



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS  
VEGETAIS

ANDRÉ STEINER VIEIRA

**CRESCIMENTO E COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA DE CULTURAS  
DE INTERESSE AGRÍCOLA APÓS TRATAMENTO DE SEMENTES  
COM INOCULANTE A BASE DE *Rhizophagus intraradices* E DE  
AGROQUÍMICOS**

FLORIANÓPOLIS

2022

André Steiner Vieira

CRESCIMENTO E COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA EM CULTURAS DE INTERESSE  
AGRÍCOLA APÓS TRATAMENTO DE SEMENTES COM INOCULANTE A BASE DE  
*Rhizophagus intraradices* E DE AGROQUÍMICOS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Ciências - Área de Concentração: Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Roberto Fonseca Sousa Soares

Coorientador: Prof. Dr. Admir José Giachini

FLORIANÓPOLIS

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Vieira, André Steiner

Crescimento e colonização micorrízica de culturas de interesse agrícola após tratamento de sementes com inoculante a base de Rhizophagus intraradices e de agroquímicos / André Steiner Vieira ; orientador, Claudio Roberto Fonseca Sousa Soares, coorientador, Admir José Giachini, 2022.

81 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. Inoculante micorrízico arbuscular. 3. Agroquímicos. 4. Simbiose. 5. Armazenamento de sementes. I. Soares, Claudio Roberto Fonseca Sousa . II. Giachini, Admir José . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. IV. Título.

André Steiner Vieira

**CRESCIMENTO E COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA DE CULTURAS DE  
INTERESSE AGRÍCOLA APÓS TRATAMENTO DE SEMENTES COM  
INOCULANTE A BASE DE *Rhizophagus intraradices* E DE AGROQUÍMICOS**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Cledimar Rogério Lourenzi  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Paulo Emílio Lovato  
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ciências.

---

Prof. Dr. Claudio Roberto Fonseca Sousa Soares  
Coordenador do Programa

---

Prof. Dr. Claudio Roberto Fonseca Sousa Soares  
Orientador

Florianópolis, 2022

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro concedido e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais (PPG - RGV) e à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

À Deus por estar sempre comigo, guiando meus passos, iluminando meus caminhos.

Agradeço, à minha família, meu pai Sebastião, minha mãe Raquel, minha irmã Carolina, e à todos os demais familiares que sempre me transmitem apoio e carinho.

À Mirian, minha companheira e amiga. O seu apoio e parceria fazem toda a diferença na minha vida, obrigado por ser essa luz constante no meu dia a dia.

Aos meus orientadores, professor Claudio Roberto Fonseca Sousa Soares e professor Admir José Gianchini, por todo o conhecimento científico e crescimento pessoal proporcionado.

A todos os amigos e colegas dos laboratórios de Microbiologia do Solo e de Ecologia do Solo, que de alguma maneira me auxiliaram nesse projeto de Mestrado, me ajudando com análises, o apoio necessário para o desenvolvimento desta dissertação, pelas boas conversas e risadas. Os meus agradecimentos vão em especial a: Edenilson Meyer, Juliana Scarsanella, Shantau Stoffel, Barbara Ventura, Marcelo Betancur, Anna Flávia Neri, Lander de Souza, João Pedro Piologo, Jeferson Guthieres Libano, Emanuela Pille, Anabel Hernández. Também a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

*Por mais que na batalha se vença a um ou mais inimigos,  
a vitória sobre a si mesmo é a maior de todas as vitórias. (Buda)*

## RESUMO

A utilização de agroquímicos no tratamento de sementes, a inoculação de material biológico e a armazenagem são práticas do processo produtivo na agricultura. O surgimento de inoculantes comerciais à base de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que já apresentaram potencial para algumas culturas de interesse agrícola, abriu oportunidades para os estudos da influência de diferentes práticas agrícolas na associação deste microrganismo com a cultura de interesse. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a associação micorrízica em três espécies de importância agrícola: trigo (*Triticum aestivum*), soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*), empregando tratamento das sementes com diferentes combinações de agroquímicos (Tiametoxam, Difenconazol, Tiabendazol, Metalaxil-m, Ciantraniliprol, Abamectina, Fludioxonil) e inoculante micorrízico comercial à base de *Rhizophagus intraradices*, e armazenadas por diferentes períodos de tempo (90, 60, 30 e 0 dias para milho; 45, 30, 15 e 0 dias para trigo; 60, 45, 30, 15 e 0 dias para soja), com cultivo em solo não esterilizado em vasos de 3,6 litros para trigo e de 8 litros para milho e soja. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado em esquema bifatorial com cinco repetições. Para as três culturas, o controle consistiu em um tratamento sem uso de agroquímicos, mas inoculado e armazenado por diferentes tempos; e um sem armazenagem, tratamento com agroquímicos e inoculação. Os experimentos e as análises laboratoriais foram conduzidos nas dependências do Laboratório de Microbiologia do Solo no Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia da Universidade Federal de Santa Catarina (MIP/CCB-UFSC). Foram determinadas: percentagem de colonização micorrízica total, produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) e o teor de fósforo da parte aérea (TPPA), raiz (TPR) e total (TPT). As diferentes combinações de agroquímicos utilizadas em cada cultura não afetaram as percentagens de colonização de FMA em soja, trigo e milho, que foram baixas. Para a cultura do trigo, o armazenamento afetou a percentagem de colonização micorrízica de forma decrescente de 0 a 45 dias. O crescimento da soja diminuiu com o tempo de armazenamento de 0 a 90 dias das sementes tratadas com Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Abamectina junto à inoculação micorrízica. A adição de agroquímicos afetou negativamente o teor de fósforo na parte aérea (TPPA) do milho.

**Palavras-chave:** Fungos micorrízicos arbusculares; simbiose; armazenamento de sementes; inoculação; agroquímicos.

## ABSTRACT

The use of agrochemicals in seed treatment, inoculation of biological material, and storage are practices increasingly applied within the production process in the Brazilian agriculture. The emergence of commercial inoculants based on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), that have already showed potential for crops of agricultural interest, opened opportunities for studies of the different agricultural practices influence on the association of such microorganism with the crop of interest. Thus, the main goal of this work was to evaluate the mycorrhizal association with three crops of agricultural importance: wheat (*Triticum aestivum*), soybean (*Glycine max*) and corn (*Zea mays*), applying seed treatment with different combinations of agrochemicals (Thiamethoxam, Difenoconazole, Thiabendazole, Metalaxyl-M, Cyantraniliprole, Abamectin, Fludioxonil), and the commercial mycorrhizal inoculant based on *Rhizophagus intraradices*, and stored for different periods of time (90, 60, 30 and 0 days for corn; 45, 30, 15 and 0 days for wheat; 60, 45, 30, 15 and 0 days for soybean), with cultivation in non-sterilized soil in 3.6 liters vases for wheat and 8 liters vases for corn and soybean. The experiments were carried out in a two-factor completely randomized design with five replications. For the three crops, the control consisted of a treatment without any agrochemicals application, but inoculated and stored for different times; and another treatment with neither storage, nor treatment with agrochemicals and inoculation. The experiments and laboratory analysis were carried out at the Soil Microbiology Laboratory at the Department of Microbiology, Immunology and Parasitology at the Federal University of Santa Catarina (MIP/CCB-UFSC), where the following procedures were performed: percentage of total mycorrhizal colonization; shoot dry matter (SDM), root dry matter (RDM) and total dry matter (TDM); and phosphorus (P) content (shoot, root and total). It was found that different combinations of agrochemicals applied to each crop did not affect the percentages of AMF colonization in soybean, wheat and corn, which were low. For wheat, storage affected the percentage of mycorrhizal colonization in a decreasing way from 0 to 45 days. Soybean growth decreased with storage time from 0 to 90 days of seeds treated with Thiamethoxam + Thiabendazole and Metalaxyl-M + Abamectin along with mycorrhizal inoculation. The addition of agrochemicals negatively affected the shoot phosphorus content (SPC) of corn.

**Keywords:** arbuscular mycorrhizae fungus; symbiosis; seeds storage; inoculation; agrochemicals.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) (a), Matéria Seca da Raiz (MSR) (b) e Matéria Seca Total (MST) (c) de experimento de Soja com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos com efeitos significativos são representados por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. B = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol; C = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Abamectina; D = Tiametoxam + Fludioxonil e Metalaxil-m; SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro. .... 41

FIGURA 2 - Colonização micorrízica (a) e número de esporos de FMA em 50 cm<sup>3</sup> de solo (b) de experimento de Soja com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. B = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol; C = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Abamectina; D = Tiametoxam + Fludioxonil e Metalaxil-m; SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem; LAV = Semente Lavada + Inoculação + Sem armazenagem. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro. .... 43

FIGURA 3 - Teor de Fósforo na Parte Aérea (TPPA) (a) e Teor de Fósforo na Raiz (TPR) (b) de experimento de Soja com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. B = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol; C = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Abamectina; D = Tiametoxam + Fludioxonil e Metalaxil-m; SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem; LAV = Semente Lavada + Inoculação + Sem armazenagem. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro. .... 44

FIGURA 4 - Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) (a), Matéria Seca da Raiz (MSR) (b) e Matéria Seca Total (MST) (c) de experimento de Trigo com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. A = Tiametoxam + Difenconazol; SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro. ....46

FIGURA 5 - Colonização micorrízica (a) e número de esporos de FMA em 50 cm<sup>3</sup> de solo (b) de experimento de Trigo com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. A = Tiametoxam + Difenconazol; SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem; ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro. ....48

FIGURA 6 - Teor de Fósforo na Parte Aérea (TPPA) (a) e Teor de Fósforo na Raiz (TPR) (b) de experimento de Trigo com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. A = Tiametoxam + Difenconazol; SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro. ....49

FIGURA 7 - Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) (a), Matéria Seca da Raiz (MSR) (b) e Matéria Seca Total (MST) (c) de experimento de Milho com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. E = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol; F = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m; G = Tiametoxam + Fludioxonil, Metalaxil-m; SQ = Sem tratamento Químico; SFSQ = Sem

inoculação de FMA e Sem tratamento Químico; LAV = Sementes lavadas. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro. .... 51

FIGURA 8 - Teor de Fósforo na Parte Aérea (TPPA) (a) e Teor de Fósforo na Raiz (TPR) (b) de experimento de Milho com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. E = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol; F = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m; G = Tiametoxam + Fludioxonil, Metalaxil-m; SQ = Sem tratamento Químico; SFSQ = Sem inoculação de FMA e Sem tratamento Químico; LAV = Sementes lavadas. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro. .... 53

FIGURA 9 - Colonização micorrízica (a) e número de esporos de FMA em 50 cm<sup>3</sup> de solo (b) de experimento de Milho com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. E = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol; F = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m; G = Tiametoxam + Fludioxonil, Metalaxil-m; SQ = Sem tratamento Químico; SFSQ = Sem inoculação de FMA e Sem tratamento Químico; LAV = Sementes lavadas. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro. .... 54

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Agroquímicos e seus efeitos em FMA. ....	26
TABELA 2 - Recomendação de cada agroquímico para cada cultura. ....	33
TABELA 3 - Combinações de diferentes agroquímicos. ....	33
TABELA 4 - Parâmetros químicos e físicos do solo coletado em área de empréstimo. .....	34
TABELA 5 - Cultura, dias de cultivo, variedades utilizadas.....	35
TABELA 6 - ANOVA bifatorial com tratamento adicional ao nível de 5% de probabilidade de erro para as variáveis Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), Matéria Seca da Raiz (MSR) e Matéria Seca Total (MST) de Soja com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes.....	40
TABELA 7 - ANOVA bifatorial com tratamento adicional ao nível de 5% de probabilidade de erro para as variáveis Teor de Fósforo na Parte Aérea (PPA) (a) e Teor de Fósforo na Raiz (PR) e Colonização de Soja com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes.....	42
TABELA 8 - ANOVA bifatorial com tratamento adicional ao nível de 5% de probabilidade de erro para as variáveis Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), Matéria Seca da Raiz (MSR) e Matéria Seca Total (MST) de Trigo com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes.....	45
TABELA 9 - ANOVA bifatorial com tratamento adicional ao nível de 5% de probabilidade de erro para as variáveis Fósforo na Parte Aérea (TPPA) (a) e Fósforo na Raiz (TPR) e Colonização de Trigo com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. SFSQ = Sem inoculação de FMA e Sem tratamento Químico.....	47
TABELA 10 - ANOVA bifatorial com tratamento adicional ao nível de 5% de probabilidade de erro para as variáveis Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), Matéria Seca da Raiz (MSR) e Matéria Seca Total (MST) de Milho com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem; LAV = Semente Lavada + Inoculação + Sem armazenagem. ....	50
TABELA 11 - ANOVA bifatorial com tratamento adicional ao nível de 5% de probabilidade de erro para as variáveis de Fósforo na Parte Aérea (TPPA) (a) e de Fósforo na Raiz (TPR) e Colonização de Milho com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos	

químicos nas sementes. SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem; LAV = Semente Lavada + Inoculação + Sem armazenagem..... 52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

A.C. - Antes de Cristo

CCB - Centro de Ciências Biológicas

CTC - Capacidade de Troca de Cátions;

FMA - Fungo Micorrízico Arbuscular

$\text{KH}_2\text{PO}_4$  - Fosfato Monopotássico

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MIP - Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia

MO - Matéria Orgânica

MSPA - Matéria Seca da Parte Aérea

MSR - Matéria Seca da Raiz

MST - Matéria Seca Total

pH - Potencial Hidrogeniônico

PRNT - Poder Relativo Neutralizante Total

TPPA – Teor de Fósforo na Parte Aérea

TPR – Teor de Fósforo na Raiz

TPT – Teor de Fósforo Total

TSI - Tratamento Industrial de Sementes

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

## LISTA DE SÍMBOLOS

® Marca Registrada

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
1.1	ARMAZENAMENTO DE SEMENTES .....	21
1.2	AGROQUÍMICOS .....	22
1.3	FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES.....	23
1.4	CULTURAS DE INTERESSE AGRÍCOLA.....	29
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES .....</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>31</b>
4.1	OBJETIVO GERAL.....	31
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	31
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
5.1	MATERIAIS BIOLÓGICOS EMPREGADOS NOS ESTUDOS.....	32
5.2	AGROQUÍMICOS EMPREGADOS NO TRATAMENTO DE SEMENTES .....	32
5.3	PREPARO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS .....	33
<b>5.3.1</b>	<b>Soja .....</b>	<b>36</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Trigo .....</b>	<b>36</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Milho.....</b>	<b>37</b>
5.4	COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS.....	37
5.5	ANÁLISES.....	38
5.6	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	38
<b>6</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
6.1	SOJA.....	40
5.2	TRIGO.....	44
5.3	MILHO.....	49
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>59</b>

<b>9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>
	<b>APÊNDICE A – Tratamento de sementes por agitação em saco plástico.....</b>	<b>70</b>
	<b>APÊNDICE B – Tratamentos da cultura do Soja. ....</b>	<b>71</b>
	<b>APÊNDICE C – Tratamentos da cultura do Trigo.....</b>	<b>72</b>
	<b>APÊNDICE D – Tratamentos da cultura do Milho. ....</b>	<b>73</b>
	<b>ANEXO A – Teste de germinação da cultura do Trigo. ....</b>	<b>74</b>
	<b>ANEXO B – Teste de envelhecimento acelerado da cultura do Trigo.....</b>	<b>75</b>
	<b>ANEXO C – Teste de emergência da cultura do Trigo.....</b>	<b>76</b>
	<b>ANEXO D –Laudo final da cultura do Trigo. ....</b>	<b>77</b>
	<b>ANEXO E – Teste de germinação da cultura da Soja. ....</b>	<b>78</b>
	<b>ANEXO F – Teste de envelhecimento acelerado da cultura da Soja.....</b>	<b>79</b>
	<b>ANEXO G – Teste de emergência da cultura da Soja. ....</b>	<b>80</b>
	<b>ANEXO H –Laudo final da cultura da Soja. ....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Brasil é um país de destaque na agricultura mundial, sendo considerado o terceiro maior gerador de produtos da agricultura, utilizando aproximadamente 7,8% de sua extensão territorial para essa finalidade (CARVALHO, 2017; MIRANDA, 2018), sendo parte desta extensão de terra destinada às lavouras de grãos, tais como: soja, milho e trigo. O país se destacou na safra 2020/2021 como o maior produtor de soja a nível mundial, contribuindo com mais de 37% do volume produzido (EMBRAPA, 2022; SIDRA, 2022).

A agricultura brasileira, assim como a mundial, passou por um período de transformação tecnológica a partir da revolução verde, iniciada no Brasil no começo da década de 1970, evoluindo de tal forma safra após safra, chegando aos maiores níveis de produção muito devido ao avanço tecnológico dos sistemas de produção e a ampliação das fronteiras agrícolas (PEREIRA *et al.*, 2012; BACHA; CARVALHO, 2014). A alta tecnologia desenvolvida decorrente desse período, demanda um grande volume e número de insumos, entre eles fertilizantes, agroquímicos e corretivos de solo (BALSAN, 2006; TEIXEIRA, 2005). Um insumo altamente utilizado é o fósforo (P), nutriente muito importante dentro da produção agrícola, uma vez que desempenha funções chave dentro do metabolismo das plantas, tanto na fotossíntese, quanto na respiração e transferência de energia da célula. Sendo assim, é imprescindível o aporte de P, já que a deficiência deste nutriente no início do desenvolvimento das culturas pode resultar em prejuízos na produtividade dos quais as plantas não se recuperam posteriormente. Sua disponibilidade em condições naturais é considerada baixa nos solos brasileiros, e o aporte desse nutriente se dá comumente com uso de fertilizantes fosfatados (REZENDE; FURTINI NETO, 2007; PRADO, 2020). Esses produtos são derivados de rochas fosfatadas (apatitas e fosforitas), que são um recurso finito, determinando assim a necessidade de uso racional deste insumo, visto o contínuo e crescente uso do mesmo na agricultura (MALAVOLTA, 1981; NOVAIS; SMYTH, 1999; PRADO 2020).

Nos solos há microrganismos que atuam na solubilização e captação de nutrientes para as plantas, que atuam de forma mutualística com as mesmas, destacando-se os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) (MOREIRA, 2006; SMITH; READ, 1997; 2008; STOFFEL, 2019). Como explicitado por Folli-Pereira *et al.* (2012), a associação simbiótica dos FMA ocorre nas raízes da maioria das plantas terrestres, promovendo melhorias no crescimento, desenvolvimento e aumento na tolerância e/ou, resistência das plantas a fatores abióticos. Esses

microrganismos também podem incrementar a disponibilidade de P às plantas, seja pela mineralização do P orgânico ou solubilização do P mineral (SOUCHIE, 2006; MOREIRA, 2006).

Estão disponíveis no mercado inoculantes à base de FMA, sendo eles recomendados para as mais variadas culturas agrícolas (soja, tomate, lentilha, entre outros) (MYKE® PRO PRODUCTS, 2022), sendo a prática da inoculação comumente realizada no dia de semeadura. Um desses FMA, que é muito recomendado, é a espécie *Rhizophagus intraradices*, podendo ser puro ou em misturas. No Brasil apenas um inoculante à base de FMA é comercializado em larga escala, comercialmente chamado de Rootella BR e Rootella BR Ultra (registrado sob nº 22902 10000-0 e 001620-9 000002, respectivamente), tendo como base propágulos da espécie de FMA *R. intraradices* (STOFFEL *et al.*, 2020a; 2020b).

A intensa produção imposta sobre os solos, uso de monocultura e os danos ocorridos durante o processo produtivo propiciam a ocorrência de doenças e pragas que conseqüentemente diminuem o total potencial futuro de uma planta. Para prevenir ou remediar tais situações, o agricultor faz o uso de agroquímicos como fungicidas e inseticidas, tanto sistêmicos como de contato. Uma das formas de aplicação desses produtos é através do tratamento das sementes previamente à semeadura, técnica que, segundo Piccinin *et al.* (2013), vem crescendo a cada safra, tendo em vista a proteção das sementes frente aos micro-organismos presentes na própria semente ou aos micro-organismos e insetos do ambiente, provenientes do solo ou do ambiente de armazenamento a qual essas sementes são impostas durante o pós-colheita e na pré-semeadura já nas instalações do produtor rural (MACHADO, 2000; MENTEN; MORAES, 2010).

A armazenagem de sementes é uma prática comum na agricultura. Provenientes dos campos de produção de sementes, estas são processadas e na sequência armazenadas em ambientes controlados para a manutenção de sua qualidade e viabilidade. Posteriormente, são enviadas aos agricultores, que nem sempre tem as mesmas condições adequadas para armazenagem. Sendo assim, os lotes de sementes são expostos a diferentes tempos de armazenagem e a diferentes condições dentre a empresa provedora e o momento de semeadura pelo agricultor (MACHADO, 2000).

Como a inoculação de FMA cresce ano após ano, novas estratégias para facilitar e viabilizar a inoculação em diferentes etapas do processo de produção de sementes devem ser avaliadas. Sendo o tratamento de sementes uma etapa fixa do fluxograma de muitas unidades

de beneficiamento de sementes, unido ao armazenamento por períodos de até 90 dias, é importante conhecer os efeitos dos diferentes produtos utilizados no tratamento de sementes e armazenamento sobre o potencial do FMA em culturas de interesse agrícola. Com o exposto, ressalta-se a importância de investigar a influência desses diferentes fatores sobre o FMA, tendo em vista a falta de dados na literatura especializada da área.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 ARMAZENAMENTO DE SEMENTES

O armazenamento de insumos utilizados na agricultura moderna é uma prática rotineira no dia a dia de uma propriedade. Decorrente do uso de grandes volumes deles, é essencial que o material a ser utilizado na lavoura esteja disponível para uso de forma imediata. Um desses insumos são as sementes, material que requer um cuidado muito rigoroso para que sua qualidade não seja prejudicada durante o período que compreende desde antes da colheita em campos de produção de semente genética, quando a semente atinge maturidade fisiológica, seguindo para transporte, beneficiamento e até sua semeadura na lavoura (FRANÇA NETO *et al.*, 2007; 2016; VILLELA; MENEZES, 2009; PICCININ *et al.*, 2013).

Por se caracterizar como um longo período ao qual as sementes estarão armazenadas, o bom acondicionamento dessas é necessário para que elas apresentem potencial fisiológico para a safra seguinte (VILLELA; MENEZES, 2009). Segundo Silva, Nogueira e Roberto (2005), as sementes, após o beneficiamento, devem apresentar teor de água de 9 – 10% para milho e soja e 10 - 11% para trigo, sendo este fator significante na preservação da semente. Assim sendo, fatores como umidade relativa do ar e temperatura devem ser controlados para que se mantenha a qualidade fisiológica da semente.

Se acondicionadas em locais com umidade do ar elevada, as sementes tendem ao equilíbrio higroscópico com o ar, podendo proporcionar um ambiente propício ao desenvolvimento de patógenos. Não somente a umidade do ar deve ser controlada, mas os teores de água na semente são recomendados para evitar que nela, não ocorra o desenvolvimento de microrganismos, ácaros e pragas de armazenagem (VILLELA; MENEZES, 2009; FARONI, 1998).

Uma técnica industrial que foi adicionada à fase da armazenagem de sementes é a de Tratamento Industrial de Sementes (TSI), ferramenta importante para uma armazenagem mais segura contra pragas, mas também, e principalmente, para proporcionar a proteção inicial das sementes contra doenças e pragas para um sucesso maior no estabelecimento da cultura em suas fases iniciais (ABRASEM, 2020; MENTEN, 2015). Zambon (2013) destacou que essa técnica vem sendo cada vez mais utilizada pois garante uma distribuição mais homogênea de produtos nas sementes, fazendo com que se utilize o valor mais adequado de princípio ativo de

agroquímico por área de planta, quando comparado a aplicações foliares no campo. Isso proporciona menores valores de uso de agroquímicos durante as fases de desenvolvimento da planta, levando a menor impacto ambiental e menor contato dos operadores com os agroquímicos, garantindo uma maior segurança para os mesmos (MENTEN, 2015; ZAMBON, 2013).

Para potencializar e garantir uma melhor aderência dos agroquímicos às sementes e controle de liberação de poeira, são utilizados produtos conhecidos como polímeros, substâncias sintéticas de tamanho de partícula pequena, que vem a ser um produto ligeiramente mais viscoso que os agroquímicos. Também possibilitam a adição de outros produtos às sementes, tais como macro e micronutrientes, hormônios, e produtos em pó (PIRES, 2000; PEREIRA; OLIVEIRA; EVANGELISTA, 2005; MENTEN, 2015).

## 1.2 AGROQUÍMICOS

O Decreto 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei 7.802/1989 (BRASIL, 2002), no artigo 1º, inciso IV, define os agroquímicos como produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias de produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

Os agroquímicos são muito importantes no modelo empregado na agricultura mundial. Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), as importações de agroquímicos atingiram, no ano de 2020, aproximadamente 464 mil toneladas de ingrediente ativo, tendo o Brasil ainda produzido mais de 586 mil toneladas de ingrediente ativo. Esses são números que levam o Brasil a ser considerado um dos maiores consumidores de agroquímicos no mundo (IBAMA, 2020).

Os agroquímicos podem ser classificados de acordo com a praga e/ou doença a que se destinam, como por exemplo: inseticidas, fungicidas, herbicidas, entre outros (ALMEIDA *et al.*, 1985). Esses produtos também são classificados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) quanto a sua periculosidade ambiental, sendo em classes como: Classe I –

produto altamente perigoso ao meio ambiente; Classe II - produto muito perigoso ao meio ambiente; Classe III - produto perigoso ao meio ambiente; e Classe IV - produto pouco perigoso ao meio ambiente (BRASIL, 2002).

Fungicidas são produtos químicos utilizados na agricultura moderna como método de prevenção e erradicação de infecções de plantas vivas por parte de fungos fitopatógenos. Os fungicidas podem ser classificados em protetores ou de contato, erradicantes e sistêmicos (ZAMBOLIM *et al.*, 2008; KIMATI, 1995). Os fungicidas de contato, são eficientes quando aplicados anteriormente à infecção do patógeno na planta ou semente, reduzindo assim as chances da ocorrência de doenças. Esses produtos penetram no interior de microrganismos, desencadeando reações químicas não específicas em estruturas presentes em proteínas, como ácidos nucleicos (ZAMBOLIM *et al.*, 2008). Já os fungicidas sistêmicos são aqueles que quando aplicados na planta ou semente, tem seu princípio ativo absorvido e translocado para diferentes regiões do organismo vivo com capacidade de inibir a infecção do patógeno. Possuem alto poder de eliminação, atuando como inibidores do crescimento micelial e da esporulação dos fungos (ZAMBOLIM; JESUS JUNIOR; RODRIGUES, 2014).

Inseticidas são produtos químicos, aplicados direta ou indiretamente sobre os insetos, para controle de sua população na lavoura e/ou em galpões de armazenamento de sementes (MIDIO; SILVA, 1995). Esses produtos são classificados de acordo com o modo de penetração no organismo do inseto sendo então separados em: de contato, de ingestão, sistêmicos e fumigantes. Os inseticidas podem atuar tanto sobre o inseto em rotas dentro do sistema nervoso e muscular, quanto o sistema digestivo, respiração celular, crescimento e desenvolvimento (IRAC, 2022).

Nos sistemas modernos de cultivo, os inseticidas e fungicidas são extensivamente usados para controlar ou eliminar insetos e fungos fitopatogênicos. No entanto, os fungicidas e inseticidas aplicados não afetam apenas os fitopatógenos e pragas alvo, mas também podem afetar microrganismos de vida livre do solo ou os inoculados, incluindo aqueles que são benéficos para o crescimento das plantas, como os FMA.

### 1.3 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Os FMA são simbioses obrigatórios do grupo das micorrizas, sendo classificados dentro do filo Glomeromycota (SALGADO *et al.*, 2017). São ditos simbioses obrigatórios uma

vez que para completar seu ciclo de vida dependem da associação com uma planta hospedeira, sendo essa associação encontrada em mais de 80% das famílias vegetais (SMITH; READ, 2008).

Os FMA por serem endomicorrizas arbusculares, crescem nas células do córtex da planta, onde dentro da célula formam as estruturas dos arbúsculos e as hifas. Os arbúsculos são estruturas importantes na formação da interface simbiótica e troca de nutrientes (SMITH; READ, 2008; SIQUEIRA *et al.*, 2010). As hifas também crescem externamente às raízes da planta, criando uma rede que funciona como extensão da estrutura radicular (VARMA, 2008), possibilitando uma maior área de captação de nutrientes.

O FMA tem seu desenvolvimento decorrente da captação de nutrientes (principalmente P) e água para a planta, recebendo em contrapartida fotossintatos da mesma (SIQUEIRA *et al.*, 2010). Os FMA além de um aumento do aporte nutricional, proporcionam à planta uma maior resistência ao estresse hídrico, ao pH baixo, à desagregação e à presença de metais pesados (SIQUEIRA *et al.*, 2010; COLODETE; DOBBSS; RAMOS, 2014). Com o P sendo um dos nutrientes que o FMA tem maior potencial de viabilizar para a planta, a aplicação de adubos fosfatados pode ser potencialmente reduzida na lavoura sem riscos à produtividade desejada (ARDAKANI *et al.*, 2011; ORAK; DEMIR, 2011; GUO *et al.*, 2014; SPAGNOLETTI; LAVADO, 2015; STOFFEL, 2019; STOFFEL *et al.*, 2020a; 2020b).

Estudos demonstram que a inoculação de FMA em plantas de interesse agrícola, proporcionou aumento de produtividade, ainda que em muitas vezes tenham sido utilizados menores valores de insumos recomendados para a cultura. Os FMA contribuem na absorção de nutrientes em acréscimos estimados de até 80% de P, 60% de Cu, 25% de N, 25% de Zn e 10% de K (MARSCHNER; DELL, 1994), sendo representativo em nutrientes de pouca disponibilidade para a planta no solo. Culturas de interesse agrícola quando inoculadas com isolados de FMA, entre eles *R. intraradices*, apresentaram melhorias nos índices de rendimento em culturas de interesse agrícola, como soja (SPAGNOLETTI; LAVADO, 2015; STOFFEL *et al.*, 2020b), milho (GUO *et al.*, 2014; STOFFEL *et al.*, 2020a), trigo (ARDAKANI *et al.*, 2011; STOFFEL, 2019), algodão e cana de açúcar (ORAK; DEMIR, 2011; STOFFEL, 2019).

Existe à disposição uma gama de inoculantes à base de FMA, sendo de forma granular, líquida, pó seco ou solúvel, e indicadas para culturas de importância agrícola como soja, feijão, lentilha, batata, tomate, entre outros (MYKE® PRO PRODUCTS, 2022). Atualmente existe no Brasil apenas um inoculante à base de fungo micorrízico arbuscular, que possui registro junto

ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de nome comercial Rootella BR (registrado sob nº 22902 10000-0), e tem como base propágulos da espécie de FMA *R. intraradices*. Os efeitos benéficos dos FMA no crescimento e desenvolvimento de plantas hospedeiras podem ser prejudicados pela utilização em larga escala de fungicidas e inseticidas dentro dos sistemas agrícolas (TRAPPE; MOLINA; CASTELLANO, 1984), como apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 - Agroquímicos e seus efeitos em FMA.

<b>Princípio Ativo</b>	<b>Grupo Químico</b>	<b>Classificação</b>	<b>Sítio Alvo</b>	<b>Mecanismo de Ação</b>	<b>Resultado com sua aplicação</b>	<b>Referências</b>
Propicoazole	Triazoles	Fungicida	Inibição da demetilação do C14	Inibição da biossíntese de esterol	Diminuição do crescimento das hifas.	FRAC, 2021; KLING; JAKOBSEN, 1997.
Carbendazin	Benzimidazoles	Fungicida	Inibição da biossíntese de tubulina	Inibição da mitose e divisão celular	Diminuição do crescimento das hifas; afeta a colonização micorrízica, número de esporos.	FRAC, 2021; SMITH; HARNETT; RICE, 2000; CHANNABASAVAL; LAKSHMAN; JORQUERA, 2015.
Flutolanil	Phenyl-benzamides	Fungicida	Inibidores da hidrogenase de ácido succínico	Inibição da respiração celular	Afeta a colonização micorrízica	BUYSENS; DE BOULOIS; DECLERK, 2015; FRAC, 2021.
Metalaxil-m	Acylalanines	Fungicida	RNA polimerase	Síntese de ácidos nucleicos	Afeta a colonização micorrízica	FRAC, 2021; CARRENHO; BONONI; GRACIOLLI, 2000; CAMERON <i>et al.</i> , 2017.
Mancozeb	Ditio-carbamatos	Acaricida; fungicida	Atividade de contato multi-site		Inibição da colonização micorrízica.	CAMPOS, 2015; FRAC, 2021.

---

Óxido cuproso	Inorgânico	Fungicida; bactericida	Atividade de contato multi-site		Inibição da colonização micorrízica.	CAMPOS, 2015; FRAC, 2021.
Piraclostrobina	Estrobilurina	Fungicida	Inibidor do transporte de elétrons nas mitocôndrias	Inibição da formação de ATP	Inibição da colonização micorrízica.	CAMPOS, 2015; FRAC, 2021.

---

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Como pode-se observar na Tabela 1, estudos mostraram que o comprimento das hifas diminuiu quando as plantas eram expostas a seguidos tratamentos com fungicidas, com também a significativa redução do P total nas plantas (PFLEGER; LINDERMAN, 1994; KLING; JAKOBSEN, 1997). Da mesma forma, a longo prazo, aplicações de fungicidas à base de Benzimidazol afetaram a colonização micorrízica de raízes em gramíneas, indiretamente influenciando a biota do solo (SMITH; HARNETT; RICE, 2000). Em contraste, impactos significativos dos fungicidas à base de Azoxistrobina, Tebuconazol e Clorotalonil nas populações microbianas do solo não foram observadas por Bending, Rodrigues-Cruz e Lincoln (2007). Pasaribu *et al.* (2013) relataram que o aumento dos teores de P nas plantas de amendoim foi melhorado quando inoculadas com *Glomus mosseae*, mas a aplicação de fungicida Cloroacetalinida reduziu significativamente o crescimento da planta.

Os fungicidas sistêmicos atuam sobre estruturas fúngicas internas da planta, nas células do córtex, podendo afetar o desenvolvimento do fungo e diminuir o potencial da relação simbiote com a planta e assim o crescimento das hifas extraradiculares de FMA (ZAMBOLIM *et al.*, 2008; SIQUEIRA *et al.*, 2010). Já os fungicidas de contato, agem sobre as estruturas externas à planta, assim sendo sobre os esporos e estruturas miceliais ali presentes. No entanto, segundo Smith e Read (1997), se a aplicação dos agroquímicos acontecer antes dos processos de infecção e colonização fúngica, os efeitos desses dois produtos podem ser potencializados.

O impacto dos agroquímicos nas associações de FMA depende de diferentes condições, como a formulação química, modo de ação e a forma como são aplicados (DIEDHIO; OERKE; DEHNE, 2004; ZOCCO *et al.*, 2008; CALONNE *et al.*, 2012; CAMPOS *et al.*, 2015; HAGE-AHMED; ROSNER; STEINKELLNER, 2019). Também, utilizados na fabricação dos agroquímicos estão constituintes como componentes inorgânicos, tais como enxofre e íons metálicos como cobre, sendo possível causa para a toxidez sobre o fungo e assim acarretar efeitos negativos quanto ao desenvolvimento do mesmo (LYR *et al.*, 1996). Alguns agroquímicos apresentaram resultados onde micorrização foi estimulada, enquanto outros foram neutros ou apresentaram resultados deletérios (SMITH; READ, 1997; CAMPOS *et al.*, 2015; HAGE-AHMED; ROSNER; STEINKELLNER, 2019).

## 1.4 CULTURAS DE INTERESSE AGRÍCOLA

O Brasil tem sua importância agrícola reconhecida a nível mundial, consolidando cada vez mais sua posição com números que o garantem com sendo o maior produtor de soja, terceiro de milho e o décimo terceiro em produção de trigo (EMBRAPA, 2022; SIDRA, 2022).

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma planta da família Fabaceae, originária da Ásia e que foi domesticada há mais de 4.000 anos, sendo rica em óleos e proteínas (LOPES, 2013). Atualmente, a soja está amplamente difundida na agricultura, sendo uma das culturas agrícolas mais importantes para a economia mundial. Na safra de 2020/2021, o Brasil semeou cerca de 40 milhões de hectares de soja, obtendo uma produção de cerca de 131 milhões de toneladas com uma produtividade média de 3,2 toneladas por hectare representando um aumento de 85% em área plantada com 40% maior produtividade por hectare nos últimos 15 anos (CONAB, 2021; SIDRA, 2022a; SIDRA, 2022b).

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie pertencente à família Gramínea, tendo origem da planta de teosinto o qual é proveniente da região da América Central, sendo um produto utilizado desde a planta inteira até somente os grãos, tanto para a indústria quanto para alimentação animal e humana (COELHO, 2006). No Brasil, para a primeira e segunda safra do ano de 2020/2021, o milho teve uma área semeada total de 10,8 milhões de hectares, gerando uma produção de 85,7 milhões de toneladas, com média de 5,4 toneladas por hectare representando um aumento de 55% em área plantada com 65% maior produtividade por hectare nos últimos 15 anos (CONAB, 2021; SIDRA, 2022a; SIDRA, 2022b).

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma gramínea originária do Oriente Próximo no Oriente Médio, sendo um dos três cereais mais cultivados no mundo. Inicialmente utilizado na fabricação de papas para alimentação humana, por volta de 4.000 A.C., os egípcios descobriram o processo de fermentação do cereal, levando à fabricação de pães e muitos outros produtos (massas, cerveja, pastéis), com o decorrer da história da humanidade (OLIVEIRA NETO; SANTOS, 2017). Para a safra de 2020/2021 a área semeada de trigo no Brasil foi em torno de 2,7 milhões de hectares com uma produção total de 8,1 milhões de toneladas, acarretando uma produtividade de 3,3 toneladas por hectare, representando um aumento de 55% em área plantada com 65% maior produtividade por hectare nos últimos 15 anos (CONAB, 2021; SIDRA, 2022a; SIDRA, 2022b).

### 3 HIPÓTESES

Tendo em vista o exposto, as seguintes hipóteses foram formuladas:

a) Diferentes agroquímicos utilizados de forma combinada afetam a associação micorrízica de *Rhizophagus intraradices* em culturas de interesse agrícola.

b) Maior tempo de armazenagem de sementes tratadas com agroquímicos e inoculadas com produto a base de *Rhizophagus intraradices* afetam a viabilidade desse inoculante, o crescimento vegetal e absorção de fósforo.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi determinar o efeito de diferentes combinações de agroquímicos aplicados com inoculante micorrízico à base de *Rhizophagus intraradices* na colonização micorrízica, crescimento vegetal e absorção de fósforo durante os primeiros estágios vegetativos de três culturas de importância agrícola.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Assim, levando em consideração o objetivo geral deste trabalho, os seguintes objetivos específicos foram delineados:

- a) Avaliar os efeitos dos tratamentos de sementes com agroquímicos e inoculante micorrízico à base de *Rhizophagus intraradices* após armazenamento de 0 a 90 dias, sobre a colonização micorrízica de trigo, milho e soja;
- b) Avaliar o efeito das diferentes combinações de agroquímicos junto a inoculação de FMA no crescimento e absorção de fósforo pelas plantas.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 MATERIAIS BIOLÓGICOS EMPREGADOS NOS ESTUDOS

Para esta pesquisa foram selecionadas as culturas de interesse agrícola: soja, milho e trigo. A cultivar de soja utilizada foi a NA 5909 RG®, que apresenta característica de precocidade (125-135 dias colheita) em conjunto com alta produtividade. A planta apresenta estabilidade em diferentes ambientes com arquitetura favorável ao controle de doenças e padrão de crescimento indeterminado (NIDERA SEMENTES, 2022). Para milho a semente empregada foi da variedade STATUS TG®, uma planta precoce, com alto potencial produtivo, boa resposta ao adensamento, qualidade de colmo e grão (AGRANDA, 2022). Já a variedade de trigo utilizada foi a Sinuelo®, sendo classificado como trigo do tipo pão. A planta apresenta excelente sanidade, ciclo longo e alto rendimento de grãos (BIOTRIGO GENÉTICA, 2022). Fami realizado teste de germinação para comprovar a viabilidade do lote em questão, junto ao experimento.

O inoculante micorrízico utilizado foi o de nome comercial Rootella BR, produto à base do FMA *Rhizophagus intraradices*, sendo que este produto é recomendado pela fabricante GroundWork BioAg para as culturas de soja, feijão, milho, trigo, cevada, aveia e arroz. A recomendação de dosagem do fabricante, de 120 g de produto para a quantidade de sementes utilizadas por hectare, proporciona 20.800 propágulos por grama de produto em uma mistura com vermiculita esterilizada.

### 5.2 AGROQUÍMICOS EMPREGADOS NO TRATAMENTO DE SEMENTES

Os agroquímicos utilizados nos elementos experimentais, foram três inseticidas (Ciantraniliprol, Abamectina e Tiametoxam) e três fungicidas (Difenoconazol, Fludioxonil e Metalaxil-m, Tiabendazol e Metalaxil-m), os quais são citados já pelo princípio ativo, uma vez que a empresa cedente requisitou sigilo quanto ao nome comercial dos produtos utilizados. Cada agroquímico possui uma recomendação de dosagem perante a cultura sobre a qual o mesmo será aplicado, sendo então utilizada a recomendação da beneficiadora dos agroquímicos, como apresentado na Tabela 2.

TABELA 2 - Recomendação de cada agroquímico para cada cultura.

Agroquímico	Dose		
	ml/100kg sementes		ml/60 mil sementes
	Soja	Trigo	Milho
Ciantraniliprol	80	-	70
Abamectina	100	-	-
Difenoconazol	-	200	-
Fludioxonil e Metalaxil-m	100	-	30
Tiabendazol e Metalaxil-m	100	-	30
Tiametoxam	200	150	120

Fonte: Adaptado de comunicação verbal da empresa parceira (2022).

Foram também seguidas, para cada cultura de interesse agrícola utilizada no presente trabalho, diferentes formulações comumente empregadas pela empresa produtora dos agroquímicos em suas recomendações a produtores agrícolas e em seus processos de tratamento de sementes, como apresentado na Tabela 3.

TABELA 3 - Combinações de diferentes agroquímicos.

Formulação	Cultura	Composição
Formulação A	Trigo	Tiametoxam + Difenoconazol
Formulação B	Soja	Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol
Formulação C	Soja	Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Abamectina
Formulação D	Soja	Tiametoxam + Fludioxonil e Metalaxil-m
Formulação E	Milho	Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol
Formulação F	Milho	Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m
Formulação G	Milho	Tiametoxam + Fludioxonil, Metalaxil-m

Fonte: Adaptado de comunicação verbal da empresa parceira (2022).

### 5.3 PREPARO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Os procedimentos de tratamento químico de sementes, inoculação, semeadura e cultivo das plantas, se deram na casa de apoio e na casa de vegetação do Laboratório de

Microbiologia do Solo no Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina (MIP/CCB-UFSC).

O solo utilizado foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2018) de textura franco arenosa, proveniente de área de mata com baixa fertilidade natural, no município de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil (27°34'40.8"S 48°30'05.2"L), tendo mais características descritas na Tabela 4. O pH do solo foi corrigido para 6,0, com base no Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS – RS/SC, 2016), com adição de calcário dolomítico comercial, com CaO 29,23%, MgO 18,3 %, poder de neutralização de 102,7 %, PRNT 79,22 %.

TABELA 4 - Parâmetros químicos e físicos do solo coletado em área de empréstimo.

pH Água	SMP	H+	P	K	C-org	Ca	Mg	Al	Areia	Argila	Silte
		Al	mg.kg	mg.kg	g.kg	cmolc.dm <sup>-3</sup>		%	%	%	
4,40	5,50	1,36	2,12	1,40	9,06	0,74	0,43	1,00	66	9	25

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Notas: SMP = Método Mac Lean e Pratt; C-org = carbono orgânico; H = hidrogênio; Al = alumínio; MO = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio.

Foram aplicadas as formulações de agroquímicos, apresentadas na Tabela 3, com suas respectivas quantidades recomendadas pelas empresas produtoras dos mesmos (Tabela 2), para cada tratamento que recebeu inoculação e tratamento com formulação de agroquímico (APÊNDICE B, C e D). Para cada tratamento que recebeu inoculação de FMA, a mesma inoculação foi realizada com Rootella BR, seguindo a recomendação do fabricante de 120 g produto ha<sup>-1</sup>. Quanto aos tratamentos Sem Tratamento Químico (SQ) e LAV (Sementes Lavadas, somente inoculadas com FMA), a inoculação foi realizada com produto de nome comercial Rootella BR seguindo a mesma recomendação de 120 g produto ha<sup>-1</sup>.

Seguindo as recomendações das empresas produtoras dos agroquímicos, foram utilizadas seringas para a coleta do volume desejado de cada constituinte de agroquímicos das formulações, assim como a quantidade de adesivo recomendada (polímero, para maximizar a fixação do inóculo), e acondicionados em copo plástico para agitação. Utilizando o método conhecido popularmente como método do saco, o líquido foi disposto em sacos plásticos, sendo então adicionado o inoculante e espalhado de forma uniforme em 1/2 de sua área, sendo em

seguida adicionado 0,5 kg de semente para então realizar agitação manual constante por 2 minutos (APÊNDICE A).

Para os tratamentos Controle 1 que receberam somente inoculação, foi utilizado o adesivo comercial Bioma Fix<sup>®</sup>, indicado pelo fabricante do inoculante micorrízico, sendo utilizado, também, o método do saco para o espalhamento e inoculação das sementes. Para os tratamentos que receberam tratamento com agroquímicos, foi utilizado o adesivo comercial BIOCROMA<sup>®</sup> para trigo e soja, e Disco L450<sup>®</sup> para o milho.

Todos os tratamentos passaram por esses procedimentos, eram então espalhados em bandeja para secar por 15 minutos e, sequentemente, acondicionados em duplo saco de papel para armazenagem. Os pacotes onde as sementes estavam acondicionadas foram armazenados em um armário dentro das dependências laboratoriais do MIP/CCB-UFSC, em temperatura ambiente para Florianópolis – SC.

Cada cultura teve sua implantação em vaso na casa de vegetação efetuada no mesmo dia em que foram realizados os tratamentos e a inoculação do dia 0 (Tabela 5), ou seja, previamente à semeadura. Essa metodologia foi realizada dessa maneira para simular as aplicações do campo. O trigo foi semeado em vasos de 3,6 dm<sup>3</sup> de volume, o milho e a soja em vasos de 8,0 dm<sup>3</sup>, vasos estes selecionados para propiciar o desenvolvimento radicular apropriado, contendo este solo da área de empréstimo não esterilizado e peneirado em malha de 5 mm.

TABELA 5 - Cultura, dias de cultivo, variedades utilizadas.

Cultura	Plantio	Coleta	Dias de cultivo	Variedade
Trigo	04/08/2019	18/09/2019	45	Sinuelo <sup>®</sup>
Soja	09/10/2019	28/11/2019	50	Ativa 5909
Milho	13/03/2020	18/05/2020	66	STATUS TG <sup>®</sup>

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A quantidade de adubo recomendada para cada cultura, foi calculada seguindo a recomendação do Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS – RS/SC, 2016), sendo então utilizada somente a metade da recomendação de fósforo. A recomendação em quilogramas por hectare foi convertida para gramas por litro de solo, para viabilizar a correta adubação do solo presente nos vasos utilizados

para o crescimento das culturas de interesse. Assim sendo, a fonte de fósforo utilizada foi superfosfato triplo, onde o trigo recebeu 0,340 g por vaso, o milho 0,974 g por vaso e para soja 0,755 g por vaso. A fonte de nitrogênio utilizada foi uréia, onde o trigo recebeu 0, g por vaso e o milho 0,4 g por vaso. A fonte de potássio utilizada foi cloreto de potássio, onde o trigo recebeu 0, g por vaso, o milho 0,459 g por vaso e para soja 1,01 g por vaso.

### 5.3.1 Soja

O experimento da soja foi conduzido em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial  $3 \times 5 + 2$ , sendo o primeiro fator o uso de três combinações de formulações (Formulação B, C e D) de agroquímicos recomendadas pela empresa fabricante dos mesmos e apresentadas na Tabela 3; o segundo fator sendo os diferentes tempos de armazenagem mais empregados para estas sementes (60, 45, 30, 15 e 0 dias) com dois tratamentos adicionais: Controle 1 (sem combinação de formulação de agroquímicos + inoculação de FMA) e o Controle 2 (sem combinação de formulação de agroquímicos e sem inoculação de FMA), com cinco repetições de cada tratamento (APÊNDICE B).

Para a soja, foram semeadas 4 sementes, sendo que no décimo dia após a semeadura foi realizado o desbaste, seguindo e finalizando o ciclo do experimento com 2 plantas.

Na cultura da soja, temos a singularidade de, por ser leguminosa, receber a inoculação no momento de semeadura de uma combinação de bactérias fixadoras de nitrogênio: *Bradyrhizobium elkanii*, *Bradyrhizobium japonicum* 5079 e *Bradyrhizobium japonicum* 5080. Cada inóculo foi adicionado a um Erlenmeyer esterilizado, com meio de cultura YM e desenvolvido por um tempo médio de 72 horas a rotações/ $\text{min}^{-1}$  a 28°C. Cada sementes recebeu 1mL de meio de cultura para suprir o número de 160.000 unidades formadoras de colônia por semente.

### 5.3.2 Trigo

O experimento do trigo foi conduzido em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial  $1 \times 4 + 2$ , sendo avaliado uma combinação de formulação de agroquímicos (Formulação A) recomendada pela empresa fornecedora dos mesmos (Tabela 3) em 4 tempos de armazenagem das sementes (45, 30, 15 e 0 dias) com dois tratamentos adicionais: SQ (sem

formulação de agroquímicos + inoculação de FMA) e SFSQ (sem formulação de agroquímicos e sem inoculação de FMA), com cinco repetições de cada tratamento (APÊNDICE C).

Para a cultura do trigo, foram semeadas 20 sementes, sendo que no décimo dia após a semeadura foi realizado o desbaste, seguindo e finalizando o ciclo do experimento com 15 plantas.

### 5.3.3 Milho

O experimentos com o milho foi realizado em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial  $3 \times 4 + 3$ , sendo o primeiro fator o uso combinado de três formulações (Formulação E, F e G) de agroquímicos, definidas seguindo recomendação dos fabricantes (Tabela 3), e o segundo fator os tempos de armazenagem das sementes mais comumente empregados (90, 60, 30 e 0 dias) com três tratamentos adicionais, sendo: SQ (sem formulação de agroquímicos + inoculação de FMA) e SFSQ (sem formulação de agroquímicos + sem inoculação de FMA) e LAV (sementes lavadas + sem formulação de agroquímicos + inoculação de FMA), com cinco repetições de cada experimento (APÊNDICE D).

A semente de milho apresentava a particularidade de já vir com um pré-tratamento de fábrica, sendo este composto da mistura do polímero AGRAL®, com inseticida de princípio ativo: Deltametrina e fungicidas com princípio ativo: Metalaxil-M, Tiabendazol e Fludioxonil.

Foram semeadas 4 sementes, sendo que no décimo dia após a semeadura foi realizado o desbaste, seguindo e finalizando o ciclo do experimento com 1 planta.

No decorrer do crescimento da cultura, por volta do 18º dia após a semeadura, a maioria das plantas apresentavam sintomas de deficiência de fósforo, sendo então administrada uma dose suplementar de fosfato monopotássico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) para complementar e suprir 100% da dose recomendada de P para a cultura do milho no solo em questão.

## 5.4 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

A coleta de amostras e as análises laboratoriais foram conduzidas no Laboratório de Microbiologia do Solo do MIP/CCB-UFSC. Para todas as espécies foi realizada uma coleta única no dia, sendo 45 dias para o trigo, 50 dias para a soja e 66 dias para o milho, após a data

de semeadura. Nesse dia, foram coletadas as plantas para quantificação da matéria seca da parte aérea e da raiz, e posterior análise de teor de nutrientes nos tecidos vegetais. Foram coletadas também amostras de solo para contagem de esporos, e de raízes para determinar a percentagem de colonização micorrízica.

## 5.5 ANÁLISES

Após a implantação de cada experimento em casa de vegetação, as sementes não utilizadas foram preparadas para envio à empresa parceira detentora de um laboratório credenciado para os testes de germinação, emergência e envelhecimento acelerado.

As raízes, a parte aérea, foram separadas e secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C para mensurar a matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST). Posteriormente, amostras de aproximadamente 0,2 g de matéria seca do tecido vegetal foram submetidas à digestão nitroperclórica e determinação do teor de fósforo na parte aérea (TPPA), teor de fósforo na raiz (TPR) e teor de fósforo total (TPT) por espectrofotometria (TEDESCO *et al.*, 1995).

Para a análise de colonização micorrízica, foram coletadas amostras de raízes de aproximadamente 2,0 g, e lavadas em água corrente e clareadas em KOH 10% por cerca de 60 min, sendo em seguida feita a acidificação em HCl 5,0 % e, então, coradas com azul de Tripán (KOSKE; GEMMA, 1989). Para identificação da presença ou ausência de colonização micorrízicas nas raízes, as mesmas foram acondicionadas em placa de Petri, sendo realizada segundo o método de Giovannetti e Mosse (1990) e avaliadas com o auxílio de lupa.

Foram coletadas amostras de 50 cm<sup>3</sup> de solo para os diferentes tratamentos com similaridade ao tempo de 0 dias, para extração de esporos seguindo o método de peneiramento úmido seguido de centrifugação em gradiente de sacarose (GERDERMANN; NICOLSON, 1963). A contagem de esporos do material foi realizada com auxílio de uma lupa.

## 5.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todos os dados foram submetidos à análise de homogeneidade de variâncias utilizando o teste de Bartlett. Atendendo aos pressupostos de homogeneidade, posteriormente procedeu-se a análise de variância pelo teste de TUKEY a 5% de probabilidade de erro para separação

das médias utilizando o pacote ExpDes versão 1.2.1. (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2021) com o comando “fat2.ad.dic”. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009). Gráficos com barra de erro e regressões foram gerados com o Software Sigma-Plot v. 12.5 (Systat Corp., San Jose, USA).

## 6 RESULTADOS

As sementes das culturas de trigo e soja mantiveram sua qualidade, independente do tratamento que cada uma foi sujeita, uma vez que o relatório final apresentado pela empresa parceira atestou índices de germinação, emergência e armazenamento acelerado como bons, dentro do padrão exigido para recomendação de semeadura (ANEXOS A - H). No caso da cultura do milho, decorrente de dificuldades encontradas durante o início do período pandêmico, não foi possível obter essas informações.

### 6.1 SOJA

A Tabela 6 mostra os efeitos dos agroquímicos, tempo de armazenamento e da interação deles sobre as variáveis de MSPA, MSR e MST. Os fatores estudados não afetaram a variável MSR. Houve diferenças significativas para os valores de MSPA e MST, destacando-se o tratamento C (Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Abamectina).

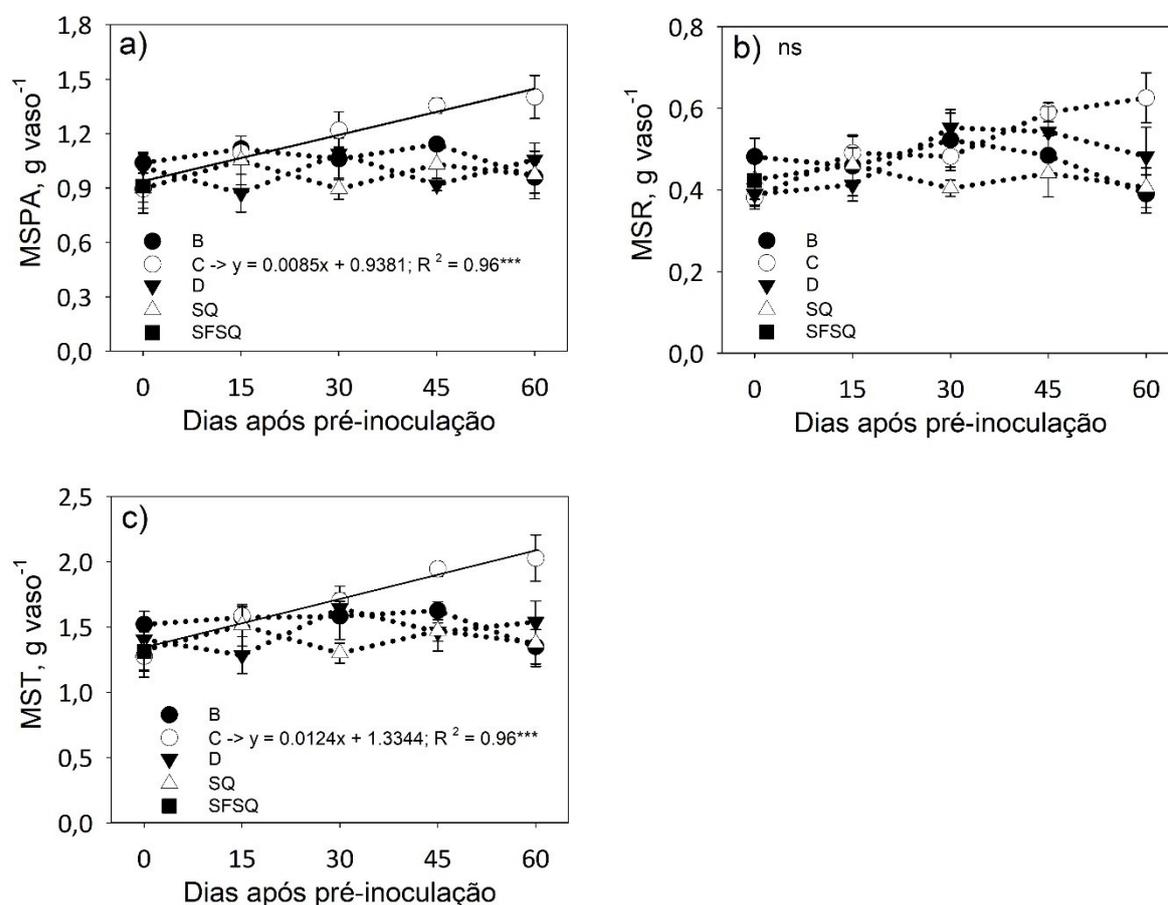
TABELA 6 - ANOVA bifatorial com tratamento adicional ao nível de 5% de probabilidade de erro para as variáveis Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), Matéria Seca da Raiz (MSR) e Matéria Seca Total (MST) de Soja com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes.

Fator	MSPA			MSR		MST	
	GL	F	p valor	F	p valor	F	p valor
Tratamento (T)	3	6,35	<0,001	2,57	0,059	5,42	<0,002
Tempo dias (D)	4	1,78	0,141	2,13	0,085	2,18	0,078
Fatorial (T vs D)	12	1,95	0,039	1,73	0,075	1,90	0,045
Fatorial vs SFSQ	1	2,45	0,121	0,92	0,339	2,63	0,108
Erro	84						
	CV %	19,12		23,55		18,83	

Quanto às variáveis de crescimento da planta, para a cultura da Soja (*Glycine max*), foi notado tanto que a MSPA e a MST do tratamento C (Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Abamectina) apresentaram incrementos de até 30% em MSPA e de até 35% para MST, conforme as sementes tratadas com a Formulação C e com inoculante ficavam armazenadas por períodos maiores de tempo. A faixa média para MSPA foi 1 g por vaso, e para MST foi de 1,4

g por vaso. Para os demais tratamentos não foi observado diferença significativa, como pode ser observado na Figura 1.

FIGURA 1 - Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) (a), Matéria Seca da Raiz (MSR) (b) e Matéria Seca Total (MST) (c) de experimento de Soja com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos com efeitos significativos são representados por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. B = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol; C = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Abamectina; D = Tiametoxam + Fludioxonil e Metalaxil-m; SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro.



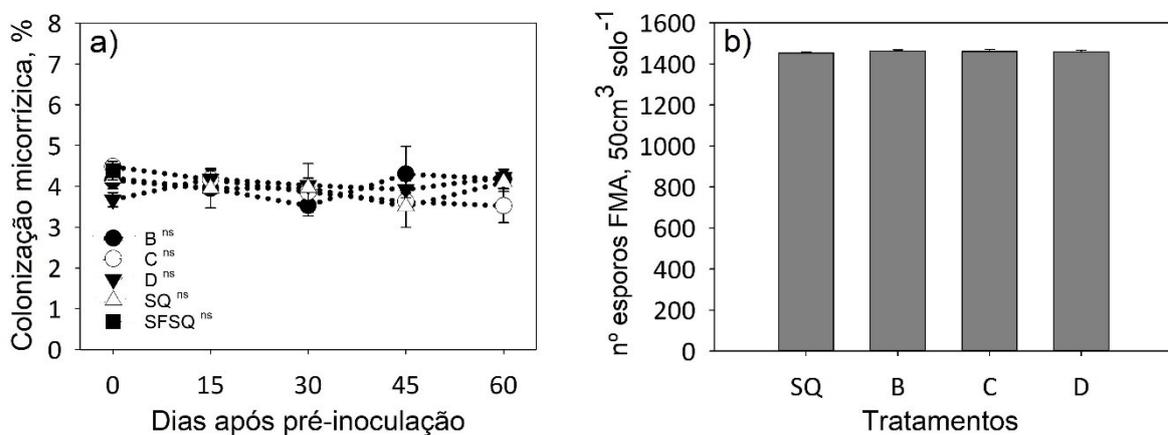
A Tabela 7 mostra os efeitos dos agroquímicos, tempo de armazenamento e estes dois em interação sobre as variáveis PPA e PR e colonização. Pode-se observar que os fatores estudados não influenciaram as variáveis PPA, PR e colonização na cultura da soja.

TABELA 7 - ANOVA bifatorial com tratamento adicional ao nível de 5% de probabilidade de erro para as variáveis Teor de Fósforo na Parte Aérea (PPA) (a) e Teor de Fósforo na Raiz (PR) e Colonização de Soja com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes.

Fator	GL	TPPA		TPR		Colonização	
		F	p valor	F	p valor	F	p valor
Tratamento (T)	3	2,16	0,099	1,96	0,127	0,09	0,967
Tempo dias (D)	4	2,28	0,067	0,91	0,461	0,64	0,638
Fatorial (T vs D)	12	1,28	0,247	1,50	0,141	1,16	0,322
Fatorial vs SFSQ	1	0,66	0,419	0,67	0,417	1,39	0,242
Erro	84						
	CV %	21,16		19,93		18,82	

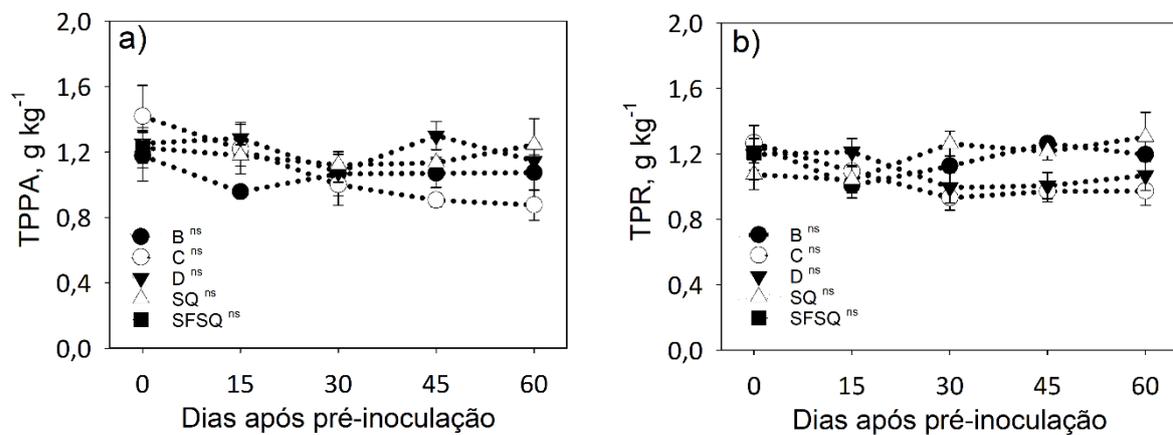
Para a cultura da soja, a colonização micorrízica em todos os tratamentos ficou na faixa de 3 a 5% de colonização das plantas, uma percentagem considerada baixa. O número de esporos de FMA em solo nos diferentes tratamentos dentro do tempo 0, ou seja, tratamento onde não existia o efeito da armazenagem, não foi significativo e se manteve na faixa de 1500 esporos por 50 cm<sup>3</sup> de solo, como pode ser observado na Figura 2.

FIGURA 2 - Colonização micorrízica (a) e número de esporos de FMA em 50 cm<sup>3</sup> de solo (b) de experimento de Soja com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. B = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol; C = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Abamectina; D = Tiametoxam + Fludioxonil e Metalaxil-m; SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem; LAV = Semente Lavada + Inoculação + Sem armazenagem. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro.



Para as variáveis de TPPA e TPR para a cultura da soja, não foi constatada uma interação significativa entre os diferentes tratamentos, como pode ser observado na Figura 3. A faixa de acúmulo de P em g/Kg, tanto para a parte aérea quanto na raiz, ficou entre 0,8 e 1,6.

FIGURA 3 - Teor de Fósforo na Parte Aérea (TPPA) (a) e Teor de Fósforo na Raiz (TPR) (b) de experimento de Soja com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. B = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol; C = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Abamectina; D = Tiametoxam + Fludioxonil e Metalaxil-m; SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem; LAV = Semente Lavada + Inoculação + Sem armazenagem. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro.



## 5.2 TRIGO

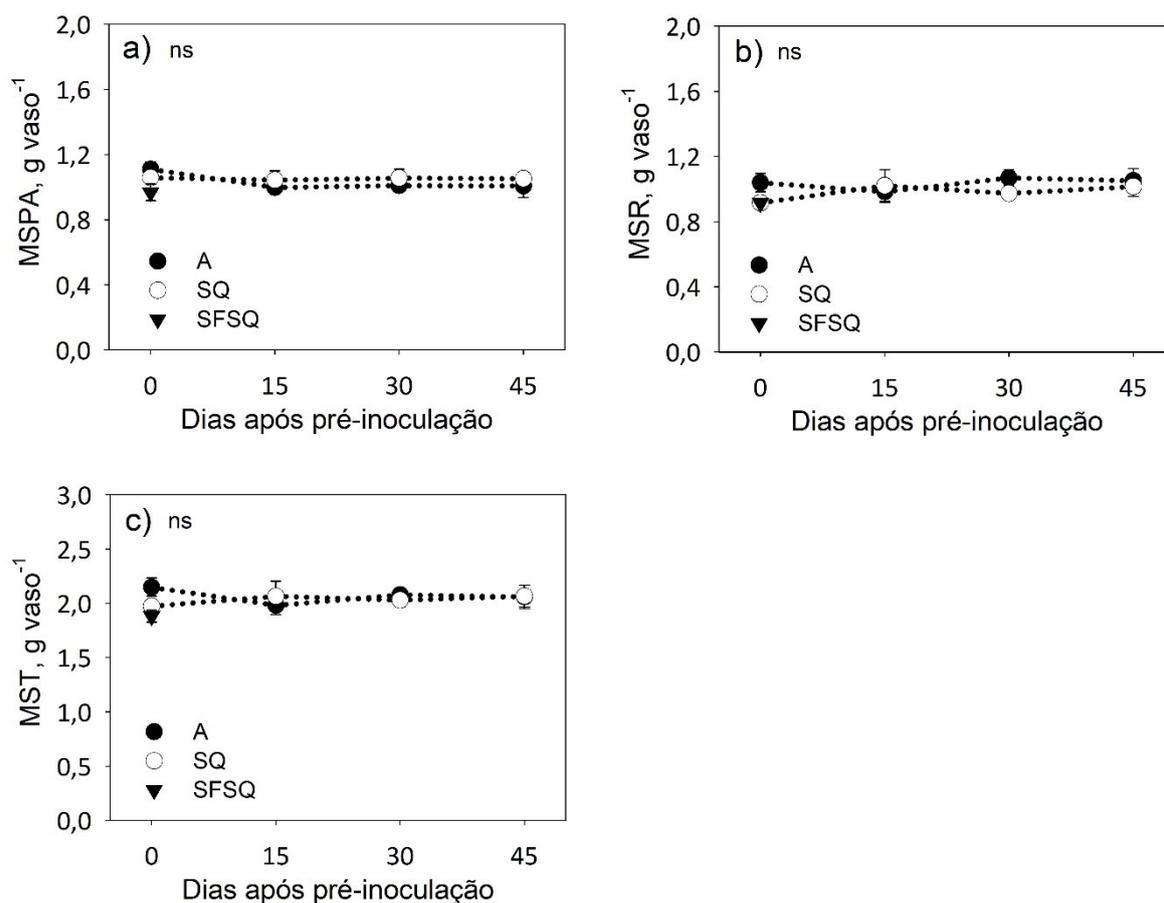
A Tabela 8 mostra os efeitos dos agroquímicos, tempo de armazenamento e estes dois em interação para as variáveis de MSPA, MSR e MST. Os fatores estudados não influenciaram de forma significativa nenhuma das três variáveis estudadas.

TABELA 8 - ANOVA bifatorial com tratamento adicional ao nível de 5% de probabilidade de erro para as variáveis Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), Matéria Seca da Raiz (MSR) e Matéria Seca Total (MST) de Trigo com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes.

Fator	GL	MSPA		MSR		MST	
		F	p valor	F	p valor	F	p valor
Tratamento (T)	1	0,39	0,537	1,78	0,190	0,31	0,581
Tempo dias (D)	3	0,71	0,551	0,36	0,784	0,10	0,962
Fatorial (T vs D)	3	0,52	0,670	0,77	0,517	0,83	0,485
Fatorial vs SFSQ	1	2,14	0,152	2,42	0,129	3,52	0,069
Erro	36						
	CV %	10,31		12,93		9,35	

Quanto às variáveis de crescimento da planta, para a cultura do Trigo (*Triticum aestivum*), não foi observada diferença significativa para MSPA, MSR e MST dentre os tratamentos, como pode ser observado na Figura 4. A faixa de gramas por vaso observadas foram de 0,9 - 1,2 para MSPA, de 0,9 - 1,2 para MSR e de 1,7 - 2,3 para MST.

FIGURA 4 - Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) (a), Matéria Seca da Raiz (MSR) (b) e Matéria Seca Total (MST) (c) de experimento de Trigo com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. A = Tiametoxam + Difenocanazol; SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro.



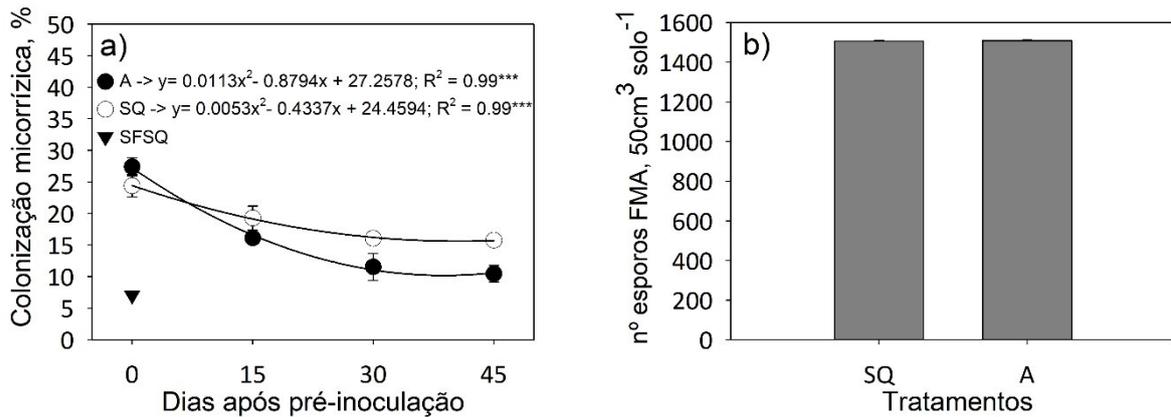
A Tabela 9 mostra os efeitos dos agroquímicos, tempo de armazenagem e estes dois em interação sobre as variáveis de TPPA e TPR e colonização. O fator tempo influenciou a variável colonização na cultura do trigo e o tratamento controle (Controle 2) também.

TABELA 9 - ANOVA bifatorial com tratamento adicional ao nível de 5% de probabilidade de erro para as variáveis Fósforo na Parte Aérea (TPPA) (a) e Fósforo na Raiz (TPR) e Colonização de Trigo com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. SFSQ = Sem inoculação de FMA e Sem tratamento Químico.

Fator	TPPA			TPR		Colonização	
	GL	F	p valor	F	p valor	F	p valor
Tratamento (T)	1	1,07	0,309	3,41	0,073	6,50	0,015
Tempo dias (D)	3	1,60	0,206	0,13	0,944	36,03	<0,001
Fatorial (T vs D)	3	0,19	0,901	0,85	0,476	3,72	0,020
Fatorial vs SFSQ	1	0,87	0,385	3,52	0,069	51,87	<0,001
Erro	36						
	CV %	17,07		14,39		18,78	

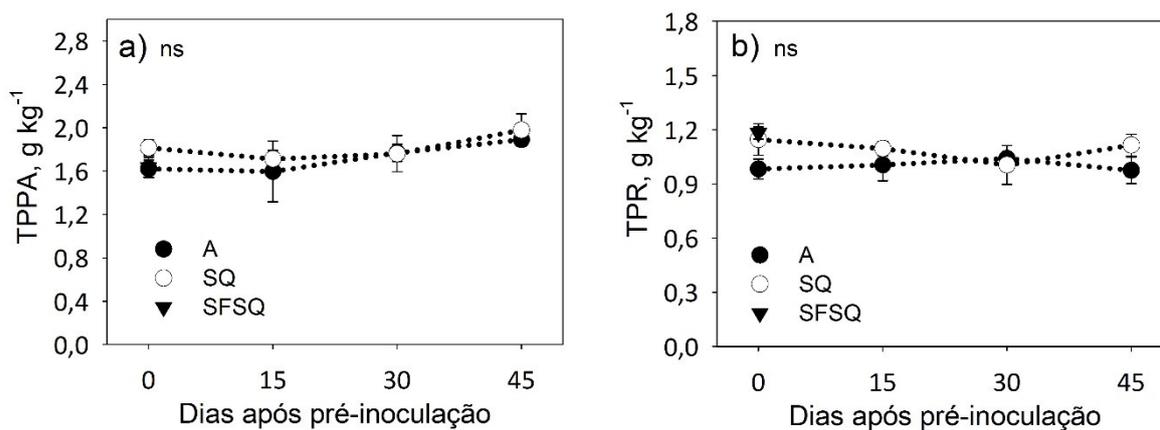
Para a cultura do trigo, a colonização micorrízica nas plantas teve diferença significativa nos diferentes tempos de armazenamento, sendo que os valores de colonização da planta de trigo foram menores conforme o tempo de armazenamento foi aumentado, apresentando em seu maior tempo de armazenamento (45 dias) uma diminuição de 70% quando comparada aos do dia 0. Quando não empregada a inoculação junto a não aplicação de agroquímicos (SFSQ), o índice de colonização micorrízica foi 80% inferior. O número de esporos de FMA em solo entre os diferentes tratamentos dentro do tempo 0, ou seja, tratamento onde não existia o efeito da armazenagem, não foi significativo e se manteve na faixa de 1500 esporos por 50 cm<sup>3</sup> de solo, como pode ser observado na Figura 5.

FIGURA 5 - Colonização micorrízica (a) e número de esporos de FMA em 50 cm<sup>3</sup> de solo (b) de experimento de Trigo com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. A = Tiametoxam + Difenconazol; SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem; ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro.



Quanto ao TPPA e TPR para a cultura do trigo, foi constatado que não foi significativa a diferença entre os tratamentos, como pode ser observado na Figura 6.

FIGURA 6 - Teor de Fósforo na Parte Aérea (TPPA) (a) e Teor de Fósforo na Raiz (TPR) (b) de experimento de Trigo com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. A = Tiametoxam + Difenconazol; SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro.



### 5.3 MILHO

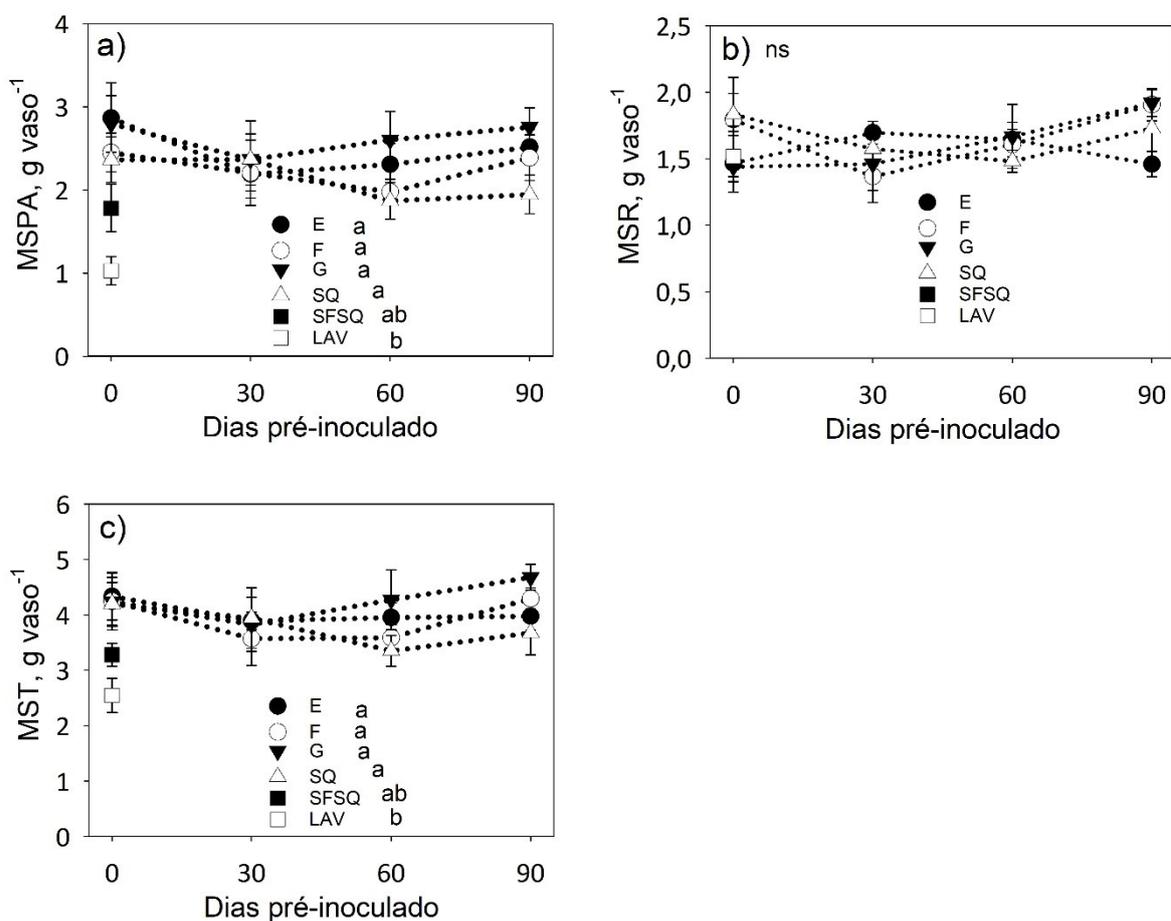
A Tabela 10 apresenta os efeitos dos agroquímicos, tempo de armazenagem e estes dois em interação para as variáveis de MSPA, MSR e MST. Os fatores estudados apresentaram diferença significativa para MSPA e MST, no caso do tratamento Controle 3 (sementes lavadas, sem tratamento com agroquímicos e sem inoculante).

TABELA 10 - ANOVA bifatorial com tratamento adicional ao nível de 5% de probabilidade de erro para as variáveis Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), Matéria Seca da Raiz (MSR) e Matéria Seca Total (MST) de Milho com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem; LAV = Semente Lavada + Inoculação + Sem armazenagem.

Fator	GL	MSPA		MSR		MST	
		F	p valor	F	p valor	F	p valor
Tratamento (T)	3	2,32	0,083	0,30	0,823	1,05	0,378
Tempo dias (D)	3	1,64	0,188	1,34	0,270	1,54	0,212
Fatorial (T vs D)	9	0,41	0,924	1,33	0,236	0,51	0,860
Fatorial vs SFSQ	1	3,76	0,057	0,57	0,453	3,42	0,069
Fatorial vs LAV	1	20,23	<0,001	0,42	0,518	13,58	<0,001
Erro	67						
	CV %	28,26		23,13		21,87	

Quanto às variáveis de crescimento da planta, para a cultura do milho, não foi observada diferença significativa para MSR dentre os tratamentos (Figura 7), já para MSPA e MST foi observada diferença de valores inferiores de massa seca para SFSQ e LAV, sendo o tratamento SFSQ similar aos tratamentos E, F, G, SQ, LAV, contudo o LAV somente relacionado a SFSQ. Controle 3 apresentou valores de MSPA até 60% inferiores aos dos outros tratamentos, e para MST apresentou valores até 40% inferiores aos outros tratamentos.

FIGURA 7 - Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) (a), Matéria Seca da Raiz (MSR) (b) e Matéria Seca Total (MST) (c) de experimento de Milho com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. E = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol; F = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m; G = Tiametoxam + Fludioxonil, Metalaxil-m; SQ = Sem tratamento Químico; SFSQ = Sem inoculação de FMA e Sem tratamento Químico; LAV = Sementes lavadas. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro.



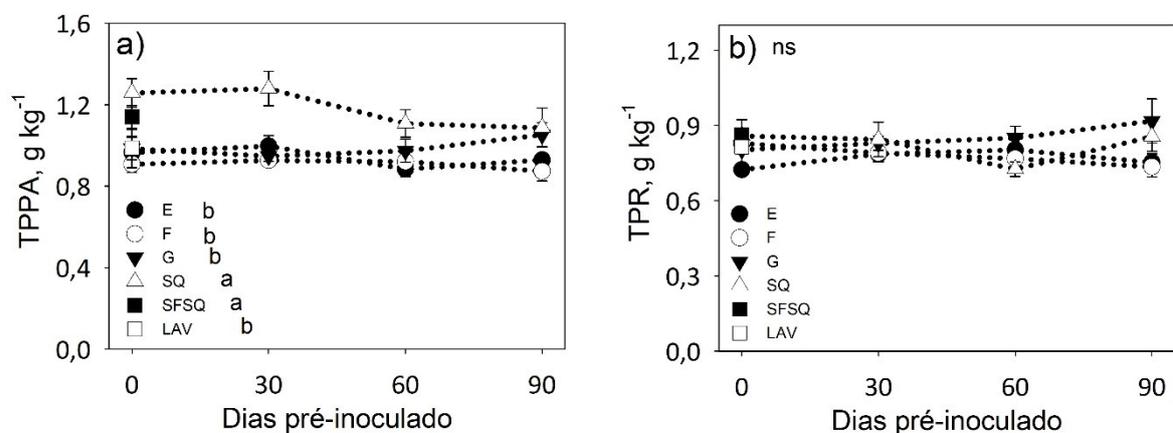
A Tabela 11 mostra os efeitos dos agroquímicos, tempo de armazenamento e estes dois em interação sobre as variáveis de TPPA, TPR e colonização. Os tratamentos Controle 1 e Controle 2 apresentaram diferença significativa para TPPA e a variável tempo influenciou significativamente no desempenho da colonização quando as sementes foram armazenadas por diferentes tempos.

TABELA 11 - ANOVA bifatorial com tratamento adicional ao nível de 5% de probabilidade de erro para as variáveis de Fósforo na Parte Aérea (TPPA) (a) e de Fósforo na Raiz (TPR) e Colonização de Milho com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. SQ: Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem, SFSQ = Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem; LAV = Semente Lavada + Inoculação + Sem armazenagem.

Fator	GL	TPPA		TPR		Colonização	
		F	p valor	F	p valor	F	p valor
Tratamento (T)	3	16,45	<0,001	2,38	0,078	0,58	0,631
Tempo dias (D)	3	1,13	0,342	0,28	0,843	6,19	< 0,001
Fatorial (T vs D)	9	0,97	0,469	1,18	0,303	0,65	0,750
Fatorial vs SFSQ	1	4,59	0,036	1,40	0,287	0,64	0,427
Fatorial vs LAV	1	0,09	0,762	0,03	0,862	0,001	0,972
Erro	67						
	CV %	13,38		13,53		35,58	

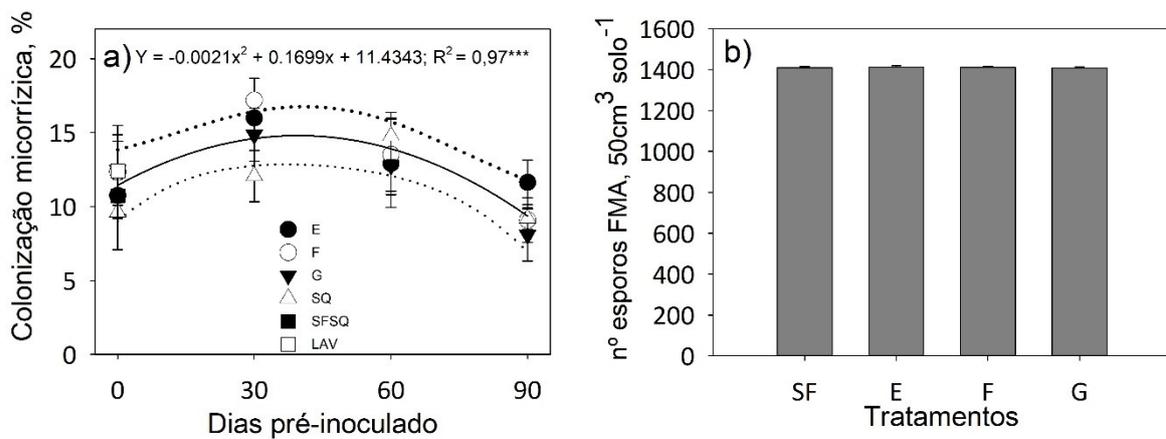
Quanto ao TPPA e TPR para a cultura do milho, foi constatado que não houve diferença significativa entre os diferentes tratamentos na variável TPR (Figura 8), já para TPPA ocorreu diferença significativa onde os tratamentos SQ e SFSQ. Estes performaram com valores superiores de teor de Fósforo quando comparados aos outros tratamentos em dia 0, apresentando valores de acúmulo superiores aos outros tratamentos em até 25%. SQ também teve valores superiores no tempo 30 quando comparado aos outros tratamentos, em até 30%, seguido de até 15% de maior acúmulo de fósforo no tratamento de 60 dias de armazenamento e decaindo então para a faixa similar a dos demais tratamentos.

FIGURA 8 - Teor de Fósforo na Parte Aérea (TPPA) (a) e Teor de Fósforo na Raiz (TPR) (b) de experimento de Milho com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. E = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol; F = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m; G = Tiametoxam + Fludioxonil, Metalaxil-m; SQ = Sem tratamento Químico; SFSQ = Sem inoculação de FMA e Sem tratamento Químico; LAV = Sementes lavadas. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro.



Para a cultura do milho, a colonização micorrízica nas plantas teve diferença significativa entre os tempos de armazenamento (Figura 9), onde apresentaram colonização crescente do dia de pré-inoculação 0 para o tempo de 30 dias, e decrescente conforme armazenados por 60 ou 90 dias. Já o número de esporos de FMA em solo entre os diferentes tratamentos não foi significativo, como pode ser observado na Figura 7. O número de esporos de FMA em solo entre os diferentes tratamentos dentro do tempo 0, ou seja, tratamento onde não existia o efeito da armazenagem, não foi significativo e se manteve na faixa de 1500 esporos por 50 cm<sup>3</sup> de solo, como pode ser observado na Figura 9.

FIGURA 9 - Colonização micorrízica (a) e número de esporos de FMA em 50 cm<sup>3</sup> de solo (b) de experimento de Milho com pré-inoculação de FMA e diferentes tratamentos químicos nas sementes. Tratamentos sem efeitos significativos ao longo do tempo são representados por linhas tracejadas e com efeitos significativos representadas por linha sólida. As equações quando significativas ao nível de 5% (\*), 1% (\*\*) e 0,1 % (\*\*\*) de probabilidade de erro, são apresentadas nas legendas da respectiva figura. E = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Ciantraniliprol; F = Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m; G = Tiametoxam + Fludioxonil, Metalaxil-m; SQ = Sem tratamento Químico; SFSQ = Sem inoculação de FMA e Sem tratamento Químico; LAV = Sementes lavadas. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro.



## 7 DISCUSSÃO

O presente estudo abrangeu a avaliação do uso de diferentes formulações de agroquímicos amplamente aplicados no TSI e de diferentes tempos de armazenamento das sementes de plantas de interesse agrícola quando em contato com inoculante à base de FMA, no seu potencial de colonização nas plantas.

Campagnac *et al.* (2008), Zocco *et al.* (2008) e Calonne *et al.* (2011), usando vários fungicidas em diferentes concentrações em diferentes plantas olerícolas, relataram uma redução acentuada do ciclo de vida dos FMA (germinação de esporos, alongamento do tubo germinativo, porcentagem de colonização, crescimento de hifas extra-radiculares e esporulação) de *Rhizophagus intraradices* e *Rhizophagus irregulare* conforme as doses de agroquímicos eram acentuadas e expostas por mais tempo junto ao FMA. Também, Metalaxyl reduziu a colonização radicular de FMA quando aplicado em plantas de *Citrus sinensis* enxertadas em *C. limon* (L). Duarte e colaboradores (2006) encontraram que diferentes doses de Tiabendazol inibiram a germinação dos esporos de *Scutellospora gilmorei* e *S. heterogama*, quando aplicado em o tratamento em estacas de pimenta do reino (*Gliricidia sepium* L), e as plantas apresentaram porcentagem de colonização micorrízica reduzidas. Como presente em vasta bibliografia, os fungicidas sistêmicos e de contato tem efeito supressor no desenvolvimento de fungos micorrízicos arbusculares (SMITH; HARNETT; RICE, 2000; CHANNABASAVAL; LAKSHMAN; JORQUERA, 2015; BUYSENS; DE BOULOIS; DECLERK, 2015; CARRENHO; BONONI; GRACIOLLI, 2000; CAMERON *et al.*, 2017), o que poderia explicar que todos os fungicidas utilizados nos experimentos afetaram de alguma forma o FMA utilizado na presente pesquisa. Ainda assim, o tratamento fitossanitário das sementes com agroquímicos é amplamente adotado na agricultura internacional e de suma importância dentro da cadeia de produção agrícola, proporcionando proteção a contra doenças, pragas e condições climáticas adversas, no momento da semeadura (STEINER; GRABE; TULO, 1989; BAUDET; PESKE, 2007) e também frente às doenças que podem aparecer no desenvolvimento da cultura, em estágios mais avançados (ZAMBOLIM *et al.*, 2008).

Os percentuais de colonização micorrízica da soja no presente experimento, entre 3 e 5%, são considerados baixos quando comparados aos percentuais de colonização encontrados na literatura, onde a faixa nas mais diferentes condições fica entre 30 a 70 % para a soja

(BIDONDO *et al.*, 2011; MEGHVANSI; MAHNA, 2009; SPAGNOLETTI; LAVADO, 2015; STOFFEL *et al.*, 2020b). Isso poderia indicar que os agroquímicos tiveram algum efeito deletério para o FMA junto à soja, embora os tratamentos aos quais nenhum agroquímico estava presente também apresentaram essa baixa faixa de colonização e, como visto, o tempo de armazenamento foi indiferente na expressão da colonização para esta planta.

Os percentuais de colonização micorrízica do trigo quando em tratamentos com inoculação, ficaram entre 10 e 30%, faixa igual ou inferior ao o que é encontrado na literatura, onde os percentuais de colonização se encontraram de 28 a 66 % (SHARMA *et al.*, 2017). Para o trigo, foi observado que por quanto mais tempo armazenado, independente do uso ou não de agroquímicos, maior foi o efeito deletério ao crescimento dos FMA na planta. Os tratamentos quando realizados no dia da semeadura apresentaram colonização similar ao apresentado pela literatura (SHARMA *et al.*, 2017), embora o tratamento em 15 dias apresentou 15 – 20% de colonização e em 30 e 45 dias entre 10 e 20% de colonização micorrízica. Para o trigo, foi perceptível que a presença da inoculação e da inoculação combinada a agroquímicos feitas no dia da semeadura favoreceram a colonização micorrízica, uma vez que o tratamento controle sem nenhum dos dois fatores (SFSQ) foi inferior com uma percentagem de colonização na faixa de 6,5%, levando em conta que o solo utilizado no experimento não era estéril, visando simular a realidade nas propriedades agrícolas, podendo nele estar presentes possíveis patógenos.

Para o milho, o percentual de colonização micorrízica encontrado em literatura vai de 23 a 90 % (ADRIANO-ANAYA *et al.*, 2006; GUO *et al.*, 2014; MALCOVÁ; VOSÁTKA; GRYNDLER, 2003; STOKLOSA *et al.*, 2011; STOFFEL *et al.*, 2020a), sendo então a faixa de colonização do presente experimento considerada baixa, que ficou na faixa de 7 - 17%. Ainda assim, a colonização no milho foi diferenciada quanto ao tempo em que as sementes ficaram armazenadas, contudo, não apresentou valores crescentes ou decrescentes contínuos com o passar dos dias armazenados. Comparando aos tratamentos feitos no dia da semeadura, o milho apresentou aumento de até 60% de colonização quando armazenado por 30 dias, seguindo para valores até 35% inferiores para 60 dias e até 60% inferiores para 90 dias de armazenamento.

O acúmulo de fósforo das plantas é resultado da junção dos fatores produção de biomassa e dos teores de P nos tecidos (MSPA, MSR e MST). O acúmulo de P para todos os tratamentos na MST da soja (1,4 g/vaso) e do trigo (2 g/vaso) se manteve na mesma faixa, em desacordo aos estudos que demonstram que a inoculação pode estimular significativamente o

crescimento, e aumentar o acúmulo de P de plantas micorrizadas com FMA (ANDRADE *et al.*, 2003; REIS *et al.*, 2008; BALOTA *et al.*, 2010; STOFFEL *et al.*, 2020b). Contudo, no caso do milho, ocorreu diferença significativa para MSPA, onde o tratamento ao qual as sementes foram lavadas e inoculadas obtiveram um desenvolvimento inferior ao dos outros tratamentos. No milho, os tratamentos SQ e SFSQ acumularam valores significativamente superior de P quando comparados aos outros tratamentos. Esse desequilíbrio poderia estar relacionado à necessidade de adubação fosfatada adicional decorrente da maioria das plantas terem apresentado sintomas de deficiência de P.

Por serem obrigatoriamente simbioses, os FMA não se reproduzem na ausência de uma planta hospedeira (NOBRE, 2011). Esporos, micélio micorrízico extrarradicular e de fragmentos de raízes colonizadas são consideradas fontes de propágulo de FMA (RUBIN; STÜRMER, 2015); mas são os esporos que figuram como a principal fonte de propágulo desses fungos (BRUNDRETT, 1991). Os fungos apresentam desenvolvimento ideal em alta umidade relativa (BOMFIM *et al.*, 2010), mas podem crescer em níveis de umidade entre 55% e 70% (LATIFIAN; HAMIDI-ESFAHANI; BARZEGAR, 2007). Tanto a junção do FMA com a planta hospedeira quanto o contato do FMA com certos níveis de umidade presentes também nas formulações de agroquímicos ou no processo de inoculação podem ter proporcionado ao fungo a condição de umidade necessária para iniciar seu processo de germinação, o que explicaria o decréscimo de porcentagem de colonização para a cultura do trigo.

Durante o decorrer do ensaio experimental, as plantas não sofreram nenhum tipo de estresse quanto à presença elevada de patógenos, nem estresse hídrico; essas condições impõem dificuldades para as culturas, fazendo com que o efeito, tanto dos químicos quanto dos biológicos, seja mais definitivo nos resultados encontrados.

O produto Rootella Br<sup>®</sup> tem validade de dois anos, apresentando um custo relativamente elevado, e o presente trabalho tentou encontrar evidências que sustentem a vantagem de se deixar tais micro-organismos já inoculados às culturas por diferentes períodos. Em contrapartida, dependendo do nível tecnológico e do tamanho do empreendimento do produtor rural, a inoculação pode ou não ser um ponto de dificuldade no processo produtivo da propriedade, uma vez que o volume de sementes, a falta de equipamentos e consequente tempo necessário, podem ser fatores que aumentam a dificuldade para o produtor.

Levando em conta também que o TSI apresenta qualidade superior devido à maior precisão da dose, cobertura e aderência dos produtos aplicados, por ser um local muito controlado (TAYLOR; HARMAN, 1990; MENTEN; MORAES, 2010; HENNING, 2014). Para as empresas que comercializam sementes, a comercialização das mesmas já com a inoculação feita, seria um agregador de valor via geração da entrega de uma facilidade para o produtor.

## 8 CONCLUSÕES

As diferentes combinações de agroquímicos utilizadas em cada cultura não afetaram as percentagens de colonização de FMA em soja, trigo e milho, que foram baixas.

Para a cultura do trigo, o armazenamento das sementes tratadas com formulações de agroquímicos e inoculadas com produto à base de *Rhizophagus intraradices* afetou a percentagem de colonização micorrízica de forma decrescente de 0 a 45 dias.

O crescimento da soja diminuiu com o tempo de armazenamento de 0 a 90 dias das sementes tratadas com Tiametoxam + Tiabendazol e Metalaxil-m + Abamectina junto à inoculação micorrízica.

A adição de agroquímicos afetou negativamente o teor de fósforo na parte aérea do milho.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados no presente estudo servem como uma forma importante e válida para conhecimento dos efeitos deletérios de armazenagem de sementes inoculadas e tratadas quimicamente sobre os FMA. Contudo, ainda existe uma lacuna de conhecimento em relação aos efeitos de armazenagem combinada a diferentes agroquímicos na pré-inoculação de FMA nas plantas investigadas.

Ensaio complementares com um maior tempo de desenvolvimento das plantas, um estudo a campo, testar diferentes embalagens de armazenamento, bem como trabalhar com agroquímicos singularmente, poderiam trazer à tona mais informações e esclarecimentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRASEM. Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **Anuário 2019/2020**. Disponível em: [http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2022/01/ANUARIO\\_2019\\_2020.pdf](http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2022/01/ANUARIO_2019_2020.pdf). Acesso em: 11 Jan. 2022.

ADRIANO-ANAYA, M. L. *et al.* **Hydrolytic enzyme activities in maize (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) roots inoculated with *Gluconacetobacter diazotrophicus* and *Glomus intraradices***. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 38, p. 879–886, 2006.

AGRANDA. **Agranda Sementes: Syngenta**. Disponível em: <https://www.agranda.com.br/produto/milho-hibrido-status-vip-3/> Acesso em: 10 Fev. 2022.

ALMEIDA, W. F. *et al.* **Agrotóxicos**. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 1, n. 2, p. 220-249, 1985.

ANDRADE, S. A. L. *et al.* **Interação de chumbo, da saturação por bases do solo e de micorriza arbuscular no crescimento e nutrição mineral da soja**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 5, p. 945-954, 2003.

ARDAKANI, M. R. *et al.* **Absorption efficiency of N, P, K through triple inoculation of wheat (*Triticum aestivum* L.) by *Azospirillum brasilense*, *Streptomyces* sp., *Glomus intraradices* and manure application**. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, v. 17, n. 2, p. 181-192, 2011.

BACHA, C.; CARVALHO, L. **What Explains the Intensification and Diversification of Brazil's Agricultural Production and Exports from 1990 to 2012?** International Research Initiative on Brazil and Africa, 2014. Disponível em: [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a089b540f0b64974000212/IRIBA\\_Brief02\\_What\\_Explains\\_the\\_Intensification\\_and\\_Diversification\\_of\\_Brazils\\_Agricultural\\_Production\\_and\\_Exports.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a089b540f0b64974000212/IRIBA_Brief02_What_Explains_the_Intensification_and_Diversification_of_Brazils_Agricultural_Production_and_Exports.pdf) Acesso em: 14 Fev. 2022.

BALOTA, E. L. *et al.* **Efeito dos fungos micorrízicos arbusculares sob diferentes doses de fósforo no girassol e amendoim**. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, v. 6, n. 11, p. 1-8, 2010.

BALSAN, R. **Impactos Decorrentes da Modernização da Agricultura Brasileira**. *Revista de Geografia Agrária*, v. 1, n. 2, p.123-151, 2006.

BAUDET, L.; PESKE, F. **Aumentando o desempenho das sementes**. *Seed News*, v. 11, 2007. Disponível em: <https://seednews.com.br/artigos/530-aumentando-o-desempenho-das-sementes-edicao-setembro-2007> Acesso em: 14 Fev. 2022.

BENDING, G.; RODRIGUES-CRUZ, M. S.; LINCOLN, S. D. **Fungicide impacts on microbial communities in soils with contrasting management histories**. *Chemosphere*, v. 69, n. 1, p. 82-88, 2007.

BIDONDO, L. F. *et al.* **Pre-symbiotic and symbiotic interactions between *Glomus intraradices* and two *Paenibacillus* species isolated from AM propagules. In vitro and in vivo assays with soybean (AG043RG) as plant host.** *Soil Biology & Biochemistry*, v. 43, n. 9, p. 1866-1872, 2011.

BIOTRIGO GENÉTICA. **Nosso Portfólio: Tbio Sinuelo.** 2022. Disponível em: [http://biotrigo.com.br/cultivares/portfolio/tbio\\_sinuelo/21](http://biotrigo.com.br/cultivares/portfolio/tbio_sinuelo/21) Acesso em: 14 Jan. 2022.

BOMFIM, M. P. *et al.* **Avaliação antagônica in vitro e in vivo de *Trichoderma spp.* a *Rhizopus stolonifer* em maracujazeiro amarelo.** *Summa phytopathologica*. v. 36, n. 1, p. 61-67, 2010.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002.** Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 08 de janeiro de 2002.

BRUNDRETT, M. **Mycorrhizas in natural ecosystems.** *Advances in Ecological Research*, v. 21, p. 171-313, 1991.

BUYSENS, C. DE BOULOIS, H. D., DECLERK, F. **Do fungicides used to control *Rhizoctonia solani* impact the non-target arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis*?** *Mycorrhiza*, v. 25, n. 4, p. 277–288, 2015.

CALONNE, M. *et al.* **Side effects of the sterol biosynthesis inhibitor fungicide, propiconazole, on a beneficial arbuscular mycorrhizal fungus.** *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, v. 76, n. 4, p. 891–902, 2011.

CALONNE M. *et al.* **Propiconazole inhibits the sterol 14 $\alpha$ -demethylase in *Glomus irregulare* like in phytopathogenic fungi.** *Chemosphere*, v. 87, n. 4, p. 376–383, 2012.

CAMERON, J. C. *et al.* **Fungicidal Seed Coatings Exert Minor Effects on Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Plant Nutrient Content.** *Agronomy Journal*, v. 109, n. 3, p. 1005–1012, 2017.

CAMPAGNAC, E. *et al.* **Differential effects of fenpropimorph and fenhexamid, two sterol biosynthesis inhibitor fungicides, on arbuscular mycorrhizal development and sterol metabolism in carrot roots.** *Phytochemistry*, v. 69, n. 17, p. 2912–2919, 2008.

CAMPOS, A. A. B. *et al.* **Seleção de fungicidas visando à preservação de fungos micorrízicos arbusculares nativos no cultivo do feijoeiro.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 9, p. 898–902, 2015.

CARRENHO, R.; BONONI, V. L. R.; GRACIOLLI, L. A. **Effect of the fungicides Fosetyl-Al and Metalaxyl on arbuscular mycorrhizal colonization of seedlings of Citrus sinensis (L.) Osbeck grafted onto C. limon (L.) Burmf.** Acta Scientiarum, v. 22, n. 2, p. 305-310, 2000.

CARVALHO, C. A. de. **Ocupação e uso de terras no Brasil a partir do Cadastro Ambiental Rural - CAR.** Campinas: Embrapa Territorial, 2017.

CHANNABASAVAL, A.; LAKSHMAN, H. C.; JORQUERA, M.A. **Effect of fungicides on association of arbuscular mycorrhizafungus Rhizophagus fasciculatus and growth of Proso millet (Panicum miliaceum L.).** Journal of Soil Science and Plant Nutrition, v. 15, n. 1, p. 35-45, 2015.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do Milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

COLODETE, C. M.; DOBBSS, L. B.; RAMOS, A. C. **Aplicação das micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas.** Natureza On Line, v. 12, n. 1, p. 31-37, 2014.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **12º Levantamento - Safra 2020/21.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos> Acesso em: 11 Jan. 2022.

CQFS – RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 11. ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, 2016.

DIEDHIU P. M.; OERKE E. C.; DEHNE H. W. **Effect of the strobilurin fungicides azoxystrobin and kresoximmethyl on arbuscular mycorrhizal.** Journal of Plant Diseases and Protection, v. 111, n. 6, p. 545–556, 2004.

DUARTE *et al.* **Efeito de Fungicidas Sistêmicos na Micorrização de Raízes de Mudanças de Pimenteira-do-reino.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.

EMBRAPA. **Soja em números (safra 2020/21).** Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos> Acesso em: 16 Fev. 2022.

FARONI, L. R. D. A. **Fatores que influenciam a qualidade dos grãos armazenados.** Viçosa: UFV, 1998.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes: Experimental Designs Package. R package version 1.2.1.** 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes> Acesso em: 16 Nov. 2021.

FOLLI-PEREIRA, M. S. *et al.* **Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, n. 6, p. 1663-1679, 2012.

FRAC. Fungicide Resistance Action Committee. **FRAC Code List© 2021: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action (including coding for FRAC Groups on product labels)**. Disponível em: [https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2021--final.pdf?sfvrsn=f7ec499a\\_2](https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2021--final.pdf?sfvrsn=f7ec499a_2) Acesso em: 18 Jan. 2022.

FRANÇA NETO, J. B. *et al.* **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade - Série Sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2007.

FRANÇA NETO, J. B. *et al.* **Tecnologia de produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. **Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting**. Transactions of the British Mycological Society, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. **An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots**. New Phytologist, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

GUO, W. *et al.* **Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to the development of maize (*Zea mays* L.) grown in three types of coal mine spoils**. Environmental Science and Pollution Research, v. 21, p. 3592-3603, 2014.

HAGE-AHMED, K.; ROSNER, K.; STEINKELLNER, S. **Arbuscular mycorrhizal fungi and their response to pesticides**. Pest Management Science, v. 75, p. 583-590, 2019.

HENNING, A. A. **Tratamento de sementes na fazenda ou industrial?** Revista Campo & Negócios Online, 2014. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/tratamento-de-sementes-na-fazenda-ou-industrial/> Acesso em: 04 Fev. 2022.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos. Boletim 2020: Produção, importação e vendas**. Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em 26 Jan. 2022.

IRAC. Insecticide Resistance Action Committee. **Modo de Ação de Inseticidas e Acaricidas**. Disponível em: <https://www.irac-online.org/modes-of-action/> Acesso em: 10 Jan. 2022.

KIMATI, H. Controle químico. *In: Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos*. São Paulo: Agronomica Ceres, 1995.

KLING, M.; JAKOBSEN, I. **Direct application of carbendazim and propiconazole at field rates to the external mycelium of three arbuscular mycorrhizal fungal species: effect on  $^{32}\text{P}$  transport and succinate dehydrogenase activity.** *Mycorrhiza*, v. 7, p. 33-37, 1997.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. **A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhiza.** *Mycological Research*, v. 92, n. 4, p. 486-488, 1989.

LATIFIAN, M.; HAMIDI-ESFAHANI, Z.; BARZEGAR, M. **Evolution of Culture conditions for cellulase production two *Trichoderma reesei* mutants under solid state fermentation conditions.** *Bioresource Technology*, v. 98, n. 18, p. 3634-3637, 2007.

LOPES, A. L. C. **Cultivo e manejo de soja.** Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, CETEC. 2013.

LYR, H. H. *et al.* **Modern Fungicides and Antifungal Compounds.** United Kingdom: Intercept Limited, 1996.

MACHADO, J. C. *et al.* **Tratamento de sementes no controle de fitopatógenos e pragas.** *Informe Agropecuário*, v. 27, n. 232, p. 76-87, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação.** 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.

MALCOVÁ, R.; VOSÁTKA, M.; GRYNDLER, M. **Effects of inoculation with *Glomus intraradices* on lead uptake by *Zea mays* L. and *Agrostis capillaris* L.** *Applied Soil Ecology*, v. 23, n. 1, p. 55-67, 2003.

MARSCHNER, H.; DELL, B. **Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis.** *Plant and Soil*, v. 159, n. 1, p. 89-102, 1994.

MEGHVANSI, M. K.; MAHNA, S. K. **Evaluating the Symbiotic Potential of *Glomus intraradices* and *Bradyrhizobium japonicum* in Vertisol with Two Soybean Cultivars.** *American-Eurasian Journal of Agronomy*, v. 2, n. 1, p. 21-25, 2009.

MENTEN, J. O.; MORAES, M. H. D. **Avanços no Tratamento e recobrimento de sementes. Tratamento de sementes: Históricos, Tipos, Características e Benefício.** *Informativo Abrates*, v. 20, n. 3, 2010.

MENTEN, J. O. **Tratamento industrial de sementes: situação atual e perspectivas.** *Jornal Dia de Campo*. 2015. Disponível em:  
<http://diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=32256&secao=Artigos%20Especiais> Acesso em: 08 Dez. 2021.

MIDIO, A. F.; SILVA, E. S. **Inseticidas-acaricidas organofosforados e carbamatos.** São Paulo: Roca, 1995.

- MIRANDA, E. **Potência Agrícola e Ambiental: Áreas Cultivadas no Brasil e no Mundo**. Agroanalysis, 2018. Disponível em:  
<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/download/77453/74223>  
Acesso em: 10 Jan. 2022.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006.
- MYKE® PRO PRODUCTS. **Mycorrhizal inoculants**. 2022. Disponível em:  
<http://www.mykepro.com/myke-pro-mycorrhizae-product.aspx> Acesso em: 25 Jan. 2022.
- NIDERA SEMENTES. **NA 5909 RG**. Disponível em:  
<http://www.niderasementes.com.br/produto/na-5909-rg--sul.aspx> Acesso em: 13 Jan. 2022.
- NOBRE, C. P. **Fungos Micorrízicos Arbusculares em Briófitas e Raízes Modificadas de Manjerição (*Ocimum basilicum* L.) in vitro**. (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio De Janeiro, Seropédica, p. 90, 2011.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- OLIVEIRA NETO, A. A.; SANTOS, C. M. R. **A cultura do trigo**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2017.
- ORAK, A. B.; DEMIR, S. **Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungus and Different Phosphorus Doses Against Cotton Wilt Caused by *Verticillium dahliae* Kleb**. *Plant Pathology Journal*, v. 10, n. 3, p. 108-114, 2011.
- PASARIBU, A. *et al.* **Effect of herbicide on growth response and phosphorus uptake by host plant in symbiotic association with VA mycorrhiza (*Glomus mosseae*)**. *Journal of Food Agriculture and Environment*, v. 11, n. 2, p. 352-357, 2013.
- PEREIRA, C. E.; OLIVEIRA, J. A.; EVANGELISTA, J. R. E. **Qualidade fisiológica de sementes de milho tratadas associadas a polímeros durante o armazenamento**. *Ciências Agrotecnológicas*, v. 29, n. 6, p. 1201-1208, 2005.
- PEREIRA, P. A. A. *et al.* **The development of Brazilian agriculture: future technological challenges and opportunities**. *Agriculture & Food Security*, v. 1, n. 4, p. 1-12, 2012.
- PFLEGER, F. L.; LINDERMAN, R. G. **Mycorrhizae and Plant Health**. Saint. Paul: Amer Phytopathological Society Press, 1994.
- PICCININ, G. G. *et al.* **Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas**. *Ambiência*, v. 9, n. 2, p. 289 – 298, 2013.

PIRES, L. L. **Efeito do revestimento com polímeros na fixação e na ação de fungicidas à semente de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2000. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, p. 120. 2000.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. 2. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2020.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2009. Disponível em: <http://www.R-project.org> Acesso em: 26 Jan. 2022.

REIS, E. F. *et al.* **Absorção de fósforo em doze genótipos de milho inoculados com fungo micorrízico arbuscular em solo de cerrado**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2441-2447, 2008.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E. **Aspectos Relacionados ao Manejo da Adubação Fosfatada em Solos do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007.

RUBIN, J. G. K. R.; STÜRMER, S. L. **Potencial de Inóculo Micorrízico e Importância do Comprimento do Micélio para a Agregação de Solos de Ambiente Fluvial**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 1, p. 59-68, 2015.

SALGADO, F. H. M. *et al.* **Arbuscular mycorrhizal fungi and colonization stimulant in cotton and maize**. *Ciência Rural*, v. 47, n. 6, p. 1-8, 2017.

SANTOS, H. G. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018.

SHARMA, S. *et al.* **Arbuscular Mycorrhiza Augments Arsenic Tolerance in Wheat (*Triticum aestivum* L.) by Strengthening Antioxidant Defense System and Thiol Metabolism**. *Frontiers in Plant Science*, v. 8, p. 1-21, 2017.

SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. 2022a. **Levantamento Sistemático da produção Agrícola. Tabela 1618: Área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto das lavouras**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618> Acesso em 02 Fev. 2022.

SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. 2022b. **Levantamento Sistemático da produção Agrícola. Tabela 6588: Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588> Acesso em 02 Fev. 2022.

SILVA, J. S.; NOGUEIRA, R. M.; ROBERTO, C. D. **Tecnologias de secagem e armazenagem para a agricultura familiar**. Viçosa: UFV, p. 138. 2005.

SIQUEIRA, J. O. *et al.* **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis.** 2. ed. London: Academic Press. 1997.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis.** 3. ed. London: Academic Press. 2008.

SMITH, M. D., HARNETT, D. C., RICE, C. W. **Effects of long-term fungicide applications on microbial properties in tallgrass prairie soil.** Soil Biology and Biochemistry, v. 32, n. 7, p. 935–946, 2000.

SOUCHIE, E. L. *et al.* **Communities of P-solubilizing bacteria, fungi and Arbuscular mycorrhizal fungi in grass pasture and secondary forest of Paraty, RJ, Brazil.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 78, n. 1, p. 183-193, 2006.

SPAGNOLETTI, F.; LAVADO, R. S. **The Arbuscular Mycorrhiza *Rhizophagus intraradices* Reduces the Negative Effects of Arsenic on Soybean Plants.** Agronomy, v. 5, p. 188-199, 2015.

STEINER, J. J.; GRABE, D. F.; TULO, M. **Single and multiple vigor tests for predicting seedling emergence of wheat.** Crop Science, Madison, v. 29, n. 3, p. 782-786, 1989.

STOFFEL, S. C. G. **Inoculante Micorrízico a Base de *Rhizophagus intraradices* no Crescimento e Nutrição de Culturas de Importância Agrícola.** (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 114, 2019.

STOFFEL, S. C. G. *et al.* **Yield increase of corn inoculated with a commercial arbuscular mycorrhizal inoculant in Brazil.** Ciência Rural, v. 50, n. 7, p. 1-10, 2020a.

STOFFEL, S. C. G. *et al.* **Yield increase of soybean inoculated with a commercial arbuscular mycorrhizal inoculant in Brazil.** African Journal of Agricultural Research, v. 16, n. 5, p. 702-713, 2020b.

STOKLOSA, A. *et al.* **Influence of isoxaflutole on colonization of corn (*Zea mays* L.) roots with arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*.** Canadian Journal of Plant Science, v. 91, n. 1, p. 143-145, 2011.

TAYLOR, A. G.; HARMAN, G. E. **Concepts and technologies of selected seed treatments.** Annual Review of Phytopathology, v. 28, p. 321-339, 1990.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solos, plantas e outros materiais.** Boletim Técnico de Solos, n. 5. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos UFRGS, 1995.

TEIXEIRA, J. C. **Modernização da Agricultura no Brasil: Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, v. 2, n. 2, p. 21-42, 2005.

TRAPPE, J. M. R., MOLINA, R., CASTELLANO, M. **Reactions of mycorrhizal fungi and mycorrhiza formation to pesticides**. Annual Review of Phytopathology, v. 22, p. 331-359, 1984.

VARMA, A. **Mycorrhiza. Genetics and Molecular Biology, Eco Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics**. 3. ed. Berlin: Springer-Verlag, 2008.

VILLELA, F. A.; MENEZES, N. L. **O potencial de armazenamento de cada semente**. Seed News, v. 13, 2009. Disponível em: <https://seednews.com.br/edicoes/235-o-potencial-de-armazenamento-de-cada-semente-xiii-%7C-04-julho-2009> Acesso em: 26 Jan. 2022.

ZAMBOLIM, L. *et al.* **Produtos Fitossanitários (fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas)**. Viçosa: Departamento de Fitopatologia, 2008.

ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W. C.; RODRIGUES, F. A. **O Essencial da Fitopatologia: Controle de doenças de plantas**. Viçosa: Departamento de Fitopatologia, 2014.

ZAMBON, S. **Aspectos Importantes do Tratamento de Sementes**. Informativo ABRATES. Londrina, v. 23, n. 2, 2013.

ZOCCO, D. *et al.* Effects of two sterol biosynthesis inhibitor fungicides (fenpropimorph and fenhexamid) on the development of an arbuscular mycorrhizal fungus. Mycological Research, v. 112, n. 5, p. 592–601, 2008.

**APÊNDICE A – Tratamento de sementes por agitação em saco plástico.**



Fonte: Arquivo do autor (2022).

**APÊNDICE B – Tratamentos da cultura do Soja.**

<b>SOJA</b>	
<b>B 60</b>	Formulação B + Inoculante + 60 dias de armazenagem
<b>B 45</b>	Formulação B + Inoculante + 45 dias de armazenagem
<b>B 30</b>	Formulação B + Inoculante + 30 dias de armazenagem
<b>B 15</b>	Formulação B + Inoculante + 15 dias de armazenagem
<b>B 0</b>	Formulação B + Inoculante + 0 dias de armazenagem
<b>C 60</b>	Formulação C + Inoculante + 60 dias de armazenagem
<b>C 45</b>	Formulação C + Inoculante + 45 dias de armazenagem
<b>C 30</b>	Formulação C + Inoculante + 30 dias de armazenagem
<b>C 15</b>	Formulação C + Inoculante + 15 dias de armazenagem
<b>C 0</b>	Formulação C + Inoculante + 0 dias de armazenagem
<b>D 60</b>	Formulação D + Inoculante + 60 dias de armazenagem
<b>D 45</b>	Formulação D + Inoculante + 45 dias de armazenagem
<b>D 30</b>	Formulação D + Inoculante + 30 dias de armazenagem
<b>D 15</b>	Formulação D + Inoculante + 15 dias de armazenagem
<b>D 0</b>	Formulação D + Inoculante + 0 dias de armazenagem
<b>SQ 60</b>	Sem Formulação + Inoculante + 60 dias de armazenagem
<b>SQ 45</b>	Sem Formulação + Inoculante + 45 dias de armazenagem
<b>SQ 30</b>	Sem Formulação + Inoculante + 30 dias de armazenagem
<b>SQ 15</b>	Sem Formulação + Inoculante + 15 dias de armazenagem
<b>SQ 0</b>	Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem
<b>SFSQ</b>	Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

**APÊNDICE C – Tratamentos da cultura do Trigo.**

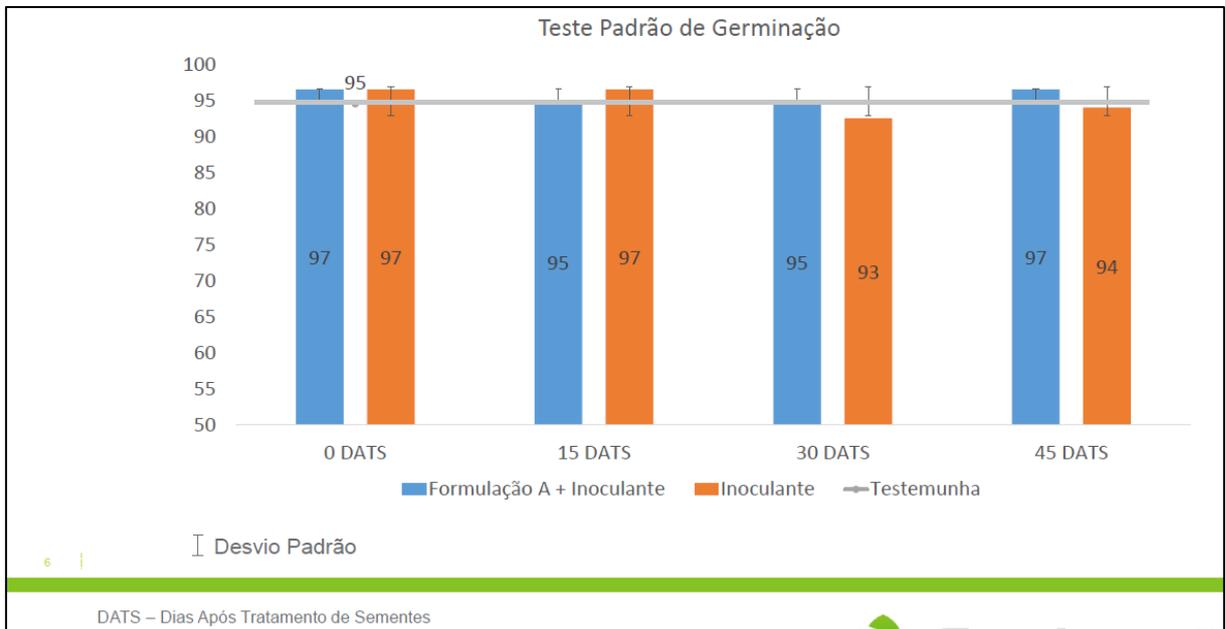
<b>TRIGO</b>	
<b>A 45</b>	Formulação A + Inoculante + 45 dias de armazenamento
<b>A 30</b>	Formulação A + Inoculante + 30 dias de armazenamento
<b>A 15</b>	Formulação A + Inoculante + 15 dias de armazenamento
<b>A 0</b>	Formulação A + Inoculante + 0 dias de armazenamento
<b>SQ 45</b>	Sem Formulação + Inoculante + 45 dias de armazenamento
<b>SQ 30</b>	Sem Formulação + Inoculante + 30 dias de armazenamento
<b>SQ 15</b>	Sem Formulação + Inoculante + 15 dias de armazenamento
<b>SQ 0</b>	Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenamento
<b>SFSQ 0</b>	Sem Formulação + Sem inoculação + 0 dias armazenamento

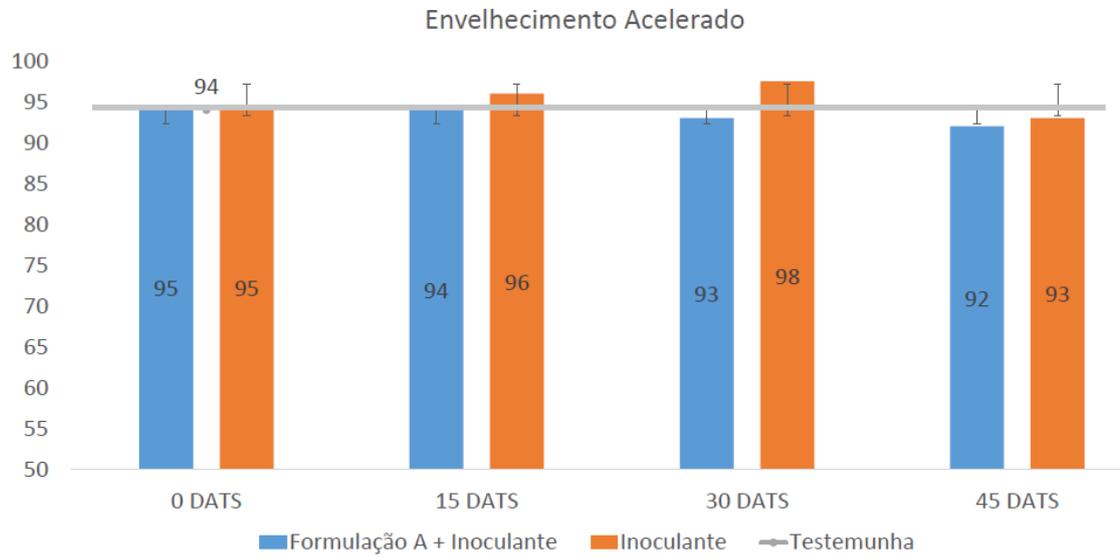
Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

**APÊNDICE D – Tratamentos da cultura do Milho.**

<b>MILHO</b>	
<b>E 90</b>	Formulação E + Inoculante + 90 dias de armazenagem
<b>E 60</b>	Formulação E + Inoculante + 60 dias de armazenagem
<b>E 30</b>	Formulação E + Inoculante + 30 dias de armazenagem
<b>E 0</b>	Formulação E + Inoculante + 0 dias de armazenagem
<b>F 90</b>	Formulação F + Inoculante + 90 dias de armazenagem
<b>F 60</b>	Formulação F + Inoculante + 60 dias de armazenagem
<b>F 30</b>	Formulação F + Inoculante + 30 dias de armazenagem
<b>F 0</b>	Formulação F + Inoculante + 0 dias de armazenagem
<b>G 90</b>	Formulação G + Inoculante + 90 dias de armazenagem
<b>G 60</b>	Formulação G + Inoculante + 60 dias de armazenagem
<b>G 30</b>	Formulação G + Inoculante + 30 dias de armazenagem
<b>G 0</b>	Formulação G + Inoculante + 0 dias de armazenagem
<b>SQ 90</b>	Sem Formulação + Inoculante + 90 dias de armazenagem
<b>SQ 60</b>	Sem Formulação + Inoculante + 60 dias de armazenagem
<b>SQ 30</b>	Sem Formulação + Inoculante + 30 dias de armazenagem
<b>SQ 0</b>	Sem Formulação + Inoculante + 0 dias de armazenagem
<b>SFSQ 0</b>	Sem Formulação + Sem inoculação + Sem armazenagem
<b>LAV 0</b>	Semente Lavada + Inoculação + Sem armazenagem

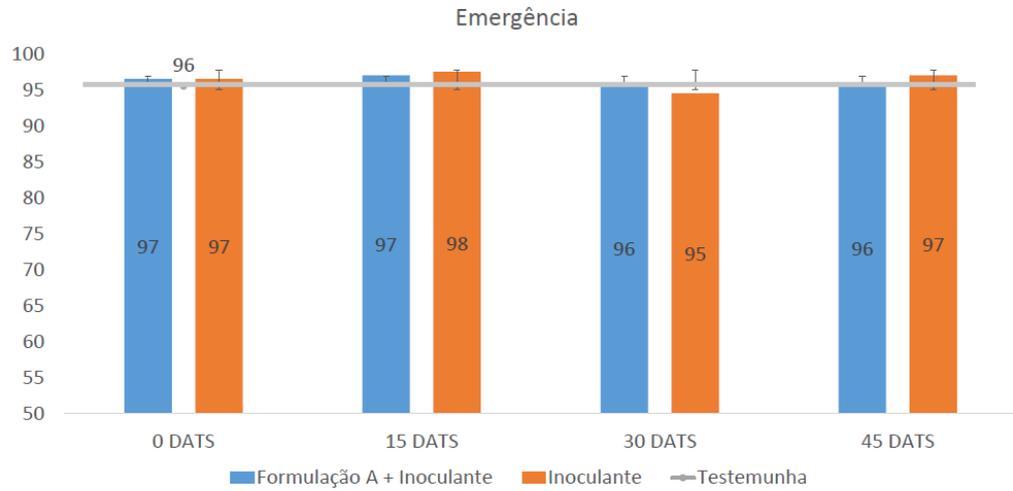
Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

**ANEXO A – Teste de germinação da cultura do Trigo.**

**ANEXO B – Teste de envelhecimento acelerado da cultura do Trigo.**

I Desvio Padrão

DATS – Dias Após Tratamento de Sementes

**ANEXO C – Teste de emergência da cultura do Trigo.**

I Desvio Padrão

8

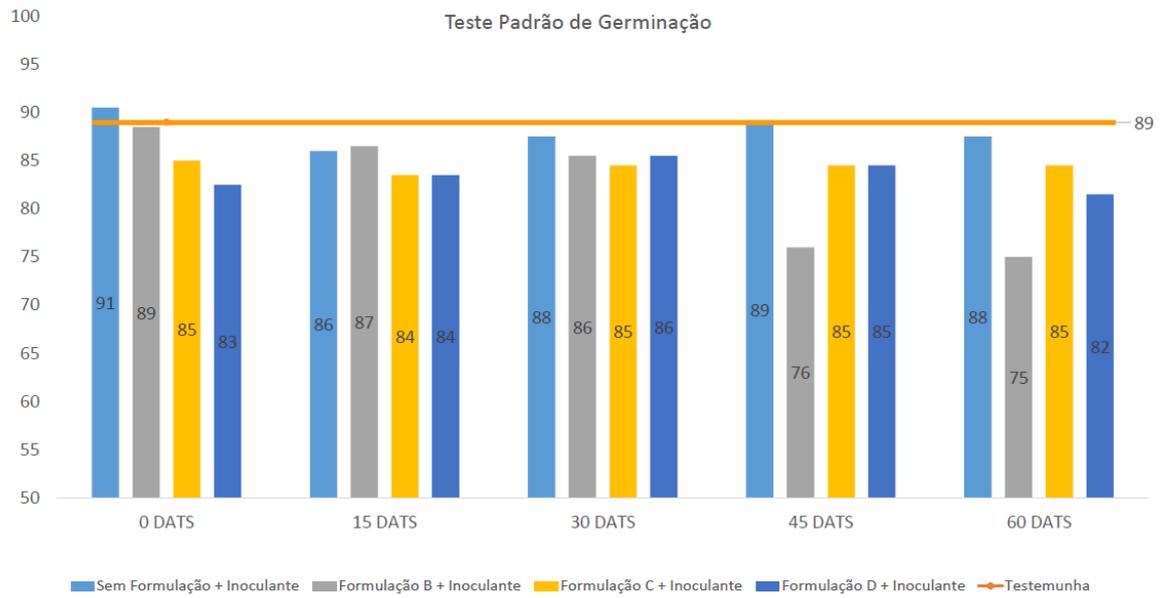
DATS – Dias Após Tratamento de Sementes

## ANEXO D –Laudo final da cultura do Trigo.

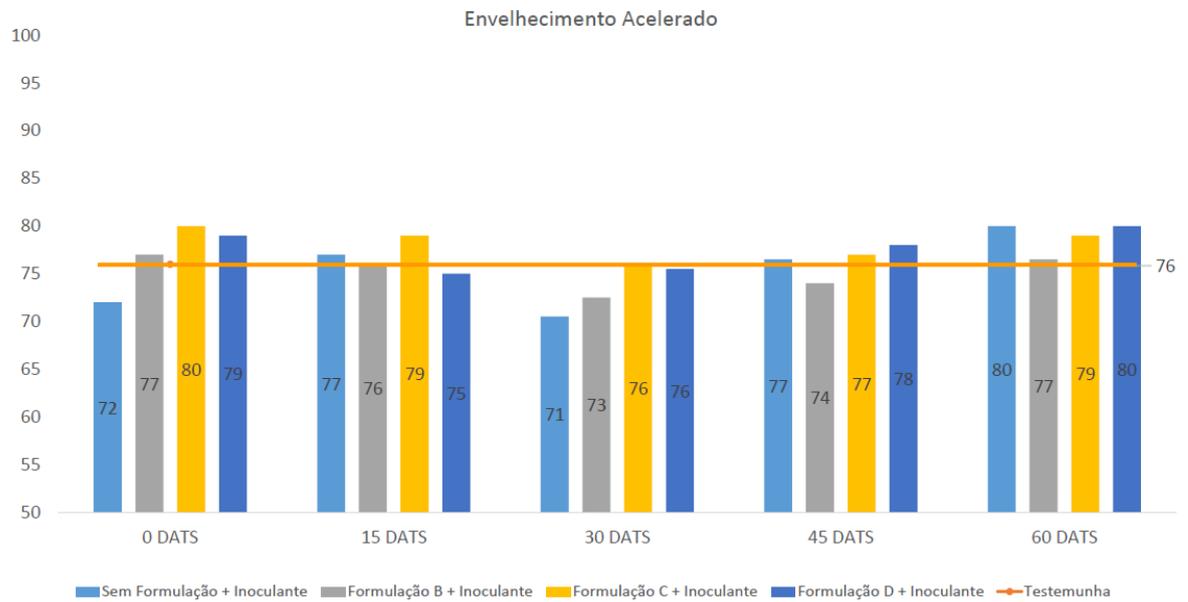


### Conclusão

Os resultados dos testes de qualidade fisiológica realizados pelo Seedcare Institute demonstram que o tratamento Cruiser 350 FS + Spectro + Inoculante "Formulação(A)" apresentaram boa compatibilidade fisiológica e seletividade ao longo do armazenamento para variedade de trigo TBIO SINUELO comparativamente ao tratamento com apenas com Inoculante "Rootella BR" e Testemunha.

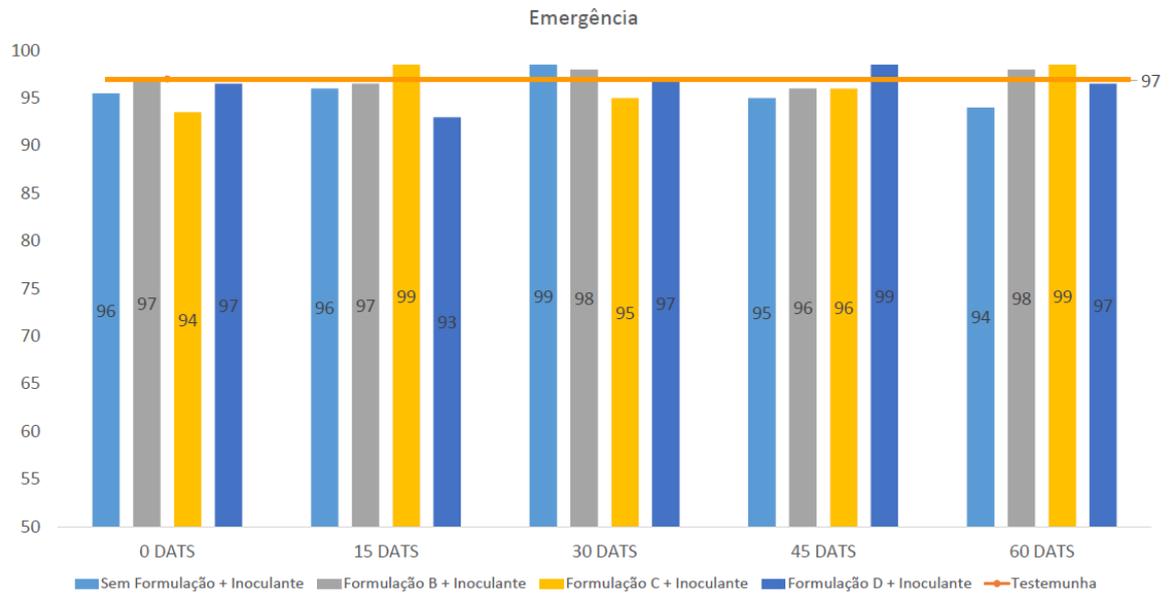
**ANEXO E – Teste de germinação da cultura da Soja.**

DATS – Dias Após Tratamento de Sementes

**ANEXO F – Teste de envelhecimento acelerado da cultura da Soja.**

DATS – Dias Após Tratamento de Sementes

### ANEXO G – Teste de emergência da cultura da Soja.



DATS – Dias Após Tratamento de Sementes

## ANEXO H –Laudo final da cultura da Soja.



### Conclusão

Os resultados dos testes de qualidade fisiológica realizados pelo Seedcare Institute, demonstram que os tratamentos Syngenta + Inoculante Rootella BR apresentam boa e seletividade e armazenamento, para variedade de soja NA5909 RG, comparativamente ao tratamento com Inoculante "Rootella BR" e Testemunha.