os sistemas de armazenamento (Figura 3).

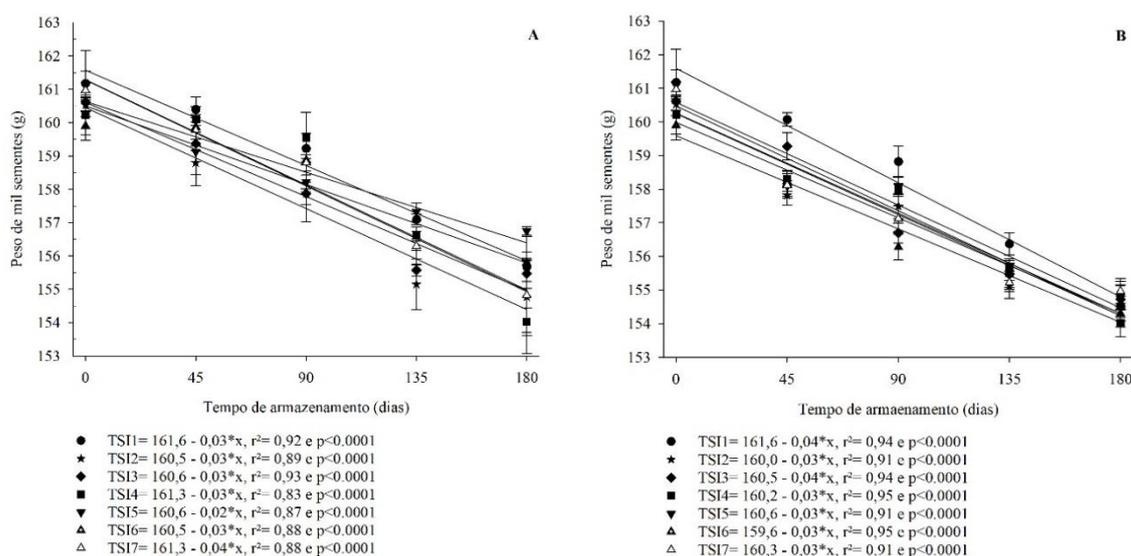


FIGURA 3: Peso de mil sementes (g) de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) com posterior armazenamento em ambiente controlado (A) e ambiente natural (B). TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida; AC: Ambiente controlado; AN: Ambiente natural.

No armazenamento em AC, o PMS da soja foi maior em relação ao armazenamento em AN, da mesma forma para todos os TIS (Tabela 3).

TABELA 3: Peso de mil sementes (g) de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN)

Tempo de armazenamento (dias)	AC	AN
0	160,6 A*	160,6 A
45	159,6 A	158,5 B
90	158,7 A	157,7 B
135	156,3 A	155,5 B
180	155,5 A	154,7 B

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado teste de *Scott-Knott* a 5% de probabilidade.

Os testes de: germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de plântulas (CP) e emergência em areia apresentaram interação tripla entre os fatores estudados: tempo x sistemas de armazenamento x TIS. Para o teste de transferência de matéria seca (TMS), houve interação dupla entre os fatores tempo x sistemas de armazenamento, tempo x TIS e sistemas de armazenamento x TIS (Apêndice 2).

A germinação das sementes de soja apresentou valores semelhantes logo após a realização do TIS (0 dias de armazenamento). Houve redução da germinação das sementes de soja ao longo do armazenamento em todos os TIS e em ambos os sistemas de armazenamento (Figura 4). O percentual de plântulas normais ao longo do armazenamento, no teste de germinação, foi maior para as sementes submetidas ao TIS1, seguido pelo TIS6 e TIS7, TIS5 e TIS3, com menores valores de germinação observados para as sementes submetidas ao TIS2 e TIS4, em ambos os sistemas de armazenamento (Figura 4).

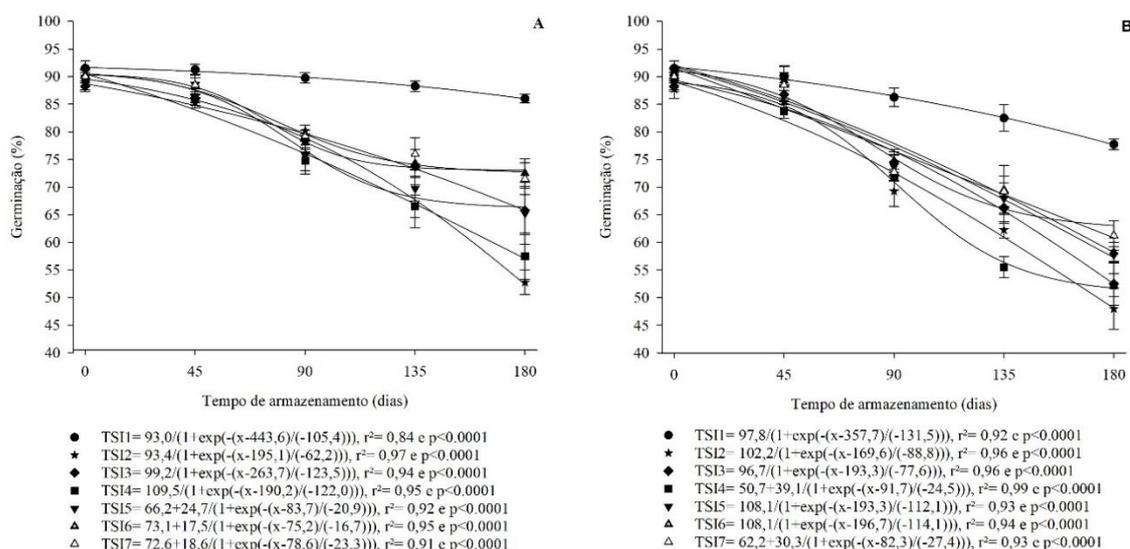


FIGURA 4: Porcentagem de germinação de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlado (A) e ambiente natural (B). TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida; AC: Ambiente controlado; AN: Ambiente natural.

O armazenamento em AC permitiu que a germinação das sementes de soja reduzisse com menor intensidade, após 45 dias de armazenamento, em relação as sementes armazenadas em AN, para todos os TIS (Tabela 4).

TABELA 4: Porcentagem de germinação de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN)

Tempo de armazenamento (dias)	AC	AN
0	90 A*	90 A
45	88 A	88 A
90	79 A	75 B
135	74 A	67 B
180	67 A	59 B

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado teste de *Scott-Knott* a 5% de probabilidade.

O teste de PCG apontou redução no vigor das sementes ao longo do armazenamento em ambos os sistemas adotados e em todos os TIS (Figura 5). As sementes submetidas ao TIS1 (testemunha sem tratamento químico) apresentaram maior percentual de plântulas normais no teste de PCG do início até o final do armazenamento, seguido pelas sementes submetidas ao TIS6, TIS7 e TIS5 em ambos os sistemas de armazenamento. Os menores valores para PCG foram observados no TIS2, TIS3 e TIS4, em ambos os sistemas de armazenamento. Resultados semelhantes aos encontrados no teste de germinação.

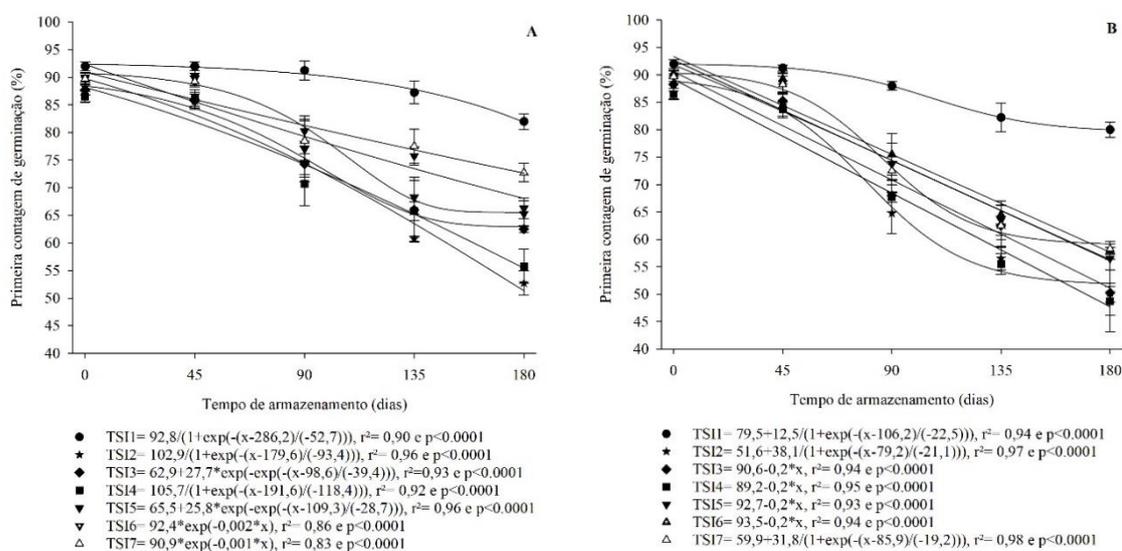


FIGURA 5: Primeira contagem de germinação de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlado (A) e ambiente natural (B). TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida; AC: Ambiente controlado; AN: Ambiente natural.

A porcentagem de plântulas normais, avaliadas no teste de PCG, reduziu de maneira mais intensa no armazenamento em AN do que no armazenamento em AC (Tabela 5).

TABELA 5: Primeira contagem de germinação (%) de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN)

Tempo de armazenamento (dias)	AC	AN
0	89 A*	89 A
45	88 A	87 B
90	78 A	72 B
135	72 A	63 B
180	65 A	57 B

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado teste de *Scott-Knott* a 5% de probabilidade.

O IVG reduziu ao longo do tempo de armazenamento em todos os TIS e em ambos os sistemas de armazenamento (Figura 6). As sementes de soja submetidas ao TIS1 apresentaram os maiores valores de IVG logo após a realização do tratamento de sementes, permanecendo superior aos demais tratamentos durante o armazenamento e em ambos os sistemas de armazenamento. Da mesma forma, em ambos os sistemas de armazenamento, os piores valores de IVG foram verificados no TIS2, TIS3 TIS4 (Figura 6).

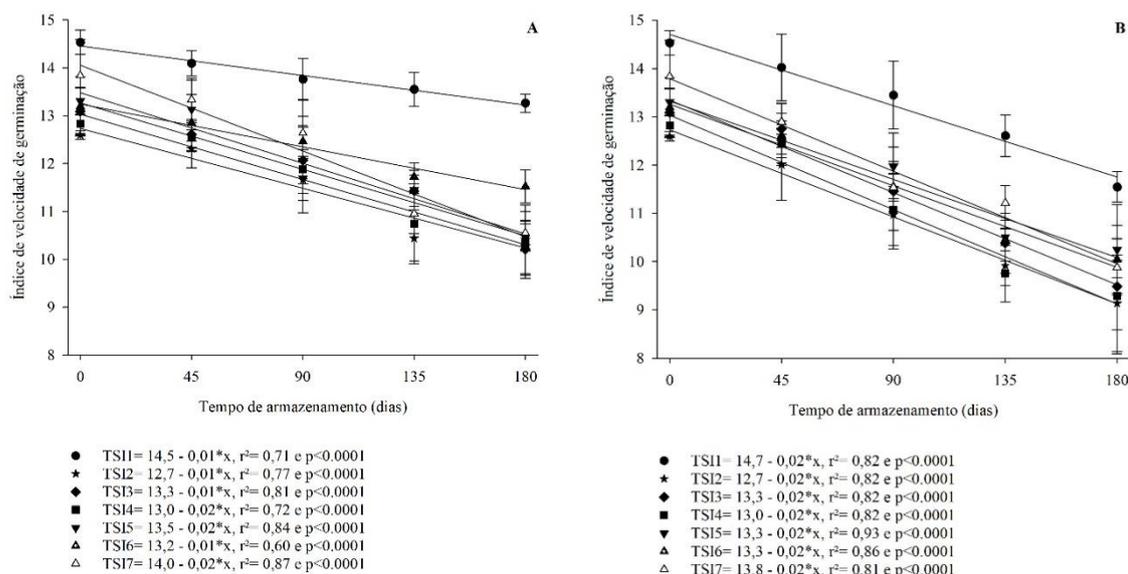


FIGURA 6: Índice de velocidade de germinação de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlada (A) e ambiente natural (B). TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida; AC: Ambiente controlado; AN: Ambiente natural.

O armazenamento em AC permitiu maior IVG das sementes de soja, em relação ao armazenamento em AN a partir dos 45 dias de armazenamento (Tabela 6).

TABELA 6: Índice de velocidade de germinação de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN)

Tempo de armazenamento (dias)	AC	AN
0	13 A*	13 A
45	13 A	13 A
90	12 A	11 B
135	11 A	10 B
180	11 A	10 B

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado teste de *Scott-Knott* a 5% de probabilidade.

O percentual de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado apresentou redução logo após o tratamento de sementes, bem como durante o armazenamento, em todos os TIS e em ambos os sistemas de armazenamento (Figura 7).

As sementes de soja sem aplicação de produtos químicos (TIS1) apresentaram maiores valores de vigor durante o armazenamento em relação aos demais TIS. No entanto, da mesma

forma, em ambos os sistemas de armazenamento os piores valores de envelhecimento acelerado foram verificados nas sementes submetidas ao TIS2, TIS3 TIS4 (Figura 7).

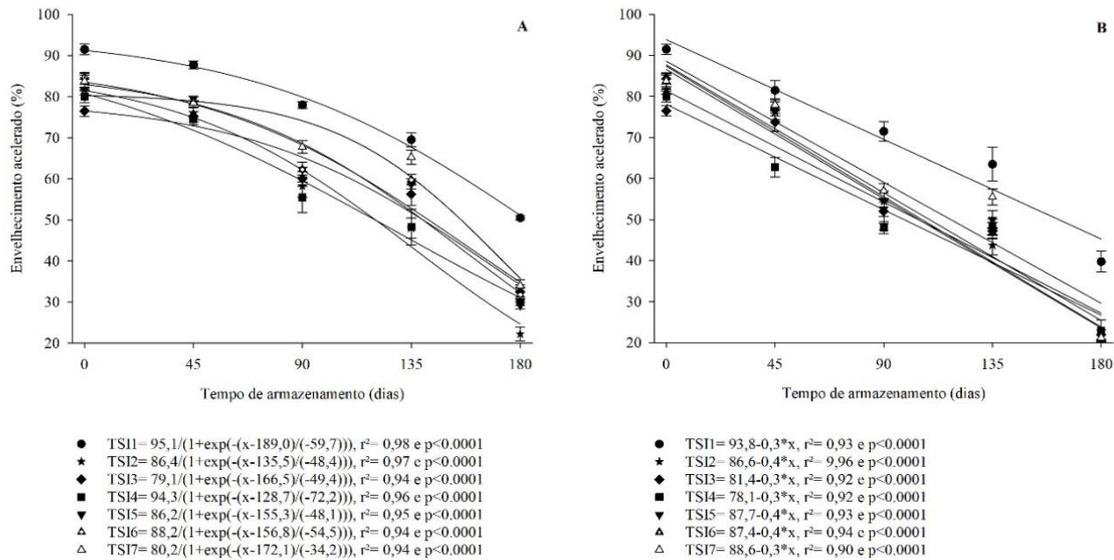


FIGURA 7: Envelhecimento acelerado de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlada (A) e ambiente natural (B). TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida; AC: Ambiente controlado; AN: Ambiente natural.

O vigor das sementes, avaliadas pelo teste de envelhecimento acelerado, diminuiu com mais intensidade no armazenamento em AN do que no armazenamento em AC (Tabela 7).

TABELA 7: Envelhecimento acelerado (%) de sementes de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN)

Tempo de armazenamento (dias)	AC	AN
0	89 A*	89 A
45	88 A	87 B
90	78 A	72 B
135	72 A	63 B
180	65 A	57 B

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O CP reduziu ao longo do tempo de armazenamento em todos os TIS e em ambos os sistemas de armazenamento (Figura 8). Em ambos os sistemas de armazenamento, as sementes

submetidas ao TIS1, TIS5 e TIS7 apresentaram maior CP até os 45 dias de armazenamento, sendo que após esse período, o CP foi maior para as plântulas oriundas do TIS1 e TIS7 até o final do armazenamento (Figura 8).

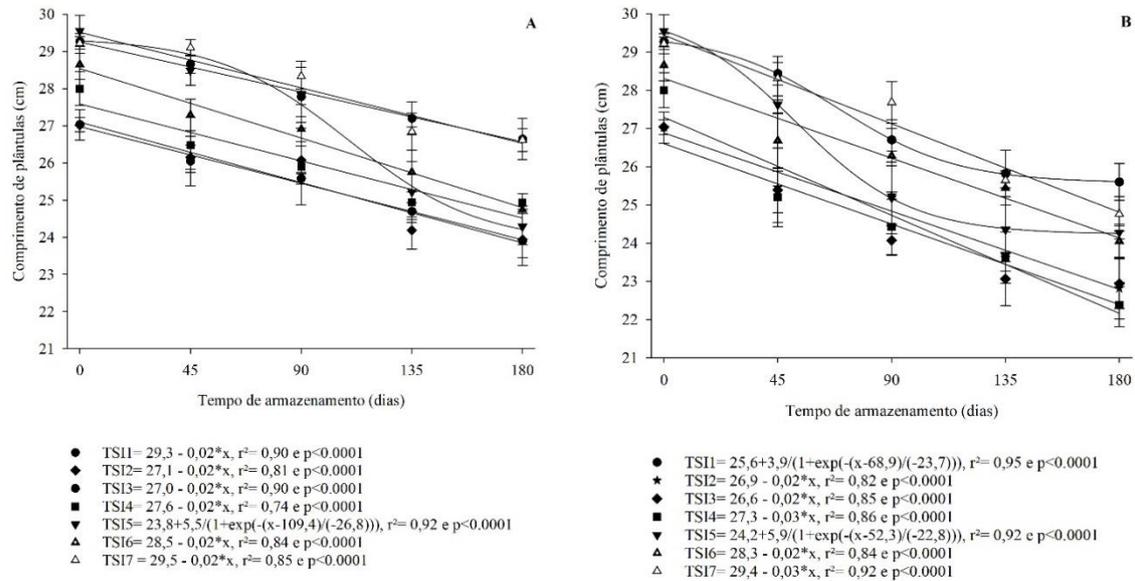


FIGURA 8: Comprimento de plântulas (cm) de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlada (A) e ambiente natural (B). TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida; AC: Ambiente controlado; AN: Ambiente natural.

As sementes submetidas ao armazenamento em AC apresentaram maior CP em relação as plântulas oriundas das sementes armazenadas no AN (Tabela 8).

TABELA 8: Comprimento de plântulas (cm) de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN)

Tempo de armazenamento (dias)	AC	AN
0	28,4 A*	28,4 A
45	27,5 A	26,7 B
90	26,9 A	25,6 B
135	25,5 A	24,5 B
180	25,0 A	23,8 B

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A TMS se reduziu ao longo do armazenamento em todos os TIS, independentemente do sistema de armazenamento (Figura 9A). No armazenamento em AC, a TMS reduziu com menos intensidade em relação a TMS das sementes submetidas ao AN (Figura 9B).

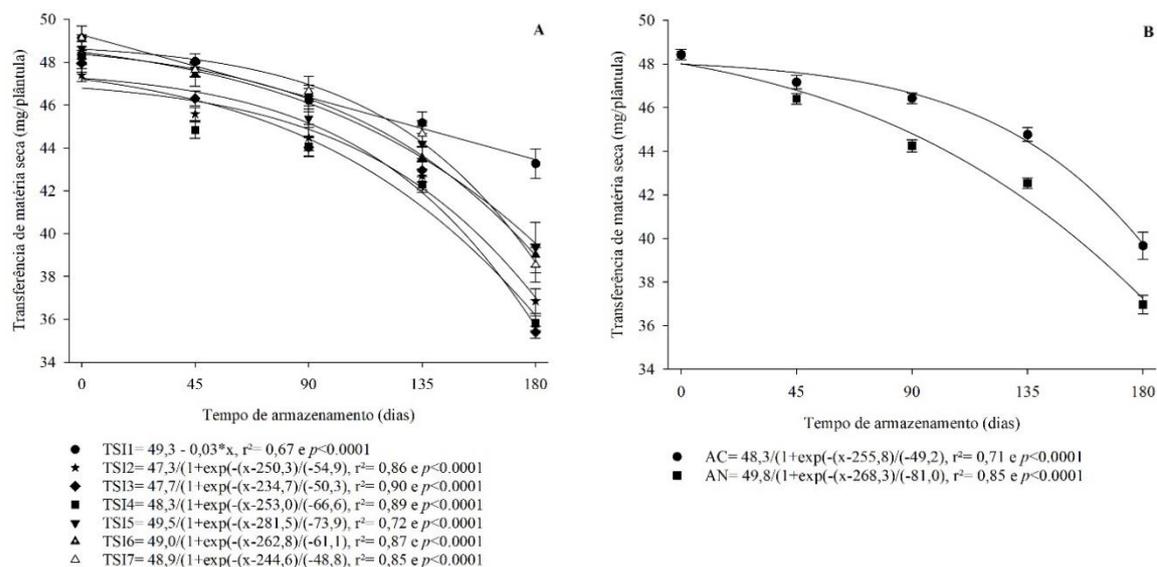


FIGURA 9: Transferência de matéria seca (mg/plântula) de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlado e natural (B). TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida; SA: Sistemas de armazenamento; AC: Ambiente controlado; AN: Ambiente natural.

A TMS foi maior nas sementes submetidas ao armazenamento em AC, em relação ao armazenamento em AN, exceto para o TIS 4 que não diferiu estaticamente entre os sistemas de armazenamento (Tabela 9). Em ambos os sistemas de armazenamento, os maiores valores de TMS foram observados nas sementes submetidas ao TIS1, TIS5, TIS6 e TIS7 (Tabela 9).

TABELA 9: Transferência de matéria seca (mg/plântula) de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN).

SA	TIS1	TIS2	TIS3	TIS4	TIS5	TIS6	TIS7
AC	48,1 aA*	44,6 aC	44,9 aC	43,2 aD	46,3 aB	45,9 aB	46,4 aB
AN	45,8 bA	42,1 bD	42,9 bD	42,8 aD	43,7 bC	44,9 bB	44,4 bB

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado teste de *Scott-Knott* a 5% de probabilidade. TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida; SA: Sistemas de armazenamento; AC: Ambiente controlado; AN: Ambiente natural.

O teste emergência em areia apontou redução no percentual de plântulas normais ao longo do armazenamento em ambos os sistemas adotados e em todos os TIS (Figura 10). As sementes submetidas ao TIS1 apresentaram maior percentual de plântulas normais no teste de emergência em areia até o final do armazenamento, seguido pelas sementes submetidas ao TIS5, TIS7 e TIS6 em ambos os sistemas de armazenamento. Os menores valores para emergência em areia foram observados no TIS3, TIS2 e TIS4, em ambos os sistemas de armazenamento.

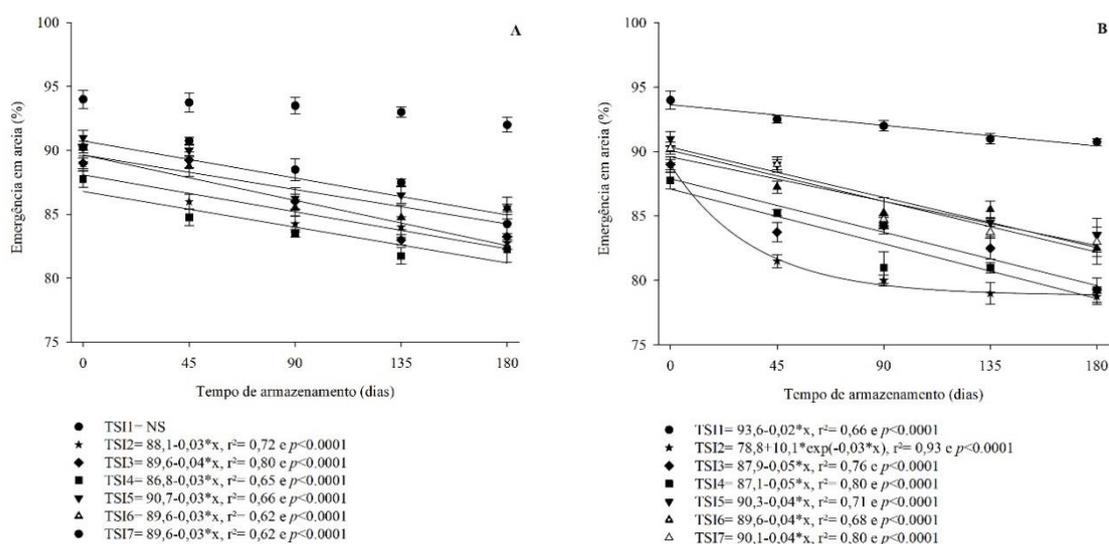


FIGURA 10: Emergência de plântulas em areia (%) de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes (TIS) e armazenadas em ambiente controlado (A) e natural (B). TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida; SA: Sistemas de armazenamento; AC: Ambiente controlado; AN: Ambiente natural. NS: Não significativo.

O armazenamento em AC permitiu maior porcentagem de plântulas normais no teste de emergência em areia em relação ao armazenamento em AN (Tabela 10).

TABELA 10: Emergência plântulas (%) em areia de sementes de soja submetidas tratamento industrial de sementes com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN)

Tempo de armazenamento (dias)	AC	AN
0	90 A*	90 A
45	89 A	87 B
90	86 A	83 B
135	85 A	81 B
180	83 A	78 B

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado teste de *Scott-Knott* a 5% de probabilidade.

3.4 DISCUSSÃO

Resultados semelhantes para o teor de água das sementes de soja com e sem TIS foram observados por Pereira *et al.* (2011), que não verificaram diferença significativa entre as sementes de soja tratadas e não tratadas com fungicidas e polímeros, logo após o tratamento de sementes e durante o armazenamento. Os autores relatam que este fato se deve ao pequeno volume de produtos aplicados, principalmente água, e ao restabelecimento do equilíbrio higroscópico das sementes com a umidade relativa do ar (UR) no armazenamento.

O teor de água das sementes logo após a realização do TIS apresentou valores entre 11 e 12% b.u. para todos os tratamentos, permanecendo similar entres os TISs durante o armazenamento, estando dentro dos valores ideais para o armazenamento. Conceição *et al.* (2016), estudando a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja sob diferentes tratamentos químicos durante o armazenamento, também verificaram que o teor de água das sementes permaneceu inferior a 12% após o tratamento de sementes com produtos químico e em todo o período estudado. Para estes autores, o armazenamento de sementes de soja com teor de água abaixo de 12% é seguro. Estes resultados podem indicar que o tratamento de sementes, com os produtos utilizados neste estudo, não altera o caráter higroscópico das sementes de soja.

A redução do teor de água das sementes de soja no armazenamento pode estar relacionada a tendência ao equilíbrio higroscópico, conforme as condições de temperatura e UR do ar em ambos os sistemas de armazenamento. Fato que pode ser observado na Figura 1, em que os valores de temperatura e UR do ar podem justificar a redução do teor de água das sementes ao longo do tempo, com maior intensidade observada no armazenamento em AC, devido a menor UR do ar.

O teor de água de sementes de soja tratadas quimicamente reduziu em 2% após 45 dias de armazenamento, caindo de teores entre 11 e 12% b.u. para teores entre 9 e 10% b.u., em virtude das condições ambientais e do caráter higroscópico das sementes (Soares *et al.*, 2019). As sementes de soja possuem a capacidade de ceder (dessorção) ou absorver (sorção) água do ar intergranular, como todo material higroscópico, tendendo ao equilíbrio entre o teor de água da semente e as condições ambientais (Pelizzari *et al.* 2020).

No armazenamento sob temperatura do ar de 17 °C e UR do ar de 45%, a umidade de equilíbrio da soja fica em torno de 8,9% b.u., e no armazenamento sob temperatura de 27 °C e

UR de 65%, a umidade de equilíbrio da soja fica em torno de 10,4% b.u (França-Neto *et al.* 2016). No entanto, esses valores estimados podem variar em função das cultivares de soja, uma vez que cada cultivar tem suas próprias características que reagem de forma diferente para cada situação.

A redução do teor de água das sementes também pode estar relacionada com a permeabilidade dos sacos de papel *kraft* utilizado para o armazenamento das sementes no presente estudo. Segundo Smaniotto *et al.* (2014) a permeabilidade do saco de papel *kraft* permite que ocorram trocas de vapor de água entre a massa de sementes e o ambiente intergranular, devido ao caráter higroscópico das sementes que faz com que o seu teor de água esteja em equilíbrio com a temperatura e UR do ar no local de armazenamento.

A redução do PMS no armazenamento pode estar relacionada com a deterioração natural, com os processos metabólicos e com a perda de água das sementes. Entre os sistemas de armazenamento, o AC proporcionou maior PMS das sementes de soja. Fato que pode ser atribuído a maior qualidade conservativa proporcionado pela baixa temperatura e baixa UR do ar no AC. Paraginski *et al.* (2015) relatam que a redução do PMS ao longo do tempo é resultado da diminuição do teor de água das sementes e do aumento do processo respiratório das sementes. A intensificação do metabolismo das sementes reflete o aumento no consumo de lipídeos e proteínas, contribuindo, juntamente com a perda de água das sementes, para redução do PMS sementes ao longo do armazenamento (Ziegler *et al.*, 2016).

O tratamento de sementes não interferiu negativamente na germinação das sementes de soja logo após sua realização. Isto indica que o TIS pode ser uma importante ferramenta a ser utilizada para proteção de sementes e plântulas a campo, reduzindo o ataque de fungos e insetos-praga e beneficiando o crescimento, desenvolvimento e estabelecimento das plântulas de soja a campo. O tratamento de sementes é uma importante ferramenta que visa a proteção das sementes contra o ataque e a disseminação de patógenos que afetam o desenvolvimento inicial das plântulas de soja, garantindo uma população ideal de plântulas por hectare quando as condições são desfavoráveis (Ludwig *et al.* 2015; Conceição *et al.* 2016).

Os resultados encontrados no presente estudo são semelhantes a evidências relatadas por outros autores para possíveis efeitos fitotóxicos ocasionados pelos produtos químicos em sementes de soja tratadas e armazenadas.

A redução da germinação das sementes de soja durante o armazenamento pode estar relacionada com a deterioração natural das mesmas que ocorre ao longo do tempo e com o efeito fitotóxico ocasionado pela ação dos ingredientes ativos aplicados isoladamente ou de

forma combinada nas sementes de soja. Além disso, as cultivares de soja podem responder de forma diferente a cada ingrediente ativo a que são submetidas. A maior redução de germinação verificada ao longo do armazenamento em AN pode estar relacionada com as condições de temperatura e UR do ar não controladas, principalmente pela alta temperatura. No entanto, quanto maior for o tempo de armazenamento, maior será a redução da germinação das sementes de soja tratadas em relação as sementes não tratadas em ambos os sistemas de armazenamento.

Estes resultados corroboram com Ludwig *et al.* (2011), na qual relatam que a redução da germinação de sementes de soja no armazenamento pode ocorrer devido a problemas estruturais das células quando as sementes são submetidas a condições adversas de armazenamento por um longo período e expostas as ações de temperatura e UR do ar, o que compromete as funcionalidades das organelas celulares. Para Marcos Filho (2015) e Ferreira *et al.* (2016), a redução da germinação de sementes de soja durante o armazenamento pode ser ocasionada por diferentes fatores que podem acelerar o processo de deterioração das sementes, como: teor de água das sementes e as condições de armazenamento.

Ao longo do armazenamento, a germinação foi menor nas sementes tratadas quimicamente, com maior intensidade quando adicionado polímero líquido e pó secante aos demais produtos. Pereira *et al.* (2016) verificaram redução na germinação de sementes de soja tratadas com fungicida carbendazin + inseticida imidacloprido + tiodicarbe + polímero líquido + pó secante e armazenadas por 60 dias em ambiente convencional, tendo efeito intensificado quando adicionado bioregulador aos demais produtos. Santos *et al.* (2021) observaram redução da germinação de sementes de soja tratadas com fungicida + inseticida + polímero de revestimento + pó secante + inoculante a partir dos 38 dias de armazenamento.

Em estudo realizado por Decarli *et al.* (2019) a germinação de sementes de soja, de diferentes cultivares, tratadas quimicamente com piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil e polifix G4 (polímero) reduziu ao longo do armazenamento. Ferreira *et al.* (2016) observaram que a germinação de sementes de soja, cultivar NS 7494, teve redução a partir dos 60 dias de armazenamento em condições naturais após a realização do tratamento de sementes, exceto para o tratamento utilizando Cruiser + Derosal Plus, que permitiu aumento na germinação das sementes quando comparado ao controle.

A redução da germinação de sementes de soja tratadas pode estar relacionada ao efeito fitotóxico provocado pelos produtos utilizados no tratamento de sementes (Marcos Filho, 2015; Ferreira *et al.*, 2016; Pereira *et al.*, 2016). Ludwig *et al.* (2011) verificaram redução na germinação de sementes de soja tratadas quimicamente com fungicida isolado, fungicida +

aminoácido e fungicida + inseticida, ao longo do armazenamento, provavelmente devido ao efeito fitotóxico provocado pela ação do ingrediente ativo dos produtos. Brzezinski *et al.* (2015) observaram redução da qualidade fisiológica de sementes de diferentes cultivares de soja tratadas quimicamente e armazenadas por 240 dias antes da semeadura, provavelmente devido ao efeito fitotóxico provocado pelos ingredientes ativos.

Além do efeito fitotóxico e da deterioração das sementes, o tratamento de sementes forma uma película externa nas sementes, o que pode provocar uma barreira física e dificultar a absorção de água, resultando em redução da germinação. Dornelles *et al.* (2016) relata que a queda da germinação de sementes tratadas tem relação com a redução da atividade enzimática responsável pela degradação das reservas, devido a formação, pelo tratamento químico, de uma película no exterior das sementes que forma uma barreira física momentânea, dificultando as trocas gasosas e a embebição das sementes.

As demais variáveis estudadas (PCG, IVG, Envelhecimento Acelerado, CP, TMS e Emergência em areia) podem ser utilizadas para verificar o vigor das sementes de soja. O vigor merece destaque entre os atributos de qualidade fisiológica das sementes, pois relaciona-se com as taxas e uniformidade de germinação, emergência e crescimento de plântulas no campo, podendo influenciar no rendimento de grãos em diversas culturas (Rossi, Cavariani, França-Neto, 2017). Para Kryzanowski *et al.* (2018) o alto vigor das sementes de soja proporciona o estabelecimento de plântulas de alto desempenho, o que pode representar um acréscimo de até 10% na produtividade.

No presente estudo, o TIS em conjunto com tempo e sistema de armazenamento influenciou negativamente no vigor das sementes de soja, corroborando com outros trabalhos encontrados na literatura.

Em trabalho realizado por Ludwig *et al.* (2011) houve redução no percentual de plântulas normais de soja no teste de PCG e TMS após a realização do tratamento de sementes com diferentes produtos e submetidas ao armazenamento. Pereira *et al.* (2016) também verificaram redução no percentual de plântulas normais no teste de PCG, CP e envelhecimento acelerado quando as sementes de soja foram submetidas ao tratamento com fungicida carbendazin + inseticida imidacloprido + tiodicarbe + polímero líquido e pó secante, e armazenadas por 60 dias em ambiente convencional.

Resultados semelhantes foram encontrados por Avelar *et al.* (2011), que evidenciaram efeito prejudicial no teste de PCG de sementes de soja, desde o início até o final do armazenamento, ocasionado pelos tratamentos que continham polímero em pó. Estes autores

verificaram ainda redução de plântulas normais no teste envelhecimento acelerado após 120 dias de armazenamento das sementes de soja tratadas quimicamente. Houve redução no percentual de plântulas normais no teste de PCG ao decorrer do armazenamento de sementes de soja de diferentes cultivares tratadas quimicamente com piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil e polifix G4 (Decarli *et al.* 2019). Ademais, Abati *et al.* (2018) observaram redução na velocidade de germinação no teste de PCG de diferentes cultivares de soja submetidas ao tratamento de sementes com adição de pó secante.

Em estudo realizado por Santos *et al.* (2021) houve redução do IVG no armazenamento de sementes de soja tratadas com fungicida + inseticida + polímero de revestimento + pó secante + inoculante. Rocha *et al.* (2017) observaram redução no percentual de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado durante o armazenamento de sementes de soja tratadas quimicamente, com maior intensidade de deterioração observado no armazenamento em ambiente natural. Piccinin *et al.* (2013) verificaram redução no percentual de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado e no CP de diferentes cultivares soja tratadas com inseticidas fipronil e tiametoxam aos 180 dias de armazenamento. Dornelles *et al.* (2016) observaram redução do CP após 21 dias de armazenamento de sementes de soja tratadas quimicamente.

A redução na porcentagem de plântulas normais no teste de emergência em areia ao longo do armazenamento de sementes de soja tratadas quimicamente ou não também foi verificada em trabalho realizado por Pereira *et al.* (2018). Estes autores também relatam que porcentagem plântulas normais no teste de emergência em areia foi superior a porcentagem de plântulas normais no teste de germinação em rolo de papel, resultados semelhantes aos encontrados neste estudo para todos os TIS.

O substrato areia pode ser menos sensível na distinção de níveis de vigor das sementes, mesmo após o armazenamento, visto que a areia pode proporcionar redução do estresse fisiológico das sementes e maior diluição dos produtos (Pereira *et al.*, 2016). Para Taylor e Salanenka (2012) e Abati *et al.* (2018), o substrato areia favorece a liberação do tegumento da semente e permite a lixiviação dos produtos químicos, diminuindo a concentração e o contato do ingrediente ativo próximo as sementes, proporcionando redução de possíveis efeitos fitotóxicos dos produtos aplicados sobre as sementes.

A redução do vigor das sementes de soja observada neste trabalho, pode estar relacionada com a deterioração natural das sementes somada a características genéticas da cultivar, aos ingredientes ativos e a possíveis efeitos fitotóxicos ocasionado pelo tratamento de

sementes, com incremento do tempo e sistema de armazenamento. Além disso, esta redução pode ter ocorrido em virtude da combinação dos diferentes ingredientes ativos aplicados sobre as sementes, que pode ter ocasionado efeitos fitotóxicos, além de uma barreira física que dificultou a absorção de água pelas sementes de soja, comprometendo o metabolismo das sementes. O vigor de sementes de soja também pode reduzir em função de alterações estruturais e dos processos fisiológicos das sementes tratadas quimicamente em relação as sem tratamento.

A redução do vigor demonstrada pela TMS indica que pode ter ocorrido perda da capacidade de translocação das reservas para o embrião nas sementes tratadas quimicamente (Ludwig *et al.* 2011). O vigor das sementes de soja tratadas quimicamente com fipronil e tiametoxam, pode reduzir em função de alterações degenerativas provocadas no metabolismo das sementes, desencadeando processos de desestruturação das membranas celulares (Piccinin *et al.* 2013). O vigor das sementes pode reduzir em função de alterações degenerativas no metabolismo das sementes de soja, ocasionadas pelo contato prolongado das sementes com os produtos químicos (Dornelles *et al.* 2016). Além disso pode haver influência negativa da combinação dos produtos químicos sobre o vigor das sementes de soja ao longo do armazenamento (Santos *et al.* 2021).

A qualidade fisiológica das sementes de soja reduziu ao longo do armazenamento em todos os TIS, inclusive na testemunha, e em ambos os sistemas de armazenamento. No entanto, observou-se que o TIS2 (Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante), TIS3 (Fungicida + Inseticida + Polímero), e TIS4 (Fungicida + Inseticida + Pó secante), apresentaram os piores valores em todos os testes realizados e em ambos os sistemas de armazenamento ao longo do tempo.

Estes resultados podem ter ocorrido em função deterioração natural e da adição de polímero líquido e pó secante junto ao fungicida e ao inseticida no tratamento de sementes. Esta combinação pode ter resultado na incompatibilidade entre os produtos, provocando redução da qualidade fisiológica das sementes de soja.

O processo de deterioração da semente se dá por uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas, que ocorrem progressivamente, tendo início na maturidade fisiológica, levando à redução da qualidade e culminando com a morte da semente (Marcos-Filho, 2015). No processo de deterioração das sementes pode ocorrer as seguintes alterações: esgotamento das reservas, alteração da composição química, oxidação lipídica, quebra parcial das proteínas, alteração das membranas celulares, redução da integridade das membranas, alterações enzimáticas e nos nucleotídeos (Ferreira *et al.*, 2016).

A qualidade de sementes tratadas e armazenadas pode ser influenciada pela cultivar e pelo produto químico utilizado no tratamento de sementes (Tonin *et al.* 2014). Independentemente da combinação do produto químico e da cultivar utilizada, a viabilidade e o vigor de sementes de soja são afetados negativamente quando as mesmas são tratadas quimicamente e submetidas ao armazenamento (Lemes *et al.* 2019). Santos *et al.* (2021) relatam que a combinação de diferentes produtos químicos e períodos mais longos de armazenamento de sementes tratadas são prejudiciais ao desenvolvimento da cultura da soja.

Os polímeros podem interagir de forma diferente com o tegumento das sementes, proporcionando queda no percentual de germinação de sementes de soja (Avelar *et al.* 2011). Abati *et al.* (2018) observaram efeito fitotóxico ocasionado pela combinação dos diferentes produtos utilizados o tratamento de sementes.

Entretanto, em alguns casos, dependendo do teste, o vigor das sementes não é alterado em função do tratamento químico das sementes de soja. O comprimento de plântulas oriundas de sementes tratadas apenas com inseticida tiametoxam (TIS7), acompanhou os valores do CP oriundas das sementes de soja sem tratamento, corroborando com outros estudos. Avelar *et al.* (2011) verificaram que o comprimento de plântulas de soja teve melhor desempenho nos tratamentos com utilização de polímero líquido e em pó durante o armazenamento, resultado este inverso ao apresentado nos testes de PCG e germinação. Para Dornelles *et al.* (2019) alguns grupos químicos de agrotóxicos interferem em processos fisiológicos das sementes por atuarem como bioativadores, favorecendo o crescimento e desenvolvimento de plântulas originadas de sementes tratadas e com menores períodos de armazenamento.

O sistema de armazenamento em AC permitiu melhores condições de armazenamento em todas as variáveis analisadas, interferindo positivamente na qualidade fisiológica das sementes em relação ao armazenamento em AN. Estes resultados estão de acordo com outros trabalhos já realizados.

A deterioração das sementes pode se intensificar com o aumento do tempo de armazenamento sem o controle da temperatura do ar (Dan *et al.*, 2010). Forti, Cícero & Pinto (2010) verificaram maior redução do potencial fisiológico de sementes de soja submetidas ao armazenamento em ambiente não controlado, em relação ao armazenamento em em câmara seca (50% UR e 20 °C) e câmara fria (90% UR e 10 °C). A maior viabilidade e vigor de sementes de soja tratadas quimicamente foi verificada no armazenamento em baixa temperatura e UR do ar (Mbofung *et al.*, 2013).

O armazenamento em ambiente climatizado a 20 °C proporciona melhor conservação da qualidade fisiológica de sementes de soja (Smaniotto *et al.*, 2014). Mavaieie *et al.* (2019) descrevem que o armazenamento de sementes em ambiente convencional, sob condições de temperatura e UR do ar não controladas, proporciona maior e mais rápida deterioração das sementes. A utilização do armazenamento em atmosfera controlada com temperatura abaixo de 25 °C é uma ótima ferramenta para manter a qualidade fisiológica de sementes de soja durante armazenamento (Ludwig *et al.* 2020).

No armazenamento em AC foi possível reduzir a temperatura e UR do ar, bem como as suas flutuações. Isto permitiu o armazenamento das sementes de soja em baixa temperatura e baixa UR do ar, contribuindo para redução do metabolismo das sementes e desacelerando a deterioração das mesmas ao longo do tempo. Segundo Paraginski *et al.* (2015) a redução da temperatura do ar reduz a velocidade das reações metabólicas e bioquímicas das sementes, onde as reservas armazenadas nos tecidos são desdobradas, transportadas e ressintetizadas no eixo embrionário o que permite a manutenção das características iniciais do armazenamento das sementes por mais tempo.

As altas temperaturas durante o armazenamento podem acelerar o processo de deterioração das sementes. As condições de temperatura influenciam no metabolismo bioquímico das sementes, e quando elevadas podem promover aceleração do metabolismo e provocar desnaturação das proteínas e perda integridade das membranas (Carvalho & Nakagawa, 2012).

As altas temperaturas associadas a alta UR do ar podem intensificar o processo respiratório das sementes, podendo provocar estresse oxidativo e levar a formação de espécies reativas de oxigênio e radicais livres nas sementes (Ávila, Albrecht, 2010). Os radicais livres como superóxido (O_2^-), hidroxila (OH^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio singleto ($^1O_2^*$) desencadeiam as reações chamadas de peroxidação lipídica, na qual afeta a integridade estrutural e a funcionalidade das membranas celulares e alteram a sua permeabilidade (Ávila & Albrecht, 2012). Dessa forma, as sementes tendem a perder qualidade durante o armazenamento em virtude da peroxidação de lipídeos quando as condições de alto teor de água das sementes, alta UR do ar e alta temperatura ocorrem no local de armazenamento (Smaniotto *et. al.*, 2014). A perda do potencial germinativo é o último estágio da deterioração das sementes (Marcos Filho, 2015).

3.5 CONCLUSÕES

O tratamento industrial de sementes de soja não interferiu negativamente sobre a qualidade fisiológica das sementes logo após a aplicação dos produtos químicos.

A qualidade física e fisiológica das sementes de soja foi afetada negativamente pelo tratamento químico ao longo do armazenamento.

A utilização de polímero líquido de revestimento e pó secante, combinado com fungicida e inseticida, favoreceram a redução da qualidade fisiológica das sementes de soja ao longo do armazenamento, independentemente das condições de armazenamento.

As sementes de soja tratadas ou não quimicamente, independentemente da combinação dos produtos, e submetidas ao armazenamento em ambiente controlado apresentaram qualidade fisiológica superior àquelas armazenadas em ambiente natural.

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**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 179-184, 2018.

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: grãos: safra 2019/20 – décimo segundo levantamento – fevereiro/2021. Brasília: Conab, v. 7, n. 12, setembro 2020. 68 p

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: grãos: safra 2020/21 – quinto levantamento – fevereiro/2021. Brasília: Conab, v. 8, n. 5, fevereiro 2021. 94 p

ALVES, J. S. *et al.* Severidade de doenças fúngicas em genótipos de soja semeados em Uberaba, MG. **Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 21, p. 236-244, 2013.

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

ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, L. P. Isoflavonas e a qualidade das sementes de soja. **Informativo Abrates**, Londrina, v.20, p.15-29, 2010.

BALARDIN, R. S. *et al.* Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1120-1126, 2011.

BENATTO JUNIOR, J. C. *et al.* Physiological quality of soybeans seeds treated with fungicide and coating with polymeros. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 2, p. 269-273, 2012.

BRITO, G. F. *et al.* Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista eletrônica de materiais e processos**, Campo Grande, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.

BRZEZINSKI, C. R. *et al.* Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 37, n. 2, p. 147-153, 2015.

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

BUSSOLARO, I.; ZELIN, E.; SIMONETTI, A. P. M. M. Aplicação de silício no controle de percevejos e produtividade da soja. **Revista Cultivando o saber**, Cascavel, v. 4, n. 3, p. 9-19, 2011.

CAMARGO, F. R. T. D. *et al.* Physiological quality of soybean seeds treated with carboxymethyl cellulose and fungicide. **American Journal of Plant Sciences**, [S.l.], v. 8, n. 11, p. 2748-2757, 2017.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes, Ciência, Tecnologia e Produção**. FUNEP, Jaboticabal, p.590, 2012.

CARVALHO, C. D.; NOVENBRE, A. D. L. C. Avaliação da qualidade de sementes de fumo, nuas e revestidas, pelo teste de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 177-185, 2011.

CONCEIÇÃO, G. M. *et al.* Desempenho de plântulas e produtividade de soja submetida a diferentes tratamentos químicos nas sementes. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1711-1720, 2014.

CONCEIÇÃO, G. M. *et al.* Physiological and sanitary quality of soybean seeds under different chemical treatments during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 11, p. 1020-1024, 2016.

CUNHA, R. P. D. *et al.* Diferentes tratamentos de sementes sobre o desenvolvimento de plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 10, 2015.

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

DAN, L. G. D. M. *et al.* Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 45-51, 2012.

DANELLI, A. L. *et al.* Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de soja em função do tratamento químico de sementes e foliar no campo. **Ciência y Tecnología**, Madrid, v. 4, n. 2, p. 29-37, 2011.

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

- DORNELES, G. D. O. *et al.* Desempenho de sementes de soja submetidas a tratamento com fungicida/inseticida e períodos de armazenamento. **Brasilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 3, p. 2303-2310, 2019.
- FERREIRA, T. F. *et al.* Quality of soybean seeds treated with fungicides and insecticides before and after storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 278-286, 2016.
- FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por umidade e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG 113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raio X e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v.32, p.123-133, 2010.
- FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade. **Informativo Abrates**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 37-38, 2010.
- 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. 83p. (Documentos 380).
- FRANÇA-NETO, J. D. B. *et al.* Adoção do tratamento industrial de sementes de soja no Brasil, 2014/15. **EMBRAPA**, Londrina, v. 25, n. 1, 2015.
- FREITAS, M. D. C. *et al.* Época de semeadura e densidade populacional de linhagens de soja UFU de ciclo semitardio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 698-708, 2010.
- GASPAR, A. P. *et al.* Soybean seed yield response to multiple seed components across diverse environments. **Agronomy Journal**, Madison, v. 106, n. 6, p. 1955-1962, 2014.
- HENNING, A. A. Tratamento industrial de sementes mais prático e eficiente. **Revista campo e negócio**, v.4, [S.l.], n.115, 2012.
- HENNING, A. A.; FRANÇA NETO, J. B.; COSTA, N. P. Recomendação do tratamento químico de sementes de soja *Glycine max* (L.) Merrill., Londrina: Embrapa CNPSo, 1981. 9p. (EMBRAPA-CNPSo. Comunicado Técnico, 12).
- JUHÁSZ, A. C. P. *et al.* Desafios fitossanitários para a produção de soja. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 34, n. 276, p. 66-75, 2013.
- KRZYANOWSKI, F.C.*et al.* A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Circular técnica 136**. Londrina, PR, 2018.
- LEMES, E. *et al.* Tratamento de sementes industrial: potencial de armazenamento de sementes de soja tratadas. **Colloquium Agrarie**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 94-103, 2019.
- LOPES, M. P.; SILVA, C. B.; VIEIRA, R. D. Physiological potent of eggplant seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 225-230, 2013.

- LUCCA FILHO, O.A.; FARIAS, C.R.J. Patologia de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Universitária/UFPel, 2012, p. 273-369.
- LUDWIG, M. P. Tratamento de sementes: profissionalização. **Revista Seed News**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 10-12, 2017.
- LUDWIG, M. P. *et al.* Armazenamento de sementes de soja tratadas e seu efeito no desempenho de plântulas. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n. 1, p. 51-56, 2015.
- LUDWIG, M. P. *et al.* Qualidade de sementes de soja armazenadas após recobrimento com aminoácido, polímero, fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 395-406, 2011.
- LUDWIG, M. P. *et al.* Impact of controlled atmosphere storage on physiological quality of soybean seed. **Journal of Stored Products Research**, [S.l.], 2021.
- MAGUIRE, J.D. Velocidade de germinação na seleção e avaliação de emergência e vigor de plântulas. **Crop Science**, [S.l.], v.2, p. 176-177, 1962.
- MAVAIEIE, D.P.R.; **Desempenho de sementes de soja tratadas e não tratadas armazenadas em diferentes condições**. 2014. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.3, p.1-24.
- MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Editora: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes - ABRATES, Londrina, PR, 2015. 659p.
- MBOFUNG, G. C. Y. *et al.* Effects of storage temperature and relative humidity on viability and vigor of treated soyben seeds. **Crop Science**, New York, v. 53, p. 1085-1095, 2013.
- MIGLIORINI, P. *et al.* Efeito do tratamento químico e biológico na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de canola. **Centro científico conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 788-801, 2012.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Consulta de Produtos Formulados. Disponível em <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso 18 abr. 2020.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, VIEIRA, R.D.; NETO, J.B.F. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p

OLIVEIRA, A. F. de *et al.* Preparação, caracterização e propriedades de filmes poliméricos com potencial aplicação no recobrimento de sementes. **Química Nova**, [S.l.], v. 32, n. 7, p. 1845-1849, 2009.

PARAGINSKI, R. T. *et al.* Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 358-363, 2015.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. Produção de sementes. In: PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S.; SCHUCH, L. O. B. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: UFPel, 2012. p. 418.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGELLO, G. E. Valorizando a semente. **Revista Internacional de Sementes**, Pelotas, v. 20, n.2, p.18-21, 2016.

PELIZZARI, É. V. *et al.* Processo de sorção e dessorção: Efeito na qualidade fisiológica de sementes. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 3180-3194, 2020.

PEREIRA, C. E. *et al.* Tratamento fungicida e peliculização de sementes de soja submetidas ao armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 158-164, 2011.

PEREIRA, L. C. *et al.* Efeito da adição de biorregulador ao tratamento industrial sobre a qualidade de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) aos sessenta dias de armazenamento. **Revista colombiana de investigaciones agroindustriales**, [S.l.], v. 3, p. 15-22, 2016.

PEREIRA, L. C. *et al.* Physiological potential of soybean seeds over storage after industrial treatment. **Journal of Seed Science**, [S.l.], v. 40, p. 272-280, 2018.

PICCININ, G. G. *et al.* Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 289-298, 2013.

PRETTO, C. *et al.* Avaliação técnico-econômica do processo de obtenção de oligopeptídeos e etanol a partir da casca de soja. **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, Florianópolis, p. 1-8, 2014.

REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 395p.

ROCHA, B. G. R. *et al.* Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 2, p. 376-384, 2018.

ROCHA, G. C. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Revista Científica**, Goianésia, v. 1, n. 5, p. 50-65, 2017.

RODRIGUES, A. R.; ABREU, M. L. D.; OLIVEIRA, E. D. S. D. Cultivo da soja em sistemas de semeadura em linhas cruzadas e convencional. **Energia na agricultura**, Botucatu, v. 32, p. 17-23, 2017.

ROSSI, R. CAVARIANI, C. FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**. Belém, v. 60, n. 3, p. 215-222, 2017.

ROY, A. *et al.* Controlled pesticide release from biodegradable polymers. **Central European Journal of Chemistry**, [S.l.]. v. 12, n. 4, p. 453-469, 2014.

SANTOS, V. M. *et al.* Soybean seed chemical treatment associated with inoculants: physiological and agronomical analyses. **Plants Physiology Reports**, [S.l.], 2021.

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

SEGALIN, S. R. *et al.* Physiological quality of soybean seeds treated with different spray volumes. **Journal of Seed Science**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 501-509, 2013.

SILVA, F. S. *et al.* Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 8, n. 1, p. 45-56, 2010.

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**, Londrina, v. 41, n. 1, p. 069-075, 2019.

SOSA-GÓMEZ, D. R. *et al.* Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja. 3. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

TAYLOR, A.G.; SALANENKA, Y.A. Seed treatments: phytotoxicity amelioration and tracer uptake. **Seed Science Research**, v.22, p.86-90, 2012.

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

TONIN, R. F. B., *et al.* Potencial fisiológico de sementes de milho híbrido tratadas com inseticidas e armazenadas em duas condições de ambiente. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v.5, n.1, p.7-16, 2014.

VIEIRA, E. H.; SIMONETTI, A. P. M. M. Análise fisiológica de sementes de soja submetidas a tratamento de sementes e diferentes períodos de armazenamento. **Cultivando o saber**, Cascavel, v. 7, n. 4, p. 415-425, 2014.

ZIEGLER, V. et al. Efeitos da temperatura e umidade durante armazenamento semi-hermético sobre parâmetros de avaliação da qualidade dos grãos e óleo de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 131-144, 2016.

4 ARTIGO 2

Qualidade sanitária de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial e ao armazenamento em diferentes ambientes

QUALIDADE SANITÁRIA DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS AO TRATAMENTO INDUSTRIAL E AO ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES AMBIENTES

RESUMO

Os fungos são agentes fitopatogênicos que podem atacar sementes e plântulas, reduzindo o estande inicial de plantas e o potencial produtivo das culturas. O ataque destes patógenos pode ser minimizado com a utilização do tratamento industrial de sementes. As sementes tratadas quimicamente muitas vezes são armazenadas por determinados períodos até a semeadura, o que pode acarretar a redução da qualidade e na perda da eficiência dos produtos. O presente estudo objetivou avaliar a qualidade sanitária de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes, com posterior armazenamento em diferentes ambientes. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, arranjado em parcelas subdivididas (tempo x sistemas de armazenamento x tratamento industrial de sementes), com quatro repetições. A cultivar de soja 55I57RSF IPRO foi submetida ao tratamento industrial de sementes com fungicida (metalaxil-M, tiabendazol e fludioxonil) e inseticida (tiametoxam e ciantraniliprole), combinados ou não com polímero e pó secante, e armazenadas em ambiente controlado e natural por 180 dias. A cada 45 dias de armazenamento foi realizado o teste de sanidade. Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), com posterior aplicação do teste de *Scott-Knott* ou análise de regressão. Durante o armazenamento e em ambos os sistemas, houve aumento na incidência de fungos do gênero *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., sendo que no armazenamento em ambiente controlado ocorreu menor incidência destes fungos. Ao longo do armazenamento e em ambos os sistemas, houve redução da incidência de fungos dos gêneros *Fusarium* spp. *Colletotricum* spp. *Phomopsis* spp. e *Cercospora* spp. As sementes submetidas ao tratamento industrial com aplicação de fungicida não apresentaram crescimento fúngico antes e durante o armazenamento. O fungicida, combinado ou não, foi eficiente no controle de fungos antes e durante o armazenamento das sementes de soja.

Palavras-chave: TSI. Incidência. Fungos.

SANITARY QUALITY OF SOYBEAN SEEDS SUBMITTED TO INDUSTRIAL TREATMENT AND STORAGE IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

Abstract

Fungi are phytopathogenic agents that can attack seeds and seedlings, reducing the initial stand of plants and the productive potential of crops. The attack of these pathogens can be minimized with the use of industrial seed treatment. Chemically treated seeds are often stored for certain periods until sowing, which can lead to reduced quality and loss of product efficiency. The present study aimed to evaluate the sanitary quality of soybean seeds submitted to industrial seed treatment, with subsequent storage under different environments. The experiment was conducted in completely randomized blocks, arranged in a split-plot design (time x storage systems x industrial seed treatment) with four replications. The soybean cultivar 55I57RSF IPRO was subjected to industrial seed treatment with fungicide (metalaxyl-M, thiabendazole and fludioxonil) and insecticide (thiamethoxam and cyantraniliprole), combined or not with polymer and drying powder, and stored in a controlled and natural environment for 180 days. Every 45 days of storage, a sanity test was performed. Data were subjected to analysis of variance using the F test ($p < 0.05$), with subsequent application of the *Scott-Knott* test or regression analysis. During storage and in both systems, there was an increase in the incidence of fungi of the genus *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp., and storage in a controlled environment resulted in a lower incidence of these fungi. During storage and in both systems, there was a reduction in the incidence of fungi of the genera *Fusarium* spp. *Colletotricum* spp. *Phomopsis* spp. and *Cercospora* spp. The seeds submitted to industrial treatment with fungicide application did not show fungal growth before and during storage. The fungicide, combined or not, was efficient in controlling fungi before and during the storage of soybean seeds.

Keywords: TSI. Incidence. Fungi.

4.1 INTRODUÇÃO

A utilização de diversas práticas de manejo nas etapas de produção da soja é importante para se atingir altas produtividades. O uso sementes de alta qualidade é indispensável para o alcance de altas produtividades, pois é na sementeira que se estabelece o potencial produtivo. Uma boa sementeira é realizada com sementes de alta qualidade física, fisiológica, sanitária e genética, sementeiras no momento certo.

Em todas as etapas de produção, a qualidade das sementes pode ser comprometida pela associação de microrganismos fitopatogênicos (Medeiros *et al.*, 2019). Os fungos são considerados os principais agentes de deterioração de sementes armazenadas, pois levam a perda de germinação, descoloração, redução do valor nutricional e alterações do odor das sementes (Scussel, Savi & Kluczkovski, 2018).

A qualidade sanitária indica se as sementes de um lote são sadias e livre de patógenos como bactérias, nematoides, vírus e, principalmente, fungos (Peske, Villela & Meneghello, 2016). Os fungos podem atuar sobre as sementes de soja, tanto no campo quanto no armazenamento, e contribuir para a rápida deterioração das sementes, provocando redução da sua qualidade. Os fungos transmitidos por sementes ou presentes no solo são organismos que podem provocar muitas doenças na cultura da soja (Brzezinski *et al.*, 2015), e com isso, o rendimento da soja pode ser limitado (Lemes *et al.*, 2019).

A incidência de fungos de diferentes gêneros, principalmente *Fusarium* spp., *Coletotricum* spp., *Phomopsis* spp., *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. já foram detectados em sementes de soja sem tratamento químico por diferentes pesquisadores (Ludwig *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2016; Conceição *et al.*, 2016).

O ataque de fungos sobre sementes e plântulas pode ser minimizado com a realização do tratamento de sementes com o uso de fungicidas. O tratamento de sementes com fungicida e inseticida é uma prática eficiente para o controle de patógenos transmitidos por sementes, reduzindo falhas na germinação e na emergência de plântulas a campo (Balardin *et al.*, 2011; Migliorine *et al.*, 2012; Conceição *et al.*, 2014; Cunha *et al.*, 2015).

A eficiência do tratamento de sementes com fungicida já foi verificada em outros estudos. O tratamento de sementes proporcionou o controle de fungos antes e durante o armazenamento, sendo que a adição de polímeros não influenciou o desempenho dos fungicidas que foram eficientes no controle dos fungos (Pereira *et al.* 2011; Pereira *et al.* 2016; Conceição *et al.* 2016). Houve redução da incidência de fungos dos gêneros *Rhizoctonia* spp. *Fusarium* spp. *Colletotrichum* spp., *Phomopsis* spp. e *Alternaria* spp. após a realização do tratamento de

sementes com fungicida, mas sem efeito do mesmo sobre o fungo *Cercospora* spp. (Ludwig *et al.* 2011).

A deterioração das sementes é algo inevitável, no entanto pode e deve ser reduzida ao máximo possível durante o armazenamento, para que não haja perda de qualidade das sementes. O principal objetivo do armazenamento é a manutenção da qualidade das sementes, para que tenham longevidade durante o tempo que ficarão armazenadas até a semeadura (Villela & Menezes, 2014). Porém, em condições não controladas, a deterioração das sementes pode ser acelerada em função da temperatura, da umidade relativa do ar, ataque de fungos e insetos, levando as sementes a perda de qualidade rapidamente (Ludwig *et al.*, 2011; Marcos Filho, 2015). Ou seja, quanto mais tempo as sementes ficarem expostas a estes fatores, maior será a sua deterioração (Rocha *et al.*, 2017).

O tratamento industrial de sementes é uma prática importante que contribui na redução de fungos fitopatogênicos que atacam sementes e plântulas de soja. O momento da aplicação dos produtos antifúngicos é de extrema importância para que não se tenha perda do ingrediente ativo depositado sobre as sementes, deixando-as suscetíveis ao ataque dos fungos. Com o advento do tratamento industrial de sementes de soja, as mesmas podem ficar armazenadas por um determinado período até a semeadura, diferentemente do tratamento de sementes realizado na fazenda, onde as sementes são semeadas logo após o tratamento. Além disso, muitos produtos com diferentes funções estão disponíveis no mercado para o tratamento industrial, sendo que muitas vezes não se conhece os efeitos positivos e/ou negativos da mistura desses produtos sobre a qualidade das sementes de soja. Dessa forma, o período e as condições de armazenamento de sementes de soja tratadas quimicamente devem ser estudados para contribuir na tomada de decisão dos profissionais envolvidos.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade sanitária de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes, com posterior armazenamento em diferentes ambientes.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

LOCAL DE CONDUÇÃO E EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no laboratório do grupo de pesquisa Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas (MASSA), na Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim e no Agro Sementes Laboratório de Análises, Erechim, RS.

OBTENÇÃO DAS SEMENTES

As sementes de soja utilizadas no experimento foram da cultivar 55157RSF IPRO (BMX Zeus), safra 2019/2020, categoria S1, calibre 6,00 mm, lote S19RO6006, produzidas e beneficiadas pela empresa Sementes Estrela. Após a colheita e beneficiamento, as sementes foram armazenadas em ambiente natural por 90 dias antes do tratamento industrial.

TRATAMENTO INDUSTRIAL DAS SEMENTES

O tratamento industrial de sementes foi realizado com os ingredientes ativos e respectivas doses apresentados na Tabela 1:

TABELA 1: Produtos e respectivas doses utilizadas para o tratamento industrial das sementes de soja

PRODUTOS	INGREDIENTE ATIVO	DOSE (100 Kg de sementes)
Fungicida	Metalaxil-M, Tiabendazol e Fludioxonil	100 mL
Inseticida	Tiametoxam	200 mL
Inseticida	Ciantraniliprole	60 mL
Polímero	Disco AG Red L-232	100 mL
Pó secante	Fluidus F-028 gloss	180 g

As sementes de soja, após homogeneizadas, foram submetidas ao tratamento industrial de sementes conforme a Tabela 2:

TABELA 2: Tratamento industrial de sementes (TIS) realizado nas sementes de soja

TIS	COMBINAÇÕES
TIS1	Sem tratamento
TIS2	Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante
TIS3	Fungicida + Inseticida + Polímero
TIS4	Fungicida + Inseticida + Pó secante
TIS5	Fungicida + Inseticida
TIS6	Fungicida
TIS7	Inseticida

Para preparo da calda foi adicionado água aos produtos até atingir, em cada tratamento, volume de 700 ml/100 kg de sementes.

O tratamento industrial de sementes foi realizado com auxílio de uma máquina de tratamento de sementes por batelada, com capacidade para tratar quatro quilogramas, da marca Grazmec, com disco de atomização rotativo, utilizada para tratamento de sementes em pequena escala. Foram colocados quatro quilogramas de sementes sobre a bandeja da máquina e, com o disco atomizador ligado, as misturas dos produtos foram postas com o auxílio de uma seringa.

O ciclo em cada batelada foi de 10 segundos para aplicação da mistura e 25 segundos para recobrimento das sementes, totalizando 35 segundos/batelada. A descarga das sementes foi efetuada manualmente num saco de ráfia e, após 24 horas de descanso para secagem dos produtos, as sementes foram encaminhadas para o armazenamento.

ARMAZENAMENTO

Após o tratamento e 24 horas de descanso, as sementes foram armazenadas em dois sistemas: ambiente controlado, com controle de umidade relativa ($\pm 63\%$) e temperatura ($\pm 20^\circ\text{C}$) e em ambiente natural, com umidade relativa e temperatura ambiente. A umidade relativa do ar e a temperatura dos locais de armazenamento foram monitoradas periodicamente por meio de um termo-higrômetro digital. A armazenagem das sementes foi realizada em sacos de papel *kraft*, sendo que cada unidade experimental foi composta por aproximadamente 1000 g de sementes.

Ao longo do armazenamento, no sistema em ambiente controlado (Figura 1A), a temperatura média registrada foi de 17°C , variando de 15 a 19°C . A umidade relativa média do ar no armazenamento em ambiente controlado foi de 45% , variando de 40 a 49% . Já no sistema de armazenamento em ambiente natural, a temperatura e a umidade relativa do ar tiveram maior oscilação durante o armazenamento. A temperatura média do ar no armazenamento em ambiente natural foi de 27°C , variando de 11 a 35°C (Figura 1B). A umidade relativa média do ar no armazenamento em ambiente natural foi de 65% , variando de 45 a 90% .

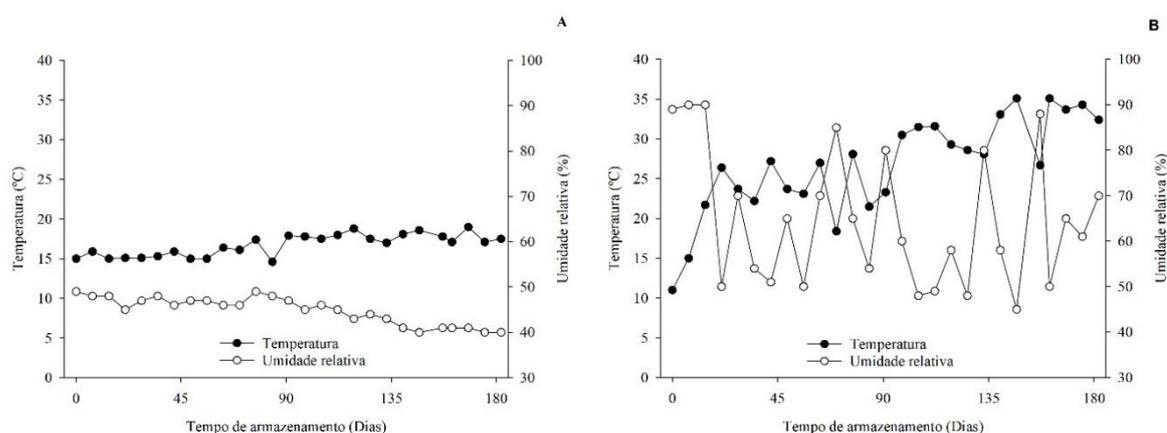


FIGURA 1: Temperatura e umidade relativa durante o período de armazenamento em ambiente controlado (A) e ambiente natural (B) de sementes de soja tratadas quimicamente com fungicida, inseticida, polímero e pó secante.

O teor de água das sementes logo após o tratamento apresentou valores entre 11 e 12% para todos os tratamentos. No decorrer do armazenamento, o teor de água reduziu para valores entre 10 e 12% aos 45 dias de armazenamento, 8 e 10% aos 90 dias, 7 e 9% aos 135 e 180 dias de armazenamento para todos os tratamentos. No armazenamento em AC o teor de água foi menor ao longo de todo o período de armazenamento, em relação ao armazenamento em AN.

As sementes foram armazenadas durante 180 dias, efetuando-se, no início do armazenamento e a cada 15 dias, casualização na disposição das unidades experimentais a fim de balancear os efeitos ambientais. A cada 45 dias de armazenamento foram coletadas quatro unidades experimentais (4 repetições) de sementes de cada tratamento, para efetuar as análises físicas e fisiológicas.

Cada unidade de armazenagem consistiu em uma unidade experimental numerada de um a 240 aleatoriamente. As unidades experimentais foram alocadas em fileiras, sem sobreposição, sobre prateleiras no armazenamento em ambiente controlado e sobre lastros de madeira no armazenamento em ambiente natural, também sem sobreposição. As unidades experimentais foram consideradas como amostra média, na qual foram abertas em cada período de análise sem serem repostas.

ANÁLISES DE QUALIDADE

A avaliação da qualidade das sementes foi realizada por meio de análise sanitária.

Para a realização da análise foram coletadas quatro unidades experimentais (quatro repetições) após a realização do tratamento industrial, e posteriormente a cada 45 dias de armazenamento, por um período de 180 dias (0, 45, 90, 135 e 180 dias de armazenamento), consistindo em cinco períodos de avaliação.

Teste de sanidade (*Blotter test*)

A análise sanitária foi realizada pelo método do papel filtro, “*Blotter test*”, conforme Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Foram semeadas quatro subamostras de 50 sementes por repetição de cada tratamento, distribuídos em *gerbox* previamente esterilizados com álcool etílico 70%, contendo três folhas de papel filtro esterilizados e umedecidos com água destilada 2,5 vezes o seu peso seco. Para evitar a germinação das sementes, o substrato de papel foi umedecido em solução contendo o herbicida 2,4-D a 5 ppm de concentração. As sementes foram mantidas em câmara BOD a 20 °C e fotoperíodo de 12/12 h, por sete dias (Brasil, 2009). Após este período foi efetuada a observação individual das sementes para

verificar a possível incidência de fungos, com auxílio de uma lupa estereoscópica e microscópico ótico, quando necessário.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado, disposto em arranjo de parcelas subdivididas 5x2x7 (cinco períodos de armazenamento x dois sistemas de armazenamento x sete TIS), com quatro repetições.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade da variância e normalidade dos resíduos. Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Apresentando significância, os fatores qualitativos foram comparados pelo teste de *Scott-Knott* ($p \leq 0,05$), já para os fatores quantitativos foi aplicado análise de regressão. Os modelos foram selecionados com base na significância da regressão, pelo teste “t” ($p \leq 0,05$), pelo valor do coeficiente de determinação ($r^2 > 0,60$), pela significância da regressão ($p \leq 0,05$) e pelo comportamento biológico.

4.3 RESULTADOS

Os gêneros de fungos encontrados com maior frequência foram: *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp.. Também, foram observados fungos dos gêneros *Colletotrichum* spp., *Phomopsis* spp. e *Cercospora* spp., porém foram agrupados em outros fungos (OF) devido à baixa frequência nas sementes.

Para os gêneros *Fusarium* spp. e *Penicillium* spp. houve interação tripla entre os fatores tempo x sistema de armazenamento x tratamento industrial de sementes. Para o gênero *Aspergillus* spp. e OF houve interação dupla entre os fatores tempo x tratamento industrial de sementes e sistemas x tratamento industrial de sementes (TIS) (Apêndice 3).

As sementes submetidas ao TIS1 e TIS7 apresentaram incidência do fungo *Fusarium* spp. após a realização do tratamento de sementes, com redução ao longo do armazenamento em ambos os sistemas, sendo que a maior incidência foi observada nas sementes submetidas ao TIS1 em todo o período estudado (Figura 2). As sementes submetidas ao TIS2, TIS3, TIS4, TIS5 e TIS6 não apresentaram crescimento fúngico para o gênero *Fusarium* spp. logo após o tratamento de sementes e ao longo do armazenamento em ambos os sistemas de armazenamento.

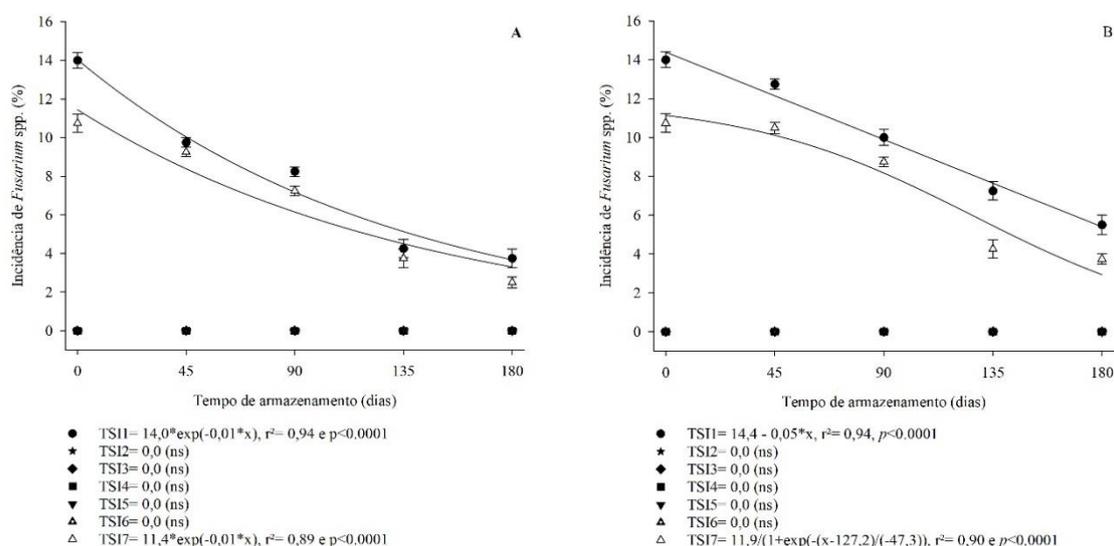


FIGURA 2: Incidência de *Fusarium* spp. (%) em sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e armazenadas em ambiente controlado (A) e natural (B). TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida.

O armazenamento em ambiente controlado proporcionou que a incidência de fungos do gênero *Fusarium* spp. fosse inferior ao armazenamento em ambiente natural (Tabela 3).

TABELA 3: Incidência de *Fusarium* spp. (%) em sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e natural (AN)

Tempo de armazenamento (dias)	AC	AN
0	3,5 A*	3,5 A
45	2,7 B	3,3 A
90	2,2 B	2,6 A
135	1,1 B	1,6 A
180	0,9 B	1,3 A

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de *Scott-Knott* a 5% de probabilidade.

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de *Scott-Knott* a 5% de probabilidade. TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida. SA: Sistema de armazenamento.

As sementes submetidas ao TIS1 e TIS7 apresentaram incidência do fungo *Penicillium* spp. após a realização do tratamento de sementes, com aumento ao longo do armazenamento e em ambos os sistemas de armazenamento, com maior incidência observada nas sementes submetidas ao TIS1 (Figura 4). As sementes submetidas ao TIS2, TIS3, TIS4, TIS5 e TIS6 não apresentaram crescimento fúngico para o gênero *Penicillium* spp. logo após o tratamento de sementes e ao longo do armazenamento, em ambos os sistemas de armazenamento (Figura 4).

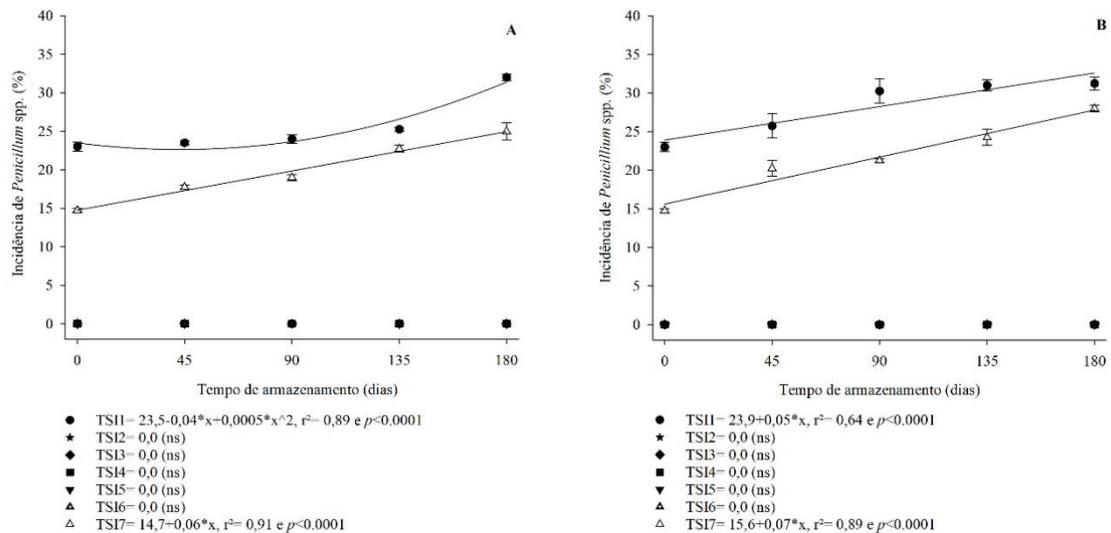


FIGURA 4: Incidência de *Penicillium* spp. (%) em sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e armazenadas em ambiente controlado (A) e natural (B). TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida.

O armazenamento em AC proporcionou que a incidência de fungos do gênero *Penicillium* spp. fosse inferior ao armazenamento em AN (Tabela 5).

TABELA 5: Incidência de *Penicillium* spp. (%) em sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e com posterior armazenamento em ambiente controlado (AC) e natural (AN)

Tempo de armazenamento (dias)	AC	AN
0	5,4 B*	5,4 A
45	5,9 B	6,6 A

90	6,1 B	7,3 A
135	6,9 B	7,9 A
180	8,1 B	8,5 A

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de *Scott-Knott* a 5% de probabilidade.

As sementes de soja submetidas ao TIS1 e TIS7 apresentaram incidência de OF logo após a realização do tratamento de sementes, com redução ao longo do armazenamento, com maior incidência observada nas sementes submetidas ao TIS1, independentemente do sistema de armazenamento (Figura 5). As sementes submetidas ao TIS2, TIS3, TIS4, TIS5 e TIS6 não apresentaram crescimento fúngico para OF logo após o tratamento de sementes e ao longo do armazenamento.

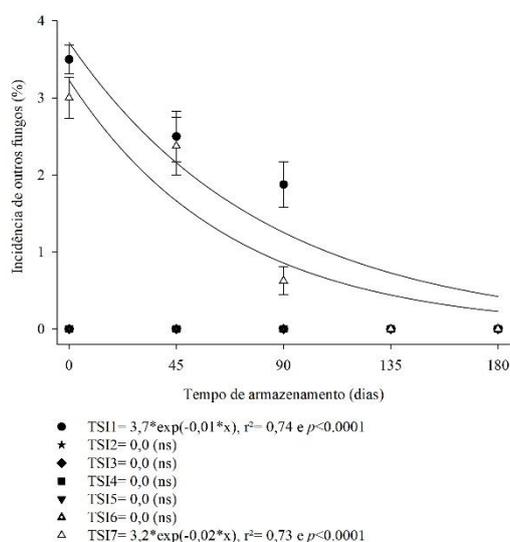


FIGURA 5: Incidência de outros fungos (%) em sementes de soja submetidas ao tratamento de sementes industrial e armazenadas por 180 dias, independentemente do sistema de armazenamento. As médias originais foram apresentadas na regressão, porém os dados foram comparados a partir de uma transformada utilizando $\sqrt{(x+1)}$. TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida.

Em relação ao sistema de armazenamento, o ambiente controlado (AC) permitiu menor incidência OF em relação ao armazenamento em ambiente natural (AN), tanto para o TIS1 quanto para o TIS7, com menor incidência observada nas sementes do TIS7, independentemente do tempo de armazenamento (Tabela 6). Os demais tratamentos não apresentaram incidência de OF em nenhum dos sistemas de armazenamento.

TABELA 6: Incidência de outros fungos (%) em sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e armazenadas em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN), independentemente do tempo de armazenamento

SA	TIS1	TIS2	TIS3	TIS4	TIS5	TIS6	TIS7
AC	1,3 bA*	0,0 aC	1,1 bB				
AN	1,8 aA	0,0 aC	1,3 aB				

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de *Scott-Knott* a 5% de probabilidade. As médias originais foram apresentadas, porém os dados foram comparados a partir de uma transformada utilizando $\sqrt{(x+1)}$. TIS1: Testemunha; TIS2: Fungicida + Inseticida + Polímero + Pó secante; TIS3: Fungicida + Inseticida + Polímero; TIS4: Fungicida + Inseticida + Pó secante; TIS5: Fungicida + Inseticida; TIS6: Fungicida; TIS7: Inseticida. SA: Sistema de armazenamento.

4.4 DISCUSSÃO

As sementes de soja submetidas ao TIS com aplicação de fungicida não apresentaram incidência de fungos de campo e nem de armazenamento logo após a sua aplicação, bem como no decorrer do armazenamento, demonstrando a eficiência dos produtos antifúngicos aplicados sobre as sementes. Estes resultados são semelhantes aos encontrados na literatura por diferentes pesquisadores. Ferreira *et al.* (2016) e Conceição *et al.* (2016) também verificaram eficiência do tratamento de sementes de soja no controle de fungos antes e durante o armazenamento. Ludwig *et al.* (2011) observaram redução de *Fusarium* spp., *Colletotrichum* spp., *Phomopsis* spp. ao longo do armazenamento de sementes de soja, com exceção do gênero *Cercospora* spp.

O tratamento de sementes com fungicida é uma importante ferramenta para o controle de fungos, reduzindo os efeitos negativos provocados por estes agentes sobre sementes e plântulas de soja. A utilização de fungicidas e inseticidas no tratamento de sementes visa a proteção das sementes contra o ataque de patógenos, reduzindo os danos causados por fungos e insetos-praga em sementes e plântulas, melhorando a qualidade sanitária (Balardin *et al.*, 2011; Conceição *et al.*, 2014; Cunha *et al.*, 2015). O tratamento de sementes com fungicida e inseticida se mostra eficiente no controle de patógenos, reduzindo falhas na germinação e na emergência de plântulas, propiciando bom estabelecimento de plantas na lavoura (Dan *et al.*, 2010; Migliorine *et al.*, 2012).

A não incidência de fungos nas sementes tratadas com os fungicidas está relacionado com a finalidade dos ingredientes ativos metalaxil-M + tiabendazol + fludioxonil. Estes ingredientes ativos estão registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o controle de: *Fusarium pallidoroseum*, *Cercospora kikuchii*, *Phomopsis sojae*, *Cladosporium herbarum*, *Rhizoctnia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, e *Aspergillus* spp na cultura da soja, *Penicillium* spp. em feijão e *Colletotrichum* spp em feijão e sorgo (BRASIL,

2021), demonstrando a sua eficácia no controle dos fungos presentes nas sementes de soja do presente estudo.

A utilização de polímero e pó secante, conjuntamente com o fungicida e inseticida, não afetou o desempenho dos fungicidas, pois não alterou o controle dos fungos sobre as sementes. Conforme Ludwig *et al.* (2011), Pereira *et al.* (2011) e Conceição *et al.* (2016), a utilização de polímero também não interferiu no desempenho do + fungicida quando combinados, pois não modificou a presença de fungos sobre as sementes de soja, evidenciando a viabilidade na utilização deste produto.

Para a diferença entre o TIS1 e o TIS7 não foi encontrado trabalhos que expliquem o controle de fungos com a utilização do inseticida tiametoxam.

O armazenamento em AC proporcionou maior redução de *Fusarium* spp. e OF e menor incidência de *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. ao longo do armazenamento, em relação ao armazenamento em AN. Este fato pode estar relacionado com a baixa temperatura, baixa umidade relativa (UR) do ar e baixo teor de água das sementes ao longo do armazenamento em AC, em relação ao armazenamento em AN.

Os resultados de redução dos fungos de campo durante o armazenamento corroboram com outros resultados encontrados na literatura. Pereira *et al.* (2011) e Ferreira *et al.* (2016) relataram redução na incidência de fungos, oriundos do campo, *Fusarium* spp. e *Phomopsis* spp. após o armazenamento de sementes de soja sem tratamento químico.

Os gêneros *Fusarium* spp., *Cercospora* spp., *Phomopsis* spp, e *Colletotrichum* spp são considerados fungos de campo, pois necessitam de alta umidade relativa e temperaturas para sobrevivência. As condições de temperatura, UR do ar e o baixo de teor de água das sementes de soja pode explicar o decréscimo na incidência de *Fusarium* spp. e dos OF ao longo do armazenamento em ambos os sistemas de armazenamento. Segundo Ferrari Filho *et al.* (2012), a redução de *Fusarium* spp. durante o armazenamento ocorre em virtude da perda de viabilidade dos esporos, pois estes estão facilmente sujeitos a dessecação.

O aumento dos fungos de armazenamento em sementes de soja também foi verificado em trabalhos desenvolvidos por outros autores. Perreira *et al.* (2011) relatam aumento na incidência de *Aspergillus* spp. após o armazenamento de sementes de soja sem tratamento químico. Conceição *et al.* (2016) verificaram aumento na incidência de *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. ao longo do armazenamento de sementes de soja.

O acréscimo de fungos dos gêneros *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. ao longo do armazenamento, em ambos os sistemas, podem ser em virtude das condições de temperatura,

UR do ar e baixo teor de água das sementes. Estes fungos são capazes de sobreviver em locais com baixa UR do ar e baixo teor de água nas sementes e por isso são classificados em fungos de armazenamento. Para Ferrari Filho *et al.* (2012) *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. são denominados fungos de armazenamento, pois são mais comumente encontrados em sementes durante a secagem e o armazenamento. Os fungos *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. podem estar presentes em sementes recém-colhidas, mas sobrevivem e proliferam-se durante o armazenamento, pois necessitam de ambiente com baixa UR do ar para se desenvolverem (Soares *et al.*, 2015).

Conforme Rocha *et al.* (2014), os fungos de armazenamento estão presentes em baixa quantidade nas sementes recém-colhidas e são capazes de sobreviver em ambiente com baixa umidade, se proliferando em substituição aos fungos de campo, podendo acelerar a deterioração das sementes ao longo do armazenamento. Os fungos de armazenamento *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. são responsáveis pela deterioração das sementes de soja durante o armazenamento (Costa, Bonassa & Novembre, 2013).

4.5 CONCLUSÕES

Ocorreu aumento dos fungos de armazenamento e redução dos fungos de campo durante o armazenamento das sementes de soja sem tratamento químico e com aplicação de inseticida isolado.

O tratamento industrial de sementes com fungicida, combinado ou não, promoveu o controle de fungos antes e durante o armazenamento.

A adição de polímero e pó secante ao fungicida e inseticida não influenciaram negativamente no controle de fungos.

O armazenamento em ambiente controlado promoveu menor aumento na incidência de fungos de armazenamento e maior redução na incidência de fungos de campo durante o armazenamento.

REFERÊNCIAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: grãos: safra 2019/20 – décimo segundo levantamento – fevereiro/2021. Brasília: Conab, v. 7, n. 12, setembro 2020. 68 p

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: grãos: safra 2020/21 – quinto levantamento – fevereiro/2021. Brasília: Conab, v. 8, n. 5, fevereiro 2021. 94 p

ALVES, J. S. *et al.* Severidade de doenças fúngicas em genótipos de soja semeados em Uberaba, MG. **Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 21, p. 236-244, 2013.

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

ÁVILA, M.R. *et al.* Physiological quality, content and activity of antioxidants in soybean seeds artificially aged. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v.34, p.397-407, 2012.

BALARDIN, R. S. *et al.* Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1120-1126, 2011.

BELLÉ, R. B.; FONTANA, D. C. Patógenos de solo: principais doenças vasculares e radiculares e formas de controle. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 28, p. 779-803, 2018.

BRZEZINSKI, C. R. *et al.* Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 37, n. 2, p. 147-153, 2015.

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

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

CHANDA, A. K. *et al.* Development of a quantitative polymerase chain reaction detection protocol for *Cercospora kikuchii* in soybean leaves and its use for documenting latent infection as affected by fungicide applications. **Phytopathology**, [S.l.], 104(10), 1118-1124, 2014.

CONCEIÇÃO, G. M. *et al.* Desempenho de plântulas e produtividade de soja submetida a diferentes tratamentos químicos nas sementes. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1711-1720, 2014.

CONCEIÇÃO, G. M. *et al.* Physiological and sanitary quality of soybean seeds under different chemical treatments during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 11, p. 1020-1024, 2016.

COSTA, D. S.; BONASSA, N.; NOVENBRE, A. D. L. C. Incidence of storage fungi and hydropriming on soybean seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.35, p.35-41, 2013.

CUNHA, R. P. D. *et al.* Diferentes tratamentos de sementes sobre o desenvolvimento de plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 10, 2015.

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

- DANELLI, A. L. et al. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de soja em função do tratamento químico de sementes e foliar no campo. **Ciência y Tecnología**, Madrid, v. 4, n. 2, p. 29-37, 2011.
- DECARLI, L. et al. Tratamento industrial em sementes de soja: qualidade fisiológica e desempenho da cultura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 3, 2019.
- DORNELES, G. D. O. et al. Desempenho de sementes de soja submetidas a tratamento com fungicida/inseticida e períodos de armazenamento. **Brasilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 3, p. 2303-2310, 2016.
- FERRARI FILHO, E., et al. Qualidade de grãos de trigo submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 18, n.1, p.25-35, 2012.
- FERREIRA, T. F.; et al. Isoenzyme activity in maize hybrid seeds harvested with different moisture contents and treated. **Journal of Seed Science**. [S.l.], v. 37, n. 2, p. 139-146, 2015.
- FERREIRA, T. F. et al. Quality of soybean seeds treated with fungicides and insecticides before and after storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 278-286, 2016.
- FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; PINTO, T.L.F. Avaliação da evolução de danos por ‘umidade’ e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG 113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raio X e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v.32, p.123- 133, 2010.
- FREITAS, M. D. C. et al. Época de semeadura e densidade populacional de linhagens de soja UFU de ciclo semitardio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 698-708, 2010
- LEMES, E. et al. Tratamento de sementes industrial: potencial de armazenamento de sementes de soja tratadas. **Colloquium Agrarie**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 94-103, 2019.
- LUDWIG, M. P. et al. Qualidade de sementes de soja armazenadas após recobrimento com aminoácido, polímero, fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 395-406, 2011.
- MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Editora: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes - ABRATES, Londrina, PR, 2015. 659p.
- MBOFUNG, G. C. Y. et al. Effects of storage temperature and relative humidity on viability and vigor of treated soyben seeds. **Crop Science**, New York, v. 53, p. 1085-1095, 2013.
- MEDEIROS, J. G. F. et al. Fungos associados às sementes de *Enterolobium contortisiliquum*: análise da incidência, controle e efeitos na qualidade fisiológica com o uso de extratos vegetais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 47-58, 2016.

MIGLIORINI, P. *et al.* Efeito do tratamento químico e biológico na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de canola. **Centro científico conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 788-801, 2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO.

Consulta de Produtos Formulados. Disponível em

<http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso 18 abr. 2020.

PARAGINSKI, R. T. *et al.* Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 358-363, 2015.

PELIZZARI, É. V. *et al.* Processo de sorção e dessorção: Efeito na qualidade fisiológica de sementes. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 3180-3194, 2020.

PEREIRA, C. E. *et al.* Tratamento fungicida e peliculização de sementes de soja submetidas ao armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 158-164, 2011.

PEREIRA, L. C. *et al.* Efeito da adição de biorregulador ao tratamento industrial sobre a qualidade de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) aos sessenta dias de armazenamento. **Revista colombiana de investigaciones agroindustriales**, v. 3, p. 15-22, 2016.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGELLO, G. E. Valorizando a semente. **Revista Internacional de Sementes**, Pelotas, v. 20, n.2, p.18-21, 2016.

PICCININ, G. G. *et al.* Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de soja tratadas com inseticidas. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 289-298, 2013.

REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 395p.

ROCHA, G. C. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Revista Científica**, Goianésia, v. 1, n. 5, p. 50-65, 2017

RODRIGUES, A. R.; ABREU, M. L. D.; OLIVEIRA, E. D. S. D. Cultivo da soja em sistemas de semeadura em linhas cruzadas e convencional. **Energia na agricultura**, Botucatu, v. 32, p. 17-23, 2017.

SANTOS, L. A. *et al.* Radioterapia e termoterapia como tratamentos de sementes de soja. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 37-44, 2016.

SANTOS, V. M. *et al.* Soybean seed chemical treatment associated with inoculants: physiological and agronomical analyses. **Plants Physiology Reports**, [S.l.], 2021.

SCUSSEL, V. M.; SAVI, G. D.; KLUCZKOVSKI, A. M. Fungos e micotoxinas em grãos armazenados. In: LORINI, I., *et al.* **Armazenagem de grãos**. Jundiá: Instituto Bio Ganeziz, 2018. p. 733-898.

SOARES, V. N. *et al.* Análise sanitária de sementes de trigo durante o armazenamento. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n.22, 2015.

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

VILLELA, F. A.; MENEZES, N. L. O armazenamento de cada semente. **Revista Internacional de Sementes**, Pelotas, v.18, n.4, p.10-14, 2014.

ZIEGLER, V. *et al.* Efeitos da temperatura e umidade durante armazenamento semi-hermético sobre parâmetros de avaliação da qualidade dos grãos e óleo de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 131-144, 2016.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento industrial de sementes, independentemente da combinação dos produtos utilizado neste estudo, não interferiu na qualidade das sementes de soja logo após a aplicação dos produtos químicos. No entanto, foi prejudicial para qualidade das sementes de soja durante o armazenamento.

O tratamento industrial de sementes, independentemente da combinação dos produtos utilizado neste estudo, promoveu o controle de fungos de campo e de armazenamento nas sementes de soja logo após a aplicação dos produtos químicos e durante o armazenamento.

O tratamento industrial de sementes de soja, com os produtos e suas combinações utilizados no presente estudo, podem ser utilizados para proteção das sementes e beneficiar o estabelecimento das plântulas de soja a campo. No entanto, vale ressaltar para novas adições de produtos químicos com formulações distintas, combinações e cultivares diferentes no tratamento de sementes, é importante a realização de estudos que comprovem que sua utilização não interfere na qualidade das sementes e no desempenho das plântulas de soja.

O armazenamento de sementes tratadas ou não sob baixa temperatura umidade relativa do ar permite melhor manutenção da qualidade das sementes de soja ao longo tempo, em comparação ao armazenamento em ambiente natural.

O tratamento industrial de sementes é indicado para a cultivar de soja 55I57RSF IPRO, no entanto quanto maior for o período de armazenamento, maior será a redução de qualidade.

A partir dos resultados de germinação do presente estudo, pode-se sugerir o armazenamento das sementes de soja tratadas quimicamente até os 45 dias após a realização do tratamento de sementes. Porém, visando a alta qualidade das sementes e obtenção de melhores resultados, sugere-se a semeadura das sementes de soja o mais rápido possível após a realização do tratamento de sementes.

É importante o desenvolvimento de novos estudos com intuito de verificar a qualidade física, fisiológica de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e diferentes sistemas de armazenamento. Sugere-se que sejam realizados testes de plantabilidade,

emergência em solo, altura de planta, diâmetro de colmo, taxa fotossintética, sanidade e rendimento de grãos por hectare, complementando os testes de laboratório.

6 APÊNDICE

APÊNDICE 1: Resumo da análise de variância, pelo teste F, do teor de água (TA) e peso de mil sementes (PMS) de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial e armazenadas em ambiente controlada (AC) e ambiente natural (AN) por 180 dias

FV	GL	<i>p</i> -Valor	
		TA	PMS
T	4	<0.01	<0.01
S	1	<0.01	<0.01
TIS	6	NS	<0.01
TxS	4	<0.01	<0.01
TxTIS	24	<0.01	<0.01
SxTIS	6	NS	<0.01
TxSxTIS	24	NS	<0.01

FV: Fontes de variação, GL: Graus de Liberdade, T: Tempo de armazenamento, S: Sistemas de armazenamento e TIS: Tratamento Industrial de Sementes.

APÊNDICE 2: Resumo da análise de variância, pelo teste F, do teste de germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de plântulas (CP), transferência de matéria seca (TMS) e emergência em areia (EMA) de sementes de soja submetidas ao tratamento industrial de sementes e armazenadas em ambiente controlado (AC) e ambiente natural (AN)

FV	GL	<i>p</i> -Valor						
		G	PCG	IVG	EA	CP	TMS	EMA
T	4	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
S	1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TIS	6	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TxS	4	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TxTIS	24	<0.01	<0.01	NS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
SxTIS	6	<0.05	<0.01	NS	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01
TxSxTIS	24	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	NS	<0.01

FV: Fontes de variação, GL: Graus de Liberdade, T: Tempo de armazenamento, S: Sistemas de armazenamento e TIS: Tratamento Industrial de Sementes.

APÊNDICE 3: Resumo da análise de variância, pelo teste F, do teste de sanidade para os fungos *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. e outros fungos (OF)

FV	GL	<i>p</i> -Valor			
		<i>Fusarium</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Aspergillus</i> spp.	OF
T	4	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
S	1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TIS	6	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TxS	4	<0.01	<0.01	NS	NS
TxTIS	24	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
SxTIS	6	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TxSxTIS	24	<0.01	<0.01	NS	NS

FV: Fontes de variação, GL: Graus de Liberdade, T: Tempo de armazenamento, S: Sistemas de armazenamento e TIS: Tratamento Industrial de Sementes, NS: Não significativo. OF: *Colletotrichum* spp. e *Phomopsis* spp. e *Cercospora* spp.