



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

SEVERINO DE CARVALHO NETO

**ELICITORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DE *Fusarium verticillioides* EM
FEIJÃO FAVA**

**AREIA
2024**

SEVERINO DE CARVALHO NETO

**ELICITORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DE *Fusarium verticillioides*
EM FEIJÃO FAVA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Coordenação do curso de
Bacharelado em Agronomia da
Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof.(a) Dr.(a) Luciana
Cordeiro do Nascimento

Coorientador: Dr. (a) Hilderlande
Florêncio da Silva

**AREIA
2024**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C331e Carvalho Neto, Severino de.

Elicitores de resistência no controle de *Fusarium verticillioides* em feijão fava / Severino de Carvalho Neto. - Areia:UFPB/CCA, 2024.

45 f. : il.

Orientação: Luciana Cordeiro do Nascimento.

Coorientação: Hilderlande Florêncio da Silva.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. *Phaseolus lunatus*. 3. Patologia. 4. Controle alternativo. I. Nascimento, Luciana Cordeiro do. II. Silva, Hilderlande Florêncio da. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA

DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aprovada em 15/02/2024.

*“ELICITORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DE *Fusarium verticillioides*
EM FEIJÃO FAVA”*

Autor: SEVERINO DE CARVALHO NETO

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Luciana Cordeiro do Nascimento
Orientador (a) – UFPB/DFCA

Gleide da Silva
Examinador (a) – UFPB/PPGAgro

Ms. Lucy

Ms. Edcarlos Camilo da Silva
Examinador (a) – UFPB/PPGAgro

Aos meus pais, irmãos, amigos e familiares que me apoiaram durante toda a minha jornada acadêmica, pois o apoio me foi muito importante para poder continuar.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, que apesar dos meus conflitos internos, com ele sinto que muitas das vezes pegou em minha mão para não me deixar cair.

Aos meus pais Severino de Carvalho Filho, por me apoiar durante todo o curso e minha mãe Gilvanda Cardoso do Nascimento por ter me dado a vida, lutado para me ter e sempre me apoiar no curso.

À minha família, por serem o incentivo diário para buscar sempre algo melhor para minha vida.

Às professoras Dr.^a Luciana Cordeiro do Nascimento e Dr.^a Lenyneves Duarte por me guiarem nessa jornada acadêmica e não desistirem de mim em nenhum momento.

Aos professores do Curso de Agronomia, em especial, Leossávio de Souza, Yirina Valdes, Valéria Peixoto, Louise Araújo, Laís Angélica de Andrade, Helder Farias, Lucina Rocha, Daniel Duarte, Silvanda de Melo Silva, Ademar Pereira, Djail Santos, Naysa Flávia Ferreira, Rejane Maria Nunes, Edna Ursulino Alves e Adriana Ferreira, que contribuíram ao longo desses semestres, por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus amigos do ensino médio, que irei carregar para minha vida inteira, sendo eles: Renatha Ferreira (minha bila kkkkkk), Larissa Vieira (esse troço é do ensino fundamental, mas amoooo), Emanuel Gomes (a quem devo, por ter visto meu nome na lista de chamada da universidade, mesmo quando eu já tinha perdido as esperanças), Adrielly Coelho, Silvia Mylena da Sila e Mariana Liara, vocês não têm noção de como tornaram minha vida mil vezes melhor no ensino médio.

Aos colegas da turma 2017.2 Arthur Peixe e Pedro Henrique pelos momentos de amizade e apoio.

Aos colegas do Laboratório de Fitopatologia: Francisca Souto, Lucy Gleide, Robson Monteiro e sua amada esposa Gaby Monteiro, Hilderlande Florêncio e sua vidinha Edcarlos Camilo, ambos me guiaram até aqui e sou muito grato por tudo, Otília Farias, Magaly da Costa, Alice Ferreira, Silvana Nunes, Valdeir Souza, Mirelly Porcino e Thamillys do Nascimento.

A minha amiga, professora, irmã, a quem pude sempre ter apoio nas melhores e piores horas, Samandra Lima, que sempre carregarei em meu coração.

As minhas amigas, irmãs, companheiras de luta e de boas risadas, as que eu devo por ter vivido os melhores momentos na Universidade, Mirelly Coêlho e Paula Cíntia, que

nunca desistiram da minha amizade, sempre me apoiaram, puxaram muito minhas orelhas e estiveram e sempre estão ao meu lado nos piores momentos, seja financeiro e na saúde.

A minha amiga, que esteve durante toda minha trajetória do tcc ao meu lado, sempre me abrindo os olhos, sendo uma profissional incrível, Lucy Gleide.

A minha irmã e confidente, Mikaela Moura de Oliveira, a quem tenho um apego enorme, sempre me incentivou pelo melhor caminho, a quem encontro conforto em todos os momentos.

Aos meus amigos do Laboratório de Biologia e Reprodução Vegetal, que carrego um imenso carinho: Pedro Gadelha, Laís Angelica, Nathália Fernandes (Natão) e Renato Nascimento.

“A verdadeira graça é bela em sua imperfeição
Honestas em suas emoções
E livres em sua fragilidade

Quem voa acima das nuvens
Se esquece da vida aqui embaixo
A justiça é uma mentira dos poderosos
Eu tenho as minhas próprias verdades

Costumava me sentir bem no ar lá de cima
Mas a traição vem de quem você menos espera

Somos a soma dos nossos erros
Meus defeitos refletem minha honra
As provações que vivi marcaram minha alma
Elas me impulsionam, mesmo depois que as feridas cicatrizaram

A dor também é uma dádiva
Os que julgam, condenam a si próprios.”
(Morgana - League of Legends)

RESUMO

O feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) é uma importante fonte de nutrientes na alimentação humana, em forma de grãos secos ou verdes, e possui alto valor comercial. A alta produtividade das plantas está diretamente com as características genéticas, fisiológicas, físicas e sanitária das sementes. Os patógenos transmitidos por sementes ameaçam diretamente a produção, com destaque para *Fusarium verticillioides*, responsável por causar danos em condições de campo e de armazenamento, além de produzir substâncias nocivas aos seres vivos. O uso de produtos alternativos no manejo de doenças de plantas, evita que os patógenos tornem-se resistentes, além de reduzir a contaminação ao homem e animais. Assim, o uso de elicitores de resistência é uma alternativa promissora aos agrotóxicos. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de elicitores de resistência no controle de *F. verticillioides* em cultivares de feijão-fava. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fitopatologia, pertencente à Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. Os elicitores utilizados foram Fosfito de Potássio (3 mL L^{-1}); Silicato de potássio (7 mL L^{-1}); Bugram® (1 g L^{-1}); Fosfito de potássio ($1,50 \text{ mL}^{-1}$) + Silicato de potássio ($3,5 \text{ mL}^{-1}$); Fosfito de potássio ($1,50 \text{ mL}^{-1}$) + Bugram® ($0,05 \text{ g L}^{-1}$), fungicida Azoxistrobina (400 mL ha^{-1}) e a testemunha (sem tratamento). No teste *in vitro* foram avaliados o crescimento micelial e a esporulação do patógeno submetido aos tratamentos descritos. Para o teste *in vivo* foram utilizadas as variedades Roxinha, Cara larga, Orelha de vó, Caramelo e Cearense, sendo as sementes tratadas e inoculadas com o patógeno na concentração de 1×10^5 . Foram analisados comprimento de plantas, diâmetro de caule, massa seca da parte aérea, volume e massa seca de raiz, a fluorescência inicial (F0), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv = Fm-F0), a razão Fv/F0 e rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm), a clorofila a, b e total e a avaliação da Taxa de Infecção. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 8×5 (oito tratamentos vs. cinco variedades de feijão-fava) com quatro repetições. Fosfito de potássio e fosfito de potássio + Bugram foram os mais eficazes para inibir o crescimento micelial, e todos os tratamentos foram capazes de inibir a esporulação. Todos os tratamentos apresentaram potencial na redução da taxa de infecção em plantas de feijão-fava com o tratamento das sementes, indicando sua viabilidade para o controle de *F. verticillioides*. Os elicitores afetaram positivamente o comprimento da parte aérea e da raiz, na massa seca da parte aérea e da raiz, no número de folhas, volume da raiz e nos teores de clorofila. Os elicitores foram eficientes na inibição do crescimento micelial e esporulação do *F. verticillioides*, e reduziram a taxa de infecção nas variedades. Observou-se impactos positivos na fisiologia das plantas e aumento na eficiência fotoquímica das variedades de feijão-fava tratadas com os elicitores.

Palavras-Chave: *Phaseolus lunatus*; patologia; controle alternativo.

ABSTRACT

The butter bean (*Phaseolus lunatus* L.) is an important source of nutrients in human nutrition, available in the form of dried or green beans, and it holds significant commercial value. Plant productivity is directly related to the genetic, physiological, physical, and sanitary characteristics of the seeds. Seed-transmitted pathogens pose a direct threat to production, with *Fusarium verticillioides* being a notable culprit. This pathogen causes damage under field and storage conditions and produces substances harmful to living organisms. Using alternative products for plant disease management helps prevent pathogens from becoming resistant and reduces contamination to humans and animals. Thus, the use of resistance elicitors is a promising alternative to chemical pesticides. The objective of this study was to evaluate the efficiency of resistance elicitors in controlling *F. verticillioides* in butter bean cultivars. The experiments were conducted at the Phytopathology Laboratory affiliated with the Federal University of Paraíba in Areia, PB. The elicitors used included Potassium Phosphite (3 mL L^{-1}), Potassium Silicate (7 mL L^{-1}), Bugram® (1 g L^{-1}), Potassium Phosphite (1.50 mL L^{-1}) + Potassium Silicate (3.5 mL L^{-1}), Potassium Phosphite (1.50 mL L^{-1}) + Bugram® (0.05 g L^{-1}), the fungicide Azoxystrobin (400 mL há^{-1}), and the control group (untreated). In vitro tests assessed the mycelial growth and spore production of the pathogen under the described treatments. For the in vivo test, the following varieties of butter beans were used: Roxinha, Cara larga, Orelha de vó, Caramelo, and Cearense. The seeds were treated and inoculated with the pathogen at a concentration of 1×10^5 . Various parameters were analyzed, including plant length, stem diameter, dry mass of the aerial part, root volume, and dry root mass. Additionally, measurements were taken for initial fluorescence (F_0), maximum fluorescence (F_m), variable fluorescence ($F_v = F_m - F_0$), the F_v/F_0 ratio, and the quantum yield of photosystem II (F_v/F_m). Chlorophyll levels (a, b, and total) were also assessed, along with the infection rate. The experimental design was completely randomized, following an 8×5 factorial scheme (eight treatments vs. five butter bean varieties), with four replications. Potassium phosphite and potassium phosphite + Bugram were the most effective in inhibiting mycelial growth, and all treatments successfully inhibited spore production. Each treatment demonstrated potential in reducing the infection rate in butter bean plants when seeds were treated, indicating their viability for controlling *F. verticillioides*. The elicitors positively influenced aerial and root length, dry mass of the aerial part and roots, leaf count, root volume, and chlorophyll content. Overall, the elicitors efficiently inhibited the mycelial growth and spore production of *F. verticillioides*, leading to a reduced infection rate across the varieties. Positive impacts on plant physiology and increased photochemical efficiency were observed in butter bean varieties treated with these elicitors.

Keywords: *Phaseolus lunatus*; pathology; alternative control.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Sintomas e estruturas morfológicas do *F. verticillioides*: A: sintomas nas folhas de feijão (*Phaseolus vulgaris*); B: sintomas nas raízes de feijão (*Phaseolus vulgaris*); C: microconídios em cadeias e aglomerados; e D: micélio do *F. verticillioides* em placa de Petri. 19
- Figura 2.** Taxa de infecção (TI) de *Fusarium verticillioides* em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas e tratadas com elicitores 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Diâmetro da colônia (DC), índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM), porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC), esporulação (ESP) e porcentagem de inibição da esporulação (PIE) de <i>Fusarium verticillioides</i> , sob aplicação de elicitores de resistência.	26
Tabela 2. Comprimento da parte aérea (CPA) e raízes (CPR) em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas com <i>Fusarium verticillioides</i> e tratadas com elicitores de resistência.	29
Tabela 3. Massa seca da parte aérea (MSA) e raízes (MSR) em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas com <i>Fusarium verticillioides</i> e tratadas com elicitores de resistência.	31
Tabela 4. Número de folhas (NF) e volume de raízes (VR) em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas com <i>Fusarium verticillioides</i> e tratadas com elicitores de resistência.	32
Tabela 5. Índice de clorofila Falker <i>a</i> (ICF <i>a</i>), índice de clorofila Falker <i>b</i> (ICF <i>b</i>) e índice de clorofila Falker total (ICF <i>T</i>) em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas com <i>Fusarium verticillioides</i> e tratadas com elicitores de resistência.	33
Tabela 6. Fluorescência inicial (<i>F0</i>), máxima (<i>Fm</i>) e variável (<i>Fv</i>) em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas com <i>Fusarium verticillioides</i> e tratadas com elicitores de resistência.	35
Tabela 7. Rendimento quântico do fotossistema II (<i>Fv/Fm</i>) e relação (<i>Fv/F0</i>) em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas com <i>Fusarium verticillioides</i> e tratadas com elicitores de resistência.	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1 Aspectos gerais da cultura	15
3.2 Sementes Tradicionais.....	16
3.3 Importância da qualidade das sementes.....	17
3.3.1 Fusarium sp.....	18
3.4 Controle Alternativo: Silício e Fosfito de Potássio	20
4 METODOLOGIA.....	22
4.1 Localização do experimento	22
4.2 Obtenção do isolado de Fusarium verticillioides e obtenção das sementes tradicionais de feijão-fava	22
4.3 Teste <i>in vitro</i>	23
4.4 Teste <i>in vivo</i>	23
4.5 Delineamento experimental e análise estatística.....	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) pertence à família Fabaceae, sendo uma das culturas mais antigas cultivadas mundialmente, em forma de monocultura, consórcio ou em rotação (ANDRADE, 2018). É uma importante fonte de nutrientes na alimentação humana na região Nordeste brasileira, seja na forma de grãos verdes ou secos. A produção é feita inteiramente através da agricultura familiar, por ser uma cultura de subsistência como fonte proteica e que se adapta às mais diversas condições ambientais (MEDEIROS et al., 2016).

Os grãos apresentam alto valor comercial, incrementando a importância sociocultural à cultura (SILVA et al., 2019). Em 2022, o Brasil plantou 35.609 ha e produziu 12.061 toneladas, sendo o estado do Ceará o maior produtor, com 13.719 ha e produzindo 4.362 toneladas, seguido pelos estados da Paraíba (3.885 toneladas), Pernambuco (1.462 toneladas) e Piauí (696 toneladas) (IBGE, 2023).

A alta produtividade das plantas está relacionada às características genéticas, fisiológicas, físicas e sanitária das sementes (MENEGAES et al., 2020). Os patógenos transmitidos pelas sementes causam danos significativos a cultura, visto podem estar presentes em qualquer estágio de desenvolvimento da planta (SARIKA et al., 2019). Entre esses patógenos, os fungos são os mais frequentes, causando alterações físicas e fisiológicas nas sementes, (ARAUJO et al., 2019).

O feijão-fava é acometido por diversos gêneros como *Fusarium* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Colletotrichum* sp., *Aspergillus* sp., *Aspergillus niger*, *Nigrospora* sp. e *Curvularia* sp., *Botrytis* sp. e *Aspergillus flavus*, *Bipolaris* sp. e *Phytophthora* sp., que causam danos no campo e durante o armazenamento (FARIAS et al., 2020).

O *Fusarium verticillioides* é um fungo teleomorfo filamentoso, pertencente ao complexo de espécies *Fusarium fujikuroi*, (FFSC) que além de causar danos em condição de campo, causa deterioração nas sementes em armazenamento, gerando prejuízos econômicos (BENNETT et al., 2023). Espécies do gênero *Fusarium* são capazes de causar podridões no caule e nas sementes de plantas adultas, afetando diretamente a emergência e a produção, através da presença do patógeno nas sementes, o que garante a disseminação do inóculo em áreas de produção sucessivas, causar a redução da germinação e do vigor das sementes, reduzir a produtividade, além de garantir a perpetuação de doenças a cada ciclo e aumentar os custos de produção para controlar o patógeno (COSTA et al. 2020).

O controle químico tem sido a principal estratégia para controlar e prevenir doenças em áreas de produção, entretanto devido sua alta toxicidade pelo uso inadequado e

indiscriminado trazem prejuízos ao meio ambiente e a saúde humana, ou mesmo resultando na resistência dos patógenos a estas substâncias, (DERESA; DIRIBA, 2023). Em busca de reverter o cenário cultural dos agrotóxicos, estudos vem demonstrando as vantagens de utilizar tratamentos alternativos no controle de doenças, como o uso de produtos à base de fontes de silício e fosfito de potássio (DEBONA et al., 2017; AHAMMED; YANG, 2021; MEHTA et al., 2022).

Estudos tem demonstrado os efeitos da aplicação de fontes de silício e de fosfito de potássio na diminuição de doenças fúngicas em plantas (FORTUNATO et al. 2015; RODRIGUES et al. 2015; AHAMMED; YANG, 2021). Os resultados ao uso de silício (DEBONA et al., 2017) e fosfito de potássio (MEHTA et al., 2022) no controle de doenças foram observados pela redução da severidade das doenças, redução das colônias dos patógenos e também os danos físicos, além de suprimir a produção de inóculo fúngico, o que possivelmente acontece devido a expressão de genes relacionados à defesa da maioria das plantas.

A deposição do silício a baixo da cutícula e na parede celular da epiderme causam aumento na espessura e rigidez das folhas, o que tem sido considerado como a explicação mais provável para o efeito do nutriente na proteção contra patógenos, pragas e estresses abióticos que acometem as culturas agrícolas; enquanto que o fosfito de potássio atua diretamente sobre os fungos, diminuindo a intensidade da doença, alterando a morfologia das hifas, ou até através de modificações celulares que afetam o desenvolvimento do micélio e dos esporos (RESENDE et al. 2021).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial dos elicitores de resistência no controle de *Fusarium verticillioides* em diferentes variedades de feijão-fava, bem como nas características morfoagronômicas e fisiológicas das plantas.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar a eficiência de produtos a base de silício e fosfito de potássio no controle *in vitro* *F. verticillioides*;
- Avaliar a influência dos tratamentos a base de silício e fosfito de potássio na taxa de infecção com *F. verticillioides* nas plantas de feijão-fava;
- Verificar os efeitos dos tratamentos a base de silício e fosfito de potássio na fisiologia das plantas de feijão-fava inoculadas via sementes com *F. verticillioides*.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais da cultura

A espécie *Phaseolus lunatus* L. pertence ao gênero *Phaseolus*, do filo Magnoliophyta, classe Magnoliosida, subclasse Rosidae, ordem Fabales, família Fabaceae, sub-família Faboideae, tribo Phaseoleae e subtribo Phaseolinae. O gênero *Phaseolus* possui 55 espécies, das quais as mais cultivadas são *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman e *P. polyanthus* Greenman (DEBOUCK, 1991). As espécies do gênero *Phaseolus* são cultivadas há muitos anos, seja em monocultura, consórcio com outras variedades ou na rotação de culturas (ANDRADE, 2018).

A espécie *P. lunatus* é caracterizada por possuir caule ereto ou volúvel, herbáceo. As folhas são compostas trifoliadas, com pecíolos de até 1,8 cm de comprimento, glabro ou piloso; de consistência subcoriáceas, ou membranosas; folíolos ovalados 3-8 x 2,5-9 cm, ápice agudo ou acuminado, base obtusa, face adaxial e abaxial glabras ou pilosas, com bases arredondadas, contendo estípulas persistentes de comprimento chegando até 2,5 cm (SNAK, 2020).

As inflorescências são do tipo racemo, de diferentes comprimentos, contendo brácteas de até 0,02 cm, formadas por inúmeras flores completas, monóicas. A cor da corola varia de amarela a violácea em forma de estandarte, com tamanhos de até 6,5 mm de comprimento, ápice retuso, piloso externamente; alas 8-9,5 mm, pétalas da carena 5,4-6,5 mm. Frutos do tipo vagem, sementes reniformes, achatados e variadas cores e tamanhos (SNAK, 2020). A forma floral da espécie favorece a autogamia, sendo o sistema predominante na reprodução, porém, ainda possui baixa taxa de alogamia (SUSO et al., 2015).

O *P. lunatus* é popularmente conhecido por fava, feijão-fava, feijão-lima, fava-belém, fava-terra, feijão-farinha e feijão-fígado-de-galinha (ANTUNES, 2010). Segunda espécie de maior importância do gênero *Phaseolus*, o feijão-fava é originário da Mesoamérica e Andina, em que o ancestral selvagem dessa espécie é amplamente distribuído entre o México e a Argentina, sendo dividido em três grupos genéticos, um andino caracterizado por sementes grandes e dois mesoamericanos caracterizados por sementes pequenas (DEBOUCK, 1996; CHACÓN-SÁNCHEZ; MARTÍNEZ-CASTILLO, 2017;).

O feijão-fava é uma importante fonte de proteína vegetal, e possui grande importância na alimentação humana, e além disso sua rusticidade em regiões semiáridas possibilita a colheita nos períodos secos (JUNQUEIRA et al., 2010). No Brasil, a maior produção se concentra na região Nordeste, realizada principalmente por produtores que compõem a

agricultura familiar, situado no Nordeste brasileiro (BARBOSA; ARRIEL, 2018). Além de ser uma cultura de subsistência, a produção ocorre principalmente em pequenas propriedades, em regime de sequeiro isolado ou em consórcio com outras culturas, com baixa tecnificação (OLIVEIRA et al., 2014; GUIMARÃES et al. 2021).

3.2 Sementes Tradicionais

Apesar de sua importância, no Brasil a espécie é pouco estudada, o que pode dificultar pesquisas sobre bancos de sementes como também identificação das espécies. Esses estudos devem ser voltados para as sementes de origem tradicional, devido ao seu crescimento e características indeterminadas ou desconhecidas, que são usadas e armazenadas por várias gerações por famílias rurais (GUIMARÃES et al. 2021).

No Brasil, o feijão-fava possui ampla diversidade de variedades tradicionais, sendo necessária a caracterização da produção de cada uma, para a indicação correta, de acordo com o local, bem como a seleção das variedades mais adaptadas ao ambiente (SILVA et al., 2019). As variedades tradicionais encontradas no Brasil podem ser agrupadas a partir do seu hábito de crescimento, a variabilidade morfológica dos grãos, peso, coloração do tegumento e nomes vulgares para cada região (BARREIRO NETO et al., 2015; SÁNCHEZ-NAVARRO et al., 2019). Oliveira et al., (2011) citaram que a variabilidade genética de uma determinada espécie só pode ser explorada adequadamente se for avaliada e quantificada.

Dentre as variedades tradicionais produzidas, destaque para a Roxinha, Orelha-de-vó, Orelha-de-veia, Cara-larga, Cearense, Branca e Moita que estão entre as sementes tradicionais da espécie produzidas e armazenadas por agricultores familiares no nordeste brasileiro (FERREIRA et al., 2022; BARBOSA et al., 2019)

A conservação de sementes tradicionais se tornou importante para a perpetuação e manutenção da biodiversidade e como prática sustentável (HEATHERINGTON, 2019). Uma das principais características dessas sementes é a diversidade genética, sendo o manejo uma das principais estratégias utilizadas por agricultores familiares, em especial para os que habitam nas regiões de flutuação climática (LONDRES, 2013).

Entretanto, essa diversidade vem se perdendo devido a seleção dos produtores rurais, pois os mesmos selecionam as variedades que possuem as características de seu interesse, assim intensificando o cultivo de uma quantidade menor de variedades (TSUTSUMI et al., 2015). Além disso, apesar da diversidade existente, não há variedades registradas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) no Brasil, mesmo sendo utilizadas sementes tradicionais (SILVA et al., 2019).

Nascimento (2020) analisando a variação genética de 29 variedades de sementes tradicionais de *P. lunatus*, verificou que há diferença significativa em todas as variedades, o que, segundo a autora, pode garantir a perpetuação da espécie em condições adversas, uma vez que essa variação é decorrente de adaptações específicas desenvolvidas no manejo das mesmas pelos agricultores. Sementes destas variedades possuem diferenças no comprimento, largura, espessura, padrão do tegumento e forma.

3.3 Importância da qualidade das sementes

A qualidade genética, fisiológica, física e sanitária das sementes, influencia diretamente na produtividade das espécies (MENEGAES et al., 2020). Ao atingirem a maturidade fisiológica, as sementes diminuem suas atividades metabólicas para aumentar a sua longevidade e disseminação, por estarem exposta a uma diversidade de estresses ambientais, bióticos e abióticos, o período da colheita até a semeadura podem alterar a qualidade das sementes, principalmente devido às condições de armazenamento (ZINSMEISTER et al., 2020).

Um dos fatores que afetam a qualidade das sementes é a ocorrência de patógenos, estes transmitidos pelas mesmas, que representam uma importante ameaça à produção, causando danos quantitativos e qualitativos, redução na germinação e morte das plântulas (SARIKA et al., 2019). Dentre os agentes patogênicos que acometem nas sementes, em sua maioria são fungos, que reduzem os atributos de qualidade das sementes por meio do aumento da respiração e consumo das reservas ou pela alteração nos compostos, mudança na cor das sementes, produção de micotoxinas, inibidores de proteínas e ácidos nucleicos (ARAÚJO et al., 2019).

Araújo et al., (2021) relataram que, no armazenamento, as condições ambientais devem ser ideais, para a conservação da viabilidade das sementes, a umidade relativa deve ser controlada, pois está diretamente relacionada com o teor de água, este apresenta-se alto, ocasiona aumento na respiração e conseqüentemente a velocidade de deterioração será rápida podendo ocasionar a mortalidade desse órgão. Farias et al., (2020) trabalhando com diferentes variedades de feijão-fava identificaram fungos dos gêneros *Fusarium* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Colletotrichum* sp., *Aspergillus* sp., *Aspergillus niger*, *Nigrospora* sp. e *Curvularia* sp., *Botrytis* sp. e *Aspergillus flavus*, *Bipolaris* sp. e *Phytophthora* sp., que além de causarem problemas em campo, como na redução da produção, também podem causar danos em condições de armazenamento.

3.3.1 *Fusarium* sp.

O gênero *Fusarium* pertence ao reino Fungi, constitui um estado anamorfo da ordem Hypocreales, filo Ascomycota. Dentro desse gênero as espécies *Fusarium verticillioides* ((Saccardo) Nirenberg), *Fusarium proliferatum* ((Matsushima) Nirenberg) e *Fusarium subglutinans* ((Wollenweber) e Reinking) integram o grupo de aproximadamente 20 espécies que compõem o complexo *Gibberella fujikuroi*, e são responsáveis por diversas doenças em culturas de importância econômica (WALKER et al., 2016; ROCHA et al., 2020).

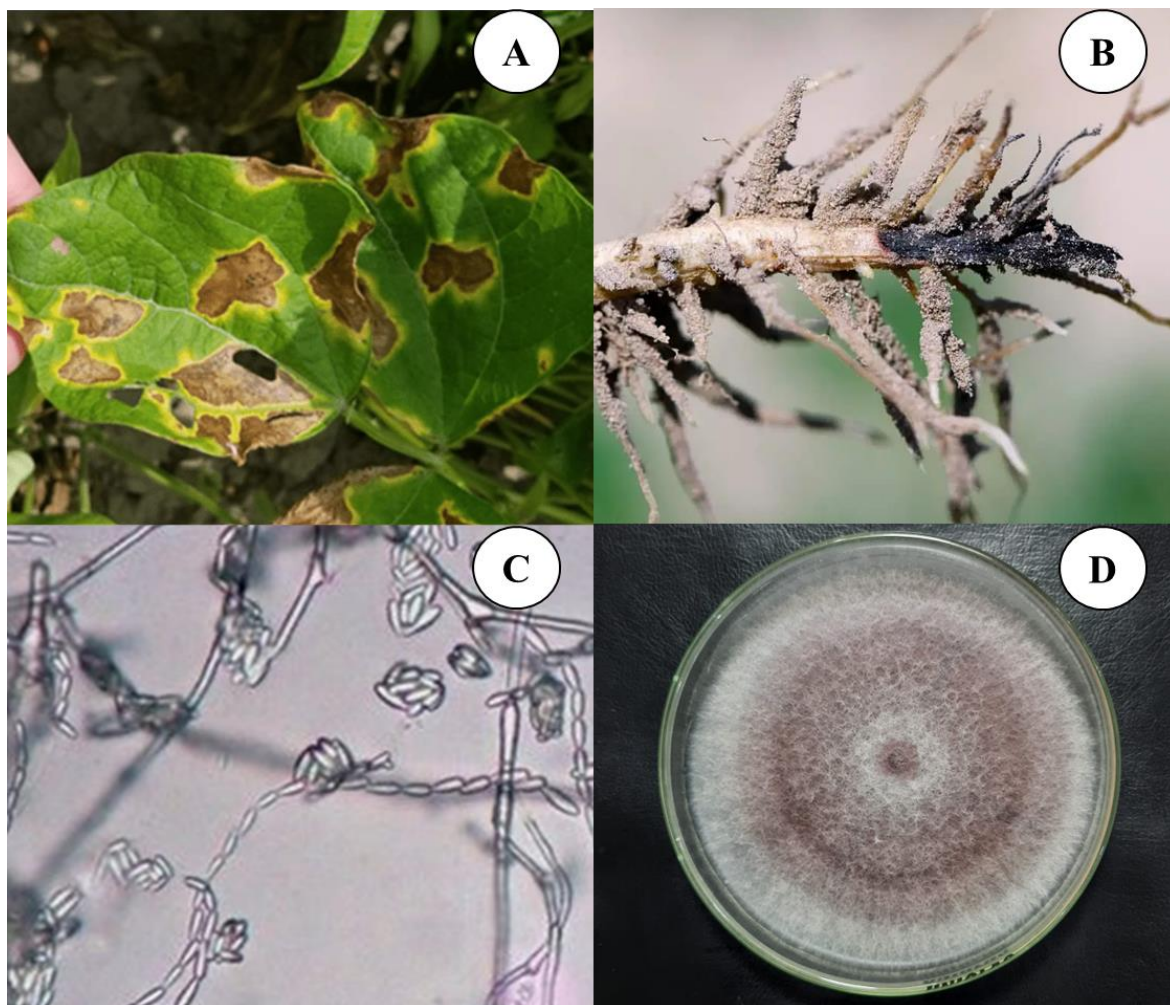
O *Fusarium verticillioides* (Figura 1) pode produzir elevados níveis de micotoxinas, como as fumosinas B1, que são responsáveis por causar doenças em animais e humanos, como câncer de estômago, danos ao fígado e problemas ao embrião durante a gestação, e em equinos pode causar leucoencefalomalacia dos equinos (ELEM) e câncer de fígado em ratos de laboratório (BENNETT et al., 2023).

Os patógenos desse gênero apresentam crescimento rápido, possuem micélio vigoroso que varia do branco ao roxo, apresentam hifas septadas e produz macro e microconídios curvos, fusiformes, septados ou não, além de apresentarem clamidósporos responsáveis por perpetuar a sobrevivência do fungo por longos períodos no solo, sendo essa sua principal forma de sobrevivência na ausência do hospedeiro, e também pode sobreviver em restos culturais (LOPES; MICHEREFF, 2018; TOFOLI; DOMINGUES, 2022).

Áreas infestadas e sementes contaminadas favorecem a disseminação do patógena na planta e em áreas isentas. *Fusarium* spp. penetra nas raízes e caules através de ferimentos ou abertura naturais ocasionadas por maquinários agrícolas, insetos ou nematoides, assim ocorrendo a colonização do sistema vascular reduzindo a absorção de água e nutrientes pelas plantas (TOFOLI; DOMINGUES, 2022). Além disso, a contaminação/infecção pode ocorrer através do contato entre raízes saudáveis com contaminadas/infectadas e através da água, seja de irrigação ou da chuva (LOPES; MICHEREFF, 2018).

O patógeno pode colonizar ramos, folhas, inflorescências e frutos através de seus conídios e, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, pode causar sintomas como o tombamento das plântulas (damping-off), podridões dos tecidos, lesões no caule de coloração marrom, bem como redução da germinação de sementes (STEFANELLI et al., 2020). Os autores ainda relatam que a doença possui sintomas característicos em plantas adultas, como clareamento das nervuras das folhas basais seguida do amarelecimento até a seca. Estes sintomas ocorrem das folhas mais velhas até as mais novas, podendo levar a murcha, necrose nas bordas foliares, senescência de folhas, flores e frutos, até a morte da planta.

Figura 1. Sintomas e estruturas morfológicas do *F. verticillioides*: A: sintomas nas folhas de feijão (*Phaseolus vulgaris*); B: sintomas nas raízes de feijão (*Phaseolus vulgaris*); C: microconídios em cadeias e aglomerados; e D: micélio do *F. verticillioides* em placa de Petri.



Fontes: A e B – Rohrig, 2022; C – Solano-Báez et al., 2011; e D – Autor, 2024.

Alguns fatores interferem no desenvolvimento e no crescimento do patógeno, como a região, época do ano, e as condições ambientais durante o cultivo e o armazenamento das sementes. As regiões tropicais e subtropicais são as mais favoráveis para o crescimento do fungo, além da umidade e temperatura serem fatores abióticos críticos reguladores no desenvolvimento do patógeno (XING et al., 2014).

Um dos aspectos mais importantes relacionados à produtividade é a utilização de sementes de boa qualidade sanitária, visto que pode estar infestada/infectada por patógenos prejudiciais à produção (GOMES et al., 2016; NÓBREGA; NASCIMENTO, 2020). Alguns trabalhos relatam a presença de fungos do gênero *Fusarium* spp. em sementes tradicionais de feijão-fava.

Mota et al. (2017) encontraram *Fusarium* em 22 variedades de feijão-fava, representando 65% de incidência só para esse gênero. Gomes et al. (2016) avaliando a incidência de fungos associados ao feijão fava, cultivar Lavandeira, verificaram a presença do gênero *Fusarium* sp., sendo o segundo mais ocorrente (3,1%). Farias et al., (2020) verificaram a presença do gênero em três variedades de feijão-fava, Raio-de-sol, Rosinha e Roxinha, sendo a incidência de 31%, 15% e 20%, respectivamente. Fungos desse gênero podem impedir a germinação de sementes de várias espécies e infectar plântulas via sementes (NUNES et al., 2022).

3.4 Controle Alternativo: Silício e Fosfite de Potássio

O uso de produtos químicos para o controle de doenças de plantas causadas por patógenos é uma prática milenar, porém, o uso indiscriminado e inadequado leva a consequências prejudiciais para a saúde humana e ao meio ambiente, além de resultar na resistência de patógenos a estas substâncias (DERESA; DIRIBA, 2023). Devido aos problemas causados pelos agrotóxicos, vem se buscando cada vez mais alternativas de controle, com a utilização de fontes de silício e fosfite de potássio.

O silício está entre os elementos mais abundantes no mundo (TRIPATHI et al., 2020; AHAMMED; YANG, 2021) e, apesar de não ser considerado um elemento essencial, apresenta efeito benéfico para plantas (MANDLIK et al., 2020). A planta absorve o silício na forma H_4SiO_4 (ácido monossilícico) no solo, através de transporte passivo e ativo, em que o passivo é conduzido por corrente transpiracional, enquanto o transporte ativo das raízes para a parte aérea ocorre por proteínas transportadoras específicas. O acúmulo e a deposição do silício nas plantas incluem parede celular, lúmens celulares totalmente ou parcialmente preenchidos, espaços intercelulares das raízes e brotos, e em células de sílica especializadas. A chamada silicificação ocorre principalmente no esclerênquima, fibras, tecido de reserva, epiderme e tecidos vasculares (MANDLIK et al., 2020).

Estudos vêm demonstrando que o fornecimento de silício pode diminuir a incidência de doenças em plantas e aumento da resistências à uma diversidade de fitopatógenos (WANG et al., 2017; AHAMMED; YANG, 2021). O silício interfere na interação hospedeiro-patógeno, mesmo nos últimos estágios das doenças, promovendo diminuição dos sintomas (DEBONA et al. 2017) Os autores afirmam que o silício aprimora os principais componentes de resistência do hospedeiro, como o tempo de incubação, latência, redução da colônia, redução do número e do tamanho da lesão e na produção do inóculo.

O silício pode reduzir a incidência dos patógenos através da prevenção da entrada dos mesmos na planta por reforço estrutural, inibindo a colonização de patógenos através do

estímulo da resistência sistemática adquirida, produção de compostos antimicrobianos, como também pela ativação de múltiplas vias de sinalização e defesa pela expressão gênica relacionada (WANG et al., 2017).

As barreiras físicas formadas pela polimerização de silício é uma obstrução mecânica pelo acúmulo nas cutículas e nas paredes celulares que impedem ou retardam a infecção pelos apressórios fúngicos (AHAMMED; YANG, 2021) e, além da camada formada, a distribuição uniforme dos agregados de silício é fundamental para prevenir a penetração dos fitopatógenos (DEBONA et al., 2017; WANG et al., 2017), em que a deposição não uniforme não impede totalmente a penetração, mas pode retardar o tempo de latência dos mesmos. Resende et al., (2013) observaram efeitos positivos do silício nos componentes de resistência da planta para um patógeno específico.

Além desta função, o silício induz a resistência bioquímica através da ativação da atividade enzimática relacionada à defesa, como polifenol-oxidase, beta 1,3 glucanase, peroxidase, lipoxigenase, calcona sintase, chacona isomerase, e fenilalanina amônia-liase e a indução na produção de compostos antimicrobianos, como fenóis, flavenóides, fitoalexinas, antocianinas, lignina, calose e proteínas relacionadas à patogênese em plantas e regulação de sinais sistêmicos, como ácido salicílico, ácido jasmônico e etileno (WANG et al., 2017; AHANGER et al., 2020; AHAMMED; YANG, 2021).

A atividade enzimática responsável pela defesa do hospedeiro que são estimuladas pelo silício podem regular a expressão gênica relacionada à síntese enzimática (WANG et al., 2017). O silício regulou positivamente a expressão dos genes que codificam fenilalanina amônia-liase (PALa e PALb) e lipoxigenase (LOXa) em plantas perenes de azevém (*Lolium multiflorum*) na superação da infecção da mancha-cinza foliar (*Magnaporthe oryzae*) (RAHMAN et al., 2015). Alta concentração de silício nas folhas de milho (*Zea mays*) contribuiu para aumentar a resistência a mancha foliar de macrospora (*Stenocarpella macrospora*), possivelmente devido a barreira física formada pela polimerização de silício como também a regulação positiva da via fenilpropanóide (HAWERROTH et al., 2019).

Formulações a base de fosfito, utilizados principalmente como adubo foliar, podem reduzir os danos causados principalmente por fungos (TUNES et al., 2019). Segundo Deliopoulos et al. (2010) os fosfitos são metais alcalinos do ácido fosforoso (H_3PO_3), que contém um cátion metálico, como K^+ , Na^+ ou amônio, NH_4^+ e ânions não metálicos, como fosfito (PO_3^{3-}), hidrogênio fosfito (HPO_3^{2-}) ou dihidrogenofosfito (H_2PO_3^-). Ao reagir com a água produz o ácido fosfônico, que é altamente ácido e é neutralizado com hidróxido de

potássio (KOH) a dihidrogenofosfito de potássio (KH₂PO₃) ou hidrogenofosfito dipotássico (K₂HPO₃).

Segundo Deliopoulos et al. (2010), apesar do seu uso na fertilização de plantas, os fosfitos têm sido estudados devido seus efeitos no controle de doenças, através da redução da suscetibilidade causadas por Oomicetos. Os autores ainda citam que a utilização de fosfito tende a ser mais eficiente quando aplicado preventivo do que curativo, na forma de pulverização, através do encharcamento das raízes, injeção no tronco, irrigação de gotejamento, em soluções e no tratamento de sementes.

O modo de ação dos fosfitos tem sido bastante difundido (DELIOPOULOS et al., 2010; KING et al., 2010; TUNES et al., 2019), porém estudos têm demonstrado que o mesmo é complexo como a atuação na inibição do crescimento do patógeno como resultado do acúmulo do fosfito no tecido vegetal, expondo os patógenos ao penetrar no hospedeiro, indiretamente induzindo a liberação de metabólitos de estresse do patógeno para ativar a defesa da planta e através de estímulo direto as respostas de defesa do hospedeiro.

Machinandiarena et al., (2012) analisando os efeitos de fosfito de potássio aplicado em batata (*Solanum tuberosum*) no controle de *Phytophthora infestans*, evidenciaram que houve a indução de resistência através do mecanismo de priming, além de fornecerem mais evidências de ativadores de defesa da planta. Os autores ainda relataram que a aplicação de fosfito de potássio nas plantas reforça a parede das células. Cerqueira et al., (2017) relataram que ao utilizar fosfito de potássio em plantas de *Pinus radiata* no manejo do *Fusarium circinatum* e no controle *in vitro* do patógeno, constataram que ele inibiu o crescimento micelial do patógeno e retardou os sintomas das doenças em plantas pré-tratadas.

4 METODOLOGIA

4.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia (LAFIT) e em casa de vegetação, ambos pertencentes ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, Paraíba.

4.2 Obtenção do isolado de *Fusarium verticillioides* e obtenção das sementes tradicionais de feijão-fava

O isolado de *Fusarium verticillioides* foi obtido através de sementes de feijão-fava, variedade Orelha de Vó, da região de Alagoa Grande-PB (7°02'44"S 35°38'17"W), preservado pelo método de Castellani (1939), com a identificação Isolado: F10. Para realização dos experimentos, o patógeno foi cultivado, a partir da repicagem do mesmo em meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Ágar), à temperatura de 25 °C $\pm$ 2 por sete dias.

As sementes tradicionais foram obtidas de pequenos produtores, sendo cinco variedades: Roxinha e Cara larga (oriundas do município do Remígio-PB, 2019), Orelha-de-vó (oriundas do município do Areia-PB, 2019), Caramelo e Cearense (oriundas do município do Alagoa Grande-PB, 2019). Após a obtenção as sementes foram homogeneizadas e acondicionadas em garrafas de polietileno tereftalato (PETs) sob refrigeração (5°C).

4.3 Teste *in vitro*

O teste *in vitro* foi realizado a partir da distribuição de 10 mL do meio cultura batata-dextrose-ágar (BDA) acrescido dos tratamentos Fosfito de Potássio (3 mL L⁻¹); Silicato de potássio (7 mL L⁻¹); Bugram® (1g L⁻¹); Fosfito de potássio (1,50 mL⁻¹) + Silicato de potássio (3,5 mL⁻¹); Fosfito de potássio (1,50 mL⁻¹) + Bugram® (0,05g L⁻¹); Silicato de potássio (3,5 mL⁻¹) + Bugram (0,05g L⁻¹); fungicida Azoxistrobina (400 mL/ha); e a testemunha (sem tratamento), em placas de Petri (9 cm de diâmetro).

Após solidificação do meio, ao centro de cada placa foi introduzido um disco (5 mm de diâmetro) da colônia pura de *F. verticillioides*. As placas foram mantidas em B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) à uma temperatura de 25 $\pm$ 2 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. A cada 24 horas, durante sete dias, foi realizada a mensuração dos diâmetros das colônias, com auxílio de uma régua graduada em centímetros, em dois sentidos perpendicularmente opostos entre as bordas, sendo efetuada a média entre essas medidas.

A contagem de esporos foi realizada no sétimo dia de avaliação, a partir da suspensão de esporos adicionando 10 mL de água destilada esterilizadas (ADE) as placas de Petri, e com um pincel de cerdas macias, os esporos foram liberados e filtrado em dupla camada de gaze esterilizada, em seguida, quantificados em câmara de Neubauer.

4.4 Teste *in vivo*

Antes da aplicação dos tratamentos, as sementes foram desinfestadas a partir da imersão durante três minutos em solução de hipoclorito de sódio a 1% e dupla lavagem em ADE e colocadas para secar em papel toalha à temperatura 25 $\pm$ 2 °C. Em seguida, foram

submetidas aos tratamentos descritos anteriormente durante cinco minutos e colocadas em placas contendo dupla camada de papel filtro esterilizado.

Após 24 horas as sementes foram inoculadas com *F. verticillioides* pelo método de suspensão, realizada a partir da adição de 10 mL de ADE na placa de Petri para a liberação dos esporos, com o auxílio de um pincel de cerdas macias e filtragem em dupla camada de gaze esterilizada. Em seguida realizou-se a quantificação em hemacitômetro e a suspensão ajustada a 1×10^5 esporos mL^{-1} , sendo as sementes imersas por cinco minutos.

A avaliação da Taxa de Infecção (TI) de *F. verticillioides* nas plantas de feijão fava realizou-se a partir de fragmentos de 0,5 mm na área do colo, com o auxílio de lâmina de bisturi estéril, sendo desinfestados com álcool 70% por 30 segundos e em seguida, no hipoclorito de sódio 1% por três minutos e duplo enxague com ADE. Os fragmentos foram transferidos para placas de Petri (9 cm), contendo meio de cultura BDA, permanecendo por oito dias em câmara incubadora tipo B.O.D, regulada à temperatura de 25 ± 2 °C, sob fotoperíodo de 12 horas.

A semeadura em casa de vegetação foi conduzida em sacos de polietileno (30 x 15 cm), contendo substrato comercial Mecplant®. Foram distribuídas três sementes/ saco e, no décimo quinto dia foi realizado o desbaste, selecionando a planta mais vigorosa. As plantas foram irrigadas diariamente, via rega manual, e após 30 dias da semeadura foram avaliadas o comprimento das plantas com uma régua graduada em centímetros, a partir do colo ao ápice para a parte aérea e do colo até a extremidade das raízes das plantas, e o número de folhas.

O volume da raiz foi determinado pela imersão das raízes em proveta volumétrica contendo água, com volume conhecido (200 mL). Para o teor de massa seca de parte aérea (MSA) e massa seca das raízes (MSR) foram determinadas a partir do armazenamento em sacos de papel Kraft e postas para secar em estufa a 65°C até atingir peso constante (72 h).

Também foram determinados os índices de clorofila a, b e total, sendo realizados pelo método não destrutivo, utilizando-se clorofilômetro portátil (ClorofiLOG®, modelo CFL 1030, Porto Alegre, RS), tendo os valores dimensionados em índice de clorofila Falker (ICF).

No mesmo período foram analisadas as variáveis de fluorescências de clorofila utilizando fluorômetro modulado (Sciences Inc.- Model OS-30p, Hudson, USA), em que foram adicionadas pinças foliares por 30 minutos antes das leituras para adaptação das folhas ao escuro, sendo avaliadas a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável ($F_v = F_m - F_0$), a razão F_v/F_0 e rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m).

A confirmação da etiologia do patógeno foi realizada sob microscópio óptico, através da observação das estruturas vegetativas e reprodutivas, comparando-as com as descrições realizadas por Seifert et al. (2011). A TI foi obtida a partir dos fragmentos com crescimento micelial em função do número de plantas avaliadas em cada parcela, sendo expressa em porcentagem.

4.5 Delineamento experimental e análise estatística

O teste *in vitro* foi analisado em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se cinco repetições, sendo cada unidade experimental composta por duas placas de Petri. Para o teste *in vivo* o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 8×5 (oito tratamentos vs. cinco variedades de feijão-fava) com quatro repetições.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e as médias comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) com auxílio do software estatístico R[®] (R Core Team, 2023).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao efeito inibitório dos elicitores de resistência no controle de *F. verticillioides in vitro*, observou-se efeito significativo dos tratamentos sobre as variedades analisadas (Tabela 1). Os tratamentos com fungicida, fosfito de potássio (FoP), e a combinação de fosfito de potássio com Bugram (FoP + BuG) proporcionaram melhores resultados para o diâmetro da colônia (DC) e índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), quando comparado aos demais tratamentos.

No que se refere à esporulação (ESP), todos os tratamentos foram eficientes, quando comparados com a testemunha ($2447,2 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$), sendo os tratamentos fungicida, fosfito de potássio (FoP), fosfito de potássio + bugran (FoP + BuG) e fosfito de potássio + silicato de potássio (FoP + SiP) com menor produção de esporos (Tabela 1). Entretanto observou-se que Silicato de Potássio e Bugran (SiP + BuG) apresentaram níveis superiores de produção de esporos em comparação com os demais tratamentos testados, registrando 1445,36 e 991,44 10^5 mL^{-1} , respectivamente.

No que concerne à inibição da esporulação (PIE), todos os tratamentos apresentaram potencial de inibição, porém os resultados mais eficazes foram obtidos com o uso de fungicida, fosfito de potássio (FoP), fosfito de potássio + silicato de potássio (FoP + SiP), e

fosfito de potássio + Bugran (FoP + BuG), exibindo valores que variaram de 98 a 100% (Tabela 1).

Tabela 1. Diâmetro da colônia (DC), índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM), porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC), esporulação (ESP) e porcentagem de inibição da esporulação (PIE) de *Fusarium verticillioides*, sob aplicação de elicitores de resistência.

Tratamentos	DC	IVCM	PIC	ESP	PIE
	---cm---	---cm dia ⁻¹ ---	---%---	---10 ⁵ mL ⁻¹ ---	---%---
Testemunha	8,61 a	3,73 a	0,00 e	2447,2 a	0,00 e
Fungicida	0,00 e	0,00 f	100 a	0,00 d	100 a
FoP	4,01 d	1,27 e	53,14 b	8,08 d	99,63 a
SiP	7,74 b	2,84 c	10,63 d	1445,36 b	41,18 d
BuG	9,00 a	3,43 b	0,00 e	991,44 b	57,89 c
FoP + SiP	7,18 c	2,34 d	16,44 c	23,28 d	98,95 a
FoP + BuG	4,19 d	1,38 e	51,35 b	5,44 d	99,74 a
SiP + BuG	9,00 a	3,39 b	0,00 e	608,72 c	73,10 b
CV (%)	5,41	4,61	15,32	52,88	13,18

Testemunha (meio de cultura BDA); Fungicida Authority® (Azoxistrobina + Flutriafol, 1,67 mL/L); FoP: Fosfito de Potássio (3 mL/L); SiP: Silicato de potássio (7 mL/L); BuG: Bugran (1 g/L); FoP + SiP: (1,5 mL/L + 3,5 mL/L); FoP + BuG: (1,5 mL/L + 0,5 g/L); SiP + BuG: (3,5 mL/L + 0,5 g/L). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

A utilização de fosfito no controle de doenças em plantas é amplamente difundida, contudo, o mecanismo de ação específico permanece desconhecido, podendo estar associado a efeito direto sobre o patógeno e indireto através da ativação da resistência das plantas na defesa contra o patógeno (BELISLE et al., 2019). Morales-Morales et al. (2022), constaram a eficiência dos fosfitos no controle de doenças em plantas e destacam que o íon fosfito, ao interagir com o patógeno, exerce influência sobre seu crescimento e reprodução, modulando a expressão de genes responsáveis pela síntese de compostos fundamentais na estrutura e fisiologia celular.

Os resultados obtidos com o uso de fosfito de potássio (FoP) corroboraram com os encontrados por Belisle et al. (2019), que ao avaliarem os efeitos, na concentração de 5,25 e 100 µg/ml em diferentes isolados de *Phytophthora cinnamomi* do abacate (*Persea Americana* Mill) verificaram taxa de inibição do crescimento micelial superior a 50%. Hao et al. (2021) ao verificarem o efeito do fosfito de potássio no crescimento micelial de diferentes isolados de três espécies de *Phytophthora* observaram que, com base em um agrupamento arbitrário de sensibilidades, 54 isolados (83,1%) dos 65 isolados de *P. citrophthora* avaliados foram considerados sensíveis (EC₅₀ de 4,6 a 22,3 µg/ml). Apenas cinco dos 38 isolados de *P. nicotianae* (13,2%) foram sensíveis ao KPO₃ (CE₅₀ de 12,2 a 24,3 µg/ml). Entre os 60 isolados de *P. syringae*, 47 (78,3%) eram sensíveis (EC₅₀ de 8,5 a 21,5 µg/ml).

Rezende et al. (2020), avaliando o efeito do Phytogard® (fosfito de potássio disponível comercialmente) no controle preventivo contra *Phytophthora plurivora* em faia (*Fagus sylvatica*), relatou que na dose de 2 mL.L⁻¹ a incidência da doença foi reduzida em 100%, além de reduzir o crescimento micelial do patógeno à medida que a dose do produto aumentava. Mafra et al. (2020) trabalhando com diferentes doses de fosfito de potássio na pós colheita de mamoeiro (*Carica papaya*), observou a redução do diâmetro do crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* no teste *in vitro* quando comparado com a testemunha, na dosagem de 5 mL L⁻¹.

Em relação à taxa de infecção, evidenciou-se uma interação estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre os fatores analisados (Figura 2). A variedade Cara Larga (CL) apresentou menor suscetibilidade em comparação com as demais variedades, destacando-se que o tratamento composto por fosfito de potássio + silicato de potássio que proporcionou menor taxa de infecção, no entanto, não diferenciando da testemunha. Já em relação as variedades testadas, esse tratamento apresentou potencial fungitóxico, inibindo totalmente a infecção das sementes.

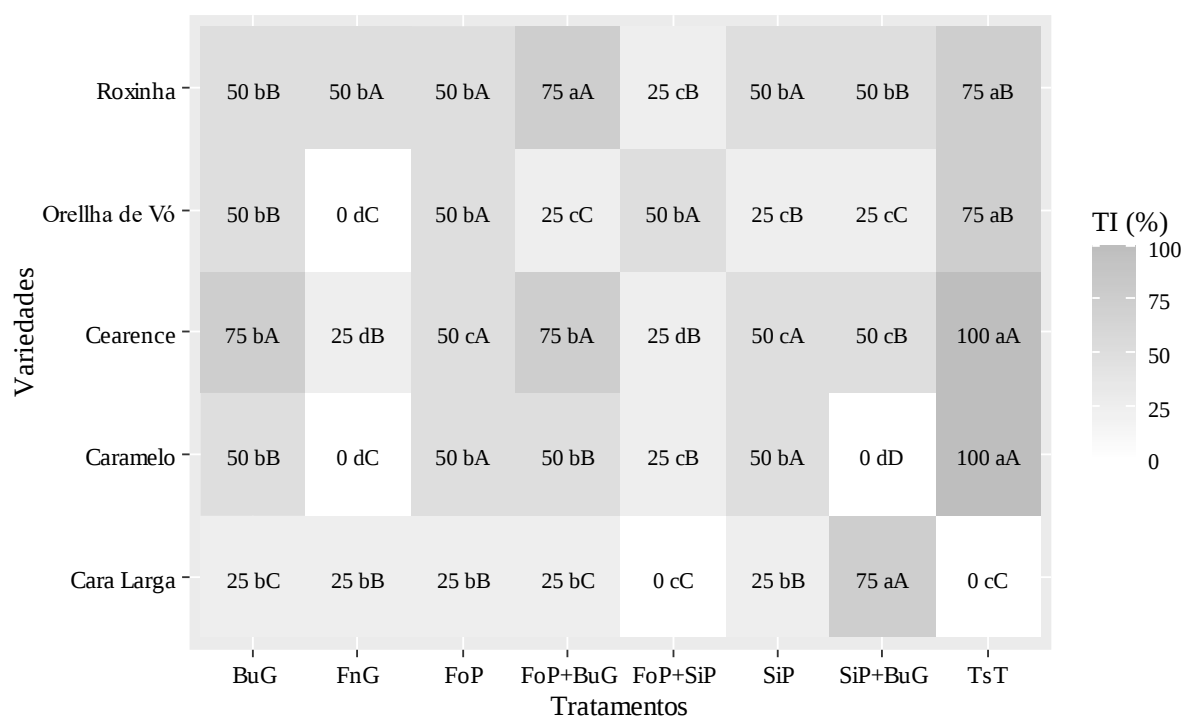
Para a variedade Roxinha (Rx), todos os tratamentos, exceto fosfito de potássio + Bugram® (FoP + BuG), diferiram da testemunha. Nas variedades Orelha de vó, Cearense, e Caramelo todos os tratamentos diferiram da testemunha, reduzindo a taxa de infecção.

Os resultados significativos observados nas cinco variedades aos tratamentos podem ser atribuídos não apenas à influência do fosfito de potássio, mas também possivelmente à presença de silício na formulação. Estudos indicam que o fornecimento de silício pode reduzir a incidência de doenças fúngicas e conferir resistência a uma variedade de fitopatógenos causadores de doenças (AHAMMED; YANG, 2021). O silício absorvido pela planta é armazenado principalmente na parede celular e também relaciona-se com as vias de sinalização resultante do estresse, além de melhorar as propriedades mecânicas e a qualidade fisiológica, favorece a resistência a estresses bióticos e abióticos (WANG et al., 2017).

Mehta et al., (2022) avaliando o efeito do fosfito de potássio em diferentes genótipo de arroz (*Oryza sativa*) no manejo da brusone (*Magnaporthe oryzae*), verificaram que a pulverização preventiva nas plantas foram promissoras para a supressão da doença, além de inibir a germinação dos conídios e o crescimento micelial do fungo e ativar a via de defesa fitormonal da planta. Os autores ainda confirmaram que os indicadores bioquímicos da defesa da planta e a expressão de genes de defesa foram aprimorados sem a interferência de custo energia na planta.

Fosfitos podem influenciar negativamente no desenvolvimento de patógenos de plantas, seja de forma direta inibindo a germinação dos esporos, crescimento micelial e a penetração na planta; ou na forma indireta através da ativação dos mecanismos de resistência das plantas (MAFRA et al., 2020).

Figura 2. Taxa de infecção (TI) de *Fusarium verticillioides* em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas e tratadas com elicitores. TsT: Testemunha (ADE); FnG: Fungicida Authority® (Azoxistrobina + Flutriafol, 1,67 mL/L); FoP: Fosfito de Potássio (3 mL/L); SiP: Silicato de potássio (7 mL/L); BuG: (1 g/L); FoP + SiP: (1,5 mL/L + 3,5 mL/L); FoP + BuG: (1,5 mL/L + 0,5 g/L); SiP + BuG: (3,5 mL/L + 0,5 g/L). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha (compara tratamentos) e maiúscula na coluna (compara variedades), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).



Fonte: Autor, 2024.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 2, observou-se uma interação significativa para os fatores analisados (tratamentos *versus* variedades). Em relação ao comprimento da parte aérea (CPA), notou-se que todos os tratamentos exerceram influência positiva em uma ou mais variedades. Destaca-se, por exemplo, Bugram® (BuG) e fosfito de potássio + silicato de potássio (FoP + SiP) na variedade Caramelo (CM) com os maiores comprimentos (157,3 e 150,8 cm, respectivamente). O tratamento silicato de potássio + Bugram® diferiu-se da testemunha e apresentou maior comprimento (125,8 cm) quando comparado com os demais tratamentos na variedade Cara larga (CL). Todos os tratamentos, exceto fosfito de potássio + silicato de potássio (FoP + SiP), influenciaram de forma negativa

no comprimento da parte aérea quando comparadas com a testemunha na variedade Cearense (CE).

Os resultados obtidos indicam que os tratamentos avaliados exerceram impacto positivo no desenvolvimento da parte aérea das plantas, com diferentes variações entre as diferentes variedades, como o tratamento silicato de potássio + Bugram que reduziu em 100% a taxa de infecção da variedade Caramelo, mas não teve o mesmo efeito para as demais cultivares.

Para comprimento da raiz (CPR) (Tabela 2), os tratamentos silicato de potássio (SiP), Bugram® (BuG), fosfito de potássio + silicato de potássio (FoP + SiP), fosfito de potássio + Bugram® (FoP + BuG) e silicato de potássio + Bugram® (SiP + BuG) diferiram da testemunha, coferindo melhores resultados na variedade Orelha de vó (OV). Na variedade roxinha (RX), os tratamentos com fosfito de potássio (FoP) e silicato de potássio + Bugram® (SiP + BuG) estimularam um maior comprimento de raiz, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos .

Tabela 2. Comprimento da parte aérea (CPA) e raízes (CPR) em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas com *Fusarium verticillioides* e tratadas com elicitores de resistência.

Tratamentos	CE	CL	OV	CM	RX
-----CPA (cm planta ⁻¹) -----					
Testemunha	134,8 aA	106,0 bB	125,0 aA	124,0 bA	129,3 aA
Fungicida	106,6 bA	78,4 dB	121,0 aA	115,5 bA	118,3 bA
FoP	81,5 cC	92,1 cC	134,0 aA	119,3 bB	119,0 bB
SiP	92,3 cC	83,8 cC	102,8 bB	127,0 bA	133,8 aA
BuG	90,8 cC	67,8 dD	95,8 bC	157,3 aA	114,0 bB
FoP + SiP	121,0 aB	88,3 cC	112,0 bB	150,8 aA	97,5 cC
FoP + BuG	80,8 cB	92,0 cB	116,0 aA	123,8 bA	116,5 bA
SiP + BuG	63,8 dB	125,8 aA	111,0 bA	116,8 bA	116,3 bA
CV (%)	8,85				
-----CPR (cm planta ⁻¹) -----					
Testemunha	43,9 aA	35,2 aB	27,9 bC	39,4 aB	35,9 bB
Fungicida	37,5 aA	35,8 aA	29,5 bA	36,4 aA	33,5 bA
FoP	41,2 aA	40,5 aA	29,4 bB	34,9 aB	41,5 aA
SiP	42,9 aA	40,1 aA	34,4 aB	30,9 aB	36,4 bB
BuG	36,5 aA	37,4 aA	34,9 aA	31,4 aA	35,2 bA
FoP + SiP	38,6 aA	39,5 aA	34,7 aA	36,9 aA	32,3 bA
FoP + BuG	36,9 aA	37,8 aA	34,9 aA	32,9 aA	33,2 bA
SiP + BuG	39,9 aA	38,9 aA	39,5 aA	32,8 aB	43,0 aA
CV (%)	12,83				

Testemunha (Água Destilada Esterilizada); Fungicida Authority® (Azoxistrobina + Flutriafol, 1,67 mL/L); FoP: Fosfito de Potássio (3 mL/L); SiP: Silicato de potássio (7 mL/L); BuG: (1 g/L); FoP + SiP: (1,5 mL/L + 3,5 mL/L); FoP + BuG: (1,5 mL/L + 0,5 g/L); SiP + BuG: (3,5 mL/L + 0,5 g/L). CE: Cearense; CL: Cara Larga; OV: Orelha de Vó; CM: Caramelo e RX: Roxinha. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Oliveira et al. (2020) verificaram que a aplicação de silício por meio da adubação no solo e foliar em diferentes intervalos de avaliação em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*), não apresentou diferenças significativas na altura das plantas, não corroborando com os resultados no presente estudo.

As fontes de silício aplicadas isoladas ou em conjunto com o fosfito de potássio influenciaram de forma positiva no desenvolvimento das variedades no presente trabalho. Apesar de não se tratar de um elemento essencial, o silício desempenha importante papel para o desenvolvimento das plantas, além de favorecer na proteção contra diversos tipos de estresses abióticos e bióticos (GAUR et al., 2020).

A deficiência de silício em plantas, quando comparada com as nutridas adequadamente com nutriente, pode apresentar diferenças significativas em diversos aspectos, como no metabolismo da planta, características estruturais, resistência mecânica, vários parâmetros de crescimento e desenvolvimento, atividades enzimáticas, resistência a doenças e insetos, resistência à toxicidade de metais, tolerância ao sal, estresse hídrico, entre outros diversos fatores (CASSEL et al., 2021; QIU et al., 2021).

Com relação a massa seca da parte aérea (MSA) (Tabela 3), observou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) na interação entre tratamentos *versus* cultivares. Para variedades Cearense (CE) e Orelha de vó (OV) não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos analisados. Os tratamentos fosfito de potássio + silicato de potássio (FoP + BuG) e silicato de potássio + Bugram® (SiP + BuG), proporcionaram maior massa seca da parte aérea na variedade Cara larga (CL), diferindo dos demais tratamentos.

O tratamento com Bugram® (BuG) agiu de forma significativa na variedade Caramelo (CM), conferindo maior acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas. Na variedade roxinha, os tratamentos não diferenciaram no desenvolvimento das plantas, tendo em vista que foram semelhantes a testemunha e/ou fungicida.

Quanto o teor de matéria seca das raízes (MSR) (Tabela 3), não houve diferença entre os tratamentos nas variedades. Entretanto, a variedade Orelha de vó (OV) apresentou melhor desempenho com a matéria seca quando comparada com as outras cultivares.

Para as variedades Caramelo (CM) e Roxinha (RX) constatou-se que os tratamentos à base de silício e fosfito de potássio não influenciaram na massa seca de raízes, tendo em vista que os valores foram estatisticamente semelhantes à testemunha e/ou fungicida (Tabela 3)

Tabela 3. Massa seca da parte aérea (MSA) e raízes (MSR) em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas com *Fusarium verticillioides* e tratadas com elicitores de resistência.

Tratamentos	CE	CL	OV	CM	RX
-----MSA (g planta ⁻¹) -----					
Testemunha	2,240 aC	1,180 bD	2,625 aC	5,068 bA	3,625 aB
Fungicida	2,100 aA	1,068 bB	2,275 aA	3,275 dA	2,750 bA
FoP	1,635 aD	0,875 bD	3,700 aB	4,795 bA	2,530 bC
SiP	1,905 aC	0,760 bD	2,550 aC	4,775 bA	3,503 aB
BuG	1,050 aD	0,925 bD	2,575 aC	6,175 aA	3,550 aB
FoP + SiP	1,400 aC	1,108 bC	2,650 aB	5,025 bA	2,350 bB
FoP + BuG	1,175 aC	2,150 aB	2,375 aB	5,325 bA	2,638 bB
SiP + BuG	1,425 aC	2,150 aC	2,615 aB	4,363 cA	2,975 bB
CV (%)	25,27				
-----MSR (g planta ⁻¹) -----					
Testemunha	1,300 aA	1,100 aA	1,550 aA	1,455 aA	1,825 aA
Fungicida	1,605 aA	0,965 aB	1,743 aA	0,915 bB	1,538 aA
FoP	1,143 aB	0,750 aB	2,050 aA	1,850 aA	0,918 bB
SiP	1,218 aA	0,538 aB	1,540 aA	1,417 aA	1,328 aA
BuG	0,475 aB	0,710 aB	1,405 aA	1,953 aA	1,678 aA
FoP + SiP	0,725 aB	0,725 aB	2,025 aA	1,165 bB	0,728 bB
FoP + BuG	0,630 aB	1,083 aB	1,575 aA	1,550 aA	0,733 bB
SiP + BuG	0,823 aB	0,780 aB	1,790 aA	0,743 bB	0,950 bB
CV (%)	35,28				

Testemunha (Água Destilada Esterilizada); Fungicida Authority® (Azoxistrobina + Flutriafol, 1,67 mL/L); FoP: Fosfito de Potássio (3 mL/L); SiP: Silicato de potássio (7 mL/L); BuG: Bugran(1 g/L); FoP + SiP: (1,5 mL/L + 3,5 mL/L); FoP + BuG: (1,5 mL/L + 0,5 g/L); SiP + BuG: (3,5 mL/L + 0,5 g/L). CE: Cearense; CL: Cara Larga; OV: Orelha de Vó; CM: Caramelo e RX: Roxinha. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Sávio et al. (2011) avaliando a produção de biomassa nas gramíneas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* sob diferentes fontes de silicato, observaram que as aplicações de silício nas plantas não afetaram o desenvolvimento vegetativo, seja na produção de biomassa fresca ou seca, e nas alturas das forrageiras.

Ferreira et al. (2022), testando o efeito do silício na produção de biomassa do Cafeeiro Catuaí Vermelho IAC 144 (*Coffe arábica*) ao estresse hídrico, verificaram que as aplicações foliares do silicato de potássio junto ao regime hídrico forneceram as plantas maiores valores de biomassa verde e seca da parte aérea e raiz, sendo superiores das plantas que passaram pelo estresse hídrico.

Para número de folhas (NF) e volume de raízes (VR) (Tabela 4), observou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) na interação entre tratamentos *versus* cultivares. Os tratamentos silicato de potássio (SiP), Bugram® (BuG), fosfito de potássio + silicato de potássio (FoP + SiP) e fosfito de potássio + Bugram® (FoP + BuG) influenciaram positivamente no número de

folhas na variedade Caramelo (CM), dos demais tratamentos. Dentre as variedades testadas a Caramelo (CM) foi a que conseguiu maior número de folhas.

Quanto ao volume de raízes (VR), todos os tratamentos, exceto fosfito de potássio + silicato de potássio (FoP + SiP), diferiram da testemunha, influenciando de forma positiva no volume de raiz da variedade caramelo (CM) (Tabela 4). Com relação as variedades, verificou-se que a Orelha de vó (OV) apresenta maiores médias quando comparadas as demais variedades.

Oliveira et al. (2020) avaliando o os efeitos das adubações via solo e foliar em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) com silício, verificaram que não houve efeito significativo no número de folhas das plantas, não corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho. O mesmo resultado foi observado por Soares et al. (2022), utilizando diferentes doses de doses de silicato de potássio (1, 2, 4 e 6 L ha⁻¹) em plantas de milho (*Zea mays* L.), diferindo dos resultados encontrados no presente trabalho.

Tabela 4. Número de folhas (NF) e volume de raízes (VR) em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas com *Fusarium verticillioides* e tratadas com elicitores de resistência.

Tratamentos	CE	CL	OV	CM	RX
	-----NF-----				
Testemunha	8,25 aA	5,25 aB	6,50 aB	10,50 bA	9,50 aA
Fungicida	6,75 aA	3,75 bB	5,00 aB	9,00 bA	7,50 aA
FoP	5,25 aB	3,50 bB	7,50 aA	9,00 bA	10,00 aA
SiP	6,25 aB	3,50 bB	5,00 aB	11,50 aA	9,50 aA
BuG	6,25 aC	3,25 bC	3,75 aC	12,00 aA	9,00 aB
FoP + SiP	6,50 aB	4,00 bB	5,50 aB	13,50 aA	7,75 aB
FoP + BuG	7,50 aC	5,75 aC	5,50 aC	12,25 aA	9,25 aB
SiP + BuG	5,00 aB	8,00 aA	4,75 aB	10,00 bA	8,75 aA
CV (%)	27,45				
Tratamentos	-----VR (cm ³ planta ⁻¹)-----				
	CE	CL	OV	CM	RX
Testemunha	11,25 aC	13,13 aC	32,25 aA	17,63 bB	17,63 bB
Fungicida	6,25 bD	11,75 aC	26,00 bA	13,63 bC	20,50 aB
FoP	5,88 bD	4,00 cD	30,00 aA	21,63 aB	14,00 cC
SiP	7,75 bD	8,63 bD	23,63 bA	19,63 aB	15,13 bC
BuG	5,50 bC	10,38 bB	20,50 bA	20,50 aA	17,00 bA
FoP + SiP	4,13 bD	15,13 aB	25,00 bA	15,75 bB	10,50 cC
FoP + BuG	4,00 bD	14,63 aB	22,75 bA	22,50 aA	10,50 cC
SiP + BuG	4,88 bD	8,75 bC	23,63 bA	21,00 aA	12,63 cB
CV (%)	16,81				

Testemunha (Água Destilada Esterilizada); Fungicida Authority® (Azoxistrobina + Flutriafol, 1,67 mL/L); FoP: Fosfito de Potássio (3 mL/L); SiP: Silicato de potássio (7 mL/L); BuG: (1 g/L); FoP + SiP: (1,5 mL/L + 3,5 mL/L); FoP + BuG: (1,5 mL/L + 0,5 g/L); SiP + BuG: (3,5 mL/L + 0,5 g/L). CE: Cearense; CL: Cara Larga; OV: Orelha de Vó; CM: Caramelo e RX: Roxinha. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Para os índices de clorofila (Tabela 5), foi identificada interação significativa entre os tratamentos empregados nas variedades avaliadas no parâmetro de clorofila a (ICF *a*). Os tratamentos que consistiram na combinação de fosfito de potássio mais Bugram® (FoP + BuG) e silicato de potássio mais Bugram® (SiP + BuG) favoreceu significativamente o conteúdo de clorofila a (ICF *a*) na variedade Cara Larga (CL).

Tabela 5. Índice de clorofila Falker *a* (ICF *a*), índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e índice de clorofila Falker total (ICF *T*) em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas com *Fusarium verticillioides* e tratadas com elicitores de resistência.

Tratamentos	CE	CL	OV	CM	RX
----- ICF <i>a</i> -----					
Testemunha	27,08 aA	19,65 bB	19,60 aB	28,95 aA	30,05 aA
Fungicida	32,10 aA	19,48 bB	22,38 aB	25,93 aA	27,63 aA
FoP	34,55 aA	19,40 bB	29,60 aA	27,30 aA	29,60 aA
SiP	33,18 aA	20,08 bB	22,68 aB	27,88 aA	29,78 aA
BuG	32,80 aA	16,73 bB	22,20 aB	28,28 aA	27,25 aA
FoP + SiP	28,70 aA	20,10 bB	22,80 aB	28,68 aA	28,03 aA
FoP + BuG	27,53 aA	27,68 aA	20,85 aB	28,65 aA	33,15 aA
SiP + BuG	28,28 aA	29,50 aA	24,10 aA	30,28 aA	30,15 aA
CV (%)	15,57				
----- ICF <i>b</i> -----					
Testemunha	6,58 bA	4,20 bB	4,08 aB	7,23 aA	7,03 aA
Fungicida	8,85 aA	4,30 bB	4,78 aB	6,13 aB	6,63 aB
FoP	10,28 aA	4,48 bC	6,90 aB	6,58 aB	7,65 aB
SiP	9,48 aA	4,80 bB	4,73 aB	6,53 aB	7,68 aA
BuG	9,13 aA	3,45 bC	4,55 aC	6,70 aB	6,65 aB
FoP + SiP	7,73 bA	4,20 bB	4,90 aB	7,53 aA	6,75 aA
FoP + BuG	6,68 bA	6,85 aA	3,83 aB	7,08 aA	8,13 aA
SiP + BuG	6,73 bA	7,55 aA	5,08 aA	7,35 aA	7,25 aA
CV (%)	25,56				
----- ICF <i>T</i> -----					
Testemunha	33,65 bA	23,85 bB	23,68 aB	36,18 aA	37,08 aA
Fungicida	40,95 aA	23,78 bB	27,15 aB	32,05 aA	34,25 aA
FoP	44,83 aA	23,88 bC	36,50 aB	33,88 aB	37,25 aB
SiP	42,65 aA	24,88 bB	27,40 aB	34,40 aA	37,45 aA
BuG	41,93 aA	20,18 bB	26,75 aB	34,98 aA	33,90 aA
FoP + SiP	36,43 bA	24,30 bB	27,70 aB	36,20 aA	34,78 aA
FoP + BuG	34,20 bA	34,53 aA	24,68 aB	35,73 aA	41,28 aA
SiP + BuG	35,00 bA	37,05 aA	29,18 aA	37,63 aA	37,40 aA
17,25					

Testemunha (Água Destilada Esterilizada); Fungicida Authority® (Azoxistrobina + Flutriafol, 1,67 mL/L); FoP: Fosfito de Potássio (3 mL/L); SiP: Silicato de potássio (7 mL/L); BuG: (1 g/L); FoP + SiP: (1,5 mL/L + 3,5 mL/L); FoP + BuG: (1,5 mL/L + 0,5 g/L); SiP + BuG: (3,5 mL/L + 0,5 g/L). CE: Cearense; CL: Cara Larga; OV: Orelha de Vó; CM: Caramelo e RX: Roxinha. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

O mesmo comportamento foi observado para clorofila b (ICF *b*) e clorofila total (ICF *T*) na variedade Cearense (CE) para os tratamentos fosfito de potássio (FoP), silicato de potássio (SiP) e Bugram® (BuG) apresentaram um maior teor de clorofila, não diferindo do fungicida (Tabela 5). Na variedade Cara larga (CL) os tratamentos fosfito de potássio + Bugram (FoP + BuG) e silicato de potássio + Bugram (SiP + BuG), diferiram estatisticamente dos demais tratamentos.

Moura et al. (2023) avaliando a efetividade de fontes e doses de silício em *Digitalis mariana* Boiss subsp. Heywoodii *in vitro*, observaram que a concentração de 4,5 mg L⁻¹ de silicato de potássio resultou em uma maior síntese de clorofila a (0,75 mg g⁻¹ de matéria fresca). No que se refere à clorofila b, os autores relataram que os teores mais elevados foram alcançados com 7,5 mg L⁻¹ de silicato de potássio. Assim, demonstrando, os possíveis efeitos benéficos do silício no aumento dos teores da clorofila, corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho.

Costa et al., (2021) ao avaliarem o efeito do silício na anatomia foliar e na clorofila de plantas de bananeira (*Musa* sp.), constataram aumento no teor de clorofila *a* (0,000134 mg g⁻¹ peso fresco) e na relação *a/b* (1,710425) nas plantas, corroborando com o presente estudo.

A degradação da clorofila nas plantas trata-se de uma estratégia de sobrevivência, em que pigmentos fitotóxicos são removidos dos cloroplastos, conferindo mais resistência as plantas a estresses bióticos e abióticos (HU et al., 2021).

Para fluorescência *F0*, *Fm* e *Fv*, foi observado um efeito significativo ($p \leq 0,05$) na interação entre tratamentos *versus* variedades, conforme apresentado na Tabela 6. A fluorescência inicial (*F0*) na variedade Cearense (CE) observou-se que os tratamentos a base de silício e fosfito de potássio apresentaram os maiores valores quando comparados com o fungicida e a testemunha. Na variedade Cara larga (CL) não foi constatado danos fisiológicos, tendo em vista que os valores da fluorescência *F0* foram semelhantes estatisticamente à testemunha e/ou fungicida. Os tratamentos fosfito de potássio (FoP), Bugram® (BuG) e fosfito de potássio + silicato de potássio (FoP + SiP) influenciaram positivamente a *F0* na variedade Roxinha (RX).

A fluorescência máxima (*Fm*) na variedade Cara larga (CL) foi influenciada com a utilização do tratamento silicato de potássio mais Bugram® (SiP + BuG), com valor de 604,5 (Tabela 6). Os tratamentos Bugram® (BuG), fosfito de potássio mais silicato de potássio (FoP + SiP), fosfito de potássio mais Bugram® (FoP + BuG) e silicato de potássio mais Bugram® (SiP + BuG) apresentaram melhores resultados na variedade Roxinha (RX), diferindo dos demais tratamentos.

Tabela 6. Fluorescência inicial (*F0*), máxima (*Fm*) e variável (*Fv*) em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas com *Fusarium verticillioides* e tratadas com elicitores de resistência.

Tratamentos	CE	CL	OV	CM	RX
-----F0-----					
Testemunha	69,0 bC	137,8 bA	151,0 aA	116,8 aB	124,8 bB
Fungicida	70,5 bC	143,5 aA	157,8 aA	118,8 aB	114,8 bB
FoP	120,5 aB	143,3 aA	135,3 bA	110,5 aB	139,0 aA
SiP	126,5 aB	151,5 aA	140,0 bA	108,0 aB	122,3 bB
BuG	122,5 aB	155,5 aA	132,5 bB	117,0 aB	131,5 aB
FoP + SiP	118,8 aC	160,0 aA	116,3 bC	112,0 aC	139,0 aB
FoP + BuG	129,0 aA	123,0 bA	126,3 bA	102,3 aB	120,3 bA
SiP + BuG	141,0 aA	127,0 bA	135,8 bA	104,3 aB	111,5 bB
CV (%)	9,42				
-----Fm-----					
Testemunha	588,3 aA	480,0 bB	537,0 aB	657,5 aA	502,0 bB
Fungicida	604,5 aA	497,3 bB	559,5 aB	652,5 aA	546,0 bB
FoP	648,0 aA	496,5 bB	547,3 aB	569,8 bB	540,0 bB
SiP	626,3 aA	517,5 bB	504,3 aB	591,0 bA	537,8 bB
BuG	653,8 aA	478,3 bB	507,0 aB	596,0 bA	583,5 aA
FoP + SiP	649,0 aA	488,5 bB	468,0 aB	627,5 aA	586,8 aA
FoP + BuG	551,5 aA	476,5 bB	521,0 aB	551,0 bA	613,8 aA
SiP + BuG	596,5 aA	604,5 aA	526,8 aA	571,0 bA	623,5 aA
CV (%)	9,65				
-----Fv-----					
Testemunha	0,880 aA	0,728 bC	0,713 bC	0,822 aB	0,743 bC
Fungicida	0,885 aA	0,714 cD	0,713 bD	0,822 aB	0,787 aC
FoP	0,814 bA	0,719 bC	0,771 aB	0,806 aA	0,757 bB
SiP	0,795 bB	0,706 cC	0,722 bC	0,832 aA	0,771 bB
BuG	0,813 bA	0,701 cC	0,736 aB	0,802 aA	0,747 bB
FoP + SiP	0,818 bA	0,695 cD	0,724 bC	0,820 aA	0,764 bB
FoP + BuG	0,770 cB	0,739 bB	0,753 aB	0,815 aA	0,798 aA
SiP + BuG	0,805 bA	0,790 aA	0,741 aC	0,775 bB	0,821 aA
2,61					

Testemunha (Água Destilada Esterilizada); Fungicida Authority® (Azoxistrobina + Flutriafol, 1,67 mL/L); FoP: Fosfito de Potássio (3 mL/L); SiP: Silicato de potássio (7 mL/L); BuG: (1 g/L); FoP + SiP: (1,5 mL/L + 3,5 mL/L); FoP + BuG: (1,5 mL/L + 0,5 g/L); SiP + BuG: (3,5 mL/L + 0,5 g/L). CE: Cearense; CL: Cara Larga; OV: Orelha de Vó; CM: Caramelo e RX: Roxinha. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

A variedade Cara Larga (CL) demonstrou uma fluorescência variável (*Fv*) mais elevada nas plantas, em que as sementes foram tratadas com a combinação de silicato de potássio + Bugram® (SiP + BuG) (0,790) (Tabela 6). Na variedade Orelha de Vó (OV), os tratamentos fosfito de potássio (FoP), Bugram® (BuG), fosfito de potássio mais Bugram® (FoP + BuG) e silicato de potássio mais Bugram® (SiP + BuG) expressaram os maiores valores quando comparados os demais tratamentos. Para a variedade Roxinha (RX) foi constatado que os tratamentos fosfito de potássio mais bugran (FoP + BuG) e silicato de

potássio mais Bugram[®] (SiP + BuG) apresentados as maiores médias, não diferindo do fungicida.

Baghbani et al. (2019) ao analisarem a fluorescência da clorofila em plantas de milho (*Zea mays* L.), observaram que a infecção provocada por *F. verticillioides* causou uma diminuição em *Fm* durante a fase inicial com o fotossistema II (FSII) intacto.

A variável *Fm* apresenta intensidade máxima quando praticamente toda a quinona é reduzida e os centros de reação atingem sua capacidade máxima, podendo ser sinalizador do estado fotoquímico das folhas ou de estresses ambientais quando relacionados a *Fv* (CINTRA et al. 2020).

O rendimento quântico do fotossistema II (*Fv/Fm*) na variedade Orelha de vó (OV), aumentou significativamente com o uso do fosfito de potássio + silicato de potássio (FoP + SiP) quando comparado os demais tratamentos (Tabela 7). Os tratamentos Fosfito de potássio (FoP), silicato de potássio (SiP) e fosfito de potássio + Bugram[®] (FoP + BuG), na variedade Caramelo (CM) proporcionaram maio valores com relação aos demais tratamentos. Apesar de terem efeitos significativos nas demais variedades, alguns tratamentos não diferiram da testemunha e fungicida, como pode ser observado variedades Cearense (CE), Cara larga CL) e Roxinha (RX).

Na variedade Cara larga (CL) apenas fosfito de potássio + Bugram[®] (FoP + BuG) e silicato de potássio + Bugram[®] (SiP + BuG) proporcionaram aumento na *Fv/F0* diferenciando dos demais tratamentos (Tabela 7). Comportamento semelhante foi observado na variedade Orelha de vó (OV) juntamente com FoP, BuG, e FoP + SiP. Os tratamentos fosfito de potássio + Bugram[®] (FoP + BuG) e silicato de potássio + Bugram[®] (SiP + BuG) proporcionaram aumento na relação *Fv/F0* na variedade Roxinha (RX), não diferindo do fungicida.

Souza et al. (2012) utilizando diferentes doses de silicato de potássio em diferentes variedades de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.), observaram que o melhor aproveitamento de energia de excitação (*Fo*) ocorreu utilizando a dose de 6,0 mL⁻¹ e, doses maiores reduziram a eficiência de captação de luz, indicando a inativação do FSII. Os autores ainda constataram que para os valores correspondentes à fluorescência máxima (*Fm*), a aplicação da dose de 7,15 mL⁻¹ resultou em uma disparidade de aproximadamente 4% em comparação com os grupos de controle. Para a dose de 6,5 mL⁻¹ demonstrou aumento de 9,3% e 6% nos parâmetros *Fv* e *Fv/Fm*, respectivamente, em comparação com o controle.

Mohammadi et al. (2020) relataram aumento na fotoinibição da fotossíntese em folhas de *Solanum tuberosum* L. inoculadas com *Phytophthora infestans* que não foram inoculadas com fosfito de potássio, não corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

Tabela 7. Rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) e relação (Fv/F0) em plantas de feijão-fava oriundas de sementes tradicionais inoculadas com *Fusarium verticillioides* e tratadas com elicitores de resistência.

Tratamentos	CE	CL	OV	CM	RX
----- Fv/Fm-----					
Testemunha	0,00150 aA	0,00154 aA	0,00136 bB	0,00127 bB	0,00148 aA
Fungicida	0,00147 aA	0,00144 bA	0,00130 bB	0,00126 bB	0,00144 aA
FoP	0,00126 bB	0,00145 bA	0,00141 bA	0,00143 aA	0,00142 aA
SiP	0,00127 bA	0,00137 bA	0,00144 bA	0,00141 aA	0,00144 aA
BuG	0,00124 bB	0,00151 aA	0,00147 bA	0,00135 bB	0,00129 bB
FoP + SiP	0,00126 bC	0,00143 bB	0,00158 aA	0,00131 bC	0,00130 bC
FoP + BuG	0,00141 aA	0,00156 aA	0,00145 bA	0,00148 aA	0,00130 bB
SiP + BuG	0,00142 aA	0,00131 bA	0,00141 bA	0,00136 bA	0,00132 bA
CV (%)	6,76				
-----Fv/F0-----					
Testemunha	0,01283 aA	0,00536 bC	0,00475 bC	0,00717 aB	0,00600 bC
Fungicida	0,01261 aA	0,00500 bC	0,00455 bC	0,00693 aB	0,00692 aB
FoP	0,00677 bA	0,00502 bB	0,00570 aB	0,00738 aA	0,00546 bB
SiP	0,00632 bB	0,00466 bC	0,00517 bC	0,00776 aA	0,00631 bB
BuG	0,00669 bA	0,00453 bC	0,00559 aB	0,00688 aA	0,00597 bA
FoP + SiP	0,00691 bA	0,00436 bC	0,00632 aA	0,00732 aA	0,00550 bB
FoP + BuG	0,00603 bB	0,00608 aB	0,00598 aB	0,00799 aA	0,00666 aB
SiP + BuG	0,00583 bB	0,00623 aB	0,00546 aB	0,00760 aA	0,00739 aA
CV (%)	11,11				

Testemunha (Água Destilada Esterilizada); Fungicida Authority® (Azoxistrobina + Flutriafol, 1,67 mL/L); FoP: Fosfito de Potássio (3 mL/L); SiP: Silicato de potássio (7 mL/L); BuG: (1 g/L); FoP + SiP: (1,5 mL/L + 3,5 mL/L); FoP + BuG: (1,5 mL/L + 0,5 g/L); SiP + BuG: (3,5 mL/L + 0,5 g/L). CE: Cearense; CL: Cara Larga; OV: Orelha de Vó; CM: Caramelo e RX: Roxinha. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

6 CONCLUSÃO

Os tratamentos à base de fosfito de potássio e fosfito de potássio + Bugram® foram eficientes na inibição do crescimento micelial de *F. verticillioides*. Todos os tratamentos reduziram a quantidade de esporos do *F. verticillioides* e inibiram a esporulação.

Os elicitores foram eficazes na redução da taxa de infecção nas variedades analisadas.

Foi observado que os tratamentos Bugram®, fosfito de potássio + silicato de potássio, Fosfito de potássio + Bugram® e silicato de potássio + Bugram® influenciaram positivamente no comprimento da parte aérea e raízes, na massa seca da parte aérea e raízes, no número de folhas, no volume da raiz e nos teores de clorofila nas variedades estudadas.

A eficiência fotoquímica nas variedades Cearense, Cara larga, Orelha de vó e Roxinha foi potencializada com a aplicação dos elicitores de resistência.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, T. E. G. **Caracterização citogenética e predição de cruzamentos intraespecíficos em acessos superiores de *Phaseolus lunatus* L.** 2018. 71f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018.
- AHAMMED, G. J.; YANG, Y. Mechanisms of silicon-induced fungal disease resistance in plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 165, p. 200–206, 2021.
- ALOVISI, A. M. T.; FURTINI NETO, A. E.; CARNEIRO, L. F.; CURI, N.; ALOVISI, A. A. Silicon-phosphorus interactions in soils cultivated with bean plants. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 36, p. 79-86, 2014.
- ANTUNES, J. E. L. **Diversidade genética e eficiência simbiótica de isolados de rizóbios nativos em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.).** 2010. 108 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.
- ARAUJO, M. E. V.; BARBOSA, E. G.; DE ARAÚJO, R. S. L.; TEIXEIRA, I. R.; GOMES, F. A.; CORRÊA, P. C. Physiological and sanitary quality of castor oil plant seeds due to ultraviolet-C radiation. **Industrial Crops and Products**, v. 137, n. April, p. 9–15, 2019.
- ARAUJO, R. F.; ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; PINTO, C. M. F. Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de pinhão-mansão submetidas a tratamentos alternativos e químico, e ao armazenamento. **Summa Phytopathologica**, v. 47, n. 3, p. 173–179, 2021.
- AZEVEDO, J. N.; FRANCO, L. J. D.; ARAÚJO, RO da C. Composição química de sete variedades de feijão-fava. **Embrapa**. 2003.
- BAGHBANI, F.; LOTFI, R.; MOHARRAMNEJAD, S.; BANDEHAGH, A.; ROOSTAEI, M.; RASTOGI, A.; KALAJI, H. M. Impact of *Fusarium verticillioides* on chlorophyll fluorescence parameters of two maize lines. **European Journal of Plant Pathology**, v. 154, n. 2, p. 337–346, 2019.
- BARBOSA, G. J.; ARRIEL, N. H. C. Feijão-fava e a agricultura familiar de Serraria, Paraíba, Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 35, n. 3, p. 387–403, 2018.
- BELISLE, R. J.; MCKEE, B.; HAO, W.; CROWLEY, M.; ARPAIA, M. L.; MILES, T. D.; ADASKAVEG, J. E.; MANOSALVA, P. Caracterização fenotípica de isolados geneticamente distintos de *Phytophthora cinnamomi* de abacate. **Fitopatologia**, v. 109, n. 3, pág. 384-394, 2019.
- BARREIRO NETO, M.; FAGUNDES, R. A. A.; BARBOSA, M. M.; ARRIEL, N. H. C.; FRANCO, C. F. O.; SANTOS, J. F. Características morfológicas e produtivas em acessos de feijão-fava consorciados. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.9, n.3, p.23-27, 2015.
- BENNETT, J. S.; ISAKEIT, T.; BORREGO, E. J.; ODVODY, G.; MURRAY, S.; KOLOMIETS, M. V. Identification of naturally occurring atoxigenic strains of *Fusarium verticillioides* and their potential as biocontrol agents of mycotoxins and ear rot pathogens of maize. **Crop Protection**, v. 167, n. January, p. 106197, 2023.
- CASSEL, J. L.; GYSI, T.; ROTHER, G. M.; PIMENTA, B. D.; LUDWIG, R. L.; DOS

SANTOS, D. B. Benefícios da aplicação de silício em plantas / Benefits of the application of silicon in plants. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 4, p. 6601–6615, 2021.

CERQUEIRA, A.; ALVES, A.; BERENGUER, H.; CORREIA, B.; GOMEZ-CADENAS, A.; DIEZ, J. J.; MONTEIRO, P.; PINTO, G. Phosphite shifts physiological and hormonal profile of Monterey pine and delays *Fusarium circinatum* progression. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 114, p. 88–99, 2017.

CHACÓN-SÁNCHEZ, M. I.; MARTÍNEZ-CASTILLO, J. Testing domestication scenarios of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in mesoamerica: Insights from genome-wide genetic markers. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. September, p. 1–20, 2017.

CHANG, S. C. (2014). **Identificação de isolados de *Fusarium verticillioides* micotoxigênicos em grãos de milho no Estado de Pernambuco**. 144 P. Tese (Doutorado em Biologia de Fungos) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pe. 2014.

COSTA, B. N. S.; NETO, A. R.; CHAGAS, P. C.; CHAGAS, E. A.; PASQUAL, M.; VENDRAME, W. A. Silicon in the Anatomy and Physiology of Banana Plant Leaves Under Temporary Immersion Bioreactors. **Agri-Environmental Sciences**, v. 7, n. 1, p. 10, 2021.

COSTA, M. L. N.; GONÇALVES, D. S. F.; MACHADO, J. C. Controle de *Fusarium verticillioides* em sementes de milho com o óleo essencial de gengibre. **Summa Phytopathologica**, v. 46, p. 250-254, 2020.

DEBONA, D.; RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E. Silicon's Role in Abiotic and Biotic Plant Stresses. **Annual Review of Phytopathology**, v. 55, p. 85–107, 2017.

DEBOUCK, D. G. Colombian Common and Lima Beans: Views on their Origin and Evolutionary Significance. **Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v. 1, n. 1, p. 7, 1996.

DEBOUCK, D.G. Systematics and morphology. In: VAN SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. (eds.) **Common beans: research for crop improvement**. Cali: CIAT. p. 55-181, 1991.

DELIOPOULOS, T.; KETTLEWELL, P. S.; HARE, M. C. Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. **Crop Protection**, v. 29, n. 10, p. 1059–1075, 2010.

DERESA, E. M.; DIRIBA, T. F. Heliyon Phytochemicals as alternative fungicides for controlling plant diseases : A comprehensive review of their efficacy , commercial representatives , advantages , challenges for adoption , and possible solutions. **Heliyon**, v. 9, n. 3, p. e13810, 2023.

FARIAS, O.; CRUZ, J.; GOMES, R. S.; SILVA, H.; NASCIMENTO, L. Atividade antifúngica do óleo de alecrim sobre sementes de *Phaseolus lunatus*. **Revistas de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 1, p. 23–30, 2020.

FERREIRA, J. S.; SILVA OLIVEIRA, A.; SANTOS, D. RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Phaseolus lunatus* L. CULTIVADA EM SEQUEIRO NO BREJO PARAÍBANO. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 4, n. 4, 2022.

GAUR, S.; KUMAR, J.; KUMAR, D.; CHAUHAN, D. K.; PRASAD, S. M. E.;

SRIVASTAVA, P. K. Fascinating impact of silicon and silicon transporters in plants: A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 202, n. July, p. 110885, 2020.

GOMES, R. S. S.; NUNES, M. C.; NASCIMENTO, L. C.; SOUZA, J. O.; PORCINO, M. M. Eficiência de óleos essenciais na qualidade sanitária e fisiológica em sementes de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 279–287, 2016.

GUIMARÃES, G. H. C.; MOREIRA, M. G. D.; SOUSA MARQUES, F. R.; MELO, D. A.; SILVA ARAÚJO, R. W. Importância das sementes crioulas de *Phaseolus lunatus* L. para a agricultura. **Políticas públicas, agricultura familiar e sustentabilidade**, v. 94, 2021.

HAO, W.; FÖRSTER, H.; ADASKAVEG, J. E. Resistance to Potassium Phosphite in *Phytophthora* Species Causing Citrus Brown Rot and Integrated Practices for Management of Resistant Isolates. **Plant disease**, v. 105, n. 4, p. 972–977, 2021.

HAWERROTH, C.; ARAUJO, L.; BERMÚDEZ-CARDONA, M. B.; SILVEIRA, P. R.; WORDELL FILHO, J. A.; RODRIGUES, F. A. Silicon-mediated maize resistance to macrospora leaf spot. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, n. 2, p. 192–196, 2019.

HEATHERINGTON, T. Seeds. Theorizing the contemporary. **Cultural Anthropology Journal**. Disponível em: <https://culanth.org/fieldsights/1161-seeds>. Acesso em: 22 fev. 2023.

HERNÁNDEZ VALENCIA, R. D.; JUÁREZ MALDONADO, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, A.; LOZANO CAVAZOS, C. J.; ZERMEÑO GONZÁLEZ, A.; GONZÁLEZ FUENTES, J. A. Influence of organic fertilizers and silicon on the physiology, yield, and nutraceutical quality of the strawberry crop. **Nova Scientia**, v. 14, n. 28, p. 1–16, 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Feijão-fava**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/fava/br>. Acesso em: 20 fev. 2023.

JUNQUEIRA, S.F.; OLIVEIRA, E.A. de; MASCARENHAS, R. de J. Caracterização físico-química da fava rajada (*Phaseolus Lunatus* L.) cultivada no sertão da Paraíba. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 5., 2010, Maceió. **Anais**. Maceió: [IFAL], 2010. p.1-7.

KING, M.; REEVE, W.; VAN DER HOEK, M. B.; WILLIAMS, N.; MCCOMB, J.; O'BRIEN, P. A.; HARDY, G. E. S. J. Defining the phosphite-regulated transcriptome of the plant pathogen *Phytophthora cinnamomi*. **Molecular Genetics and Genomics**, v. 284, n. 6, p. 425–435, 2010.

LAZAROTTO, M. **Identificação e caracterização de *Fusarium* spp. e *Pestalotiopsis* spp. associados a *Carya illinoensis* no Rio Grande do Sul**. 156 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2020.

LONDRES, F. **Sementes da Paixão e as Políticas Públicas de Distribuição de Sementes na Paraíba Sob a Orientação do Professor**. [s.l.: s.n.].

LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J. (ed.). Desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos. Recife: **EDUFRPE**, 2018. 208 p., il.

- MACHINANDIARENA, M. F.; LOBATO, M. C.; FELDMAN, M. L.; DALEO, G. R.; ANDREU, A. B. Potassium phosphite primes defense responses in potato against *Phytophthora infestans*. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 14, p. 1417–1424, 2012.
- MANDLIK, R.; THAKRAL, V.; RATURI, G.; SHINDE, S.; NIKOLIĆ, M.; TRIPATHI, D. K.; SONÁ, S.; DESHMUKH, R. Significance of silicon uptake, transport, and deposition in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 21, p. 6703–6718, 2020.
- MAQUET, A.; VEKEMANS, X. Z.; BAUDOIN, J. P. Phylogenetic study on wild allies of lima bean, *Phaseolus lunatus* (Fabaceae), and implications on its origin. **Plant Systematics and Evolution**, v. 218, n. 1-2, p. 43–54, 1999.
- MEDEIROS, S. S.; ALMEIDA, L. S.; PAULA, A. D.; MARINI, F. S.; ARRIEL, N. H. C. Caracterização morfoagronômica de fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016.
- MEHTA, S.; KUMAR, A.; ACHARY, V. M. M.; GANESAN, P.; PATEL, A.; SINGH, A.; RATHI, N.; DAS, T.; REDDY, M. K. Antifungal and defense elicitor activity of Potassium phosphite against fungal blast disease on ptxD-OE transgenic indica rice and its acceptor parent. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 182, n. August 2021, p. 105026, 2022.
- MENEGAES, J. F.; NUNES, U. R.; BELLÉ, R. A.; BACKES, F. A. A. L.; BARBIERI, G. F.; DE SOUSA, N. A.; DOS SANTOS, C. V. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cártamo armazenadas em diferentes períodos e embalagens. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 17022–17034, 2020.
- MORALES-MORALES, E. J.; MARTÍNEZ-CAMPOS, Á. R.; LÓPEZ-SANDOVAL, J. A.; CASTILLO GONZÁLEZ, A. M.; RUBÍ-ARRIAGA, M. Los fosfitos y sus aplicaciones en la agricultura. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 13, n. 2, p. 345–354, 2022.
- MOTA, J. M.; MELO, M. P.; SILVA, F. F. S.; SOUSA, E. M. J.; SOUSA, E. S.; BARGUIL, B. M.; BESERRA JR, J. E. A. Fungal Diversity in Lima Bean Seeds. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 11, n. 1, p. 79–87, 2017.
- MOURA, R. C.; DE ASSIS, R. M. A.; ROCHA, J. P. M.; LEITE, J. J. F.; PEREIRA, F. D.; DOS SANTOS, J. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; PINTO, J. E. B. P. Efetividade de fontes e doses de silício para o crescimento, pigmentos fotossintéticos e teor de cardenolídeos em *Digitalis mariana* Boiss subsp. *Heywoodii* in vitro. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 2, p. e5412239719, 2023.
- NASCIMENTO, M. D. G. R. D. **Aspectos genéticos e qualidade fisiológica de sementes crioulas de *Phaseolus Lunatus* L.** 135 p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2020.
- NUNES, M. C.; GOMES, R. S. S.; NASCIMENTO, L. C. Caracterização de sementes crioulas de feijão fava produzidas no estado da Paraíba. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 60, n. 2, p. 506–520, jun. 2023.
- OLIVEIRA, F. N.; TORRES, S. B.; BENEDITO, C. P. CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA E AGRONÔMICA DE ACESSOS DE FEIJÃO-FAVA, EM MOSSORÓ, RN. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 143–148, 2011.

OLIVEIRA, T. A.; SILVA, R. P.; SILVA, B. L.; FRANÇA SANTOS, F.; SOUZA CAVALCANTE, L.; SILVA, M. C.; ALBUQUERQUE, L. M. S.; SANTOS NETO, A. L. Caracterização Química, Fisiológica E Pós-Colheita De Plantas De Tomateiro Adubadas Com Silício Via Solo E Foliar / Chemical, Physiological and Post-Harvest Characterization of Tomato Plants Fertilized With Soil and Foliar Silicon. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 95097–95105, 2020.

QIU, S.; ZHAI, S.; GAO, H.; MI, H. Dynamics of biogenic silica accumulation and ecological characteristics in single-species communities and ecotones in Min River estuary, China. **Chemosphere**, v. 270, n. 128645, 2021.

RAHMAN, A.; WALLIS, C. M.; UDDIN, W. Silicon-induced systemic defense responses in perennial ryegrass against infection by *Magnaporthe oryzae*. **Phytopathology**, v. 105, n. 6, p. 748–757, 2015.

RESENDE, M. L. V.; RODRIGUES, F. Á.; BOTELHO, D. M. D. S.; JUNIOR, P. M. R.; REICHEL, T.; GUERRA-GUIMARÃES, L. Produtos alternativos para o controle de doenças das plantas. **Química**, n. 45, v. 163, p. 257-261, 2021.

RESENDE, R. S.; RODRIGUES, F. Á.; COSTA, R. V.; SILVA, D. D. Silicon and Fungicide Effects on Anthracnose in Moderately Resistant and Susceptible Sorghum Lines. **Journal of Phytopathology**, v. 161, n. 1, p. 11–17, 2013.

ROCHA, F. DA S.; MELO, M. P. DE; MUNIZ, M. DE F. S. Murcha de fusarium e podridão radicular em grão-de-bico: taxonomia, sintomatologia e etiologia. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 48919–48932, 2020.

ROHRIG, B. Murcha-de-Fusarium em feijão: saiba como identificar e manejar. **AEGRO**, 29 de dezembro de 2023. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/fusarium-feijao/>. Acesso em: 06/02/2024.

SÁNCHEZ-NAVARRO, V.; ZORNOZA, R.; FAZ, Á.; FERNÁNDEZ, J. A. Comparing legumes for use in multiple cropping to enhance soil organic carbon, soil fertility, aggregates stability and vegetables yields under semi-arid conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 246, n. 27, p. 835-841, 2019.

SARIKA, G.; AMRUTA, N.; KANDIKATTU, H. K.; BASAVARAJU, G. V.; SUMA, H. K.; MANJUNATH, B. L.; SRAVANI, C. H. Chemical profiling of camptothecin and methoxy camptothecin in *Nothapodytes nimmoniana* Grah. (Mabb.) during seed development, seed germination and their effects on seed-borne pathogens. **South African Journal of Botany**, v. 123, p. 113–123, 2019.

SILVA, S. I. A.; SOUZA, T.; SANTOS, D.; DA SILVA SOUZA, R. F. Avaliação dos componentes de produção em variedades crioulas de fava cultivadas no Agreste da Paraíba. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 731–742, 2019.

SOARES, A. N.; CRUZ, A. L. F.; CAMPOS, L. O.; GOMES, D.; MATOS FILHO, C. H. A.; MOURA GONÇALVES, F. C.; ARRUDA, F. P. Potencial do silício na produtividade e redução de danos da lagarta-do-cartucho em plantas de milho. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p. e593111335859-e593111335859, 2022.

SOLANO-BÁEZ, A. R.; DE ALBA, D. L. G.; VALDOVINOS-PONCE, G.; SILVA-ROJAS, H. V.; SOTO-ROJAS, L. La pigmentación de *Fusarium verticillioides* (Sacc.) como factor de virulencia en plántulas de maíz. **Agronomía Mesoamericana**, v. 22, n. 2, p. 297-307, 2011.

SNACK, C.; DELGADO-SALINAS, A. *Phaseolus in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB101162>>. Acesso em: 20 fev. 2023

SOUSA OLIVEIRA, A. E.; SIMEÃO, M.; MOUSINHO, F. E. P.; GOMES, R. L. F. Desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) sob déficit hídrico cultivado em ambiente protegido. **Holos**, v. 1, p. 143-151, 2014.

SOUZA, C. A. S.; PINTO, D. G.; AGUILAR, M. A. G.; COELHO, R. L.; JÚNIOR, A. J. G.; CAO, J. R.; SIQUEIRA, P. R. Influência do silício sobre o crescimento, a fluorescência da clorofila a e na incidência de insetos-pragas em genótipos de cacau. **Agrotropica (Itabuna)**, v. 24, n. 1, p. 31–40, 2012.

SOUZA, H.; JÚNIOR, K. S. F.; BRIGANTE, G. P.; SOUZA DIAS, M.; FERREIRA, N. S. Antecipação do controle da ferrugem-do-cafeeiro (*hemileia vastatrix*) com diferentes fungicidas. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 15, n. 3, p. 454-496, 2021.

STEFANELLI, L. E. P.; MOTA FILHO, T. M. M.; FERREIRA, L. C.; GARCIA, R. D. M.; DE CÁSSIA GALLO, C. (2020, September). FUSARIOSE E SUAS IMPLICAÇÕES NA AGRICULTURA. In IX JORNACITEC - **Jornada Científica e Tecnológica**, 2020.

SUSO, M.; BEBELI, P.; PALMER, R. Reproductive Biology of Grain Legumes. In: De Ron, A. (eds) Grain Legumes. **Handbook of Plant Breeding**, v. 10, 2015.

TOFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J. Sintomatologia, etiologia e manejo de doenças causadas por fungos e chromistas na cultura da batata. **O Biológico**, v. 84, n. November, p. 1–76, 2022.

TRIPATHI, D. K.; SINGH, V. P.; LUX, A.; VACULIK, M. Silicon in plant biology: From past to present, and future challenges. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 21, p. 6699–6702, 2020.

TSUTSUMI, C. Y.; BULEGON, L. G.; PIANO, J. T. Melhoramento Genético do Feijoeiro: Avanços, Perspectivas e Novos Estudos, no Âmbito Nacional. **Nativa**, v. 3, n. 3, p. 217–223, 2015.

TUNES, C. D.; GONÇALVES, V. P.; RODRIGUES, D. B.; SILVA ALMEIDA, A.; SILVA, J. B.; FRANCO, M. S. Fosfito de potássio como indutor de resistência em mutantes de tomateiro contra *Phytophthora infestans*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 2, p. 218–223, 2019.

WALKER, C.; MACIEL, C. G.; MILANESI, P. M.; MUNIZ, M. F. B.; MEZZOMO, R.; POLLET, C. S. Morphological, molecular and pathogenicity characterization of *fusarium acuminatum* and *fusarium verticillioides* to *cordia americana* seeds. **Ciencia Florestal**, v. 26, n. 2, p. 463–473, 2016.

WANG, M.; GAO, L.; DONG, S.; SUN, Y.; SHEN, Q.; GUO, S. Role of silicon on plant–pathogen interactions. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. May, p. 1–14, 2017.

XING, F.; HUA, H.; SELVARAJ, J. N.; ZHAO, Y.; ZHOU, L.; LIU, X.; LIU, Y. Growth inhibition and morphological alterations of *Fusarium verticillioides* by cinnamon oil and cinnamaldehyde. **Food Control**, v. 46, p. 343-350, 2014.

ZINSMEISTER, J.; LEPRINCE, O.; BUITINK, J. Molecular and environmental factors regulating seed longevity. **Biochemical Journal**, v. 477, n. 2, p. 305–323, 2020.