

**RENATA DA SILVA ARRUDA**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE FEIJÃO COMUM  
(*Phaseolus vulgaris* L.) TRATADAS COM DOSES DE *Trichoderma harzianum*  
DURANTE O ARMAZENAMENTO**

**Botucatu**

**2024**



**RENATA DA SILVA ARRUDA**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE FEIJÃO COMUM  
(*Phaseolus vulgaris* L.) TRATADAS COM DOSES DE *Trichoderma harzianum*  
DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre Agronomia (Agricultura).

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Maria Márcia Pereira Sartori

**Botucatu**

**2024**

A779q Arruda, Renata  
Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de feijão  
comum (*Phaseolus vulgaris* L.) tratadas com doses de  
*Trichoderma harzianum* durante o armazenamento / Renata  
Arruda. -- Botucatu, 2024  
69 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista  
(UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu  
Orientadora: Maria Márcia Pereira Sartori

1. Patologia de sementes. 2. Tratamento biológico de  
sementes. 3. Vigor. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE FEIJÃO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.) TRATADAS COM DOSES DE *Trichoderma harzianum* DURANTE O ARMAZENAMENTO

AUTORA: RENATA DA SILVA ARRUDA


ORIENTADORA: MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Agricultura), pela Comissão Examinadora:

Pesquisadora Dr.<sup>a</sup> MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI (Participação Presencial)  
Producao Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu UNESP



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> ADRIANA ZANIN KRONKA (Participação Presencial)  
Protecao Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu UNESP



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> AMANDA RITHIELI PEREIRA DOS SANTOS (Participação Virtual)  
./ Universidade Federal do Pampa

Botucatu, 02 de agosto de 2024



*Aos meus pais Maria do Socorro Arruda e Raimundo Arruda, e  
a minha irmã Claudia Patrícia Arruda por tornarem meu sonho possível.*

*Dedico*



## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças ao apoio e colaboração de diversas pessoas e instituições, às quais gostaria de expressar minha gratidão.

Gostaria de agradecer a Deus e a Nossa Senhora de Nazaré pela força, perseverança e sabedoria, ao longo da minha jornada. Sem sua orientação divina, este sonho não teria se concretizado.

Aos meus amados pais, Maria do Socorro da Silva Arruda e Raimundo Alves Arruda Filho, minha eterna gratidão. Obrigada por sempre acreditarem em mim, e por sempre me incentivarem a ir em busca dos meus sonhos. Sem vocês nada disso seria possível. As suas lutas no passado e no presente, fizeram meu sonho possível. Esse sonho é nosso e obrigada por me deixarem voar.

A minha irmã Patrícia Arruda por sempre me apoiar e compreender meus sonhos. Por sempre celebrar minhas conquistas, por cuidar dos nossos pais durante minha ausência. Obrigada por estar sempre ao meu lado.

A minha Orientadora, Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>. Maria Marcia Pereira Sartori, por me receber como aluna de mestrado no seu grupo de estudo. Obrigada pela confiança no meu trabalho, pela orientação, dedicação e por me proporcionar uma experiência de aprendizado tão enriquecedora. Obrigada também, pelas palavras de apoio e otimismo.

Aos meus colegas e amigos de laboratório de sementes da Unesp, Valéria, Brunna, Felipe, Ana, Dennis, Mathias, Mônica e Tamires. Obrigada por sempre ajudarem na execução das minhas atividades, pelas longas conversas, risadas, bordões e Taylor Swift. Tenham certeza que vocês fizeram meus dias mais felizes. Trabalhar com vocês faz o trabalho não ser árduos, e fez os infinitos teste e avaliações serem finitos. E aos estagiários, Igor de oliveira e Pedro.

Agradeço a Michelane Lima, por toda parceria e colaboração no projeto. Suas contribuições intelectuais foram fundamentais para a realização da minha pesquisa.

Aos meus amigos, Aline Oliveira, Vitor Henrique e Taise, obrigada por todos os momentos compartilhados, por estarem ao meu lado nos momentos de incertezas e de celebração. O apoio, companheirismo, cafés intermináveis, jantares e almoços foi uma parte fundamental da minha trajetória até aqui.

A minha amiga – irmã Aline Oliveira, por esses longos anos de amizade. Obrigada por ter me incentivado a não desistir da vida acadêmica, por me mostrar que eu seria capaz, quando eu mesma duvidava. Obrigada por cuidar de mim durante esse período que dividimos casa, você é uma das principais responsáveis por esse plano estar

dando certo. Obrigada pelo companheirismo e pelo otimismo nos momentos difíceis e incertos.

Ao meu amigo Vitor Henrique, por toda a parceria, amizade durante esses dois anos de mestrado. Sua amizade, companheirismo nas disciplinas, incentivos foram de grande importância ao longo dessa jornada. Obrigada pelas conversas infinitas e aleatórias sobre a vida, você deixou a minha caminhada mais leve.

Agradeço ao Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva pela sua contribuição intelectual para a realização desse trabalho. Agradeço também, por compartilhar seu conhecimento e experiência de maneira tão acessível e encorajadora.

A todos os professores, Técnicos e funcionários do departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP/Botucatu. Em especial a Eliane, pelos momentos de descontração e pelos cafés.

Ao laboratório de Patologia de Sementes do Departamento de Proteção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP/Botucatu. Em especial a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana Zanin Kronca, por disponibilizar o seu laboratório para a realização de parte da minha pesquisa. A Alana por doar insumos para a minha pesquisa. Ao Marcos e a Luana por também terem contribuído indiretamente para o desenvolvimento desta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – (CAPES) – Código de financiamento 001.

## RESUMO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa de grande importância econômica e social no Brasil e no mundo. Entretanto, é acometido por várias doenças causadas por fungos, bactérias e vírus, que podem comprometer a germinação, vigor e longevidade das sementes, tanto durante o armazenamento quanto na produção das mesmas. O uso de *Trichoderma harzianum* no tratamento de sementes tem demonstrado benefícios significativos, como aumento na taxa de velocidade de germinação, promoção do desenvolvimento do sistema radicular e diminuição da incidência de fungos de armazenamento. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do tratamento de sementes com doses de *T. harzianum* em sementes de feijão comum, na qualidade fisiológica e sanitária durante diferentes períodos de armazenamento. O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes e no Laboratório de Patologia de Sementes do Departamento de Proteção Vegetal (UNESP/FCA), Câmpus de Botucatu – SP. Foram utilizadas sementes de feijão comum da cultivar IPR Campos Gerais, obtidas comercialmente. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial duplo 10 x 5, sendo os fatores: Períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45, 60, 75, 95, 115, 135 e 155 dias) e Doses de *T. harzianum* T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$ ). Os testes realizados para a qualidade fisiológica e sanitária foram: teor de água, condutividade elétrica, germinação por protusão, primeira contagem de germinação, comprimento de plântulas, massa de matéria seca da parte aérea, massa de matéria seca da raiz, tempo médio de ocorrência de 50% de germinação (T50) e teste de sanidade. As sementes tratadas proporcionaram os melhores resultados, para as análises fisiológicas e sanitárias. As doses 4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e 5 ( $5 \times 10^{12}$ ) de *Trichoderma harzianum* permitiram uma maior expressão da qualidade fisiológica (germinação, vigor e longevidade) das sementes durante o armazenamento. Os mesmos tratamentos foram altamente eficazes em reduzir a incidência de fungos de armazenamento.

**Palavras-chave:** patologia de sementes; tratamento biológico de sementes; vigor.



## ABSTRACT

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a legume of great economic and social importance in Brazil and worldwide. However, it is affected by various diseases caused by fungi, bacteria, and viruses, which can compromise seed germination, vigor, and longevity during both storage and production. The use of *Trichoderma harzianum* in seed treatment has shown significant benefits, such as increased germination rate, promotion of root system development, and reduced incidence of storage fungi. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of seed treatment with different doses of *T. harzianum* on the physiological and sanitary quality of common bean seeds during different storage periods. The study was conducted at the Seed Analysis Laboratory and the Seed Pathology Laboratory of the Department of Plant Protection (UNESP/FCA), Botucatu – SP Câmpus. Commercially obtained seeds of the IPR Campos Gerais cultivar were used. The experimental design was completely randomized in a 10 x 5 factorial scheme, with the factors being: Storage periods (0, 15, 30, 45, 60, 75, 95, 115, 135, and 155 days) and doses of *T. harzianum* T1 (untreated); T2 ( $2.5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2.5 \times 10^{12}$ ); and T5 ( $5 \times 10^{12}$ ). The tests performed for physiological and sanitary quality included water content, electrical conductivity, germination by protrusion, first germination count, seedling length, aerial part dry matter mass, root dry matter mass, mean time to reach 50% germination (T50), and the health test. The treated seeds provided the best results for both physiological and sanitary analyses. The doses 4 ( $2.5 \times 10^{12}$ ) and 5 ( $5 \times 10^{12}$ ) of *T. harzianum* allowed for greater expression of the physiological quality (germination, vigor, and longevity) of the seeds during storage. These same treatments were highly effective in reducing the incidence of storage fungi.

**Keywords:** seed pathology; biological seed treatment; vigor.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Análise de componentes principais (PCA) mostrando a relação dos tratamentos (testemunha, dose 2, dose 3, dose 4 e dose 5) de sementes de feijão e os períodos de armazenamento, em relação aos fungos de armazenamento (*Aspergillus* spp., *Trichoderma harzianum*, *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. e *Rhizopus* spp.).....47
- Figura 2 - Gráficos com os valores médios (%) de incidência de fungos em sementes de feijão comum tratadas com doses de *Trichoderma harzianum* em função dos períodos de armazenamento. A (sem tratamento), B (Dose 2 =  $2,5 \times 10^5$ ), C (Dose 2 =  $4 \times 10^9$ ), D ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e E ( $5 \times 10^{12}$ ) .....49



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estádios fenológicos da cultura do feijão .....	23
Tabela 2 - Fungicida biológico e suas respectivas doses utilizadas no tratamento de sementes de feijão comum.....	31
Tabela 3 - Valores médios de condutividade elétrica expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ tratadas com doses de <i>Trichoderma harzianum</i> de sementes de feijão comum em função do tempo de armazenamento.....	35
Tabela 4 - Germinação por protrusão (%) em função de doses de <i>Trichoderma harzianum</i> de feijão comum submetidas a períodos de armazenamento. ....	36
Tabela 5 - Primeira contagem de germinação (%) em função de doses de <i>Trichoderma harzianum</i> de feijão comum submetidas a períodos de armazenamento. ....	37
Tabela 6 - Porcentagem de germinação de plântulas normais (%) sementes de feijão comum submetidas a períodos de armazenamento.....	38
Tabela 7 - Porcentagem de germinação de plântula normais (%) de feijão comum submetidas a diferentes doses de <i>Trichoderma harzianum</i> . ....	39
Tabela 8 - Porcentagem de germinação de plântulas anormais em função de doses de <i>Trichoderma harzianum</i> de feijão comum submetidas a períodos de armazenamento. ....	40
Tabela 9 - Porcentagem de sementes mortas (%) em função de doses de <i>Trichoderma harzianum</i> de feijão comum submetidas a períodos de armazenamento. ....	41
Tabela 10 - Comprimento médio da parte aérea ( $\text{cm plântula}^{-1}$ ) em função de doses de <i>Trichoderma harzianum</i> de sementes de feijão comum submetidas a períodos de armazenamento.....	42
Tabela 11 - Comprimento médio da raiz ( $\text{cm raiz}^{-1}$ ) em função de doses de <i>Trichoderma harzianum</i> de sementes de feijão comum submetidas a períodos de armazenamento.....	43
Tabela 12 - Massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) em função das doses de <i>Trichoderma harzianum</i> de sementes de feijão comum submetidas períodos de armazenamento.....	44

Tabela 13 - Massa de matéria seca da raiz (MMSR) função das doses de <i>Trichoderma harzianum</i> de sementes de feijão comum submetidas a períodos de armazenamento.....	45
Tabela 14 - Tempo médio para a germinação de 50% de germinação (T50) em função de doses de <i>Trichoderma</i> ao longo do armazenamento.....	46

## INTRODUÇÃO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>22</b>
2.1	A cultura do feijão.....	22
2.2	Qualidade fisiológica de sementes de feijão.....	24
2.3	Qualidade sanitária de sementes de feijão.....	25
2.4	Tratamento de sementes com <i>Trichoderma</i> .....	26
2.5	Armazenamento.....	28
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
3.1	Aquisição das sementes.....	30
3.2	Obtenção dos fungos.....	30
3.3	Inoculação e tratamento biológico.....	31
3.4	Armazenamento das sementes.....	31
3.5	Análises físicas e fisiológicas.....	32
3.5.1	Teor de água.....	32
3.5.2	Condutividade elétrica.....	32
3.5.2	Germinação por protrusão .....	32
3.5.3	Primeira contagem de germinação.....	33
3.5.4	Comprimento de plântulas.....	33
3.5.5	Massa da matéria seca de plântulas.....	33
3.5.6	Tempo médio de ocorrência de 50% de germinação (T50).....	33
3.6	Análise sanitária.....	34
3.6.1	Teste de Sanidade.....	34
3.7	Análise estatística.....	34
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
4.1	Análises física e fisiológicas.....	35
4.1.1	Condutividade elétrica .....	35
4.1.2	Germinação por protusão .....	36
4.1.3	Primeira contagem de germinação .....	37
4.1.4	Plântulas normais.....	38
4.1.5	Plântulas anormais.....	39
4.1.6	Sementes mortas.....	40
4.2	Comprimento de plântulas.....	41

4.2.1	Comprimento da parte área (CPA).....	41
4.2.2	Comprimento da raiz (CPR) .....	42
4.2.3	Massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) .....	44
4.2.4	Massa de matéria seca da raiz (MMSR).....	45
4.3	Tempo médio de ocorrência de 50% de germinação (T50).....	46
4.4	Análises sanitária.....	47
4.4.1	Análise de componentes principais (PCA) de incidência de fungos de armazenamento.....	47
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>51</b>
5.1	Análises fisiológica.....	51
5.2	Análise sanitária.....	58
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais leguminosas de grãos mais consumida do mundo, principalmente na América latina, África e partes da Asia, sendo a parte importante da dieta humana. (Nkhata *et al.*, 2020; Assefa *et al.*, 2019). A cultura é importante não apenas devido à sua extensa área de cultivo e ao valor econômico do grão, mas também por ser um componente fundamental na dieta humana, desempenhando um papel crucial na alimentação, fornecendo proteína, amido e fibras alimentares (Soratto *et al.*, 2015).

O Brasil é o segundo maior produtor de feijão do mundo, com aproximadamente 2,9 milhões de toneladas produzidas, atrás apenas da Índia, com uma produção aproximada de 6,2 milhões de toneladas, (FAOSTAT, 2023). Na safra 2023/2024 espera-se um aumento de 11,1 % em relação ao ano anterior 2022/2023, com uma estimativa de produzir cerca de 3,3 milhões de toneladas (CONAB, 2024).

A reprodução do feijão é do tipo autógena, ou seja, a fecundação ocorre dentro da mesma flor e da mesma planta. Além disso, o feijão também apresenta clistogamia, um fenômeno no qual a fecundação ocorre antes da abertura completa da flor. Esse fato leva à existência de grande número de variedades com inúmeros tipos de plantas e de grãos, resultando em grande biodiversidade (EMBRAPA, 2013).

Entre os elementos que exercem impacto no progresso da cultura, destaca-se a importância da qualidade das sementes, pois o uso de sementes de qualidade inferior resulta em consequências significativas nos elementos que influenciam a produção e na eficácia das plantas (Marcos – Filho, 2015). Assim, o êxito no estabelecimento e desempenho de uma cultura está intrinsecamente ligado à qualidade de suas sementes, sendo este um fator que influencia diretamente a taxa de germinação, a vitalidade e a saúde das plantas, além de assegurar a pureza física e genética (Carvalho; Nakagawa, 2012)

A cultura do feijão pode ser impactada por várias doenças de origem fúngica, bacteriana e viral, desde o estágio inicial da germinação até diferentes fases do seu ciclo. Esses microrganismos causadores de doenças no feijão podem ser transmitidos e ou transportados através das sementes. A partir disso, os patógenos presentes nas sementes podem reduzir a capacidade de germinação e o, ocasionar danos nos armazéns, introduzir doenças em novas regiões e disseminar focos iniciais de

infecção na lavoura, favorecendo a progressão da doença no tempo e no espaço (Tailamini, Wendland *et al.*, 2018).

A baixa qualidade das sementes é uma das principais razões para a redução da produtividade nas plantações de feijão no Brasil, principalmente porque a maioria dos agricultores utilizam suas próprias sementes. Essas sementes geralmente apresentam níveis variados de mistura de variedades e contaminações físicas, alto teor de umidade, baixa germinação e vigor, além de estarem infestadas por insetos e, principalmente, conterem patógenos associados (Zambolim, 2005; Menten *et al.*, 2006).

As sementes são frequentemente portadoras de agentes fitopatogênicos, o que pode resultar na diminuição da germinação e do vigor das plântulas. Portanto, a qualidade sanitária das sementes desempenha um papel importante na implantação da cultura agrícola, pois patógenos presentes nas sementes têm o potencial de afetar negativamente o desenvolvimento das plantas e a produtividade (Mambrim *et al.*, 2015).

E se tratando da cultura do feijão, a maioria dos agentes patogênicos que causam problemas fitossanitários é transmitida e/ou transportada pelas sementes, e as sementes de leguminosas contaminadas podem espalhar-se ou introduzir agentes patogênicos em áreas não infestadas, causando enormes perdas aos produtores (Tournas, 2005).

Pesquisas indicam que fungos do gênero *Trichoderma* pode atuar como promotores ou inibidores da germinação de sementes e do desenvolvimento inicial de plântulas, dependendo da concentração do bioagente em contato com as sementes. O fungo *Trichoderma* tem proporcionado aumento na germinação e no crescimento de plantas (Machado *et al.*, 2012).

O tratamento de sementes com *T. harzianum* pode melhorar a germinação e o vigor das mudas, levando a um melhor estabelecimento das culturas e maior rendimento. Além disso, pode atuar como um agente de biocontrole, protegendo as culturas de doenças causadas por patógenos fúngicos. Isso pode reduzir a necessidade de pesticidas sintéticos, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis (Mastouri *et al.*, 2013).

Desse modo, explorar o efeito de doses de *Trichoderma* no controle de fitopatógenos bem como a influência desse tratamento na qualidade de sementes durante o armazenamento, determinando quais doses a serem adotadas sem afetar

a qualidade fisiológica das sementes trará grande benefício à cultura do feijão. Desse modo, o objetivo do trabalho foi avaliar efeito do tratamento de sementes com doses de *Trichoderma harzianum* em sementes de feijão comum, na qualidade fisiológica e sanitária durante períodos de armazenamento, além de estabelecer doses de *Trichoderma harzianum* eficazes na redução de fito patógenos em sementes de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.)

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do feijão

O feijão comum é nativo da América Latina e acredita-se que tenha duas principais regiões de origem: a Mesoamérica, que inclui o sul do México e América Central, e a região dos Andes, na América do Sul. Evidências arqueológicas indicam que o feijão começou a ser cultivado há aproximadamente 7.000 a 8.000 anos, sendo um dos primeiros alimentos a serem domesticados por civilizações antigas (Kaplan, Lynch, 1999, p. 265).

As variedades modernas de feijoeiro surgiram a partir de múltiplos eventos de domesticação, ocorridos em dois centros principais: um localizado na América Central e outro na região ao sul dos Andes, abrangendo o sul do Peru, Bolívia e norte da Argentina (EMBRAPA, 2006). No entanto, há evidências claras de que o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) tem sua origem na Mesoamérica, provavelmente no México, e posteriormente migrou para América do Sul (Bitocchi, *et al.*, 2012).

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa da família *Fabaceae*, de grande importância econômica no agronegócio, sendo bastante difundida em todo território nacional e internacional. A cultura possui importante potencial econômico e cultural, especialmente devido ao seu alto teor de proteínas e nutrientes essenciais na dieta básica da população. Além disso, sua importância estende-se por outros países, como Ásia e América Latina (Dalchiavon *et al.*, 2016).

A produção de feijão para a safra 2023/24 está com uma estimativa de produção de 3,2 milhões de toneladas, representando um aumento de 11,1% em relação a produção do ano anterior 2022/2023 (CONAB, 2024). O Brasil ocupa o primeiro lugar no ranking de países produtores de feijão-comum (FAOSTAT, 2019), representando grande importância no âmbito social e econômico, provendo renda a pequenos e grandes agricultores e movimentando a economia nacional (Justino, 2019).

O feijoeiro é uma planta herbácea com folhas compostas, pecioladas e trifoliadas, suas flores possuem um cálice com cinco sépalas e uma corola de cinco pétalas e o seu fruto é a vagem, quanto ao seu hábito de crescimento pode-se observar dois tipos: determinado, no qual a inflorescência se encontra no ápice da haste lateral, e o indeterminado, em que a inflorescência surge da haste principal, com o florescimento ocorrendo da base para o ápice (Almeida, *et al.*, 1971).

O ciclo da cultura varia conforme a cultivar, variando entre 65 a 110 dias, desde a emergência até a maturação. Este ciclo é dividido em duas fases: a fase vegetativa, que se estende do estágio V0 até o estágio V4, correspondendo a 28 a 45 dias após a semeadura, e a fase reprodutiva, que se estende do estágio R5 até o estágio R9, abrangendo ao período entre o início da floração até a maturação completa da planta (Tabela 1) (Bevilaqua *et al.*; 2013).

**Tabela 1- Estádios fenológicos da cultura do feijão**

<b>Estádios Fenológicos</b>	
<b>Vegetativo</b>	<b>Reprodutivo</b>
V0 - Germinação	R5 - Pré-floração
V1 - Emergência	R6 - Floração
V2 - Folhas primárias	R7 - Formação das vargens
V3 - Primeira folha composta aberta	R8 - Enchimento das vargens
V4 - Terceira folha composta aberta	R9 - Maturação

**Fonte:** Arruda, 2024

A cultura do feijão possui alta capacidade de adaptação, podendo ser regulada em diferentes épocas, sistemas de cultivo (chuvoso, seca e inverno) e condições climáticas, dando maior ênfase em área e produção nas épocas chuvosa e seca. Durante o período chuvoso, a semeadura é predominantemente realizada entre os meses de agosto e outubro, no início das chuvas favorecendo a disponibilidade hídrica ao longo de todo o ciclo da cultura, já no período chuvoso, quando as temperaturas são mais elevadas e a disponibilidade de água é reduzida durante o desenvolvimento da cultura (EMBRAPA, 2012).

O feijão é bastante suscetível pragas e doenças, onde muitas das quais são transmitidas por meio de sementes, resultando em dificuldades frequentes no seu cultivo (Nunes, 2017). Visto que, é intensificada pela prática comum de os produtores utilizarem sementes salvas, que são produzidas internamente, resultando em baixa adoção de sementes certificadas. Como resultado, a qualidade das sementes não pode ser garantida, o que pode resultar em baixa taxa de germinação e vigor, além de uma alta probabilidade de contaminação por patógenos, comprometendo a

emergência das plântulas no campo, podendo acarretar em perdas significativas na produção da cultura (Marino *et al.*, 2012; Suzana *et al.*, 2017).

O tratamento de sementes com agentes de controle biológico são uma das propostas para inibir a propagação de doenças via sementes, somado ao fato de manter uma densidade adequada de plantas na lavoura (Corrêa *et al.*, 2008).

## 2.2 Qualidade fisiológica de sementes de feijão

A qualidade da semente compreende a totalidade dos atributos genéticos, físicos, sanitário e fisiológicos. Entre esses atributos, desempenham um papel crucial, pois estão diretamente ligadas à habilidade da semente em germinar, emergir e desenvolver-se eficientemente em uma plântula saudável, em diversas condições ambientais (Tunes *et al.*, 2011).

De acordo com Marcos Filho (2005), a utilização de sementes de boa qualidade fisiológica é o fator primordial no estabelecimento de um estande adequado de plantas. Scheeren *et al.*, (2010) relatam que sementes com alta qualidade fisiológica são mais propensas a alcançar elevado desempenho, quando expostas a diferentes condições ambientais, momento em que expressa maior uniformidade e desenvolvimento inicial das plântulas.

As análises de qualidade das sementes, conduzidas em laboratórios, desempenham um papel crucial na avaliação do seu desempenho no campo durante a emergência. Sementes com alto desempenho não apenas produzem plântulas vigorosas, mas também contribuem para um rápido fechamento das entrelinhas, o que indiretamente auxilia no controle de plantas daninhas. Por outro lado, quando sementes com baixo vigor são semeadas, o resultado são plântulas fracas, que se desenvolvem em plantas com um potencial produtivo reduzido (Krzyzanowski *et al.*, 2018).

Na busca por maior produtividade, os produtores de feijão estão cada vez mais interessados em cultivares que apresentam uma mais rápida germinação e um vigor elevado (Maia *et al.*, 2011). Portanto, a avaliação do potencial fisiológico das sementes torna-se um fator crucial, visando assegurar que elas possuam o vigor necessário para estabelecer uma relação direta com o crescimento da cultura.

### 2.3 Qualidade sanitária de sementes de feijão

Um dos fatores críticos que exercem influência determinante no desenvolvimento das culturas agrícolas é a qualidade das sementes. O uso de sementes de baixa qualidade resulta em impactos significativos nos aspectos rendimento e produtividade das culturas. Portanto, o sucesso e o desempenho de uma cultura estar diretamente relacionada à qualidade das sementes, abrangendo a garantia de altas taxas de germinação, vigor e sanidade, além da preservação da pureza física e genética (Carvalho, Nakagawa, 2012). Entre esses atributos, as características fisiológicas desempenham um papel especialmente crucial, pois estão diretamente ligadas à habilidade da semente em germinar, emergir e desenvolver-se eficientemente em uma plântula saudável, em diversas condições ambientais (Tunes *et al.*, 2011).

As doenças do feijão são responsáveis por perdas econômicas expressivas na agricultura mundial, sendo um dos principais fatores limitantes do cultivo da cultura. Os agentes de doenças que infestam o feijão determinam perdas tanto no volume de produção quanto na qualidade de sementes (Athayde Sobrinho, 2000).

A maioria dos patógenos que causam doenças no feijoeiro, se não todos, podem ser transportados e transportados pelas sementes. Por isso, elas são importantes meios de disseminação ou introdução de patógenos em uma área. Sementes de feijão contaminadas têm o potencial de expor patógenos inexistentes em uma região ou uma nova raça de patógeno que pode causar danos significativos às plantações (Ito *et al.*, 2003). Quando sementes com baixo vigor são semeadas, o resultado são plântulas fracas, que se desenvolvem em plantas com um potencial produtivo reduzido (Krzyzanowski *et al.*, 2018).

Na busca por maior produtividade, os produtores de feijão estão cada vez mais interessados em cultivares que apresentam uma mais rápida germinação e um vigor elevado (Maia *et al.*, 2011). Portanto, a avaliação do potencial fisiológico das sementes torna-se um fator crucial, visando assegurar que elas possuam o vigor necessário para estabelecer uma relação direta com o crescimento da cultura.

## 2.4 Tratamento de sementes com *Trichoderma*

A *Trichoderma* é um fungo hemibiotrófico, eficaz no controle de inúmeras pragas e doenças (Melo, 1998). O aumento no interesse pelo controle biológico de doenças de plantas é também uma consequência da melhoria na legislação para o registro de agentes biológicos no país. Entretanto, mesmo com mais de 250 espécies de *Trichoderma* já identificadas (Bissette *et al.*, 2015), menos de 20 são estudadas no controle biológico de pragas e doenças de plantas, e pouco desses estudos são direcionados para controle de doenças em sementes de feijão comum.

Os fungos do gênero *Trichoderma* spp. são atualmente estudados devido à facilidade de seu isolamento, ao rápido crescimento em meio de cultura e à capacidade de estabelecer interações benéficas com as plantas. Eles atuam como promotores do crescimento da parte aérea e radicular, induzem a germinação de sementes, e conferem resistência a patógenos do solo e a estresses abióticos (Francisco, 2016).

O controle biológico pelo *Trichoderma* spp. ocorre de forma indireta por competição por espaço e nutrientes, estimulação do crescimento das plantas, ativação de mecanismos de defesa, síntese de antibióticos ou diretamente por microparasitismo. Esses mecanismos estão interligados e não dependem apenas da espécie de *Trichoderma*, mas também do tipo de cultivo, fungo a ser antagonizado, e condições ambientais tais como pH, temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes (Benítez *et al.*, 2004).

Estudos demonstram que as espécies de *Trichoderma* possuem capacidade antagonista que combina diferentes mecanismos de ação, tais como: parasitismo, antibiose e competição (Lorito *et al.*, 2010; Monteiro *et al.*, 2010; Zeilinger *et al.*, 2016). Estas características fazem com que os fungos deste gênero sejam excelentes agentes antagonistas com capacidade de competir, colonizar e proteger as plantas hospedeiras contra os ataques de doenças induzindo defesas contra estresses bióticos e abióticos, além disso o *Trichoderma* pode colaborar com a agricultura em diversos aspectos fundamentais para a cultura, como aumentar a fixação de nitrogênio; atuar na promoção de crescimento e produtividade das plantas e; amenizar o estresse salino (Machado *et al.*, 2012).

O Gênero *Trichoderma* é considerado um dos microrganismos com melhor desempenho para o tratamento de sementes devido à sua elevada adaptabilidade ecológica e aos seus efeitos benéficos sobre as plantas. Além disso, os fungos do

gênero *Trichoderma* podem reduzir a incidência de vários fungos patogênicos na semente (Prabhakaran *et al.*, 2015).

Uma forma de assegurar a qualidade sanitária de sementes é o uso do tratamento das sementes, que é utilizado como ferramenta de proteção contra patógenos e pragas de armazenamento e de solo. O tratamento de sementes é uma prática que vem sendo amplamente recomendada por ser favorável na redução de patógenos em novas áreas e na transmissibilidade destes via semente e, conseqüentemente o aumento da produtividade (Carvalho; Nakagawa, 2012).

Através do plantio e do tratamento correto das sementes, pode-se ter uma produtividade significativamente mais alta. Quando não é realizado os procedimentos de todas as etapas corretamente, desde a preparação do solo até sua colheita, a produtividade poderá ser prejudicada. A identificação de um problema, de maneira rápida e segura, permite a busca por soluções mais objetivas e expeditas. (Nunes, 2017).

O tratamento de sementes com *Trichoderma* spp. é uma estratégia promissora dentro da agricultura, integrando-se ao sistema semente-planta-solo como alternativa para substituir os tratamentos químicos. Isso visa promover o bicondicionamento das sementes, proporcionando microrganismos benéficos às raízes das culturas (Nagaraju *et al.*, 2012; Tavares *et al.*, 2013).

Embora o principal objetivo do tratamento de sementes seja sua proteção no campo, ele também é utilizado para controlar fungos que aceleram a deterioração durante o armazenamento. Normalmente, existe um intervalo de tempo entre a colheita e a subsequente semeadura das sementes, portanto, estas devem ser armazenadas em condições que preservem sua qualidade, mantendo as mudanças fisiológicas, bioquímicas e sanitárias dentro de níveis aceitáveis (Pedroso *et al.*, 2018).

A utilização de sementes tratadas com agentes de bio controle é recomendada para conter a transmissão de doenças via sementes e contribuir para uma maior densidade de plantas na lavoura (Corrêa *et al.*, 2008). Em contrapartida, o tratamento de sementes com fungicidas sintéticos tem sido questionado devido ao uso excessivo desses produtos na agricultura, o que aumenta os custos de produção e, principalmente, traz preocupações ambientais.

A interação da *Trichoderma* com a semente promove melhorias na velocidade e taxa de germinação, no crescimento e comprimento das raízes, no peso seco das

plântulas e na tolerância ao estresse fisiológico, salino, osmótico e hídrico (Mastouri *et al.*, 2010). Além disso, contribuem para o aumento do rendimento das culturas (Hasan *et al.*, 2012; Chagas *et al.*, 2017).

De acordo com Melo (1998), a ação do *Trichoderma* ocorre por meio da competição, parasitismo direto e produção de metabólitos secundários. Quando aplicado no tratamento de sementes, o *Trichoderma harzianum* coloniza a área onde estas são depositadas, o que pode mitigar problemas de produtividade ocasionados por fungos. O uso de agentes de controle biológico, como o fungo *Trichoderma harzianum*, é uma das alternativas para o tratamento de sementes, visando a maior sustentabilidade na agricultura (Xu *et al.*, 2011).

Diante disso, para evitar doses inadequadas e custos desnecessários, é crucial gerenciar esses fungos de maneira apropriada para alavancar bons resultados. De acordo, com Singh *et al.* (2016) pesquisas indicam que as doses ideais não dependem do tamanho da semente, mas sim do tipo de cultura, da eficiência da cepa e da concentração do produto.

## 2.5 Armazenamento

Alguns fatores que influenciam a qualidade fisiológica das sementes de feijão incluem os períodos e as formas de armazenamento. A qualidade das sementes é impactada pelo genótipo, pelas condições edafoclimáticas e por fatores bióticos, e a deterioração da qualidade pode ocorrer durante o armazenamento em condições inadequadas de temperatura e umidade relativa (Zuchi *et al.*, 2013). Esses impactos não podem ser completamente evitados, mas podem ser minimizados. Santos *et al.* (2005) observaram, que há variedades de feijão com distintas capacidades de manutenção da qualidade fisiológica ao longo do armazenamento em ambientes não controlados.

Para a cultura do feijão, o armazenamento de sementes geralmente ocorre em condições ambientais não controladas, com temperatura, umidade relativa do ar e característica intrínsecos das sementes, como o teor de água, são determinantes para sua longevidade, longevidade das sementes (Vieira; Yokoyama, 2000). No entanto, por se tratar de material propagativo, as sementes podem transportar patógenos, o que compromete sua qualidade e integridade.

Embora as informações sobre a ação do controle de doenças com *Trichoderma* sejam escassas, estudos vem direcionando a ação de alguns metabólitos de

*Trichoderma*, pois apresenta poder dissuasivo frente ao controle de fitopatógenos, (Sabatini *et al.*, 2012). Esses metabólitos tem sido amplamente estudados como um agente de bio controle com atividade demonstrada contra fungos e oomicetos (Malmierca *et al.*, 2015), mas pouco se sabe sobre o comportamento e sobrevivência desse antagonista no armazenamento, visto que a maioria das pesquisas possuem resultados conflituosos no que diz respeito a realização do tratamento de sementes seguido do acondicionamento.

Os fungos encontrados nas sementes podem causar danos significativos à germinação e ao vigor, o que pode comprometer o potencial de armazenamento das sementes (Pedroso *et al.*, 2018). Portanto, para mitigar os efeitos adversos dos fungos, é essencial realizar tratamentos nas sementes para protegê-las durante o armazenamento e nos estágios iniciais de estabelecimento da cultura no campo.

Dentro da categoria de microrganismos conhecidos como fungos de armazenamento, os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* são frequentemente identificados em sementes de feijão e podem ser responsáveis por perdas superiores a 30% nos grãos armazenados em regiões da América Latina, Ásia e África (Neergaard, 1977). A presença de fungos durante o processo de armazenamento e seus impactos negativos diretos na qualidade das sementes armazenadas têm sido amplamente documentados (SILVA *et al.*, 2008).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Sementes e na área experimental do Departamento de Agricultura e no Laboratório de Patologia de Sementes do Departamento de Proteção Vegetal da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrônômicas (UNESP/FCA), Câmpus de Botucatu – SP.

#### 3.1 Aquisição das sementes

As sementes de feijão comum da cultivar IPR campos gerias foram adquiridas comercialmente e receberam os seguintes tratamentos: a) T1 (sem tratamento); b) T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); c) T3 ( $4 \times 10^9$ ); d) T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$ ), (Tabela 2).

As sementes de soja utilizadas neste trabalho foram produzidas durante a safra 2022/2023, no município de Patos de Minas – Minas Gerais. Utilizaram-se sementes da cultivar IPR campos gerais, adquiridas comercialmente e transportadas ao Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de Botucatu. No laboratório foram armazenadas em câmara fria à temperatura de  $10 \pm 5$  °C e umidade relativa de 50-60% para a realização da avaliação inicial e condução dos experimentos.

#### 3.2 Obtenção dos fungos

Inicialmente a cepa de *Trichoderma harzianum* foram reativadas em meio de batata dextrose ágar (BDA) contido em placas de petri (9 x 1,5 cm), e foram acondicionadas em BOD (Biochemical Oxygen Demand) por 14 dias, na temperatura  $25 \pm 2$ °C, e fotoperíodo de 12 h. Para preservação das colônias esporuladas cultivadas em meio BDA, foram repicados discos de 5 mm, e conservados conforme o método de Castellani (CASTELLANI, 1939). A cepa foi de *Trichoderma harzianum*, foi recebida de universidade parceira.

Para a inoculação dos blocos de ágar de crescimento de fungos, foram adicionados em placas de petri contendo BDA (Batata, Dextrose e Ágar) e mantidas a temperatura ambiente ( $24 \pm 2$ °C). A partir dessa placa os esporos foram inoculados nas sementes de feijão.

### 3.3 Inoculação e tratamento biológico

A suspensão de esporos para posterior inoculação das sementes foi realizada segundo metodologia de Bettiol *et al.*, (2012). Com auxílio da câmara de Neubauer para posterior inoculação das sementes foi realizada conforme com auxílio da câmara de Neubauer, para posterior realização do cálculo de concentração dos esporos.

As suspensões de esporos foram colocadas em Tubos Eppendorf (1,5 mL) e foram inoculados nas sementes nas doses  $2,5 \times 10^5$ ;  $4 \times 10^9$ ;  $2,5 \times 10^{12}$  e  $5 \times 10^{12}$

O tratamento de sementes foi realizado na modalidade *on farm*, onde as sementes foram colocadas em saco plástico juntamente com as concentrações pré-estabelecidas, e misturadas de forma manual até a homogeneização total do produto nas sementes. As quantidades de produto foram ajustadas para o peso de 308 g de sementes por tratamento. Após a realização do tratamento das sementes, elas permaneceram temperatura ambiente, durante 24 horas e posteriormente foram armazenadas.

Os tratamentos realizados foram: T1 (sem tratamento); T2 ( $5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2- Fungicida biológico e suas respectivas doses utilizadas no tratamento de sementes de feijão comum**

<b>Ingrediente ativo</b>	<b>Concentração</b> ----- Esporos/ ml -----	<b>Água</b>	<b>Dose do p. c*.kg<sup>-1</sup></b> ----- ml -----
Sem tratamento	0	0	0,00
<i>Trichoderma harzianum</i>	$2,5 \times 10^5$	250	1,13
<i>Trichoderma harzianum</i>	$4,0 \times 10^9$	250	0,80
<i>Trichoderma harzianum</i>	$2,5 \times 10^{12}$	250	3,14
<i>Trichoderma harzianum</i>	$5,0 \times 10^{12}$	250	1,00

### 3.4 Armazenamento das sementes

Após o receberem o tratamento, as sementes foram colocadas para secar em temperatura ambiente, por um período de 24 horas. Em seguida, foram armazenadas em sacos de papel Kraft, sob condições ambiente (27,6°C e 50% UR). O período de armazenamento durou 155 dias, com análise fisiológicas e sanitárias realizadas a cada 15 dias, totalizando 10 períodos de observação.

### 3.5 Análises físicas e fisiológicas

#### 3.5.1 Teor de água

Utilizou-se recipientes de alumínio com suas devidas tampas e balança com precisão de 0,001g. Duas repetições de 25 sementes foram colocadas nos recipientes de alumínio e pesadas para obtenção do peso úmido. Em seguida os recipientes foram colocados na estufa  $103 \pm 2$  °C, permanecendo por período de secagem de 24 horas. Transcorrido o período de secagem, os recipientes contendo as sementes foram retirados da estufa e então pesadas novamente (peso seco). Os resultados foram expressos em % b.u. (base úmida) (BRASIL, 2009).

#### 3.5.2 Condutividade elétrica

No teste de condutividade elétrica, foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes por tratamento. As sementes foram pesadas e colocadas em copos de plástico descartáveis contendo 75 mL de água destilada. Os copos foram então colocados em uma câmara BOD, mantida a uma temperatura de 25°C. Após 24 horas de embebição, as amostras foram retiradas da câmara de germinação e posteriormente agitado para a homogeneização dos exsudatos liberados na água e realizada assim a leitura da condutividade utilizando um condutivímetro (DIGIMED - DM<sup>31</sup>), sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S}^{\text{cm}^{-1}} \text{g}^{-1}$ .

#### 3.5.2 Germinação por protrusão

Para o teste de germinação utilizou-se quatro repetições, com 50 sementes distribuídas de forma uniforme, sobre papel Germitest® umedecidos com água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel e posteriormente, foram confeccionados os rolos. Os rolos foram colocados dentro de sacos plásticos fechados mantidos em germinador regulados a temperatura de 25°C, com ausência de luz. As avaliações foram realizadas ao quinto e nono dia, após a instalação do teste, conforme proposto pela Regra de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As plântulas foram classificadas em normais, anormais e sementes mortas. Os resultados foram expressos em percentagem de germinação, plântula normais, anormais e sementes mortas.

### 3.5.3 Primeira contagem de germinação

Esta análise foi realizada juntamente com o teste de germinação, sendo a contagem das plântulas normais realizadas cinco dias após a montagem do teste, conforme proposto pela Regra de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

### 3.5.4 Comprimento de plântulas

Foram utilizadas para essa análise quatro repetições de 10 sementes de feijão. Uma linha foi traçada no terço superior do papel toalha de germinação no sentido longitudinal. Os papéis foram umedecidos previamente com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel. As sementes de feijão serão posicionadas de forma que a micrópila esteja voltada para a parte inferior do papel. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos posicionados verticalmente no germinador por sete dias a 25°C. Ao final deste período, foi efetuada a medida das partes das plântulas normais emergidas (raiz primária e hipocótilo) utilizando-se uma régua graduada. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros (KRZYZANOWSKI *et al.*, 2020).

### 3.5.5 Massa da matéria seca de plântulas

Para a avaliação da massa seca foram utilizadas as plântulas mensuradas no teste de comprimento. com auxílio de um bisturi, foi realizado a remoção dos cotilédones e a divisão das plântulas em hipocótilo e raiz. Seguidamente, os hipocótilos e as raízes referentes a cada repetição foram colocados separados em sacos de papel, sendo mantidos em uma estufa de circulação  $65 \pm 2$  °C, durante 72 horas. Após este período, cada repetição terá a massa avaliada em balança com precisão de 0,001g, determinando-se, as massas de matéria seca da parte aérea e da raiz. Os resultados médios foram expressos em miligramas por plântula.

### 3.5.6 Tempo médio de ocorrência de 50% de germinação (T50)

A determinação do T50 foi realizada com quatro repetições com 25 sementes por tratamento, distribuídas sobre placas de Petri, com três folhas de filtro umedecidos com água destiladas equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel e em seguida foram acondicionadas em BOD de 25°C com ausência de luz. As avaliações iniciaram-se após 24 horas da montagem do teste, e em seguida foram avaliadas a

cada 6 horas, sendo contabilizadas as sementes que emitiram radícula com 2 milímetros. O cálculo do T50 foi realizado através da análise de dados de protrusão acumulada utilizando o módulo de ajustes de curva do pacote de software Pomona (CANTÃO *et al.*; 2023).

### 3.6 Análise sanitária

#### 3.6.1 Teste de Sanidade

Para avaliação da qualidade sanitária das sementes foi utilizado o método do *blotter test*. O teste consistiu em distribuir 25 sementes com 8 repetições em placas de Petri de 15 cm de diâmetro, contendo no seu interior três folhas de papel filtro umedecidas com água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel. Posteriormente as placas de Petri contendo as sementes foram levadas a câmara de germinação permanecendo por sete dias a temperatura de 25 °C, sob regime alternado de luz e escuro (12 horas) (BRASIL,2009). Foram realizadas a identificação dos fungos existentes e com auxílio de microscópio estereoscópico binocular e microscópio óptico. Os resultados serão expressos em porcentagem de incidência do patógeno.

### 3.7 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições e 5 tratamentos, em esquema fatorial duplo 10 x 5 sendo eles: Períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45, 60, 75, 95, 115, 135, e 160 dias) e 5 doses *Trichoderma harzianum* T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$ ).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas utilizando o teste Tukey, com um nível de significância de 5%. As análises de frequência de fitopatógenos foram conduzidas usando o teste Scott- Knott, com um nível de significância de 5%. Posteriormente, foi realizada uma análise multivariada de componentes principais (PCA). Análises estatísticas foram realizadas com software Minitab e Agro Estat. Os gráficos de coluna foram elaborados no Prism Version 8.0.1.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Análises física e fisiológicas

Os teores de água das sementes foram realizados para a caracterização do lote das sementes durante o armazenamento, valores variaram de 13,59% inicial e 11,63% final. Portanto, dentro dos limites aceitáveis para o armazenamento de sementes de feijão comum.

#### 4.1.1 Condutividade elétrica

Para a variável condutividade elétrica, houve efeito significativo de interação entre as doses de *Trichoderma harzianum* e os períodos de armazenamento em sementes de feijão.

Na tabela 3, está representado os valores de médios da condutividade elétrica das sementes de feijão comum tratadas com doses de *Trichoderma harzianum*, ao longo de um período de 155 dias de armazenamento.

**Tabela 3 - Valores médios de condutividade elétrica expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  tratadas com doses de *Trichoderma harzianum* de sementes de feijão comum em função do tempo de armazenamento.**

Períodos de armazenamento	Doses				
	1	2	3	4	5
<b>Dias</b>	----- % -----				
0	86,50 Ca	84,92 Ca	88,98 Ca	90,29 Da	84,66 Da
15	102,05 Ba	105,97 Ba	97,65 Ca	101,46 Da	100,43 Ca
30	55,70 Da	55,20 Da	55,20 Ea	53,70 Fa	54,70 Ea
45	77,28 Ca	80,06 Ca	78,89 Da	81,02 Ea	79,30 Da
60	60,71 Db	55,30 Db	56,09 Eb	57,19 Fb	79,30 Da
75	106,05 Ba	111,97 Ba	110,73 Ba	109,75 Ca	114,22 Ba
95	101,70 Ba	103,30 Ba	98,29 Ca	98,76 Da	105,07 Ca
115	108,81 Ba	112,67 Ba	105,55 Ca	98,06 Da	100,43 Ca
135	134,65 Aa	132,80 Aa	115,48 Bb	122,88 Bb	136,75 Bb
155	133,71 Aa	136,94 Aa	134,07 Aa	140,08 Aa	136,80 Aa

T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$  UFC). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott- Knott a 5% de significância.

Inicialmente (período 0) teve uma qualidade fisiológica inicial semelhante para todos os tratamentos e a testemunha. Por tanto o tratamento de sementes não interferiram na eficácia do teste de condutividade elétrica. Entretanto, a partir de 60

dias de armazenamento, surgiram diferenças estatísticas entre os tratamentos, indicando que o efeito do *Trichoderma h.* sobre a condutividade elétrica das sementes começou a ficar evidente a partir desse ponto. Após 75 dias, nota-se que houve apenas aumento na quantidade de eletrólitos liberados pelas sementes de feijão, para todos os tratamentos, mas foi aos 135 dias de armazenamento, que as doses 3, 4 e 5 apresentaram as menores médias de condutividade elétrica em comparação com a testemunha e a dose 2, apresentando médias de 115,48, 122,88 e 136,75 respectivamente.

#### 4.1.2 Germinação por protusão

Houve interação entre as doses de *Trichoderma harzianum* e os períodos de armazenamento para porcentagem de germinação por protusão de sementes de feijão, resultado apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4- Germinação por protrusão (%) em função de doses de *Trichoderma harzianum* de feijão comum submetidas a períodos de armazenamento.**

Períodos de armazenamento	Doses				
	1	2	3	4	5
Dias	----- % -----				
0	94,00 Aa	92,00 Aa	93,50 Aa	90,50 Aa	83,00 Bb
15	92,50 Aa	92,00 Aa	94,00 Aa	93,00 Aa	95,00 Aa
30	90,00 Aa	93,50 Aa	93,00 Aa	94,00 Aa	94,00 Aa
45	86,00 Ba	92,00 Aa	91,00 Aa	92,50 Aa	93,00 Aa
60	88,00 Aa	90,00 Aa	89,00 Aa	91,50 Aa	93,00 Aa
75	84,00 Ba	90,50 Aa	89,00 Aa	91,00 Aa	92,25 Aa
95	80,50 Cb	88,00 Aa	88,00 Aa	89,00 Ba	90,00 Ba
115	77,00 Cb	80,00 Bb	85,00 Ba	87,00 Ba	89,50 Ba
135	74,00 Db	78,00 Bb	83,50 Ba	86,00 Ba	89,50 Ba
155	71,00 Dc	78,00 Bb	80,00 Bb	86,00 Ba	87,00 Ba

T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$  UFC). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott- Knott a 5% de significância.

Inicialmente (tempo 0), as sementes tratadas e a testemunha apresentaram desempenho semelhante em relação à germinação, com exceção da dose 5, que apresentou uma média de germinação inferior (83,00%). Aos 95 dias de armazenamento, foi observada uma diminuição na porcentagem de germinação da testemunha em relação às sementes tratadas, uma tendência que se manteve

constante até o final do período de armazenamento, resultando em uma queda de 21% na germinação das sementes da testemunha.

As sementes tratadas demonstraram estabilidade na taxa de germinação ao longo dos períodos de armazenamento para as doses 3, 4 e 5, as quais mantiveram porcentagens de germinação iguais ou superiores a 80% até os 155 dias de armazenamento, atendendo ao valor mínimo aceitável para caracterização dos efeitos prejudiciais no armazenamento.

#### 4.1.3 Primeira contagem de germinação

A interação entre as doses de *Trichoderma* e os períodos de armazenamento, foi detectada para primeira contagem de germinação das sementes de feijão comum, sendo representada na Tabela 5.

**Tabela 5- Primeira contagem de germinação (%) de sementes de feijão comum tratadas com doses de *Trichoderma harzianum* submetidas a períodos de armazenamento.**

Períodos de armazenamento	Doses				
	1	2	3	4	5
Dias	----- % -----				
0	38,75 Aa	33,75 Bb	38,25 Ba	35,25 Bb	34,00 Bb
15	34,00 Bb	34,50 Bb	37,25 Ba	36,75 Aa	37,00 Aa
30	35,50 Ab	39,00 Aa	40,75 Aa	39,50 Aa	40,00 Aa
45	35,25 Bb	41,50 Aa	39,25 Aa	40,75 Aa	39,50 Aa
60	32,75 Bb	35,75 Bb	33,75 Cb	38,75 Aa	38,25 Aa
75	30,50 Cb	31,25 Cb	33,75 Cb	37,00 Aa	37,50 Aa
95	28,50 Cb	33,50 Ba	36,50 Ba	33,25 Ba	35,25 Aa
115	26,25 Db	34,75 Ba	34,25 Ca	37,75 Aa	36,50 Ba
135	26,75 Db	30,50 Ca	31,25 Ca	31,50 Ba	33,25 Ba
155	24,50 Dc	34,25 Bb	31,50 Cb	32,25 Bb	38,50 Aa

T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$  UFC). Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott- Knott a 5% de significância.

Na primeira contagem de germinação, observa-se que, no tempo 0, as doses 2, 4 e 5 apresentaram as menores taxas de germinação em relação à dose 3 e à testemunha. Aos 30 dias de armazenamento, já é possível observar uma queda acentuada da taxa de germinação da testemunha em comparação as sementes tratadas, onde, esse padrão se repete até o final do armazenamento (155 dias). Nos períodos de 60 a 75 dias, as doses 2 e 3 também obtiveram resultados semelhantes à testemunha, sem diferenças estatísticas, mas diferenciaram das doses 4 e 5.

Aos 155 dias de armazenamento pode-se observar que as sementes tratadas mantiveram desempenho superior à testemunha, com a dose 5 alcançando a melhor taxa de germinação, sendo de 38,50%.

#### 4.1.4 Plântulas normais

Na tabela 6 e 7, é possível observar os valores médios da porcentagem de germinação de plântulas normais, as quais apresentaram efeito isolado do tratamento e do período de armazenamento.

**Tabela 6- Porcentagem de plântulas normais (%) de sementes de feijão comum submetidas a períodos de armazenamento.**

Períodos de armazenamento	Plântulas normais
Dias	%
0	45,90 A
15	47,00 A
30	46,20 A
45	46,05 A
60	45,35 B
75	45,40 B
95	44,20 B
115	42,60 C
135	41,50 C
155	41,50 C

T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$  UFC). Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Teste de Scott- Knott a 5% de significância.

Observa-se que os períodos entre 0 e 45 dias de armazenamento, as sementes apresentaram porcentagem superior de plântulas normais ( $P < 0,05$ ). A partir de 60 dias até 95 dias houve uma queda gradativa no número de plântulas normais, não apresentando diferença significativa entre esses períodos, com resultados variando entre 45,35% e 44,20%. No entanto, após os 95 dias, observou-se uma redução significativa nos valores, indicando um possível declínio no vigor e na capacidade germinativa das sementes.

Os menores percentuais de plântulas normais foram registrados nos períodos de 115 a 155 dias, com médias de 42,60% e 41,50%.

**Tabela 7- Porcentagem de plântulas normais (%) de feijão comum submetidas a diferentes doses de *Trichoderma harzianum*.**

Tratamentos	Plântulas normais
Doses	----- % -----
1	42,35 B
2	44,57 A
3	44,95 A
4	45,22 A
5	45,80 A

T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$  UFC). Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Teste de Scott- Knott a 5% de significância.

Os resultados obtidos para o percentual de plântulas normais em função das diferentes doses aplicadas de *Trichoderma h.* indicam uma diferença significativa entre os tratamentos. A testemunha apresentou um valor médio de 42,35%, sendo estatisticamente inferior aos demais tratamentos.

As doses 2, 3, 4 e 5, apresentaram valores semelhantes, com médias de 44,57%, 44,95%, 45,22% e 45,80%, respectivamente. Esses resultados sugerem que os tratamentos promoveram uma melhora significativa na porcentagem de plântulas normais em comparação à testemunha.

#### 4.1.5 Plântulas anormais

Para a variável de plântulas anormais, foi observado um efeito significativo na interação entre as doses de *Trichoderma harzianum* e os períodos de armazenamento. Na tabela 8, estão apresentadas as médias de porcentagem de plântulas anormais de feijão comum, após tratamento com diferentes doses de *Trichoderma harzianum*, ao longo de 155 dias de armazenamento.

**Tabela 8- Porcentagem de germinação de plântulas anormais em função de doses de *Trichoderma harzianum* de feijão comum submetidas a períodos de armazenamento.**

Períodos de armazenamento	Doses				
	1	2	3	4	5
Dias	----- % -----				
0	4,25 Ba	3,75 Ba	3,25 Aa	3,00 Ba	3,00 Ba
15	2,75 Ba	2,00 Ba	2,00 Aa	3,00 Ba	4,50 Ba
30	3,75 Ba	4,75 Ba	3,25 Aa	1,75 Ba	2,50 Ba
45	4,00 Bb	2,00 Bb	3,75 Ab	7,50 Aa	3,00 Bb
60	2,75 Bb	6,00 Aa	1,50 Ab	0,75 Bb	4,25 Ba
75	7,50 Aa	5,50 Aa	2,75 Ab	3,50 Bb	3,75 Bb
95	3,25 Bb	5,75 Aa	0,75 Ab	1,50 Bb	5,50 Ba
115	3,00 Bb	8,50 Aa	0,25 Ac	3,75 Bb	3,00 Bb
135	6,25 Ab	3,75 Bc	3,25 Ac	0,25 Bd	7,25 Aa
155	5,00 Ba	7,50 Aa	2,75 Ab	3,00 Bb	2,25 Bb

T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$  UFC). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott- Knott a 5% de significância.

Inicialmente, não foi observada diferença significativa no número de plântulas anormais entre os tratamentos e a testemunha. A partir de 45 dias de armazenamento, verificou-se uma alteração nesses resultados, com a dose 4 apresentando um aumento no número de plântulas anormais. Contudo, após esse período, houve uma redução significativa no número de plântulas anormais nas doses 3 e 4, uma tendência que se manteve até o final do armazenamento, aos 155 dias.

Observou-se também que ao final do período de armazenamento, as doses 3, 4 e 5 apresentaram um número de plântulas anormais inferior ao registrado na testemunha e na dose 2, ressaltando a eficácia do tratamento.

#### 4.1.6 Sementes mortas

Para a variável de sementes mortas, foi observado efeito significativo na interação entre as doses de *T. harzianum* e os períodos de armazenamento apresentados na tabela 9.

**Tabela 9 - Percentagem de sementes mortas (%) de feijão tratadas com doses de *Trichoderma harzianum* submetidas a períodos de armazenamento.**

Períodos de armazenamento	Doses				
	1	2	3	4	5
Dias	----- % -----				
<b>0</b>	0,25 Aa	0,00 Ca	1,00 Aa	2,25 Ba	1,25 Aa
<b>15</b>	2,00 Ab	2,75 Bb	0,75 Ab	4,75 Aa	2,00 Ab
<b>30</b>	0,00 Ba	0,00 Ca	1,00 Aa	1,25 Ba	1,25 Aa
<b>45</b>	0,75 Ba	0,25 Ca	1,25 Aa	0,75 Ba	1,25 Aa
<b>60</b>	0,00 Ba	0,75 Ca	2,50 Aa	0,00 Bb	0,75 Aa
<b>75</b>	1,50 Ba	2,50 Ca	1,00 Aa	1,75 Ba	1,75 Aa
<b>95</b>	0,25 Bb	5,25 Ba	2,50 Ab	7,00 Aa	2,75 Ab
<b>115</b>	1,50 Ba	7,00 Ba	3,75 Aa	3,00 Ba	2,50 Aa
<b>135</b>	2,50 Ab	5,50 Aa	1,50 Bb	5,75 Aa	1,00 Ab
<b>155</b>	3,00 Aa	2,50 Ba	2,50 Aa	2,50 Ba	0,25 Ab

T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$  UFC). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott- Knott a 5% de significância.

No período inicial de 0 dias, observa-se que não houve diferenças na porcentagem de sementes mortas, para nenhum dos tratamentos juntamente com a testemunha. A partir do período de 15 dias de armazenamento foi possível observar um aumento no número de sementes mortas para a dose 4 em relação aos outros tratamentos.

Após 95 dias observa-se um aumento no número de sementes mortas, onde a dose 2 e 4 apresentaram números mais elevados de sementes mortas com 5,25% e 7,00% respectivamente. Ressalta-se que o tratamento 5 foi o que apresentou menor porcentagem de sementes mortas no final do período de armazenamento, 0,25%.

## 4.2 Comprimento de plântulas

### 4.2.1 Comprimento da parte aérea (CPA)

Os dados de comprimento da parte aérea de plântulas das sementes de feijão comum apresentaram interação entre as doses de *Trichoderma harzianum* e os períodos de armazenamento, representados na Tabela 10.

**Tabela 10- Comprimento médio da parte aérea (cm) de plântulas de feijão comum em função de diferentes doses de *Trichoderma harzianum* após 155 dias de armazenamento das sementes.**

Períodos de armazenamento	Doses				
	1	2	3	4	5
Dias	cm				
0	7,32 Cb	10,19 Ba	6,67 Cb	9,87 Aa	10,86 Ba
15	8,53 Bb	6,40 Cb	8,87 Bb	8,84 Bb	9,98 Ca
30	6,09 Cb	7,65 Cb	7,14 Cb	6,00 Cb	11,77 Ba
45	5,63 Cb	7,93 Ca	5,33 Db	8,42 Ba	9,77 Ca
60	13,79 Aa	7,66 Cc	13,15 Aa	9,71 Ab	13,51 Aa
75	9,54 Bb	12,67 Aa	8,25 Bb	11,57 Aa	12,90 Aa
95	6,97 Cc	6,47 Cc	4,23 Dd	8,81 Bb	11,42 Ba
115	9,10 Bb	8,34 Cb	12,21 Aa	11,00 Aa	10,66 Ba
135	8,11 Ba	6,45 Cb	6,44 Cb	8,45 Ba	9,05 Ca
155	5,13 Ca	6,45 Ca	6,67 Ca	7,72 Ba	6,63 Da

T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$  UFC). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott- Knott a 5% de significância.

Fonte: Arruda, 2024.

No período inicial (tempo 0), a testemunha e a dose 3 apresentam reduções no comprimento da parte aérea (CPA) em comparação com as doses 2, 4 e 5. Pode-se observar que apenas a dose 5 manteve a constância nos resultados para o período de armazenamento avaliado.

No entanto, ao final do armazenamento (155 dias), não foi observado diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos e a testemunha, para a CPA.

#### 4.2.2 Comprimento da raiz (CPR)

Na Tabela 11 é possível verificar os resultados obtidos da variável de comprimento da raiz (cm) de sementes de feijão comum tratadas com doses de *Trichoderma harzianum*, ao longo de 155 dias de armazenamento que houve efeito significativo da interação entre as doses de *Trichoderma harzianum* e os períodos de armazenamento.

**Tabela 11- Comprimento médio da raiz (cm raiz<sup>-1</sup>) de feijão comum em função de diferentes doses de *Trichoderma harzianum* após 155 dias de armazenamento das sementes.**

Períodos de armazenamento	Doses				
	1	2	3	4	5
Dias	----- cm -----				
0	15,43 Aa	16,22 Aa	10,30 Cb	14,63 Aa	17,58 Aa
15	12,35 Ba	11,24 Ba	13,60 Ba	13,30 Aa	14,43 Ba
30	12,06 Ba	14,04 Aa	13,50 Ba	14,16 Aa	14,24 Ba
45	13,27 Aa	12,49 Bb	10,24 Cb	16,04 Aa	14,23 Ba
60	12,09 Bb	7,85 Cc	17,34 Aa	12,13 Bb	15,29 Ba
75	11,59 Bb	13,61 Ab	12,86 Bb	14,13 Ab	17,35 Aa
95	10,95 Aa	10,99 Aa	7,04 Bb	11,65 Ba	13,15 Aa
115	11,20 Bb	10,98 Bb	13,58 Ba	13,93 Aa	13,79 Ba
135	9,51 Ba	7,87 Cb	10,93 Ca	10,87 Ba	10,78 Ca
155	6,55 Ca	7,61 Ca	7,69 Da	8,73 Ca	7,89 Da

T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$  UFC). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Teste de Scott- Knott a 5% de significância.

Após a realização dos testes de crescimento de plântula e raiz, constatou-se que, no período inicial (tempo 0), os tratamentos controle (testemunha), dose 2, dose 4 e dose 5 apresentaram um desempenho superior no comprimento da raiz em comparação à dose 3. Nos tempos de 15 e 30 dias, todos os tratamentos, incluindo a testemunha, exibiram resultados semelhantes de comprimento de raiz (CPR).

A partir de 45 dias de armazenamento, observou-se um declínio no comprimento das raízes nos tratamentos com dose 2 e dose 3. Após 60 dias, a dose 3 apresentou a maior média de comprimento de raiz (17,34 cm), junto com a dose 5 (15,29 cm). Aos 75 dias, a dose 5 manteve um comprimento de raiz elevado (17,35 cm), sendo estatisticamente superior à dose 3, que alcançou 12,86 cm, embora esta última não tenha diferido estatisticamente dos demais tratamentos e da testemunha.

Além disso, verificou-se uma redução no comprimento da raiz em todos os tratamentos, incluindo a testemunha, no final do período de armazenamento (155 dias). Ressalta-se que a dose 5 foi a que mais manteve a estabilidade no crescimento da raiz durante todo o período de armazenamento.

#### 4.2.3 Massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA)

A interação entre as doses de *Trichoderma harzianum* e os períodos de armazenamento para o comprimento médio da parte aérea de plântulas das sementes de feijão comum, está representado na Tabela 12.

**Tabela 12- Massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) em função das doses de *Trichoderma harzianum* de sementes de feijão comum submetidas períodos de armazenamento.**

Períodos de armazenamento	Doses				
	1	2	3	4	5
Dias	-----		%	-----	
0	0,5910 Aa	0,5445 Aa	0,4751 Aa	0,5828 Aa	0,3260 Bb
15	0,4589 Aa	0,3926 Ba	0,4934 Aa	0,4934 Aa	0,5262 Aa
30	0,2593 Bb	0,4206 Ba	0,4710 Aa	0,2848 Bb	0,3288 Bb
45	0,2684 Ba	0,3993 Ba	0,2957 Ba	0,2628 Ba	0,4145 Aa
60	0,5533 Aa	0,6279 Aa	0,5622 Aa	0,6047 Aa	0,4876 Aa
75	0,3169 Ba	0,4071 Ba	0,3855 Aa	0,3917 Ba	0,3032 Ba
95	0,5714 Aa	0,4909 Aa	0,5210 Aa	0,6005 Aa	0,3093 Ba
115	0,3157 Ba	0,2882 Ba	0,1167 Ca	0,2022 Ba	0,3292 Ba
135	0,2343 Ba	0,2882 Ba	0,2632 Ba	0,3300 Ba	0,3292 Ba
155	0,2379 Bb	0,2862 Bb	0,3042 Bb	0,3042 Bb	0,4351 Aa

T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$  UFC). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott- Knott a 5% de significância.

Inicialmente (0 dias), a dose 4 apresentou maior quantidade de matéria seca da parte aérea, com 0,5828 g e não diferiu estatisticamente da testemunha e das doses 2 e 3. A dose 5, no entanto, teve um valor significativamente inferior (0,3260 g) evidenciando uma diferença estatística em relação as demais dose e a testemunha. Aos 30 dias de armazenamento, a testemunha apresentou uma queda significativa na massa seca (0,2593), acompanhada da dose 4 e 5, ambas estatisticamente inferiores em relação as outras doses.

Ao final do período de armazenamento, observou-se uma redução na massa seca para todas a doses, incluindo a testemunha. Contudo, a dose 5 apresentou-se entre as concentrações mais eficazes, mantendo um valor relativamente estável em comparação com as demais doses, que exibiram os menores valores.

#### 4.2.4 Massa de matéria seca da raiz (MMSR)

Houve efeito significativo da interação entre as doses de *Trichoderma harzianum* e os períodos de armazenamento para o comprimento médio da parte aérea de plântulas das sementes de feijão comum.

A Tabela 12, apresenta as médias de porcentagem da MMSR de sementes de feijão comum em função de dose de *Trichoderma harzianum*, ao longo de períodos de armazenamento.

**Tabela 13- Massa de matéria seca da raiz (MMSR) função das doses de *Trichoderma harzianum* de sementes de feijão comum submetidas a períodos de armazenamento.**

Períodos de armazenamento	Doses				
	1	2	3	4	5
<b>Dias</b>	----- mg -----				
<b>0</b>	0,1470 Aa	0,1473 Aa	0,1108 Aa	0,1307 Aa	0,1173 Aa
<b>15</b>	0,0934 Ba	0,0972 Ba	0,1237 Aa	0,1237 Aa	0,1217 Aa
<b>30</b>	0,0817 Ba	0,1033 Ba	0,0964 Aa	0,1131 Aa	0,1149 Aa
<b>45</b>	0,0996 Ba	0,1177 Ba	0,1065 Aa	0,1171 Aa	0,1185 Aa
<b>60</b>	0,1039 Ba	0,1346 Aa	0,1070 Aa	0,1269 Aa	0,1311 Aa
<b>75</b>	0,0875 Ba	0,1045 Ba	0,0925 Aa	0,1054 Aa	0,1257 Aa
<b>95</b>	0,0831 Bb	0,0835 Cb	0,0944 Ab	0,1490 Aa	0,1253 Aa
<b>115</b>	0,0402 Cc	0,1652 Aa	0,1088 Ab	0,1292 Ab	0,1152 Ab
<b>135</b>	0,0623 Cc	0,1602 Aa	0,1127 Ab	0,1163 Ab	0,0868 Ac
<b>155</b>	0,0446 Cb	0,0562 Cb	0,0854 Aa	0,0979 Aa	0,0946 Aa

T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$  UFC). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott- Knott a 5% de significância.

No período de 0 a 75 dias de armazenamento, as doses aplicadas, incluído a testemunha, apresentaram valores de MMSR estatisticamente semelhante, indicando que, até certo ponto, as diferentes doses do tratamento não exerceram efeito significativo sobre a massa seca da raiz. No entanto, aos 95 dias de armazenamento, foi observado um efeito significativo diferenciando a testemunha e dose 2 e 3 das demais doses aplicadas, onde nessas doses houve uma queda na MMSR.

No final do período de armazenamento, aos 155 dias, a diferença na massa seca da raiz (MMSR) entre as doses de *Trichoderma h.* tornou-se ainda mais evidente. A testemunha, bem como a dose 2, mantiveram a tendência de queda observada desde os 95 dias de armazenamento, com redução acentuada de MMSR. Em contrapartida, as doses 3, 4 e 5 demonstraram um comportamento mais estável,

mantendo valores de MMSR relativamente elevados em comparação com a testemunha e a dose 2 ao final do armazenamento.

#### 4.3 Tempo médio de ocorrência de 50% de germinação (T50)

Houve efeito significativo da interação entre as doses de *Trichoderma harzianum* e os períodos de armazenamento para o tempo de 50% (horas) germinação das sementes de feijão comum. Os resultados estão apresentados na tabela 14.

**Tabela 14- Tempo médio para a germinação de 50% de germinação (T50) em função das doses de *Trichoderma harzianum* de sementes de feijão comum submetidas períodos de armazenamento.**

Períodos de armazenamento	Doses				
	1	2	3	4	5
Dias	horas				
0	45,63 Ca	47,22 Ba	48,02 Ba	50,44 Ba	45,36 Ba
15	49,69 Aa	51,89 Aa	48,28 Ba	47,99 Ba	47,96 Ba
30	51,49 Aa	49,06 Aa	49,61 Aa	49,09 Ba	52,80 Aa
45	54,27 Aa	53,35 Aa	51,38 Aa	47,96 Bb	48,65 Bb
60	56, 55 Ba	39,89 Cc	51,83 Aa	45,81 Bb	46,08 Bb
75	59,87 Aa	52,58 Aa	42,20 Cc	51,84 Ab	46,61 Bb
95	57,82 Ba	53,95 Aa	53,35 Aa	52,42 Aa	52,14 Aa
115	54,56 Ba	55,35 Aa	56,45 Aa	53,88 Aa	50,87 Aa
135	57,22 Ba	52,94 Ab	52,38 Ab	50,30 Bb	49,39 Bb
155	62,97 Aa	53,84 Ab	50,49 Ab	55,68 Ab	50,49 Ab

T1 (sem tratamento); T2 ( $2,5 \times 10^5$ ); T3 ( $4 \times 10^9$ ); T4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e T5 ( $5 \times 10^{12}$  UFC). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Teste de Scott- Knott a 5% de significância.

Inicialmente as sementes não tratadas proporcionaram um tempo mais longo para atingir 50% de germinação, iniciando com 45,63 horas após 45 dias de armazenamento e aumentando para 62,97 horas aos 155 dias.

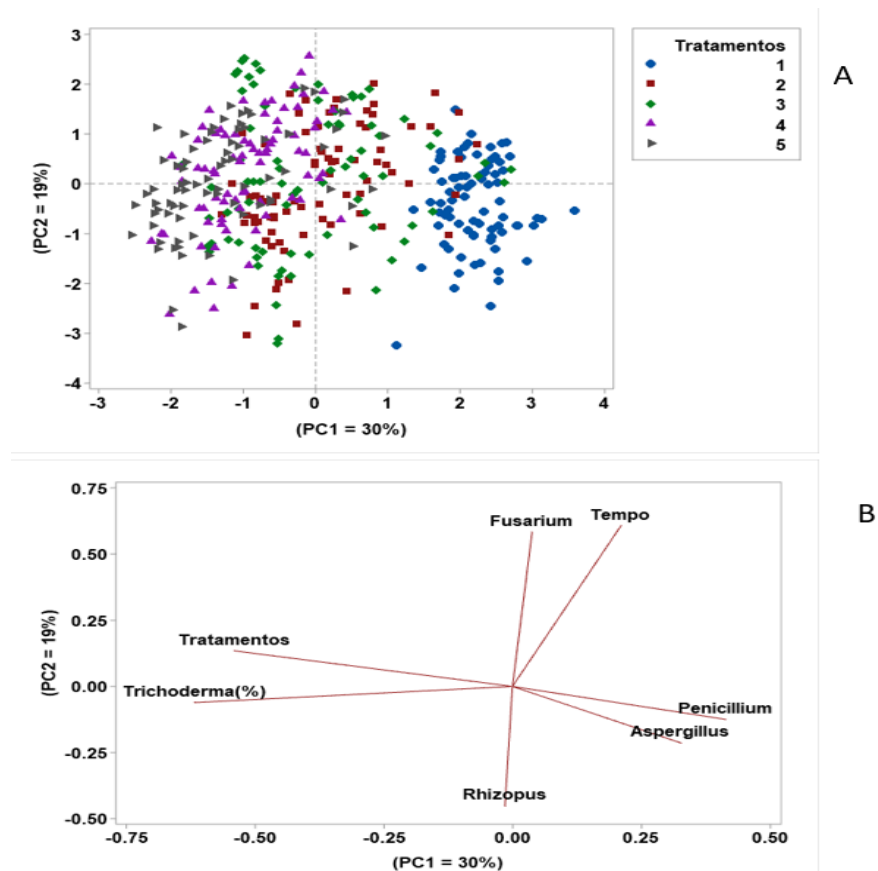
As sementes tratadas mostraram tempos significativamente menores para atingir o 50% de germinação quando comparadas ao controle no final do armazenamento entre os dias 135 e 155. As médias registradas para as doses 2, 3, 4 e 5 foram de 53,84 h, 50,49 h, 55,68 h e 50,49 h aos 155 dias de armazenamento, indicando uma resposta mais rápida à germinação com a aplicação de *Trichoderma harzianum*.

#### 4.4 Análise sanitária

##### 4.4.1 Análise de componentes principais (PCA) de incidência de fungos de armazenamento

A Figura 1 apresenta a análise de componentes principais (PCA) da relação entre tratamentos (dose 1, dose 2, dose 3, dose 4 e dose 5) de sementes de feijão e períodos de armazenamento, em relação aos fungos de armazenamento (*Aspergillus* spp., *Trichoderma harzianum* (Tratamento), *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. e *Rhizopus* spp.).

**Figura 1- Análise de componentes principais (PCA) mostrando a relação dos tratamentos (testemunha, dose 2, dose 3, dose 4 e dose 5) de sementes de feijão e os períodos de armazenamento, em relação aos fungos de armazenamento (*Aspergillus* spp., *Trichoderma harzianum*, *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. e *Rhizopus* spp.)**



Fonte: Arruda, 2024.

A análise de PCA revelou padrões distintos na distribuição das sementes de feijão tratadas com *T. harzianum* em comparação a testemunha, assim como a correlação negativa entre o *T. harzianum* e os fungos *Aspergillus* e *Penicillium*.

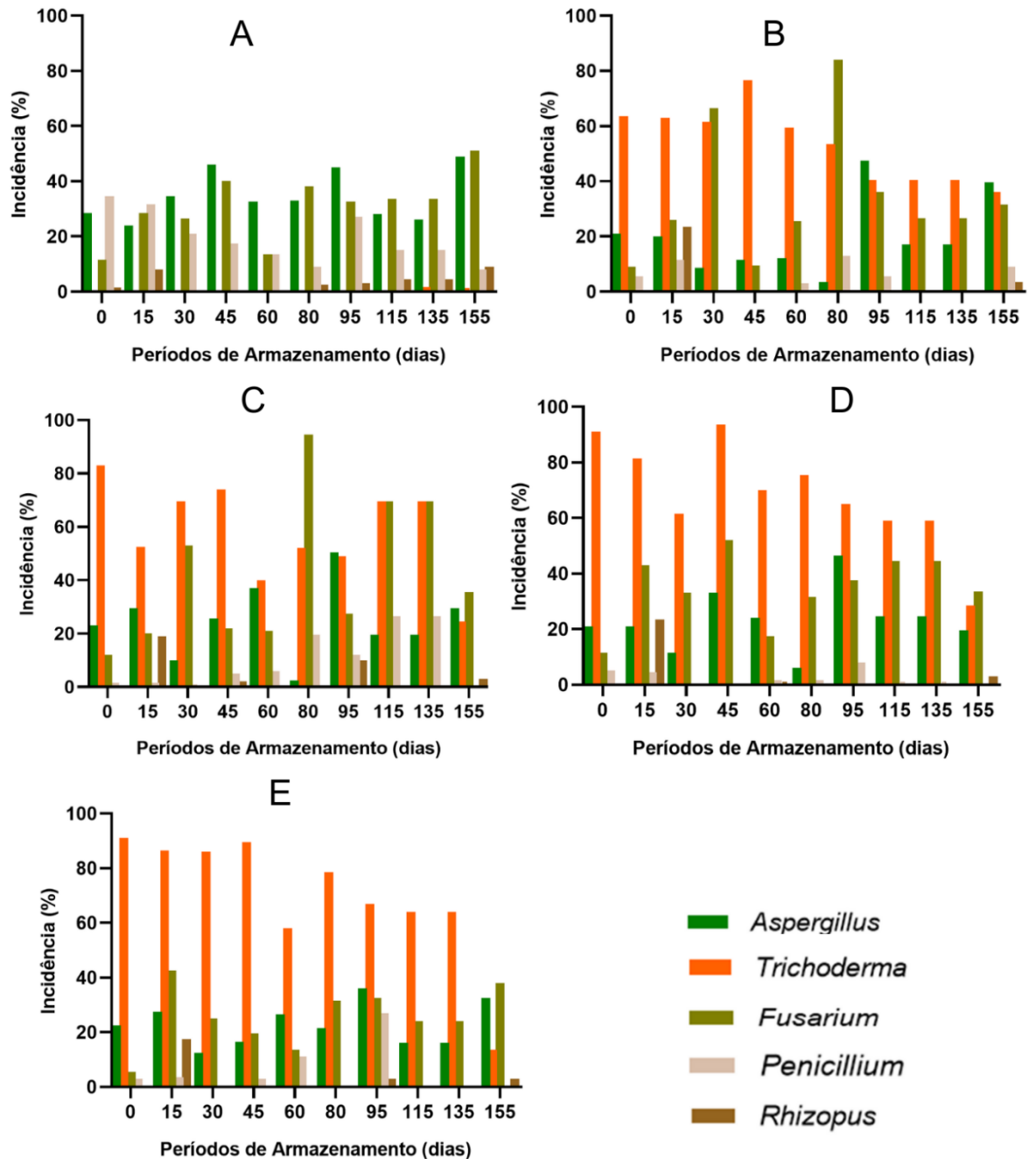
As sementes tratadas com *T. harzianum* mostraram agrupamentos coeso entre elas, indicando uma resposta semelhante ao tratamento em termos da presença dos fungos de armazenamento ao longo dos períodos avaliados. Em contraste, observa-se que as sementes não tratadas formaram um agrupamento separado, sugerindo que não há semelhança entre os valores amostrados da testemunha com relação aos tratamentos.

Nota-se que o *T. harzianum* manteve sua viabilidade durante o período de armazenamento, onde foi evidenciado a relação negativa significativa entre *Trichoderma* e os fungos *Aspergillus* e *Penicillium*, visto que, à medida que aumenta incidência de *Trichoderma* nas sementes ocorre a redução da incidência de *Apergillus* e *Penicillium* (Figura 1).

A PCA indicou houve um aumento significativo para o fungo *Fusarium* em sua evidência conforme o período de armazenamento das sementes de feijão. Além disso, observa-se que os tratamentos com *Trichoderma* influenciaram na incidência de *Fusarium* ao longo do tempo, visto que, apesar do aumento geral do *Fusarium*, verifica-se que os tratamentos com *Trichoderma* mitigaram esse aumento em comparação as sementes não tratadas.

Na figura 3, estão apresentados os gráficos com a incidência dos fungos que foram observados durante o armazenamento (*Apergillus*, *T. harzianum* (Tratamento), *Fusarium*, *Penicillium* e *Rhizopus*). Cada a gráfico representa um tratamento e a incidência desses fungos ao longo do armazenamento, oferecendo uma visualização clara das mudanças de incidência dos fungos de acordo com os tratamentos.

**Figura 2- Gráficos com os valores médios (%) de incidência de fungos em sementes de feijão comum tratadas com doses de *Trichoderma harzianum* em função dos períodos de armazenamento. A (sem tratamento), B (Dose 2 =  $2,5 \times 10^5$ ), C (Dose 2 =  $4 \times 10^9$ ), D ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e E ( $5 \times 10^{12}$ )**



Fonte: Arruda, 2024.

Na figura 2 A observa-se a incidência dos fungos ao longo do armazenamento, das sementes que não receberam tratamento. *Aspergillus* e *Fusarium*, foram os que tiveram a maior incidência.

Os gráficos (B, C D e E) que representam as sementes tratadas com *Trichoderma harzianum* ao longo do armazenamento, observa-se uma redução significativa na incidência de *Aspergillus* em todas as doses de *Trichoderma*. As sementes tratadas com doses mais altas de *Trichoderma* (dose 4 e 5) mostraram uma redução significativa na incidência de *Aspergillus*, com apenas 8% e 5% respectivamente, no final de 155 dias de armazenamento.

Similar ao *Aspergillus*, o fungo *Fusarium* apresentou uma diminuição na incidência com o aumento das doses de *Trichoderma*. Nas sementes tratadas com doses 4 e 5, a incidência de *Fusarium* foi apenas de 6% e 4% respectivamente comparado ao controle. No entanto, observa-se que a incidência de *Fusarium* se manteve relativamente alta ao longo do armazenamento.

Seguindo com a análise dos dados, as melhores doses de *Trichoderma harzianum* que reduziu a incidência dos fungos durante o armazenamento das sementes de feijão foram as doses 4 e 5. Essas doses mostraram as menores médias de incidência de *Aspergillus* ao longo do armazenamento, variando entre 2,50% a 6,00%.

*Penicillium* e *Rhizopus* também apresentaram variações na incidência, com tendências diferentes dependendo da dose de *Trichoderma harzianum* aplicada, sugerindo interações complexas entre os fungos tratados e os fungos ambientais presentes nas sementes durante o armazenamento.

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Análises fisiológica

O tratamento de sementes de com doses de *Trichoderma harzianum*, demonstrou ser altamente eficaz na redução da mortalidade das sementes de feijão ao longo do tempo, proporcionando uma significativa preservação da viabilidade, uma vez que as sementes não tratadas demonstraram as maiores médias de condutividade elétrica. Esses resultados ressaltam a importância e o potencial do uso de *Trichoderma harzianum* como estratégia promissora melhorar a qualidade e a viabilidade das sementes (Tabela 2).

Observa-se que após 135 dias de armazenamento as doses 3, 4 e 5 apresentaram as maiores médias de condutividade elétrica, no entanto aos 155 dias observou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos, evidenciando que tanto as sementes tratadas quanto as não tratadas tiveram o mesmo aumento de condutividade elétrica ao longo do armazenamento. Menten (1995), destaca que os efeitos dos tratamentos de sementes na germinação se manifestam a médio e longo prazo, um exemplo disso é a diminuição de doenças e/ou a introdução de patógenos na área.

O estudo do presente trabalho também sugere, que doses mais altas de *Trichoderma harzianum* levam a maior redução na condutividade elétrica das sementes durante o armazenamento, que indica menor vazamento de eletrólitos, acarretando em uma melhor qualidade fisiológica das sementes, devido a preservação da integridade das membranas celulares.

O tratamento com *Trichoderma harzianum* tem demonstrado reduzir a presença de patógenos, proteger contra estresses bióticos e abióticos e manter a integridade das membranas celulares das sementes, resultando em menor vazamento de eletrólitos. Estudos realizados com sementes de trigo, demonstram que o tratamento de sementes com *Trichoderma harzianum* tem uma melhor expressão a qualidade fisiológica das sementes ao reduzir a sua condutividade elétrica (MASTOURI, *et al.*, 2010).

Guo, *et al.* (2023) em estudo recente destacou o uso de *Trichoderma harzianum* para melhorar a qualidade das plantas, aumentando as atividades das enzimas antioxidantes e regulando a comunidade microbiana da rizosfera,

contribuindo para a redução do estresse e a melhoria da qualidade das sementes durante o armazenamento.

O processo de deterioração das sementes durante o armazenamento é inevitável, quando submetidas a variações de temperatura e umidade, elas perdem o vigor mais rapidamente tornando-se mais vulneráveis a estresses durante a germinação e, conseqüentemente, diminuindo sua capacidade de gerar plântulas normais (SILVA *et al.*, 2014).

Portanto, o tratamento de sementes com doses de *Trichoderma* nesse trabalho, pode ser considerado uma estratégia eficaz para retardar essa queda na porcentagem de germinação, promovendo o crescimento e a resistência das plantas, estimulando as defesas naturais e melhorando o armazenamento. Desse modo, o uso de *Trichoderma harzianum* pode contribuir significativamente para a manutenção da viabilidade e vigor das sementes de feijão ao longo do tempo.

Estudos tem demonstrado que os benefícios do tratamento de sementes de feijão com *Trichoderma harzianum* durante o armazenamento, indicando que o tratamento melhora a qualidade fisiológica das sementes, mantendo de forma significativa sua viabilidade e vigor ao longo do tempo. O fungo *Trichoderma* ao reduzir a incidência de patógenos e promover competição com os patógenos que atacam as sementes, ajuda a mitigar os efeitos negativos das condições de armazenamento (CARVALHO, *et al* , 2011).

Vinale (2009) verificou que o uso de fungos antagonistas como o *Trichoderma*, tem desempenhado um papel crucial na manutenção da qualidade fisiológica de sementes durante o armazenamento, seu uso tem contribuído para a inibição de patógenos, através da competição por nutrientes e espaço e produzindo compostos antifúngicos que suprimem a atividade de fungos de armazenamento.

O tratamento de sementes com microrganismos antagonistas pode resultar em melhorias na qualidade fisiológica das plantas, influenciando positivamente a germinação, emergência e desenvolvimento das plântulas (AKHTAR *et al* ., 2007; HARMAN, 2011). Reis *et al.* (2019) em estudos realizados sobre o tratamento de sementes de feijão caupi com o fungo *Trichoderma*, observou que com o aumento da concentração de conídios, estimulou o maior crescimento radicular e germinação inicial em relação ao controle.

A porcentagem de germinação de primeira contagem, reduziu ao longo do tempo, independente do tratamento da semente, este declínio pode ser atribuído à

deterioração natural das sementes ao longo do tempo, afetando sua capacidade de germinação. Entretanto, é evidenciado que as sementes tratadas com dose de *Trichoderma* apresentaram desempenho superior, visto que, mesmo com esse declínio as mesmas conseguiram manter porcentagens significativas de germinação de primeira contagem. Esse resultado sugere que os tratamentos aplicados podem ter um papel positivo na preservação da viabilidade de sementes durante o armazenamento, retardando o processo de envelhecimento e mantendo sua capacidade de germinação por um período mais longo.

A primeira contagem de germinação é relevante porque fornece evidências do vigor das sementes. O vigor das sementes é indicativo de uma série de características que determinam sua capacidade de germinar de maneira rápida e uniforme (MARCOS FILHO, 2015). O princípio é que as sementes que exibem crescimento radicular mais rápido são consideradas potencialmente mais vigorosas e podem resultar em taxas de crescimento mais elevadas durante o período inicial da cultura (DUTRA, *et al.*, 2007).

Além disso, Mentem (1991) argumenta que a capacidade de germinação das sementes pode ser reduzida devido à ação de fungos como *Aspergillus spp* e *Penicillium spp*, contribuem para a deterioração das sementes durante o armazenamento. Alguns patógenos transportados pelas sementes podem não resultar na morte das sementes e plântulas, mas têm o potencial de comprometer seu vigor. Esse enfraquecimento pode ocorrer devido à interferência em vários processos fisiológicos essenciais das plantas.

No presente trabalho, foi observado que sementes que receberam tratamento apresentaram, em sua maioria as médias mais elevadas de germinação inicial, indicando que doses mais altas podem proporcionar uma proteção mais eficaz contra os efeitos adversos do armazenamento prolongado, mantendo assim um nível aceitável de germinação ao longo do tempo. Pela primeira contagem de germinação verificou-se que as sementes tratadas se apresentaram mais vigorosas que as não tratadas.

A viabilidade das sementes ao longo do tempo de armazenamento é um fator crucial para a agricultura. No estudo realizado, observou-se que o tempo de armazenamento de 0, 15 e 30 dias tiveram desempenho superior de plântulas normais, com uma porcentagem de 45,90 %, 47% e 46,20% respectivamente (Tabela 6). Este resultado indica que, neste intervalo de tempo, as condições de

armazenamento foram mais favoráveis para a viabilidade das sementes, resultando em maior número de plântulas normais.

Pesquisas sobre a aplicação de *Trichoderma harzianum* em sementes de feijão comum não mostram qualquer sinal de toxicidade ou prejuízo a germinação, ao contrário, tem-se observado uma melhoria nas taxas de germinação, que excederam 80% e no percentual de plântulas normais, confirmando os efeitos benéficos do uso de *Trichoderma* (MASTOURI, *et al.*, 2010; CARVALHO, *et al.*, 2011).

Ao observar o fator isolado de doses de *Trichoderma* em relação ao tempo, observa-se que as sementes tratadas apresentaram porcentagem superior de plântulas normais em comparação as não tratadas. Este resultado destaca a eficácia dos tratamentos aplicados em melhorar a capacidade de germinação e o desenvolvimento normal das plântulas.

Cardarelli, *et al.* (2022) demonstram que as sementes tratadas frequentemente apresentam uma taxa mais alta de germinação e um desenvolvimento superior de plântulas normais em comparação com as sementes não tratadas. O uso de *Trichoderma* não só auxilia no controle de patógenos, mas também estimula o crescimento das plantas e melhora a condição fisiológica das sementes, resultando em plantas mais vigorosa e saudáveis.

No presente trabalho, foi analisado que as sementes tratadas com *T. harzianum* a, tiveram desempenho superior de porcentagem de plântulas normais, em relação as sementes não tratadas, no entanto não diferindo estatisticamente entre si. Estudos onde foi aplicada a dose mais elevada de *Trichoderma*, foi observada um desempenho similar com relação a porcentagem de plântulas normais. Isto sugere que, embora todas as doses de *Trichoderma* sejam benéficas, doses mais altas podem proporcionar um impulso extra a saúde das plântulas (MOUMNI, *et al.*, 2023).

Ao longo do período de armazenamento, as doses mais altas de *Trichoderma* (dose 5) demonstram uma melhor performance na redução das plântulas anormais, sugerindo que o *Trichoderma* tem efeito protetor significativo contra os patógenos que causam essas anormalidades (tabela 8). Isso pode ser atribuído ao fato de que a *Trichoderma* é um fungo antagonista, que compete por nutrientes e espaço com outros fungos de armazenamento. Esta competição reduz a incidência de patógenos nas sementes, resultando em plântulas saudáveis e vigorosas. Estudos demonstram que o uso de *Trichoderma* pode aumentar significativamente a qualidade fisiológica das sementes e o desenvolvimento inicial das plântulas (CARVALHO, *et al.*, 2011).

À medida que as sementes envelhecem, elas gradualmente perdem a capacidade de germinar e formar plântulas normais. Eventualmente, esse envelhecimento pode impedir a protusão da radícula, com a progressão desse processo, as sementes podem não conseguir germinar adequadamente, levando à morte das sementes (BEWLEY, *et al.*, 2013).

De fato, o aumento de sementes mortas durante o armazenamento é um fenômeno natural devido a deterioração das sementes. A deterioração das sementes, mesmo em condições de temperatura e umidade adequadas, torna-se inevitável durante o armazenamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

No entanto, no presente trabalho, as sementes tratadas com doses de *Trichoderma* apresentaram as menores médias de porcentagem de sementes mortas em comparação com as sementes não tratada. A dose mais elevada de *Trichoderma* (dose 5) apresentou média de apenas 0,25% de sementes mortas ao final do armazenamento, enquanto que as sementes não tratadas (testemunha) apresentaram porcentagem de 3% de sementes mortas no mesmo período.

A capacidade do *Trichoderma* em promover o crescimento do feijoeiro foi descrita por Hoyos y Carvajal *et al.* (2009), sendo confirmada no presente trabalho. As sementes tratadas com a dose mais alta (dose 5) apresentaram as maiores médias de comprimento da parte aérea em comparação as não tratadas. Isso sugere que o *Trichoderma* teve um efeito estimulante no crescimento inicial das plântulas, resultando em comprimentos médios de 13,51 cm ao 60 dias e 12,90 cm aos 80 dias após o armazenamento.

Após 155 dias de armazenamento, houve uma redução no CPA de todas as amostras, independentemente das doses de *Trichoderma* aplicadas. No entanto, as plântulas tratadas mantiveram médias superiores de comprimento da parte aérea em comparação as não tratadas. De acordo com Oliveira *et al.* (2012), o fungo *Trichoderma* pode influenciar positivamente na germinação das sementes, no desenvolvimento das plantas e rendimento da cultura ao produzir substâncias que promovem o crescimento e melhoram a nutrição das plantas, especialmente pela solubilização do fósforo.

A ação do *Trichoderma* spp. como promotor de crescimento está associado à liberação de hormônios vegetais, como auxinas. Estes hormônios aumentam a hidrólise da ATP na planta, elevando a atividade da enzima ATPase. Esse mecanismo estimula o crescimento e o alongamento da raiz principal, além de estimular o

desenvolvimento de raízes laterais, o que melhora a absorção de água e nutrientes pela planta (VERGARA *et al.*, 2017).

Com base nos resultados observados nesta pesquisa com relação crescimento das raízes, pode-se dizer que a aplicação de *Trichoderma* nas sementes de feijão comum promove desenvolvimento radicular superior, destacando a eficácia deste tratamento na melhoria do vigor das plantas durante o armazenamento. Portanto, o crescimento das raízes é aumentado no tratamento de sementes com o uso de *Trichoderma*, representando um dos efeitos positivos do fungo, resultado relatados que corroboram com Mastouri, Björkman e Harman (2010).

Esse crescimento radicular aprimorado pode proporcionar vantagens agronômicas significativas, refletindo a importância de considerar o uso de *Trichoderma* como um agente promotor de crescimento nas práticas agrícolas (SUBRAMANIAM *et al.*, 2022). Harman (2000) relatou que o uso do *Trichoderma* como promotor de crescimento, depende da idade, concentração e condições edáficas.

De acordo com os resultados de massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) de plântulas de feijão, revelam que as sementes tratadas com doses de *Trichoderma harzianum* apresentaram médias superiores de MMSPA em relação as não tratadas. Após 90 dias de armazenamento a dose 5 apresentou a maior média de MMSPA, superando significativamente as demais doses e o controle (sem tratamento) com 0,6005 mg.

Esses resultados estão de acordo com Harman *et al.* (2004), que também observaram aumentos significativos na biomassa de plantas tratadas com *Trichoderma* spp. devido à sua capacidade de promover o crescimento vegetal e melhorar o desenvolvimento das plantas. Além disso, esses resultados corroboram com o comprimento da parte aérea (CPA), que foi apresentado nesse trabalho, onde as maiores média de crescimento foram encontrados nas sementes tratadas.

Aos 115 e 155 dias, embora as médias de MMSPA tenham diminuído em comparação aos 95 dias, a dose mais alta (5) teve desempenho superior em relação aos demais tratamentos. Lima *et al.* (2014), em estudos com sementes de girassol também constataram uma queda acentuada da matéria seca da parte aérea, após seis meses de armazenamento. No entanto, no presente estudo, as sementes tratadas ainda apresentavam valores superiores em relação ao controle confirmando a eficácia do armazenamento. Vinale *et al.* (2009), documentaram os efeitos duradouros de *Trichoderma* em melhorar a biomassa da planta.

Chagas Junior *et al.* (2014) realizaram estudos com a cultura do feijão caupi (*Vigna unguicula* L.) verificaram que o tratamento de sementes e a inoculação via solo com *Trichoderma harzianum* resultou em maior acúmulo, produtividade e nodulação das plantas avaliadas.

Assim, o resultado do presente estudo indica que o tratamento de sementes com doses de *Trichoderma*, principalmente doses mais altas (Tabela 12) em sementes de feijão comum, não só melhora a massa seca da parte aérea das plântulas, mas também mantém sua eficácia ao longo do tempo, reforçando a importância de utilização da *Trichoderma harzianum* como ferramenta promissora na agricultura para promover o um bom desempenho das plantas no campo e aumentar a sua produtividade.

Esses resultados estão de acordo com estudos anteriores que demonstram a eficácia do *Trichoderma harzianum* em melhorar a qualidade fisiológica das sementes e aumentar sua resistência ao estresse sofrido durante o armazenamento. Harman *et al.*, (2004) trabalhando com diferentes espécies de *Trichoderma* spp. incluindo a *Trichoderma harzianum*, concluiu que elas são eficazes no biocontrole de doenças de plantas e podem promover o crescimento das plantas ao melhorar a qualidade sanitária das sementes.

Os dados indicam que o tempo de armazenamento tem um impacto significativo na MMSR. Observa-se que durante os períodos intermediários (30 – 115 dias) há uma variação notável nas médias de MMSR entre as doses, sugerindo que a resposta das sementes ao tratamento com *Trichoderma harzianum* pode variar consideravelmente ao longo do tempo.

No entanto, a dose 4 manteve uma eficácia relativamente constante, destacando-se como uma opção viável para o armazenamento a longo prazo. Couto *et al.* (2021) verificaram que o uso de doses adequadas de *Trichoderma* melhoram a qualidade fisiológica e sanitária das sementes de trigos, resultando em maior emergência de plântulas e crescimento radicular.

De acordo com os resultados apresentados neste trabalho, indicam que o uso de *Trichoderma harzianum* pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a qualidade das sementes de feijão comum durante o armazenamento, especialmente com doses específicas como a dose 4 e 5. A eficácia variável entre as doses e ao longo do tempo sugere a necessidade de otimização das concentrações utilizadas para maximizar os benefícios do tratamento.

O estudo demonstra que as sementes tratadas com *Trichoderma harzianum* apresentaram maior qualidade fisiológica e vigor em comparação com a testemunha. A maioria das sementes tratadas exibiu valores menores de T50 ao longo do armazenamento. Notavelmente, a dose mais elevada de *Trichoderma* (dose 5) apresentou um T50 de 53,84 horas aos 155 dias de armazenamento, significativamente menor que o T50 do controle, que foi de 62,97 horas no mesmo período.

Diante dos resultados das análises fisiológicas, foram observados que a qualidade das sementes tratadas foi superior em relação às não tratadas, principalmente nas doses maiores, e os resultados obtidos no T50 foram importantes para confirmar esses resultados. Osmar *et al.* (1999) observaram que a redução do vigor em sementes de aveia aumentou o tempo médio necessário para a protusão das radículas e também reduziu o número médio de radículas emitidas por dia.

## 5.2 Análise sanitária

A análise de componentes principais (PCA) revelou padrões na distribuição das sementes tratadas com *Trichoderma* e os fungos *Aspergillus* e *Penicillium*. As sementes tratadas com *Trichoderma* mostraram agrupamentos próximos entre elas, indicando uma resposta semelhante ao tratamento em termos da presença dos fungos de armazenamento ao longo dos períodos avaliados. Em contraste, as sementes não tratadas formaram um agrupamento separado, sugerindo uma maior variação na incidência de fungos. Além disso, os resultados encontrados nessa análise para a incidência de *Fusarium*, demonstraram que embora a PCA tenha mostrado uma redução na incidência com o tratamento de *Trichoderma*, a eficácia variou conforme as doses aplicadas.

De acordo com Harman *et al.* (2004) observaram que o *Trichoderma* interage negativamente com fungos como *Aspergillus* e *Penicillium*, corroborando com os achados no presente estudo. Os prejuízos provocados pelas espécies *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. são diversos, podendo incluir a diminuição da taxa de germinação, aumento dos ácidos graxos, mudanças na coloração, alterações bioquímicas, enrugamento das sementes, produção de toxinas e redução do peso seco das sementes (MENTEN *et al.*, 2006; TORRES & BRINGEL 2005).

Desse modo, a análise de PCA indica que o *Trichoderma* é eficaz na redução da incidência de fungos patogênicos em sementes de feijão, durante o

armazenamento. Este resultado é crucial para as práticas agrícolas, pois a presença de fungos nas sementes e a redução de fungos patogênicos são aspectos fundamentais para o aumento da produtividade. O uso de *Trichoderma harzianum* como tratamento oferece uma abordagem sustentável e eficaz para melhorar a qualidade das sementes durante o armazenamento, resultando em melhores taxas de germinação e maior rendimento das culturas.

De acordo com Torres e Bringel (2005), os danos provocados por espécies de *Aspergillus* e *Penicillium* são diversos, incluindo perda da capacidade de germinação, aumento da quantidade de ácidos graxos, descoloração das sementes, mudanças bioquímicas, produção de toxinas prejudiciais para humanos e outros animais, além da redução do peso seco das sementes. O fungo *Penicillium* spp. é reconhecido com um agente de deterioração em sementes armazenadas (MACEDO *et al.*, 2002).

Na produção agrícola, o uso de sementes infectadas por patógenos, tanto externos quanto internos, pode levar à mortalidade das sementes após o plantio, devido à rápida proliferação e alta virulência de certos grupos de patógenos na semente (ZORATO *et al.*, 2001).

Portanto, neste trabalho nota-se que o tratamento das sementes com doses de *Trichoderma harzianum*, diminuiu a incidência de *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp ao longo dos períodos de armazenamento, demonstrando uma correlação negativa entre a *Trichoderma* e esses dois fungos, visto que, à medida que aumenta incidência de *Trichoderma* nas sementes ocorre a redução da incidência de *Aspergillus* e *Penicillium* (Figura 2). Além disso, as sementes tratadas com as doses mais elevadas (4 e 5) apresentaram melhor desempenho na diminuição da incidência desses fungos, indicando que o *Trichoderma* é eficaz no combate aos mesmos.

O uso de *Trichoderma Harzianum* no bio controle de doenças de plantas tem se mostrado uma estratégia eficaz devido aos múltiplos mecanismos de ação envolvidos. Entre esses mecanismos, a antibiose se destaca, especialmente no controle de fungos de armazenamento. Agüero *et al* (2008) relatou em seus estudos, que a exposição de *Aspergillus flavus* aos metabólitos voláteis produzidos por *Trichoderma harzianum* resulta em uma redução significativa da biomassa do patógeno, onde essa redução demonstra o potencial do *Trichoderma* em interferir diretamente no crescimento e desenvolvimento dos patógenos, durante o armazenamento.

Diante do exposto nesse trabalho, os resultados indicam uma eficácia significativa do *Trichoderma* em controlar a presença do fungo *Aspergillus*, fungo de maior incidência nas sementes, destacando a importância da escolha adequada da dose fungicida para melhorar a qualidade e a segurança das sementes durante o armazenamento. Na qual, esses resultados estão de acordo com os encontrados nas análises fisiológicas, onde as sementes tratadas tiveram os melhores desempenhos durante o armazenamento, com relação as sementes tratadas.

Estudos indicam que o tratamento de sementes com *Trichoderma* pode reduzir significativamente a incidência de fungos durante o armazenamento, isso ocorre devido o *Trichoderma* competir com os patógenos por espaço e nutrientes, além de produzir compostos antifúngicos que inibem o crescimento de outros fungos patogênicos durante o armazenamento (COUTO *et al.*, 2021)

## 6 CONCLUSÃO

As sementes tratadas com *Trichoderma harzianum* proporcionaram os melhores resultados, para as análises fisiológicas e sanitárias.

As doses 4 ( $2,5 \times 10^{12}$ ) e 5 ( $5 \times 10^{12}$ ) de *Trichoderma harzianum* permitiram uma maior expressão da qualidade fisiológica (germinação e vigor) das sementes durante o armazenamento. As mesmas, não só não só promoveram uma maior qualidade fisiológica durante o armazenamento, mas também foram eficazes na supressão de fungos patogênicos, como *Aspergillus* e *Penicillium*. Os tratamentos com *Trichoderma harzianum* reduziram significativamente a incidência desses microrganismos, contribuindo para a melhor sanidade das sementes ao longo do tempo.



## REFERÊNCIAS

- AGÜERO, L. E. M.; ALVARADO, R.; MARTÍNEZ, A.; DORTA, B. Inhibition of *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin b1 production in stored maize grains exposed to volatile compounds of *Trichoderma harzianum* Rifai. **Interciência**, v. 33, p. 219-222, 2008.
- AKHTAR, N.; MIRZA, J. H.; BAJWA, R.; JAVAID, A. Fungos associados a sementes de algumas plantas economicamente importantes. **Micopata**, v. 5, p. 35-40, 2007.
- ASSEFA, T. *et al.* Uma revisão dos objetivos de melhoramento, recursos genômicos e métodos assistidos por marcadores em feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Molecular Breeding**, v. 39, n. 20, 2019.
- ATHAYDE SOBRINHO, C.; VIANA, F. M. P.; DOS SANTOS, A. A. Doenças do feijão caupi. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. Cap. 8.
- BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Gêneros Ilustrados de Fungos Imperfeitos**. 4. ed. São Paulo: APS Press, 1998. 218 p.
- BETTIOL, W. *et al.* Avaliação da qualidade de produtos à base de *Trichoderma*. Embrapa Meio Ambiente, 2012. Link de acesso: [https://www.cnpma.embrapa.br/down\\_site/forum/2012/trichoderma/Apostila\\_Trichoderma\\_2012.pdf](https://www.cnpma.embrapa.br/down_site/forum/2012/trichoderma/Apostila_Trichoderma_2012.pdf). Acesso em: 20 jun. 2024.
- BEVILAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F.; EBERHARTDT, P. E. R.; CLAITON, J. E.; GREHS, R. C. Indicações técnicas para a produção de sementes de feijão para a agricultura familiar. **Circular Técnica**. Pelotas, RS, dez. 2013.
- BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K.; HILHORST, H.; NONOGATI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2013. 392 p.
- BITOCCHI, E. *et al.* A origem mesoamericana do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é revelada por dados de sequência. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 14, p. 788-796, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, DF, 2009.
- CANTÃO, R. F.; RIBEIRO-OLIVEIRA, J. P.; DA SILVA, E. A. A.; DOS SANTOS, A. R.; DE FARIA, R. Q.; SARTORI, M. M. P. POMONA: a multiplatform software for modeling seed physiology. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1151911, 6 jul. 2023. DOI: 10.3389/fpls.2023.1151911.
- CARDARELLI, M.; O. O.; S. L.; ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. Seed treatments with microorganisms can have a bio stimulant effect by influencing germination and seedling growth of crops. **Plantas**, v. 11, n. 3, p. 259, 2022.

- CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; ROMEIRO, R. S. Biocontrol of seed pathogens and growth promotion of common bean seedlings by *Trichoderma harzianum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p. 822-828, 2011.
- CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; OLIVEIRA, N. T.; BATISTA, L. R. Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* by *Trichoderma harzianum* and its use for common bean seed treatment. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 1, p. 28-34, 2011.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CHAGAS JÚNIOR, A. F.; OLIVEIRA, A. G.; SANTOS, G. R.; REIS, A. F. B.; CHAGAS, L. F. B. Promoção de crescimento em feijão-caupi inoculados com rizóbio e *Trichoderma* spp., no Cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 190-199, jul.-set. 2014.
- CHAGAS, L. F. B. Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma* spp. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 7, n. 3, p. 149-155, 2012.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safra de grãos 2023/2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5478-safra-de-graos-2023-2024-esta-estimada-em-294-1-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 22 mai. 2024.
- CORRÊA, B. O.; MOURA, A. B.; DENARDIN, N. D.; SOARES, V. N.; SCHÄFER, J. T.; LUDWIG, J. Influência da microbiolização de sementes de feijão sobre a transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 156-163, 2008.
- COUTO, A. P. S.; PEREIRA, A. E.; ABATI, J.; FONTANELA, M. L. C.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; KROHN, N. G. Seed treatment with *Trichoderma* and chemicals to improve physiological and sanitary quality of wheat cultivars. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 4, p. 813-823, 2021.
- COUTO, A. P. S.; PEREIRA, A. E.; ABATI, J.; FONTANELA, M. L. C.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; KROHN, N. G. Tratamento de sementes com *Trichoderma* e produtos químicos para melhoria da qualidade fisiológica e sanitária de cultivares de trigo. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 4, p. 813-823, 2021.
- DALCHIAVON, F. C.; NEVES, G.; HAGA, K. I. Efeito de estresse salino em sementes de *Phaseolus vulgaris*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 404-412, 2016.
- DALLA, Bona Fabiano. Um, dois: feijão com arroz. Revista de História, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <https://historiaearquitetura.blogspot.com/2014/02/um-dois-feijao-com-arroz.html> Acesso em: 01/07/2024.

DUTRA, A. S.; TEOFILLO, E. M.; MEDEIROS FILHO, S.; DIAS, F. T. C. Qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi em quatro regiões do Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p. 111-116, 2007.

Kaplan, L., & Lynch, T. F. Phaseolus (Fabaceae) in Archaeology: AMS Radiocarbon Dates and Their Significance for Pre-Columbian Agriculture. **Economic Botany**, 53(3), 261-272, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 2006.306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira**: 2012/2014. 2012. (Documentos, 272). Disponível em:

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistics Division**. 2019. Acesso em: 20 abril. 2023.

FRANCISCO, M. R. **Seleção e identificação de *Trichoderma* spp. e potencial para produção de enzimas industriais**. 2016. 65p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GUO, Z.; *Trichoderma harzianum* prevents red kidney bean root rot by increasing plant antioxidant enzyme activity and regulating the rhizosphere microbial community. **Front. Microbiol**, v. 15, p. 1348680, 2024.

HARMAN, G.E. Myth and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T22. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, p. 377-393, 2000.

Harman, G.E. Simbiontes multifuncionais de plantas fúngicas: novas ferramentas para aumentar o crescimento e a produtividade das plantas. **Novo Fitologista**, v.189, p. 647-649. 2011.

HARMAN, G.E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, n.1, p. 43-56. 2004.

HOYOS-CARVAJAL, L.; ORDUZ, S.; BISSETT, J. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. **Biological Control**, v. 51, n. 3, p. 409-416, 2009.

ITO, M. F.; CASTRO, J. L.; MENTEN, J. O. M.; MORAIS, M. H. D. Importância do uso de sementes sadias de feijão e tratamento químico. **O Agrônomo**, Campinas, v.55, n.1, p.14-16, 2003

JUSTINO, L.F.; ALVES JÚNIOR, J.; BATTISTI, R.; HEINEMANN, A.B.; LEITE, C.V.; EVANGELISTA, A.W.P.; CASAROLI, D. Assessment of economic returns by using a central pivot system to irrigate common beans during the rainfed season in Central Brazil. **Agricultural Water Management**, v.224, 2019.

- KRZYŻANOWSKI, F. C. *et al.* **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 2020.
- LIMA, D.C.; DUTRA, A.S.; PONTES, F. M.; BEZERRA, F.T.C. Storage of sunflower seeds. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 2, p. 361-369, 2014.
- LORITO, M.; WOO, S. L; HARMAN, G.E. Translational research on *Trichoderma*: from omics to the field. **Annual Review of Phytopathology**, v. 48, p. 395-417. 2010.
- MACEDO, E. de C.; GROTH, D. & SOAVE, J. Influência da embalagem e do armazenamento na qualidade sanitária de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p.42-50, 2002.
- MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F. ANTONIOLLI, Z.I. Trichoderma no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012.
- MACHADO, J. C. **Patologia de Sementes: fundamentos e aplicações**. Brasília, MEC / ESAL/FAEP. 107 p. 1988.
- MAIA LGS, SILVA CA, RAMALHO MAP AND ABREU AFB. . Variabilidade genética associada à germinação e vigor de sementes de linhagens de feijoeiro comum. **Cienc Agrotec**, v.35, p. 361-367, 2011.
- MAMBRIN, R. B.; RIBEIRO, N. D.; HENNING, L. M. M; HENNING, F. A.; BARKERT, K. A. Seleção de linhagens de feijão com base no padrão e na qualidade de sementes. **Revista Caatinga**, v.28, n.3, p.147-156, 2015
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas** 2 ed. ABRATES, 2015. 659p. (Biblioteca de Embrapa Soja).
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005.
- MARINO, R.H.; MESQUITA, J.B.; ANDRADE, K.V.S.; COSTA, N.A. AMARAL, L.A. Incidência de fungos em sementes de *Phaseolus vulgaris* L. provenientes do estado de Sergipe. **Revista brasileira de ciências agrarias**, v.3, n, 1, p.788-801, 2012.
- MASTOURI, F., BJÖRKMAN, T., HARMAN, G. E. Seed Treatment with *Trichoderma harzianum* Alleviates Biotic, Abiotic, and Physiological Stresses in Germinating Seeds and Seedlings. **Phytopathology**, v.100, n. 11, p. 1213-1221, 2010.
- MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. **Controle biológico**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1998.
- MENTEN, J. O. M. Patógenos em Sementes: detecção, danos e controle químico, 1º Reimpr. São Paulo, **Ciba Agro**. v. 321 p, 1995.
- MENTEN, J. O.; MORAES, M. H. D.; NOVENBRE, A. D. L. C.; ITO, M. A. Qualidade das sementes de feijão no Brasil, **Pesquisa & Tecnologia**, v. 3, n. 2, p. 7, 2006.

MENTEN, J.O.M. Prejuízos causados por patógenos associados as sementes. Patógenos em sementes. **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, p.115-136, 1991.

MONTEIRO, V. N. *et al.* New insights in *Trichoderma harzianum* antagonism of fungal plant pathogens by secreted protein analysis. **Current microbiology**, v. 61, n. 4, p. 298–305, 2010.

MOUMNI, M., BRODAL, G. & ROMANAZZI, G. Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens. **Food Sec.**, v. 15, p. 1365–1382 2023.

NAGARAJU, A.; SUDISHA, J.; MURTHY, S. M.; ITO, S.I.O priming de sementes com isolados de *Trichoderma harzianum* aumenta o crescimento das plantas e induz resistência contra *Plasmopara halstedii*, um incitante da doença do míldio do girassol. **Australas Plant Pathol**, v. 6, p. 609–620, 2012.

NEERGAARD, P. **Seed Pathology**. London: MacMillan Press, 1977. v. 2. 1191 p.

NUNES, C. S.; KURZ, V.; FIGUEIREDO, A. M. BANHARA.; TRAVI, M. R. L. Métodos de controle e pragas nas lavouras de feijão, **Revista tecnológica**, v.6, n.1, 2017.

OLIVEIRA, A. G. *et al.* Vigor de sementes e adubação nitrogenada em aveia preta (*Avena strigosa* Schreb). **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n. 2, p. 127-134, 1999.

PEDROSO, D. C.; LEMES, E. L.; OLIVEIRA, S. de.; TUNES, L. M. de.; JUNGES, E.; MUNIZ, M. F. B. Tratamento químico e biológico: qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cenoura durante o armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.23, n.1, p.173, 2018.

PRABHAKARAN, N. *et al.* Screening of difference *Trichoderma* species against agriculturally important foliar plant pathogens. **Jornal of Environmental Biology**, n. 36, p. 191-198, 2015.

REIS, H. B., RODRIGUES, A. C.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; BONIFÁCIO, A.; SANTOS, G. R. Eficiência de aplicação de *Trichoderma* sobre a qualidade fisiológica e saúde de sementes de feijão-caupi. **Com. Sci.**, Bom Jesus, v.10, n.2, p.301-307, abr./jun. 2019.

SANTOS, H. A.; MELLO, S. C. M.; PEIXOTO, J. R. Associação de isolados de *Trichoderma* spp. e ácido indol-3-butírico (AIB) na promoção de enraizamento de estacas e crescimento de maracujazeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, nº. 6, p. 966-972. 2010.

SCHEEREN, P. L. *et al.* Sementes de soja com alta qualidade fisiológica proporcionam maior uniformidade e desenvolvimento inicial das plântulas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 82-89, 2010.

Sharma, A. *et al.* Desvendando o potencial de biocontrole do *Trichoderma*. **Eur J Plant Pathol**, v.167, p. 569–591, 2023.

SILVA, G. V. *et al.* Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) provenientes do estado de Goiás. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 29-34, 2008.

SILVA, M.; SOUZA, H. R. T.; DAVID, H. M. S. S.; SANTOS, L. M.; SILVA, R. F.; AMARO, H. T. R. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão-comum produzidas no norte de Minas Gerais. **Revista Agro Ambiente**, v.8, p.97-103, 2014.

SORATTO, R.P.; SOUZA-SCHLICK, G.D.; FERNANDES, A.M.; OLIVEIRA, L. F. A. Crescimento e produtividade de duas cultivares de feijão em função de doses de ácido 2,3,5-triidobenzoico. **Ciência Rural**, v. 45, n. 12, p. 2181-2186, 2015.

SUBRAMANIAM, S.; ZAINUDIN, N. A. I. M; ARIS, A.; HASAN, Z. A, E. (2022). Papel do *Trichoderma* na promoção do crescimento das plantas. In: AMARESAN, N., SANKARANARAYANAN, A.; DWIVEDI, M. K.; DRUZHININA, I. S. (eds) Avanços na Biologia de *Trichoderma* para Aplicações Agrícolas. Biologia Fúngica. **Springer, Cham**.

SUZANA, R. S. *et al.* **Sistemas de produção de sementes de feijão em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2017. 22 p. (Embrapa Roraima. Circular técnica, 87).

TAVARES, L.C. *et al.* Desempenho fisiológico de sementes de trigo revestidas com micronutrientes. *J Seed Ciências*, n. 35, p. 28 - 34, 2013.

TOMAZZI, D. J. *et al.* **Incremento da produtividade de milho pelo uso de *Trichoderma harzianum* TF13**, (Comunicado Técnico, ISSN 2675-5998; 3). p.27, 2020.

TORRES, S.B.; BRINGEL, J. M. M. Avaliação da qualidade sanitária e fisiológica de sementes de feijão - macassar. **Caatinga**, v.18, n.2, p.88-92, 2005.

TOURNAS, V. H. Microbial contamination of produce: overview of issues and prevention strategies. In: J. T. BROOKS; E. H. BENDER. (Eds.). The microbiological safety of low water activity foods and spices. New York: **Springer**, p. 39-63, 2005.

TUNES, L. M.; PEDROSO, D. C.; BADINELLI, P. G.; TAVARES, L. C.; RUFINO, C. A.; BARROS, A. C. S. A.; MUNIZ, M. F. B. Envelhecimento acelerado em sementes de azevém com e sem solução salina e saturada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 1, p. 33-37, 2011.

VINALE, F. *et al.* Factors affecting the production of *Trichoderma harzianum* secondary metabolites during the interaction with different plant pathogens. **Letters in Applied Microbiology**, v.48, p. 705-711, 2009.

ZAMBOLIM, L. Sementes: qualidade fitossanitária. Viçosa: UFV/ DFP, 2005. 502p. ZEILINGER, S.; GRUBER, S.; BANSAL, R.; MUKHERJEE, P.K. Secondary metabolism in *Trichoderma*-Chemistry meets genomics. *Fungal Biology reviews*, v. 30, n. 2, p. 74-90, 2016.

ZORATO, M. F.; HOMECHIN, M.; HENNING, A. A. Efeitos da assepsia superficial com diferentes agentes químicos na incidência de microrganismos em sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, p.1