INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
CAIQUE MENEZES DE ABREU

EFEITO DE SILICATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NA SEVERIDADE DA ANTRACNOSE E NA MICROBIOTA ASSOCIADA AO FEIJOEIRO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.)

SÃO JOÃO EVANGELISTA
2016

CAIQUE MENEZES DE ABREU

EFEITO DE SILICATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NA SEVERIDADE DA ANTRACNOSE E NA MICROBIOTA ASSOCIADA AO FEIJOEIRO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.)

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Aderlan Gomes da Silva

SÃO JOÃO EVANGELISTA
2016

FICHA CATALOGRÁFICA

A163e 2016 ABREU, Caique Menezes de.

Efeito de Silicato de Cálcio e Magnésio na severidade da Antracnose e na Microbiota associada ao feijoeiro comum (Phaseolus vulgaris L). / Caique Menezes de Abreu. – 2016.
41f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, 2016.

Orientador: Dr. Aderlan Gomes da Silva.

1. Colletotrichum lindemuthianum. 2. Indutor de Resistência. 3. Silício. I. ABREU, Caique Menezes de. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista. III. Título.

CDD 631.8

Elaborada pela Biblioteca Professor Pedro Valério

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais Campus São João Evangelista

Bibliotecária Responsável: Rejane Valéria Santos – CRB-6/2907

CAIQUE MENEZES DE ABREU

EFEITO DE SILICATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NA SEVERIDADE DA ANTRACNOSE E NA MICROBIOTA ASSOCIADA AO FEIJOEIRO COMUM

(Phaseolus vulgaris L.)

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em 19 / 12 / 2016

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Aderlan Gomes da Silva
Instituto Federal de Minas Gerais- Campus São João Evangelista

Prof. Me. Alisson José Eufrásio de Carvalho
Instituto Federal de Minas Gerais- Campus São João Evangelista

Prof. (a) Ma. Fernanda de Lima Barroso
Instituto Federal de Minas Gerais- Campus São João Evangelista

À minha mãe Cinara Menezes Rocha,

Ao meu pai Pedro José de Abreu,

Aos meus familiares e amigos,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela presença constante em minha vida e amparo em todos os momentos.

Aos meus pais Cinara Menezes Rocha e Pedro José de Abreu, pelo apoio e incentivo ao longo dos anos.

Aos meus irmãos Cainã Menezes de Abreu e Pedro José de Abreu Júnior, pela cumplicidade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Aderlan Gomes da Silva, pelo voto de confiança, incentivo e orientações ao longo de minha formação acadêmica e na elaboração deste trabalho.

Aos meus professores, por me proporcionar o conhecimento nas diversas manifestações da educação no processo de formação profissional.

Ao Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista, servidores e funcionários a qual fazem parte.

Às minhas colegas Paloma Amorim, Adriana Carvalho, Camila Oliveira, Flamínia Campos, Kátia Cristina, Cleicimar Gomes, Alba Rocha e demais colaboradores, que me auxiliaram.

E a todos que acompanharam neste caminho, e contribuíram para o sucesso desta etapa de formação.

“Não reclame se a terra não é boa,
que o clima não é favorável,
não lhe cabe julgar a terra ou o tempo,
tua missão é semear”.

Vade Bernaski

RESUMO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) possui grande representatividade na dieta dos brasileiros, servindo de alimento base para a população, rico em proteínas, vitaminas, minerais e demais compostos. O desenvolvimento do feijoeiro é afetado por diversas doenças abióticas e bióticas, principalmente as de origem fúngica. O uso de novas alternativas de controle de doenças visa reduzir perdas, melhorar e assegurar a produtividade dos cultivos agrícolas e sustentabilidade dos sistemas de produção. A utilização de nutrientes minerais como potencializadores da resistência das plantas a doenças é uma técnica estudada há mais de 60 anos. Nos últimos 15 anos o uso de fontes silicatadas advindas de escória siderúrgica associadas a outros elementos minerais como cálcio e magnésio e de outros nutrientes essenciais têm sido realizado com sucesso como precursor a resistência em plantas. O silício é considerado um elemento mineral não essencial para as plantas, porém benéfico, de baixo custo e vem sendo testado em diversas plantas como o cafeeiro, o feijoeiro, o eucalipto, o pepino e diversas monocotiledôneas. Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de silicato de cálcio e magnésio na potencialização de resistência em plantas de feijoeiro comum, bem como, sua interação com a microbiota do solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na unidade de produção e pesquisado Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, em delineamento inteiramente casualizado, com plantas de feijoeiro do grupo carioca, em vasos de polipropileno (volume 2,5 dm^{-3}), avaliando os índices de severidade após 30 dias de inoculação da antracnose – *Colletotrichum lindemuthianum*, índices de desenvolvimento morfológico da cultivar (altura média, massa fresca e comprimento do sistema radicular, frequência absoluta do número de nódulos e frequência relativa entre a massa fresca e a frequência, de nódulos) e a microbiota do solo, submetidas a cinco concentrações de silicato de cálcio e magnésio ($CaSiO_3$ e $MgSiO_3$) (T_1: 0,0 g/dm^{-3}; T_2: 0,40 g/dm^{-3}; T_3: 2,0 g/dm^{-3}; T_4: 10,0 g/dm^{-3}; T_5: 50,0 g/dm^{-3}). A incorporação do silicato de cálcio e magnésio ao solo promoveu a ampliação dos níveis de pH (alcalinos), resultando em alteração no desenvolvimento morfológico, com diferença significativa no comprimento e formação de massa fresca do sistema radicular. Entretanto não houve influência das concentrações utilizadas quando à população microbiana do solo e inconclusivo para os índices de severidades patogênicas.

Palavra chave*: Colletotrichum lindemuthianum*. Indutor de Resistência. Silício.

ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) has great representativity in the diet of Brazilians, serving as food base for the population, rich in proteins, vitamins, mineral and other compounds. The development of common bean is affected by abiotic and biotic diseases, mainly of fungal origin. The use of new disease control alternatives aims to reduce losses, improve and ensure crop yields and sustainability of production systems. The use of mineral nutrients as a promoter of the induced resistance of plants to diseases is a technique studied for over 60 years. In the last 15 years the use of silicon sources derived from steel slag associated with other mineral elements such as calcium and magnesium and other essential nutrients has been successfully done precursor the resistance in plants. Silicon is considered a non-essential nutrient for plants, but beneficial. It is low cost and has been tested in several plants like bean, coffee, eucalyptus, cucumber and various monocotyledons. The aim of this work was to evaluate the effect of calcium and magnesium silicate on the induction of resistance in common bean plants, as well as their interaction with the soil microbiota. The experiment was conducted in a greenhouse at the production and research unit of the Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, in a completely randomized design with common bean plants of the group "carioca", in polypropylene pots (volume 2.5 dm^{-3}). The disease severity of antracnose caused by *Colletotrichum lindemuthianum*, indices of growth and the morphology of the plants was evaluated 30 days after inoculation. The bean plants were submitted to five concentrations of silicate of calcium and magnesium ($CaSiO_3$ and $MgSiO_3$) (T1: 0.0 g/dm^{-3}; T2: 0.40 g/dm^{-3}; T3: 2.0 g/dm^{-3}; T4: 10.0 g / $dm^{-}3$; T5: 50.0 g/dm^{-3}). The incorporation of calcium and magnesium silicate in the soil promoted the increase of pH levels (alkaline), resulting in a change in morphological development, with a significant difference in length and fresh mass formation of the root system. However, there was no influence of the concentrations used when the soil microbial population.

Keywords*: Colletotrichum lindemuthianum*. Induced resistance. Silicon.

LISTAS DE FIGURAS

Figura **Página**

01 Esquema de tutoramento das plantas de feijão evidenciando pelas setas a conformação das gavinhas sobre o tutor..... **24**

02 Estrutura da câmara úmida. A) Vista frontal. B) Interior da câmara, com sistema de nebulização e tutoramento. C) Vista lateral..... **26**

03 Representação gráfica da altura (cm^{-1}) do feijoeiro comum *Phaseolus vulgaris* L., em função das concentrações de silicato de cálcio e magnésio no substrato (T_1 – 0,0 g/planta; T_2 – 1,0 g/planta; T_3 – 5,0 g/planta; T_4 – 25,0 g/planta e T_5 – 125,0 g/planta), modelo ajustado ($Y= -0,013x^2 + 1,631x + 35,38$)..... **28**

04 Representação gráfica da Massa fresca do sistema radicular do feijoeiro comum *Phaseolus vulgaris* L., em função das concentrações de silicato de cálcio e magnésio no (T_1 – 0,0 g/planta; T_2 – 1,0 g/planta; T_3 – 5,0 g/planta; T_4 – 25,0 g/planta e T_5 – 125,0 g/planta) expressa em grama (g^{-1}), modelo ajustado ($Y= -0,001x^2 + 0,169x + 15,21$)..... **29**

05 Representação gráfica do comprimento radicular do feijoeiro comum *Phaseolus vulgaris* L., em função das concentrações de silicato de cálcio e magnésio no (T_1 – 0,0 g/planta; T_2 – 1,0 g/planta; T_3 – 5,0 g/planta; T_4 – 25,0 g/planta e T_5 – 125,0 g/planta), modelo ajustado ($Y=- 0,001x^2 + 0,067x + 28,95$)..... **30**

06 Relação entre nodulação, dose de silicato e massa fresca de raízes. **a)** Representação gráfica da frequência absoluta do número de nódulos do sistema radicular, em relação simbiótica planta/micro-organismo do feijoeiro, em função das concentrações de silicato de cálcio e magnésio no substrato (T_1 – 0,0 g/planta; T_2 – 1,0 g/planta; T_3 – 5,0 g/planta; T_4 – 25,0 g/planta e T_5 – 125,0 g/planta), modelo ajustado ($Y= -0,222x^2 + 25,28x + 447,3$). **b)** Representação gráfica da frequência absoluta do número de nódulos do sistema radicular, em relação simbiótica planta/micro-organismo do feijoeiro, em função da quantidade de massa fresca da raiz produzida por planta em cada concentrações de silicato de cálcio e magnésio no substrato (T_1 – 0,0 g/planta; T_2 – 1,0 g/planta; T_3 – 5,0 g/planta; T_4 – 25,0 g/planta e T_5 – 125,0 g/planta) modelo ajustado ($Y = 0,015x + 6,311$)..... **31**

07 Temperaturas (máxima e mínima) registradas em casa de vegetação no período de incubação do inóculo de *Colletotrichum lindemuthianum* em plantas *Phaseolus vulgaris* L., do grupo “carioca”..... **33**

08 Secções avaliadas 30 dias após a inoculação do patógeno *Colletotrichum lindemuthianum*..... **34**

09 Aspecto morfológico das plantas do tratamento T_1 (0,0 g/dm³) após 30 dias de inoculação de *Colletotrichum lindemuthianum*. Estádio fenológico R_{8-9}, apresentando amarelecimento das vagens e senescência das folhas (imagem A); Imagem B - D, sinais no caule e Imagem C – E, sinais necróticos no limbo foliar..... **34**

10 Aspecto morfológico das plantas do tratamento T_2 (0,40 g/dm³) após 30 dias de inoculação. Estádio fenológico R_{8-9}, apresentando amarelecimento das vagens e senescência das folhas (imagem A); Imagem B - D, sinais no caule e Imagem C – E, sinais necróticos no limbo foliar..... **35**

11 Aspecto morfológico das plantas do tratamento T_3 (2,00 g/dm³) após 30 dias de inoculação. Estádio fenológico R_{8-9}, apresentando amarelecimento das vagens e senescência das folhas (imagem A); Imagem B - D, sinais no caule e Imagem C – E, sinais necróticos no limbo foliar..... **35**

12 Aspecto Morfológico das plantas do tratamento T_4 (10,0 g/dm³) após 30 dias após a inoculação. Estádio fenológico R_{8-9}, apresentando amarelecimento das vagens e senescência das folhas (imagem A); Imagem B - D, sinais no caule e Imagem C – E, sinais necróticos no limbo foliar..... **36**

13 Aspecto Morfológico das plantas do tratamento T_5 (50,0 g/dm³) após 30 dias de inoculação. Estádio fenológico R_{8-9}, apresentando amarelecimento das vagens e senescência das folhas (imagem A); Imagem B - D, sinais no caule e Imagem C – E, sinais necróticos no limbo foliar..... **36**

LISTAS DE TABELAS

Tabela		Página
01	Descrição fenológica do Desenvolvimento das Plantas do feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. em Ciclo Produtivo.....	**15**
02	Tratamentos com escória silicatada nas proporções Ca^{2+} 25%, Mg^{2+} 6,0%, Si 10,5% utilizados na indução de resistência do feijoeiro comum.....	**22**
03	Características químicas do substrato utilizado antes da aplicação dos tratamentos (experimentação).....	**23**
04	Análise de Correlação entre as variáveis mensuradas em função das dosagens de escória silicatada associada ao feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.).....	**27**
05	Resumo da análise de variância dos dados relativos às variáveis mensuradas: massa fresca do sistema radicular (MFSR), comprimento do sistema radicular (CSR), altura de planta e número de nodulação.....	**27**
06	Teores de pH solúvel em água em função das dosagens de Silicato de Cálcio e Magnésio.....	**30**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO..... **12**

2. REFERENCIAL TEÓRICO..... **14**

2.1 ASPECTOS BOTÂNICOS..... **14**

2.2 A DINÂMICA DA CULTURA DO FEIJOEIRO..... **15**

2.3 DOENÇAS FÚNGICAS DO FEIJOEIRO..... **17**

2.4 INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS..... **19**

2.5 SILÍCIO COMO ELEMENTO INDUTOR DE RESISTÊNCIA AS PLANTAS..... **20**

3. MATERIAL E MÉTODO..... **22**

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... **27**

5. CONCLUSÃO..... **37**

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... **38**

1. INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é amplamente utilizado como fonte protéica vegetal, sendo um produto agrícola de grande importância socioeconômica (SOARES et al., 2006). A produção e comercialização de feijão são afetadas por diversos fatores além da área plantada, entre eles as condições edafoclimáticas, o processo de colheita, beneficiamento, transporte, insetos-praga e suscetibilidade às doenças. A ocorrência de moléstias pode causar perdas no potencial produtivo, além da redução da qualidade dos grãos (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011). Para evitar os danos advindos da ocorrência de doenças várias medidas de controle podem ser adotadas, consistindo, no uso de plantas geneticamente tolerantes e/ou resistentes, quando disponíveis, o plantio em épocas desfavoráveis ao patógeno, adoção de rotação de culturas, uso de agrotóxicos e uso de nutrição mineral adequada (AGRIOS, 2005).

A adubação mineral adequada é uma grande aliada no controle de doenças de plantas e seu uso tem crescido devido aos níveis satisfatórios de redução de severidade e de incidência que têm sido atingidos em diversas culturas, tanto monocotiledôneos quanto dicotiledôneas, graças ao uso de fontes de silício (CORREA et al., 2005; MORAES, 2009; CARRÉ-MISSIO, 2012).

A antracnose do feijoeiro é causada pelo agente fitopatogênico *Colletotrichum lindemuthianum.* É uma das doenças mais importantes na cultura do feijoeiro no estado de Minas Gerais, sobretudo em regiões com alta umidade e com temperatura média de 25°C, favorecendo sua disseminação e severidade. O fungo atinge toda a parte aérea desde os caules, folhas, vagens e sementes da planta, e é na região da parte aérea onde são observados os sintomas da doença. Os sintomas característicos são encontrados nas folhas, apresentando na face abaxial lesões necróticas, de cor marrom escura nas nervuras, entretanto também acometem haste e vagens. Os sintomas e a severidade podem variar de acordo com as condições nutricionais da planta e as condições ambientais (PAULO JUNIOR et al., 2015; AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011).

A antracnose e outras doenças primárias podem ser controladas por meio de práticas culturais, como: uso de sementes sadias, uso de cultivares resistentes, por intermédio de defensivos químicos ou até mesmo pela associação de técnicas de nutrição com uso de produtos coadjuvantes. O silicato de cálcio tem sido empregado com sucesso no manejo de algumas culturas, abrindo um leque de possibilidades de uso, como um agente de correção da acidez do solo ou como um coadjuvante para adequação da nutrição de plantas. Sua ação pode

ser em decorrência da atuação do silício na planta ou devido à ação do cálcio ou magnésio (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011; MORAES et al., 2006; LIMA FILHO, 2016).

O cálcio possui importante ação no metabolismo das plantas, sendo um sinalizador em diversos processos metabólicos, fazendo parte de moléculas como calmodulina, atuando como cofator enzimático e na síntese de calose (PASCHOLATI, 2011). O magnésio é um importante cofator enzimático e está presente na molécula de clorofila, dessa forma, é indispensável para a produção de carboidratos pela planta, constituindo-se como fonte energética para os processos fisiológicos, além de compor a estrutura básica de diversas biomoléculas como os ácidos nucléicos, aminoácidos e proteínas (MARSCHNER, 2012).

O silício é absorvido pelas plantas na forma de ácido monossilícico - H_4SiO_4 (JONES; HANDREK, 1967). Seu transporte, na mesma forma assimilada, é feito através do xilema, sendo sua distribuição dependente da transpiração dos órgãos envolvidos. Nas folhas de arroz, forma-se uma camada dupla de sílica abaixo da cutícula nas células epidérmicas. Segundo alguns autores (MALAVOLTA, 1980; MARSCHENER, 2012) essa camada de sílica limita a perda d'água pelas folhas e dificulta a penetração e o desenvolvimento de corpos de frutificação fúngicos.

O uso de silicato de cálcio e magnésio na adubação do feijoeiro poderia reduzir a ocorrência de danos advindos de doenças como antracnose, assim como observado por Moraes et al., (2006; 2009) para a referida cultura. Paula Júnior (2009) observou a redução de mofo branco em plantas que receberam a aplicação de silicato de cálcio.

Objetivou-se, com a realização do presente trabalho, avaliar o efeito do silicato de cálcio e magnésio na potencialização da resistência em plantas de feijoeiro comum, bem como, sua interação com a microbiota do solo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Serão abordados no presente item aspectos relevantes sobre a cultura do feijoeiro, incluindo doenças, sobre a indução de resistência e o papel do silício na indução de resistência.

2.1 ASPECTOS BOTÂNICOS

O feijoeiro pertence à família Fabaceae. A planta é originária das Américas, sendo que dentre as 55 espécies, o feijão comum, *P. vulgaris*, é amplamente utilizado na dieta alimentar nos cincos continentes (CARNEIRO; PAULA JUNIOR e BORÉM, 2015; WANDER et al., 2010).

As espécies de *Phaseolus* possuem uma gama de variabilidade em relação à morfologia, quando comparadas espécies silvestres e espécies cultivadas, expressa principalmente pelas características da flor, fruto e sementes (SILVA, 2003).

As plantas do feijoeiro constituem um grupo de leguminosas capazes de promover a formação de estruturas hipertróficas (nódulos) em seu sistema radicular e em relação simbiótica com bactérias capazes de fixar nitrogênio atmosférico - N_2. Esta simbiose permite a fixação de cerca de 40 % N (nitrogênio) necessário para a produção de grãos (SANTOS et al., 2015; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O ciclo da cultura é um dos fatores que lhe confere a possibilidade de cultivo em três diferentes épocas do ano (outubro-novembro / safra das “águas”; fevereiro-março/ safra da “seca” e abril-junho / safra de inverno). Com intervalo médio entre 70 a 110 dias para finalização do ciclo produtivo, dependendo da cultivar e das condições climáticas a qual o cultivo encontra-se inserido. O conhecimento das etapas de desenvolvimento da planta do feijoeiro é fundamental para a tomada de decisões em relação ao manejo fitossanitário, de condução nutricional e de plantas daninhas (QUINTELA et al., 2005).

Para otimização das práticas de manejo é de suma importância o conhecimento da fenologia, caracterizada pelo estudo dos fenômenos periódicos das plantas como brotação, floração e a frutificação, marcando-lhes as épocas e os caracteres morfológicos presentes (Tabela 01). A aplicação da descrição fenológica da planta do feijoeiro implica na maior precisão no reconhecimento das etapas de desenvolvimento e eventos epidemiológicos, deixando de lado as influências pelo ambiente proporcionando recomendações mais eficientes

das práticas fitotécnicas, sejam estas alocadas na região norte/nordeste, sul/sudeste ou centro-sul (SANTOS et al., 2015; QUINTELA et al., 2005; KIMATI et al., 2005).

Tabela 01 Descrição fenológica do Desenvolvimento das Plantas do feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. em Ciclo Produtivo.

Estádio	Descrição[2]
V_0	Germinação, ocorrência da absorção de água e sua transformação em raiz primária.
V_1	Emergência: os cotilédones aparecem ao nível do solo e começam a separar-se. O epicótilo inicia o desenvolvimento.
V_2	Folhas primárias: folhas primárias em posição horizontal completamente aberta.
V_3	Primeira folha trifoliolada: abertura da 1ª folha trifoliolada e surgimento da 2ª folha trifoliolada.
V_4	Terceira folha trifoliolada: abertura da 3ª folha trifoliolada, gemas e nós inferiores produzem ramas.
R_5	Pré-floração: aparecimento do primeiro botão floral e o primeiro racimo.
R_6	Floração: abre-se a primeira flor.
R_7	Formação das vagens: aparece a primeira vagem.
R_8	Enchimento das vagens: inicia o enchimento da primeira vagem (crescimento das sementes). Inicio da senescência.
R_9	Maturação fisiológica: as vagens perdem a pigmentação e começam a secar. As sementes adquirem a coloração típica da cultivar.

[1] V_n= fase vegetativa; R_n = fase reprodutiva.
[2] Cada etapa inicia-se quando 50% das plantas mostram as condições que correspondem à descrição da etapa.
Fonte: QUINTELA et al., 2005.

2.2 A DINÂMICA DA CULTURA DO FEIJOEIRO

O feijoeiro comum, *P. vulgaris*, é uma planta originária das Américas, caracteriza-se por ser uma das principais espécies com maior relevância socioeconômica para o Brasil, pois o grão apresenta 6 a 11% de índices protéicos em sua composição com ação hipocolesterolêmica, rico em fibra alimentar, vitaminas e compostos bioativos (inibidores de proteases) (WANDER et al., 2010; CARNEIRO et al., 2015).

A cultura possui pouca expressão na exportação, uma vez que quase todos os países produtores do Mercosul são também grandes consumidores. Nacionalmente, o destaque para a produção de feijão é devido à adaptada às condições edafoclimáticas e a relação socioeconômica promovida pela atuação de agricultores familiares conferindo ampla distribuição de área cultivada ao longo do território brasileiro (CARNEIRO; PAULA JUNIOR; BORÉM, 2015; CONAB, 2015).

Nos últimos quatro anos, a produção média de feijão em países que compõem o Mercosul permaneceu estável, com média de 3,6 milhões de toneladas, sendo o Brasil o principal produtor com cerca de 3,1 milhões de toneladas anuais, seguido da Argentina, com 350 mil toneladas, Paraguai, com 56 mil toneladas e Uruguai com 3,5 mil toneladas (CONAB, 2015; 2016).

A produção do feijão quando comparada aos demais grãos produzidos no Brasil possui características bastante peculiares, entre estas, a possibilidade de produção do grão em três safras por ano. Todavia nos dois últimos anos a área cultivada na primeira e segunda safra apresentou um decréscimo de 11,6% em relação à safra pretérita, decorrente da dificuldade encontrada em relação ao custo beneficio do controle da mosca branca (*Bemisia tabaci*, biótipo B.) nos estados produtores da região sudeste. Em paralelo à situação sudeste, a região nordeste enfrentou a adversidade climática resultando numa retração de produção de 1.224,5 mil toneladas quando comparada as safras de 2013/2014. Na terceira safra (safra de inverno) os estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Bahia, Pará, Pernambuco e Alagoas, mantiveram índices abaixo da média, cerca de 2,4% abaixo da área cultivada nas safras anteriores; e a região centro-sul com queda expressiva de área agricultada com feijão. Entretanto, na região norte e nordeste do Brasil, observa-se um ligeiro aumento no cultivo, limitado de certa forma pela escassez de chuvas e substituição em algumas áreas do consórcio milho-feijão pelo milho solteiro (CONAB, 2015; 2016; BARBOSA; OLIVEIRA, 2012; GONTIJO NETO, 2015).

A oscilação na produtividade do grão é uma das consequências decorrente da desatualização das tabelas de custos de produção, tendo em vista a demanda de técnicas que a atividade vem requerendo nos últimos anos em função da variação nas adversidades climáticas, a forte elevação dos preços dos insumos puxados pela alta do dólar e pelo intenso ataque de pragas e doenças (com destaque para a mosca branca e doenças fúngicas), o que eleva a demanda por tecnologias. Contudo, as perspectivas apontam para a estabilidade produtiva na safra 2016/2017 se controlados alguns fatores causais da redução do cultivo (CONAB, 2015; 2016; BARBOSA; OLIVEIRA, 2012).

2.3 DOENÇAS FÚNGICAS DO FEIJOEIRO

O feijoeiro é uma leguminosa hospedeira de diversas doenças causadas por agentes fúngicos, bacterianos, virais e nemátodos. A importância de cada doença varia segundo a época de plantio, local e cultivar utilizada (BARBOSA e OLIVEIRA, 2012). Segundo Agrios (2005), existem na natureza mais de 10.000 espécies de fungos causadores de doenças em plantas, havendo para cada espécie vegetal um ou mais fungos fitopatogênicos relacionados, podendo ser classificados em fungos de parte aérea e de solo.

De acordo com Barbosa e Oliveira (2012), existem por volta de quatorze agentes fitopatogênicos de origem fúngica, com características que causam riscos e danos ao desenvolvimento e produtividade do feijoeiro. Os fungos que acometem a parte aérea provocam lesões no limbo foliar, nas nervuras das folhas e também nas vagens, atuando em quaisquer estádios fenológico da cultura.

Os fungos de parte aérea geralmente são mais danosos que os de solo. Entre as principais doenças fúngicas a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum*, provoca grande redução na produtividade. A incidência deste fitopatógeno é favorecida em alta umidade (ou épocas muito chuvosa) e temperaturas amenas (variando de 15 a 25 ºC), com ação cosmopolita é amplamente disseminada e em condições ideais pode ser determinante nos índices de produção das diferentes safras brasileiras (PAULA JÚNIOR et al., 2015; KIMATI, 2005).

O fungo *C. lindemuthianum*, diferentemente dos outros patógenos que causam doenças da parte aérea, não é disseminando a longa distância pelo vento. A antracnose apresenta grande variabilidade patogênica com cerca de 30 a 50 raças na América Latina, entre as mais recentes identificadas no Brasil estão: 08, 09, 17, 23, 31, 64, 65, 67, 73, 75, 77, 79, 81, 83, 85, 87, 89, 95, 96, 101, 105, 109, 111, 123, 125, 127, 193, 321, 337 e 593. O fungo produz micélio septado e ramificado, de coloração hialina a quase negra, à medida que envelhece. Os conidióforos formados são hialinos, eretos, sem ramificação, com comprimento de 40 a 60µm e acérvulos providos de setas que se desenvolvem sobre a massa estromática, sua fase perfeita corresponde ao ascomiceto *Glomerella cingulata* f. sp. *phaseoli*. Esta variabilidade patogênica dificulta o emprego da resistência genética (PAULA JÚNIOR et al., 2015; KIMATI, et al., 2005; BARBOSA e OLIVEIRA, 2012).

Os sintomas aparecem por toda a planta, iniciando-se com pequenos sinais e expandindo-se podendo provocar perdas de até 100% na cultura, principalmente quando ocorre no início do desenvolvimento da lavoura, quando associada a condições favoráveis para sua disseminação (KIMATI et al., 2005). Notam-se lesões de coloração marrom a preta nos cotilédones em decorrência da presença de inóculo na semente. Expandindo-se ao caule e folhas, as lesões são normalmente elípticas, deprimidas e escuras, às vezes causam escurecimento das nervuras na face inferior das folhas; nas vagens, as lesões são circulares e deprimidas, de coloração marrom clara ou escura com centro mais claro. Em climas favoráveis há formação de lesões com massa de esporos róseos, denominado estádio de esporulação. Além de danos diretos, a antracnose pode provocar danos indiretos pela depreciação dos grãos de feijão, ocasionando manchas indesejáveis para a comercialização (GONTIJO NETO, 2015).

Para que a doença ocorra, é necessário que haja molhamento foliar por no mínimo seis horas. Após a criação da umidade local, associada às taxas de temperatura ideais, os conídios germinam em 6 a 9 horas, formando tubos germinativos, apressórios que penetram mecanicamente pela cutícula e epiderme do hospedeiro. Posteriormente ocorre o aparecimento dos sintomas após seis dias do início da infecção (PAULA JÚNIOR et al., 2015; KIMATI et al., 2005). Corroborando, Dalla Pria; Amorim e Bergamin Filho (2003), ressalta a influência direta do período de molhamento em relação com a temperatura, onde, o ponto ótimo varia entorno de 17 ºC com intervalo entre 6 °C a 33 ºC. Entretanto, as baixas e altas temperaturas promovem a diminuição do período de incubação, já o período de molhamento que ajusta a curva de aumento da severidade da doença engloba faixas de tempo entre 18 a 24 horas, sendo 6h o mínimo de molhamento da área foliar para surgimento da doença.

Dentre as moléstias causadas por patógenos fúngicos no feijoeiro se destacam além da antracnose (*Coletotrichum lindemuthianum*) as seguintes doenças: mancha angular (*Pseudocercospora griseola*), ferrugem (*Uromyces appendiculatus*), mofo-branco (*Scleronias clerotiorum*), murcha de fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*), podridões radiculares (*Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani*), oídio (*Erysiphe polygoni*), mancha-alternaria (*Alternaria* spp.), sarna (*Colletotrichum trucatum*), carvão (*Microbotryum phaseoli*), mela (*Thanatephorus cucumeris*) e podridão cinzenta do caule (*Macrophomina phaseolina*) (CARNEIRO; PAULA JUNIOR e BORÉM, 2015; KIMATI et al., 2005).

A utilização de sementes sadias, de cultivares melhoradas (geralmente tolerantes ou resistentes às principais doenças) e manejo de técnicas de condução auxiliares (rotação de

cultura, irrigação adequada, nutrição do solo e entre outros) compõem as medidas eficazes no Manejo Integrado de Doenças – MID, levando em conta o sistema de plantio, o histórico da área e a relação custo/beneficio da aplicação de cada medida em particular (PAULA JÚNIOR et al., 2015).

2.4 INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS

A resistência de plantas é caracterizada pela interação hospedeiro-patógeno na busca pela sobrevivência, desta maneira cada organismo apresenta mecanismos de ataque e/ou defesa através das quais determinará se o hospedeiro é resistente ou suscetível ao ataque. A resistência de um hospedeiro, dentro do contexto da fisiologia do parasitismo é a capacidade da planta em atrasar e/ou evitar a entrada e/ou subsequente atividade de um patógeno em seus tecidos (PASCHOLATI, 2011).

A efetividade da resistência é caracterizada pela dinâmica das expressões do mecanismo em uma sequência lógica após o contato do patógeno em potencial com o hospedeiro. Os indutores de resistência induzida influenciam o progresso das doenças na cultura do feijoeiro exercendo algum controle sobre agente patogênico *C. lindemuthianum*, como descrito em estudos por Gontijo Neto (2015).

A resistência sistêmica induzida em plantas também conhecida como indução de proteção ou imunidade adquirida envolve a ativação dos mecanismos latentes de resistência em uma planta através de tratamentos com agentes externos, que podem ser de origem biótica ou abiótica (PASCHOLATI, 2011). Em consonância, as substâncias químicas introduzidas no tecido vegetal incitam respostas morfofisiológicas do organismo vegetal responsável pela resistência de caráter não específico, podendo atuar por toda a planta ou em locais específicos, denominando resistência sistêmica adquirida (STANGARLIN et al., 1999, p. 21 apud GONTIJO NETO, 2015, p. 1 - 68[1]; PASCHOLATI, 2011).

A durabilidade do efeito de proteção é decorrente ao tipo de indutor e do vegetal envolvido, com capacidade de permanência em dias ou até mesmo por todo o ciclo de vida da planta (PASCHOLATI, 2011).

[1] STANGARLIN et. al., 1999 apud GONTIJO NETO, 2015, p. 1 – 68.

2.5 SILÍCIO COMO ELEMENTO INDUTOR DE RESISTÊNCIA

Embora o silício não seja considerado um elemento essencial para o desenvolvimento e produtividade das culturas, o seu uso na adubação tem trazido grandes revelações ao estímulo do crescimento e produção vegetal. Quando adicionado na forma de adubo há o favorecimento na interação química entre vários elementos essenciais para a nutrição da planta, proporcionando proteção contra fatores abióticos, como estresse hídrico, toxidez de alumínio e ferro; e biótica como diminuição da incidência de insetos-pragas e doenças fúngicas (POLANCZYK et al., 2008; KORNDÖRFER; PEREIRA; CAMARGO, 2002; LIMA FILHO, 2010).

As fontes silicatadas, na forma sólida ou líquida, devem ser aplicadas como prática auxiliar no controle de pragas e doenças. A utilização do silicato de cálcio e magnésio ($CaSiO_3$ e $MgSiO_3$) está relacionada ao aumento na disponibilidade de silício (Si), elevação do pH, ampliação da disponibilidade cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}) trocáveis do solo e ao aumento da disponibilidade de fósforo, além da neutralização de metais pesados fitotóxicos para as plantas (BARBOSA et al., 2008; FERNANDES et al., 2009).

O uso de compostos silicatados como veículo de indução de resistência para plantas de crisântemo ao ataque de insetos pragas (mosca minadora – *Lyriomyza* sp.) foi atribuída a interação entre as dosagens de escória silicatada versus fatores genéticos das plantas, onde, hipoteticamente a capacidade de absorver o silício altera de acordo com cada indivíduo/planta, com o envolvimento de genes aditivos ou não aditivos no mecanismo de absorção do silício. Assim, genótipos de uma mesma espécie podem responder de forma diferente às mesmas dosagens do elemento, evidenciados por Polanczyk et al., (2008).

Colaborando com o exposto, Fernandes et al., (2009) e Korndörfer; Pereira; Camargo, (2004), afirmam que os silicatos têm comportamento no solo similar ao dos carbonatos de cálcio e magnésio, sendo capazes de elevar o pH e neutralizar o alumínio trocável, quando aplicados como corretivo. Ainda por comportamento semelhante ao dos carbonatos, ocorrem sítios de troca com fósforo adsorvido nas argilas deslocando estes nutrientes para a solução do solo, tornando-os assim, mais assimiláveis pelas plantas.

Nas plantas o silício é pouco móvel devido à ausência de carga elétrica. Absorvido na forma de ácido monosilícico (H_4SiO_4) seu transporte é realizado energeticamente passivo, na mesma forma assimilada, é feito através do xilema, sendo sua distribuição dependente da transpiração dos órgãos envolvidos (KORNDÖRFER; PEREIRA; CAMARGO, 2002; MALAVOLTA, 1980).

O ácido monossilícico depois de absorvido é depositado nas paredes das células da epiderme e no retículo endoplasmático formando uma barreira física, estável à penetração de alguns agentes fúngicos e ao ataque de insetos-praga. Semelhante ao papel da lignina, a camada de sílica (na forma amorfa hidratada $SiO_2.nH_2O$) forma complexos com poli fenóis, entre a cutícula e a epiderme, constituindo uma barreira física com rigidez e elasticidade dificultando a perturbação de agentes patogênicos e de insetos-praga (KORNDÖRFER; PEREIRA; CAMARGO, 2002; BARBOSA et al., 2008; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Diversos autores obtiveram resultados satisfatórios no ganho de massa seca, teores de fibra e resistência à ação de pragas e doenças fúngicas quando utilizadas escórias silicatadas no manejo de culturas como: forrageiras, ornamentais, arroz, cana soca, sorgo, feijão, café e entre outras espécies (COUTO, 2011; SANCHES, 2003; BEZERRA, 2013; POLANCZYK, et al., 2008; ZANÃO JUNIOR et al., 2009; DEMATTÊ et al., 2011; KORNDÖRFER; PEREIRA; CAMARGO, 2002; FERNANDES et al., 2009; LEITE et al., 2008; TEXEIRA et al., 2008; BARBOSA et al., 2008; PAIVA, et al., 2015;).

Segundo Taiz e Zeiger (2009), plantas deficientes em silício são mais suscetíveis ao acamamento e à infecção fúngica. Mendes et al., (2011), mencionam que o silício pode ser considerado como um elemento benéfico ou útil, considerando-se sua capacidade de desencadear processos bioquímicos (importantes em reações de armazenagem de energia ou manutenção da integridade estrutural). Desta maneira, influencia no aumento da taxa fotossintética da planta conferindo-lhe aumento nos níveis de massa seca e produtividade das plantas, embora, tenha-se observado ganho de resistência em algumas espécies.

Em estudos com a utilização do silício via solo Zanão Júnior et al. (2009), observaram que este elemento aumentou no órgão foliar, o qual promoveu eficiência na indução de resistência à mancha parda no cultivo de arroz (*Oryza sativa*), diferentemente observado quando aplicado via foliar, caracterizando com ineficiente. Bezerra et al. (2013), notaram que a utilização de silicato de cálcio e magnésio ($CaSiO_3$ e $MgSiO_3$) associada à adubação residual da soja não promoveu aumento significativo do crescimento de plântulas, biomassa, produtividade e massa de 100 grãos cheios.

Teixeira et al. (2008), examinando as fontes de silício via foliar em cultivares de feijão nas safras das “águas” e da “seca”, ressaltam a redução da severidade de antracnose e mancha angular na safra das “águas” e de crestamento bacteriano na “seca”, entretanto os parâmetros de rendimento de grãos não foram influenciados pela adubação silicatada.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com malha de sombra para 50% de luminosidade, alocada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista. A cidade de São João Evangelista situa-se a uma altitude média de 689 metros, latitude sul de 18º 32’ e longitude oeste de 42º 45’. O clima regional é do tipo Cwa, pela classificação internacional de Köppen.

O experimento foi instalado no período de junho a outubro de 2016, utilizando-se plantas do grupo “carioca” de *P. vulgaris*, com considerada resistência à antracnose. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC) com oito repetições (quatro repetições destinada à análise de severidade da doença e quatro repetições para análise morfológico da planta e da microbiota do solo), sendo estudado o efeito de cinco concentrações de silicato de cálcio e magnésio, descritos na Tabela 02. O silicato de cálcio e magnésio utilizado, Agrosilício®, foi oriundo de uma escória silicatada e apresentaram-se as seguintes proporções: Ca^{2+} 25%, Mg^{2+} 6,0%, Si 10,5%.

Tabela 02 Tratamentos com escória silicatada nas proporções Ca^{2+} 25%, Mg^{2+} 6,0%, Si 10,5% utilizados na indução de resistência do feijoeiro comum.

Tratamento[1]	Dose (g^{-1}/planta)	Dose (g^{-1}/dm^3)	Dose ($kg^{-1}/há^{-1}$*)
T_1	0	0,00	0
T_2	1	0,40	80
T_3	5	2,00	400
T_4	25	10,0	2000
T_5	125	50,0	10000

[1] Composição da escória silicatada: Ca^{2+} 25%, Mg^{2+} 6,0%, Si 10,5%. * considerando 20 cm de profundidade. Fonte: o autor.

Cada unidade experimental foi constituída de um único vaso de polipropileno, com capacidade de 2,5 dm^{-3}(volume), preenchidos com substrato contendo uma combinação de quatro partes de solo para uma parte de composto orgânico (esterco bovino), respectivamente na proporção 4:1 (v/v), contendo uma planta passível de avaliação. O substrato foi previamente incubado por 15 dias, com a umidade do solo mantida em capacidade de campo. Antes da instalação do experimento retirou-se uma amostra do substrato para análise das características químicas presentes no solo (CFEMG,1999) (Tabela 03).

Tabela 03 Características químicas do substrato utilizado antes da aplicação dos tratamentos (experimentação)

Atributos*	Teores
pH em água	5,81
P Merlich^{-1}(cmol$_c$/dm^3)	112,9
K Merlich^{-1}(cmol$_c$/dm^3)	620
Ca^{2+} (cmol$_c$/dm^3)	4,55
Mg^{2+}(cmol$_c$/dm^3)	1,60
Al^{3+} (cmol$_c$/dm^3)	0,00
H + Al (cmol$_c$/dm^3)	2,35
SB (cmol$_c$/dm^3)	7,74
CTC (t) (cmol$_c$/dm^3)	7,74
CTC (T) (cmol$_c$/dm^3)	10,09
V %	76,7
m%	0,0
MO (dag/kg)	3,93
P-rem (mg/L)	46,5

[1] Análise realizada no laboratório de Solos do IFMG- Campus São João Evangelista, 2016.
* pH em água relação 1:2,5; P –K Extrator Mehlich^{-1}; Ca^{2+}, Mg^{2+},Al^{3+}, extrator Kcl1N; H + Al extrator SMP; SB: soma de sabes trocáveis; CTC (t) - capacidade de trocas catiônicas efetiva; CTC (T) – capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V- índice de saturação de bases; m – índice de saturação de alumínio; MO – matéria orgânica (oxidação: $Na_2Cr_2O_7$4N + $H_2SO_4$10N); P-rem – fósforo remanescente. Fonte: o autor.

Foram semeadas três sementes por vaso. Aos 20 dias após o plantio, conduziu-se o desbaste (raleio), mantendo-se uma planta por unidade vaso. O desbaste foi realizado retirando aquelas que apresentavam menor vigor morfológico.

Realizou-se o controle de insetos pragas por meio da aplicação de inseticida com modo de ação de contato e ingestão, do grupo químico dos piretroides sintéticos a base de deltametrina, no desenvolvimento vegetativo V_4 (3ª folha trifoliolada). As plantas daninhas foram sistematicamente controladas de forma manual. Os vasos foram irrigados periodicamente através do sistema de gotejamento na fase de desenvolvimento e sistema de nebulização após a inoculação do patógeno, a fim de atender às necessidades hídricas da planta. Para auxiliar no arranjamento sistemático das plantas procedeu-se o tutoramento por meio da fixação de um barbante para direcionar as gavinhas sem que houvesse a abrasão entre as plantas (Figura 01).

Aos 67 dias após o plantio (DAP) em estádio fenológico R_{6-7} (Florescimento), foram registrados o número de nódulos de rizobactérias por grama de raízes, o número mais provável de micro-organismos (NMP) e as características morfológicas como: massa fresca de raízes, comprimento radicular e comprimento da parte aérea. O número de nódulos foi determinado por contagem direta, onde, realizou-se o corte das plantas a cinco cm do solo. Posteriormente, retirou-se o solo rizosférico de cada unidade amostral e reservando-o, as raízes foram separadas por lavagem em água corrente sobre peneira de 0,5 mm de malha e

secas em papel toalha para posterior determinação da produção de massa fresca em balança analítica de precisão. Em seguida foi calculada a razão entre o número de nódulos e a massa fresca das raízes para obtenção da frequência absoluta do número de nódulos por unidade de massa. O comprimento do segmento aéreo e radicular de cada planta do feijoeiro foi aferido com uso de uma escala graduada para determinação do desvio médio entre função da utilização do silicato de cálcio e magnésio.

Figura 1: Esquema de tutoramento das plantas de feijão evidenciando pelas setas a conformação das gavinhas sobre o tutor.

Fonte: o autor.

A estimação do número mais provável de micro-organismo deu-se por meio da semeadura de suspensão do solo rizosférico em meio de cultivo e contagem das colônias (JAHNEL; CARDOSO e DIAS, 1999). O meio de cultivo utilizado foi o BDA - batata-dextrose-agar e encaminhadas para incubação por 36h a 25 ºC ± 1 ºC em câmara de germinação do tipo Demanda Bioquímica de Oxigênio (B.O.D). Aferindo-se o coeficiente de correlação de Pearson existente entre o NMP e as dosagens silicato de cálcio e magnésio (Equação 01) (FONSECA; MARTINS, 1996).

Equação 01: Coeficiente de Correlação de Pearson

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2]\,[n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

Onde:

n = é o número de observações

x = variável dependente

y =variável independente

Assim:

Se r = +1, há uma correlação perfeita e positiva entre as variáveis;

Se r = -1, há uma correlação perfeita e negativa entre as variáveis;

Se r = 0, não há correlação entre as variáveis ou relação não linear.

Aos 67 dias após o plantio (DAP) na fase reprodutiva da planta (estádio R_6 florescimento e R_7 formação das vagens) realizou-se a inoculação do patógeno *Colletotrichum lindemuthianum* - antracnose, com uso de pulverizador manual com capacidade de 1L, até o ponto de escorrimento. As plantas foram submetidas a um período de 36h de câmara úmida antes da inoculação e permaneceram em câmara úmida após a inoculação segundo a metodologia de Alfenas (2007). A confecção da câmera úmida foi desenvolvida para suportar todas as unidades amostrais com a utilização de nebulizadores para manter uma alta umidade relativa e favorecer a infecção pelo patógeno (Figura 02).

Para obtenção do inóculo, conduziu-se, cultivos de culturas do fungo de *C. lindemunthianum* cultivadas em BDA, mantidas em câmara do tipo BOD a 25 ºC ±1 ºC, visando a produção considerável de conídios. Após o crescimento micelial procedeu-se a produção da suspensão de conídios com a adição de água destilada. A concentração da suspensão de conídios foi determinada mediante o emprego do hemacitômetro tipo Neubauer, ajustando-a concentração final para $2{,}0x10^6$ conídio/mL, como descrito em Alfenas (2007).

Figura 2: Estrutura da câmara úmida. A) Vista frontal. B) Interior da câmara, com sistema de nebulização e tutoramento. C) Vista lateral.

Fonte: O autor.

Decorridos 30 dias após a inoculação do patógeno estimou-se o grau de severidade da doença com o uso de escala diagramática. Para avaliação da influência do silicato na resistência das plantas, os dados de severidade de doença foram submetidos à análise de variância e regressão linear (severidade em função da dose), sendo testados modelos de primeiro e segundo graus. O ajuste dos modelos obteve-se pelo coeficiente de correlação entre severidade real e severidade prevista e pela distribuição de resíduo padronizado, as análises de variância e de regressão linear, foram determinadas a 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software Microsoft Excel®.

4. RESULTADOS E DISCUSÕES

Ao observar os resultados do desenvolvimento das plantas de *P. vulgaris* pelos atributos altura média, massa seca e comprimento do sistema radicular e número de nódulos, nota-se que há uma correlação negativa entre as dosagens de escória silicatada (silicato de cálcio e magnésio) e as variáveis mensuradas (Tabela 04). O número de nódulos correlacionou-se positivamente com a altura, a massa fresca de raízes e com o comprimento da raiz. Os atributos, altura média da parte aérea, comprimento e massa de matéria fresca do sistema radicular apresentaram distribuição normal e variâncias homogêneas. No resumo da análise de variância apresentado na tabela 05 verifica-se que houve efeito significativo em relação à altura média e número de nodulação, determinados pelos parâmetros lineares.

Tabela 04 Análise de Correlação entre as variáveis mensuradas em função das dosagens de escória silicatada associada ao feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)

Análise de Correlação[1]					
	Dose	***Altura***	***M.F.R***	***Cp. Raiz***	***Nª de Nódulos***
Dosagens	**1**				
Altura	-0,33596	**1**			
Massa Fresca Raiz	-0,55453	0,603014	**1**		
Comprimento Radicular	-0,57471	0,284463	0,76599	**1**	
Número de Nódulos	-0,44824	0,779991	0,836259	0,55704	**1**

[1]Presença de Correlação linear entre as variáveis: Altura cm^{-1}; Massa Fresca da Raiz g^{-1} (MFSR), comprimento radicular (CSR) e número de nodulação, em função das dosagens de silicato de cálcio e magnésio. Fonte: o autor.

Tabela 05 Resumo da análise de variância dos dados relativos às variáveis mensuradas: massa fresca do sistema radicular (MFSR), comprimento do sistema radicular (CSR), altura de planta e número de nodulação.

		Quadrados Médios			
FV	**GL**	**MFSR**	**CSR**	**Altura**	**Nodulação**
Tratamento	4	75,42571^{ns}	55,816^{ns}	834,81*	283986,5*

		Quadrados Médios das Regressões			
FV	**GL**	**MFSR**	**CSR**	**Altura**	**Nodulação**
Regressão	2	115,14	80,22	1599,38	499157,61
Resíduo	12	30,27	23,48	217,76	58321,84
Erro Padrão	-	5,50	4,84	14,76	241,50

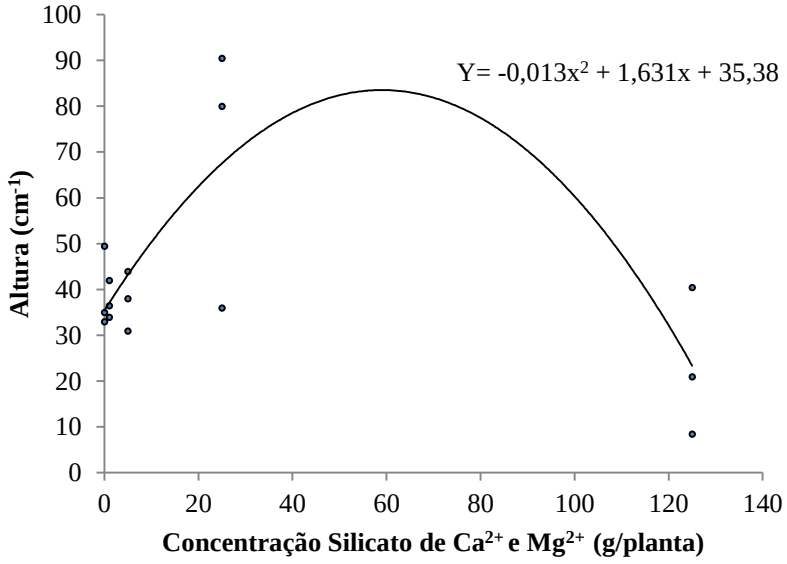
	Estimativa dos Parâmetros				
Variável	**β0**	**β1**	**β2**	**t (prob.)**	**R^2**
MFSR	15,21	- 0,0018	0,169	7,33 E-06	0,39
CSR	28,95	- 0,0010	0,067	1,62 E-09	0,36
Altura	35,38	- 0,013	1,63	2,95 E-05	0,55
Nodulação	447,375	- 0,222	25,28	0,0003	0,59
MFSR x Nodulação	6,311	0,015	-	-	0,69

*Significativo; ns: não significativo à 5% de significância; t (prob.): teste de probabilidade à 5% de probabilidade; R^2: coeficiente de determinação. Fonte: o autor

A aplicação do silicato no substrato ocasionou diferença na altura média da parte aérea (Figura 3), na massa fresca e no comprimento do sistema radicular do feijoeiro comum (Figura 4; Figura 5). Os tratamentos com concentrações de T_1 0,0 g/dm^{-3}; T_2 0,40 g/dm^{-3} e T_3 2,0 g/dm^{-3} de silicato obtiveram aumento no comprimento radicular, bem como, o desenvolvimento de raízes secundárias, especialmente no tratamento com T_2 2,0 g/dm^{-3} em seguida as concentrações posteriores reduziram o crescimento e a matéria fresca do sistema radicular. Segundo MALAVOTA (1981), tanto o cálcio como o magnésio participam do processo de crescimento radicular pela formação de pectatos que compõem a parede celular.

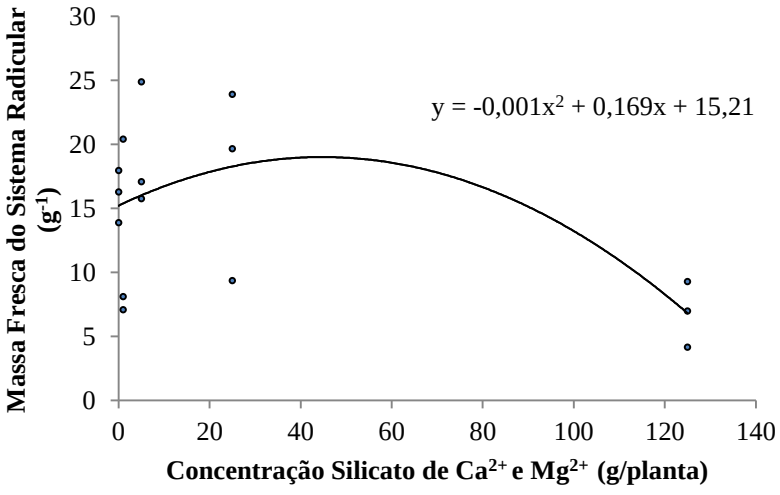
Associados ao aumento do pH ocorre a maior disponibilidade de nutrientes e redução de elementos fitotóxicos, uma vez que, as raízes das plantas têm seu crescimento limitado em subsolos ácidos, o que interfere na absorção de água e nutrientes, e consequentemente, na produtividade das culturas. Em estudos do efeito de silicato Ca^{+2} e Mg^{+2} no desenvolvimento da cultura do feijão comum Paiva et al. (2015), observaram, que algumas cultivares comercialmente utilizadas são mais responsivas à adubação silicatada que outras, podendo ser caracterizada como um cofator de origem genética que confere maiores ganhos em um ponto específico da estrutura da planta, como no caso do aumento da massa fresca e seca total e/ou aumento da altura média e diâmetro do coleto. Testando diversas fontes de silício em cultivares de feijoeiro observaram que a adubação silicatada não influenciou no ganho do desenvolvimento da planta, embora tenha reduzido as taxas de severidade de doença (TEIXEIRA et al., 2008).

Figura 3 – Representação gráfica da altura (cm^{-1}) do feijoeiro comum *Phaseolus vulgaris* L., em função das concentrações de silicato de cálcio e magnésio no substrato (T_1 – 0,0 g/planta; T_2 – 1,0g/planta; T_3– 5,0g/planta; T_4 – 25,0 g/planta e T_5 – 125,0 g/planta), modelo ajustado (Y= -0,013x² + 1,631x + 35,38).



Analisando os teores de pH_{H2O} em ambos os tratamentos, as concentrações de silicato de cálcio e magnésio aumentaram os níveis de pH do solo, resultando consequentemente na redução dos elementos de toxicidade para a planta como Al^{+3}, Fe e Mn e índices de saturação de alumínio (Tabela 06). Considerando que a fonte utilizada, a escória silicatada é 6,78 vezes mais solúvel que o carbonato de cálcio presente nos calcários, apresenta, portanto, potencial para a correção da acidez do solo em profundidades superiores aos carbonatos (RAMOS et al., 2006). De modo geral, a escória possui maior área específica de contato, embora possua um poder de neutralização inferior ao do calcário. No entanto, atribui à escória silicatada maior eficiência pela sua área de atuação superior a dos carbonatos. Autores corroboraram que esta eficiência é resultante da neutralização de ácidos por meio da ascendente solubilidade na formação de SiO_3^{-2} em reação do moléculas da água (H_2O) libera íons de OH^- que neutralizam o Al^{3+} e agentes fitotóxicos em camadas de 0 a 15 cm e presença de lisímeros de silício até 55cm de profundidade do solo, além do aumento dos níveis P, Mg e Ca trocáveis até as 25 cm de profundidade (ARTIGIANI, 2008; BARBOSA et al., 2008; SANCHES, 2003). Embora tenha sido verificado o aumento nos teores de pH aparente no solo com variação entre os tratamentos de 6,40 a 8,21, nota-se que o crescimento da planta (altura, comprimento e massa fresca do sistema radicular) e a frequência absoluta do número de nódulos estão inteiramente interligados às condições intrínsecas do meio, tendo em vista que o substrato já encontrava-se com teores ideais de cultivo, como anteriormente mostrado (Tabela 03).

Figura 4 – Representação gráfica da Massa fresca do sistema radicular do feijoeiro comum *Phaseolus vulgaris* L., em função das concentrações de silicato de cálcio e magnésio no (T_1 – 0,0 g/planta; T_2 – 1,0 g/planta; T_3 – 5,0 g/planta; T_4 – 25,0 g/planta e T_5 – 125,0 g/planta) expressa em grama (g^{-1}), modelo ajustado ($Y = -0{,}001x^2 + 16{,}61 + 15{,}21$).



Fonte: o autor.

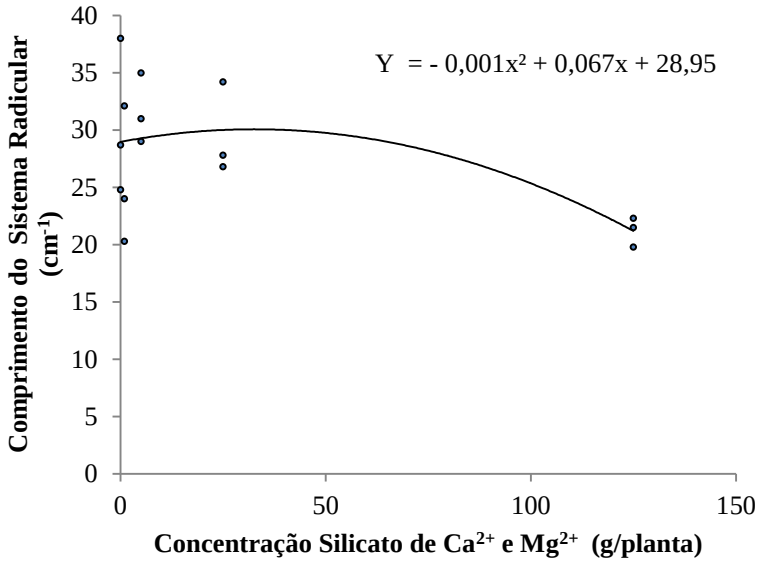
Tabela 06 Teores de pH solúvel em água em função das dosagens de Silicato de Cálcio e Magnésio[1]

Tratamento	Dose g/planta	Dose g/dm³	pH em água
Solo Inicial	-	-	5,81
T_1	0,00	0,00	6,40*
T_2	1,00	0,40	6,58*
T_3	5,00	2,0	6,92
T_4	25,0	10,0	7,28
T_5	125,0	50,0	8,21

[1]Análise de pH em água relação 1:2,5, realizados sob solo inicial e após a análise de severidade
* índice de pH que coopera para apropriado incremento do desenvolvimento do feijoal.
Fonte: o autor

Vieira et al. (2015), relatam que as máximas produtividades e ganho de desempenho do feijoeiro são obtidas numa faixa entre 5,5 e 6,5 de pH, adequando o ambiente para que os nutrientes se encontrem em disponibilidade máxima (N, P, K, Ca, Mg, S, B) ou adequada (Cu, Fe, Mn, Mo, Zn), o que contribui para o bom desenvolvimento das porções aéreas (Figura 3) e permite o crescimento de raízes (Figura 4; Figura 5) aumentando a atividade biológica. Diante do exposto, a redução dos atributos mensuráveis do desenvolvimento das plantas do feijoeiro no tratamento (50 g/dm³) é decorrente de uma superneutralização da acidez do solo (Tabela 06), que tem como principais consequências a redução da disponibilidade de P, Fe, Mn, Zn e Cu e alterações no desenvolvimento vegetal.

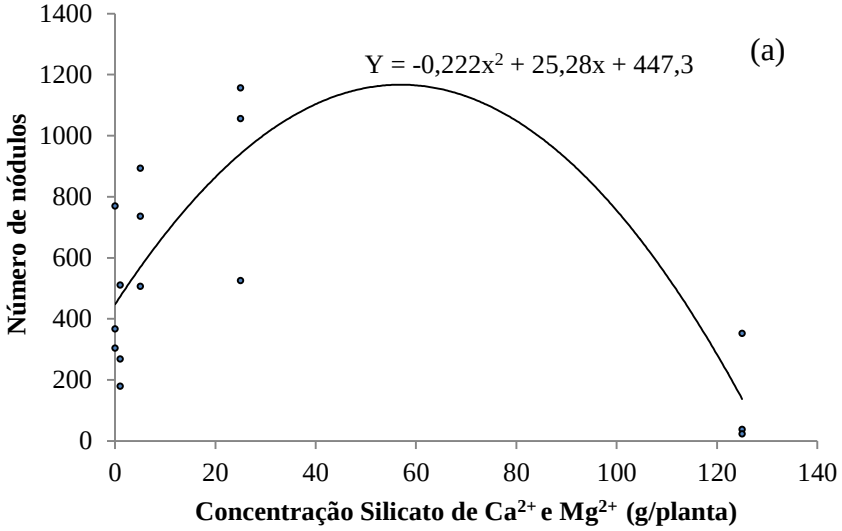
Figura 5 – Representação gráfica do comprimento radicular do feijoeiro comum *Phaseolus vulgaris* L., em função das concentrações de silicato de cálcio e magnésio no (T_1 – 0,0 g/planta; T_2 – 1,0 g/planta; T_3 – 5,0 g/planta; T_4 – 25,0 g/planta e T_5 – 125,0 g/planta), modelo ajustado ($Y=- 0,001x^2 + 0,067x + 28,95$).



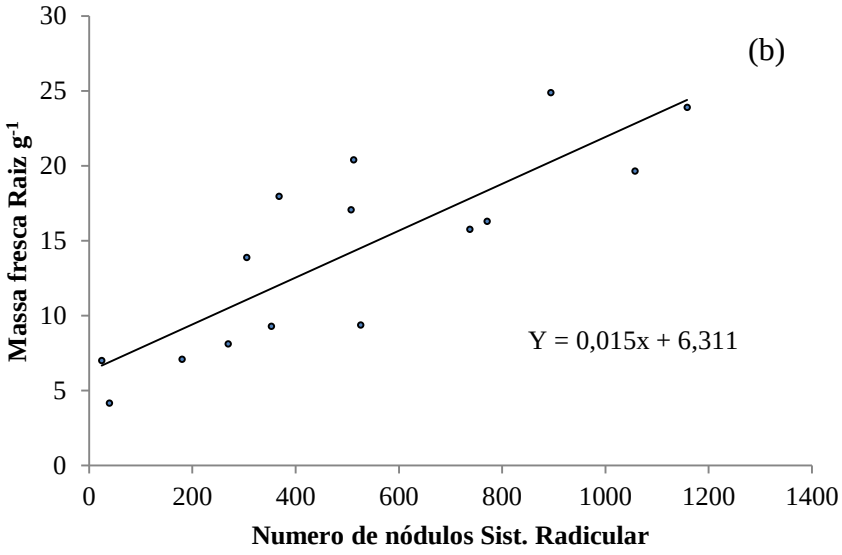
Fonte: o autor.

A frequência absoluta do número de nódulos do sistema radicular em relação simbiótica planta e micro-organismo em função das concentrações de silicato de cálcio e magnésio alcançaram índices melhores em baixas concentrações, onde, o tratamento T_4 – 50,0 g/dm^{-3} obteve o menor índice de nódulos por massa fresca/planta (Figura 6). A partir da concentração 10g/dm³ o número de nódulos decaiu com o aumento de concentração de silicato de cálcio e magnésio, levando a valores abaixo daqueles encontrados para o número de nódulos na testemunha. As plantas foram mais responsivas em dosagens menores T_2 (0,40 g/dm³) e T_3 (2,0 g/dm³) e T_4 (10,0 g/dm³). Os índices da frequência absoluta do número de nódulos por massa do sistema radicular, este inteiramente ligado ao desenvolvimento da planta e na disponibilidade de nutrientes as plantas, nota-se quanto maior a massa fresca da raiz maior será a formação de nódulos para fixação biológica de nitrogênio (FBN). Soares et al. (2006), relatam que a ocorrência de espécies de rizóbio capaz de nodular o feijoeiro varia de acordo com o tipo de solo inserido a leguminosa.

Figura 6: Relação entre nodulação, dose de silicato e massa fresca de raízes. **a)** Representação gráfica da frequência absoluta do número de nódulos do sistema radicular, em relação simbiótica planta/micro-organismo do feijoeiro, em função das concentrações de silicato de cálcio e magnésio no substrato (T_1 – 0,0 g/planta; T_2 – 1,0 g/planta; T_3 – 5,0 g/planta; T_4 – 25,0 g/planta e T_5 – 125,0 g/planta), modelo ajustado (Y= -0,222x² + 25,28x + 447,3).**b)** Representação gráfica da frequência absoluta do número de nódulos do sistema radicular, em relação simbiótica planta/micro-organismo do feijoeiro, em função da quantidade de massa fresca da raiz produzida por planta em cada concentrações de silicato de cálcio e magnésio no substrato (T_1 – 0,0 g/planta; T_2 – 1,0 g/planta; T_3 – 5,0 g/planta; T_4 – 25,0 g/planta e T_5 – 125,0 g/planta) modelo ajustado (Y = .0,015x + 6,311) R²: 0,699.



Fonte: o autor.



Fonte: o autor.

Embora a família do *P. vulgaris* L. apresente diversas espécies hospedeiras capaz de promover a FBN, o mesmo é influenciado pela espécie cultivada e pelos aspectos intrínsecos, como o pH, sendo um fator limitante na seleção das estirpes nodulíferas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Observa-se que a formação de nódulos por estirpes nativas na FBN em função do desenvolvimento do sistema radicular é influenciado pela alteração dos teores de pH em relação a eficiência de neutralização da acidez do solo.

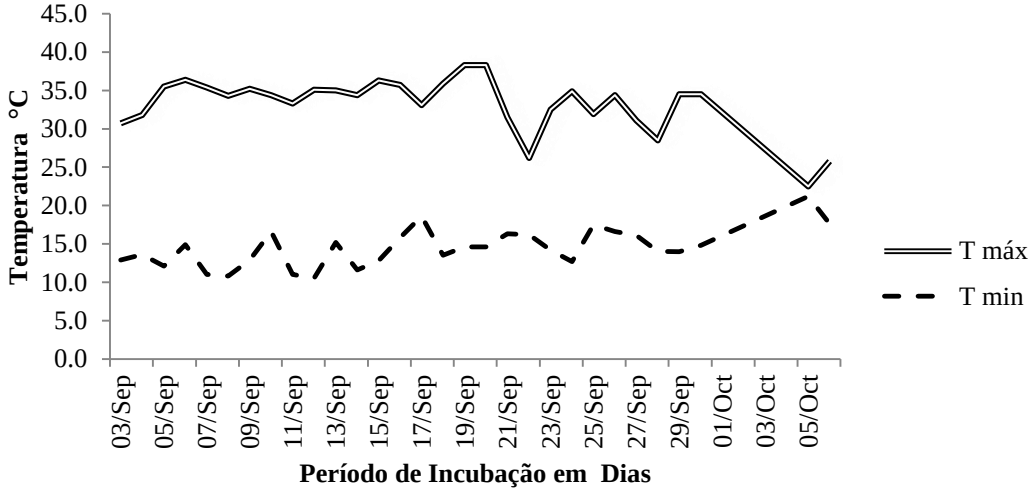
Em análise do coeficiente de Pearson em função da estimativa do número mais provável de micro-organismos – NMP, por meio da suspensão de sobrenadante do solo rizosférico submetidos às concentrações das dosagens de escória silicatada culminou em uma não correlação entre as variáveis. A variação da densidade populacional de micro-organismo é muito dinâmica, sendo influenciadas pelo tipo de solo, de planta e características edafoclimáticos. Moreira e Siqueira (2006) argumentam que os micro-organismos exercem funções benéficas ao solo como: decomposição e mineralização da matéria orgânica, fixação biológica de nitrogênio, nitrificação, amonificação, agregação e estabilidade de agregados do solo, produção de enzimas, vitaminas, cofatores e simbioses. O processo de incorporação das fontes de escória utilizado não influenciou a ação dos micro-organismos existentes.

A estimativa das áreas lesionadas para averiguação dos índices de severidade e incidência do patógeno na planta do feijoeiro não foram significativos, as unidades amostrais não desenvolveram sintomas aparentes nos diferentes tratamentos. Tudo leva a crer que o insucesso no estabelecimento das relações parasitárias do patógeno sob a planta foi decorrente as altas taxas de temperaturas médias no período de inoculação do patógeno, oscilando entre

21,6 e 36 °C, com extremos de 10,5 °C e 39,3 °C, a qual ocorria simultaneamente o período de veranico (Figura 7).

Resultados observados por Dalla Pria; Amorim e Bergamin Filho (2003), mostram que a temperatura e o tempo de molhamento possuem grande influência sobre o período de incubação da antracnose *C. lindemuthianum* do feijoeiro e a severidade. Verificou-se, em tal trabalho, o insucesso da infecção do patógeno por plantas incubadas em ambiente úmido a temperaturas acima de 28 °C, sendo que as temperaturas ideais para germinação dos esporos estão entorno de 17 °C com intervalo entre 6 °C a 29 °C. Entretanto, a baixa e alta temperatura promove a diminuição do período de incubação. Já o período de molhamento que ajusta a curva de aumento da severidade da doença está em meio a 18 - 24 horas, sendo 6h o mínimo de molhamento da área foliar para surgimento dos primeiros sintomas da doença.

Figura 7: Temperaturas (máxima e mínima) registradas em casa de vegetação no período de incubação do inóculo de *Colletotrichum Lindemuthianum* em plantas *Phaseolus vulgaris* L., do grupo "carioca".



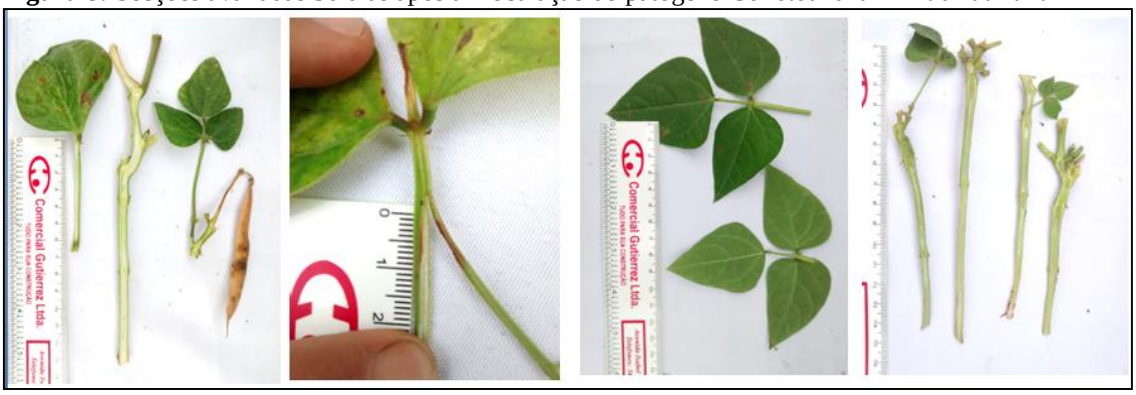
Fonte: o autor.

Aos 30 dias após a inoculação do patógeno pouco ou nenhum sinal da presença de sintomas provocados pelo fungo nos tecidos internos da planta foram averiguados. Contudo observou-se á senescência das plantas em ambos os tratamentos (amarelecimento e queda das folhas), caracterizados por estádio fonológico R_9 - maturação fisiológica das plantas, onde, as vagens perdem a pigmentação esverdeada e começam a secar, adquirindo coloração típica da cultivar. Nas figuras 8; 9; 10; 11; 12; 13, evidencia as características morfológicas das plantas de cada tratamento após 30 dias de inoculação de *C. lindemuthianum*. Nota-se na figura 13 a presença de folhas com maior pigmentação esverdeada quando comparada com as demais,

sendo decorrente do retardamento no desenvolvimento vegetativo da planta causada pela superneutralização do solo.

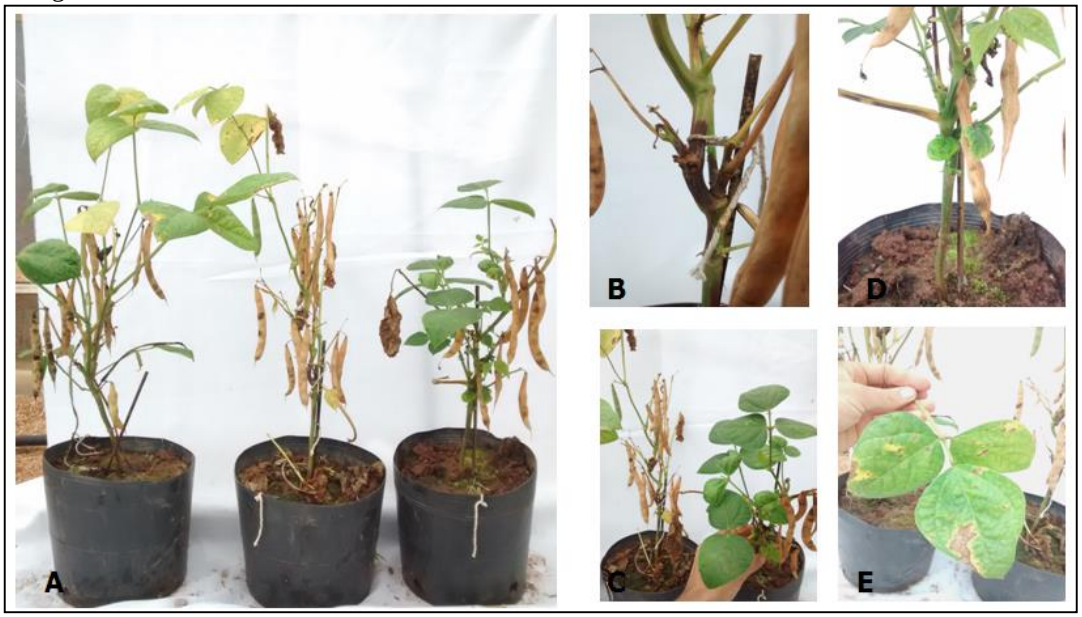
Resultados positivos foram encontrados por Gontijo Neto (2015) e Teixeira et al. (2008), a aplicação via solo e foliar de Si no feijoeiro promoveu a redução da severidade de antracnose e mancha angular na safra das "águas" e de crestamento bacteriano na safra das "secas". Resultados análogos obtidos por Gontijo Neto (2015) ressaltam que o uso de silicato via solo em dose equivalente aos experimentos em casas de vegetação aplicados no campo não influenciou o progresso da antracnose.

Figura 8: Secções avaliadas 30 dias após a inoculação do patógeno *Colletotrichum lindemuthianum*



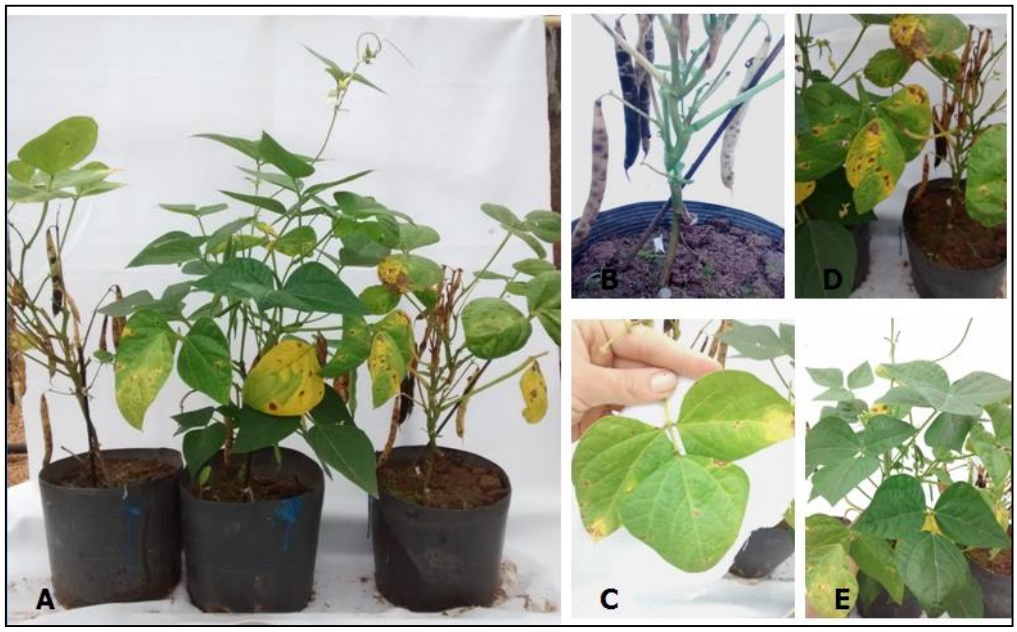
Fonte: o autor.

Figura 09: Aspecto morfológico das plantas do tratamento T_1 (0,0 g/dm³) após 30 dias de inoculação de *Colletotrichum lindemuthianum*. Estádio fenológico R_{8-9}, apresentando amarelecimento das vagens e senescência das folhas (imagem A); Imagem B - D, sinais no caule e Imagem C – E, sinais necróticos no limbo foliar.



Fonte: o autor.

Figura 10: Aspecto morfológico das plantas do tratamento T_2 (0,40 g/dm³) após 30 dias de inoculação. Estádio fenológico R_{8-9}, apresentando amarelecimento das vagens e senescência das folhas (imagem A); Imagem B - D, sinais no caule e Imagem C – E, sinais necróticos no limbo foliar.



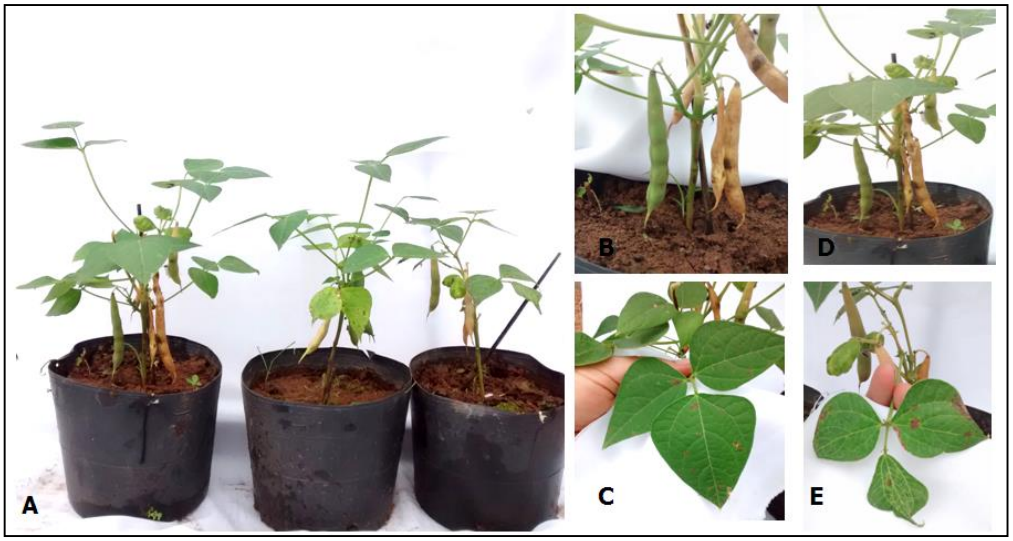
Fonte: o autor.

Figura 11: Aspecto morfológico das plantas do tratamento T_3 (2,00 g/dm³) após 30 dias de inoculação. Estádio fenológico R_{8-9}, apresentando amarelecimento das vagens e senescência das folhas (imagem A); Imagem B - D, sinais no caule e Imagem C – E, sinais necróticos no limbo foliar.

Figura 12: Aspecto Morfológico das plantas do tratamento T_4 (10,0 g/dm³) após 30 dias após a inoculação. Estádio fenológico R_{8-9}, apresentando amarelecimento das vagens e senescência das folhas (imagem A); Imagem B - D, sinais no caule e Imagem C – E, sinais necróticos no limbo foliar.

Fonte: o autor.

Figura 13: Aspecto Morfológico das plantas do tratamento T_5 (50,0 g/dm³) após 30 dias de inoculação. Estádio fenológico R_{8-9}, apresentando amarelecimento das vagens e senescência das folhas (imagem A); Imagem B - D, sinais no caule e Imagem C – E, sinais necróticos no limbo foliar.



Fonte: o autor.

5. CONCLUSÃO

Há evidencias que discorrem a eficiência do silício como veiculo de resistência induzido, no entanto, não houve valores significativos que transcrevesse os índices de severidade da antracnose – *C. lindemunthianum*, tornando assim inconclusivos.

A incorporação do silicato de cálcio e magnésio ao solo promoveu a ampliação dos níveis de pH (alcalinos), resultando em alteração no desenvolvimento morfológico (altura média da parte aérea, massa fresca e comprimento médio do sistema radicular e a freqüência absoluta da nodulação por estirpes nativas (BFN - bactérias fixadoras de nitrogênio N_2). No entanto não influenciou no dinamismo e população da microbiota presente na porção rizosférica do solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5th ed., Academic Press, 2005.

ALFENAS A. C. E. MAFIAR. G, **Métodos em Fitopatologia.** ed.,UFV, 2008.

AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M. e BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia. v.** 4. ed. Piracicaba, Ceres, 2011. 704p.

ARTIGIANI, A. C. C. A. **Combinações de Gesso, Silicato e Cálcio Aplicados Superficialmente no sistema de Plantio direto de Arroz e Feijão Irrigado por Aspersão.** [tese de doutorado], Botucatu, São Paulo. UNESP. 128 p. 2008.

BARBOSA, N. C.; VENÂNCIO, R.; ASSIS M. H. S.; PAIVA, J. B.; CARNEIRO, M. A. C.; PEREIRA, H. S. Formas de Aplicação de Silicato de Cálcio e Magnésio na Cultura do Sorgo em Neossolo Quartzarênico de Cerrado. Goiânia, Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical.** v. 38, n. 4, 290-296p. 2008.

BARBOSA, F. R.; OLIVEIRA, A. C. **Informações técnicas para o cultivo de feijoeiro comum na Região Central Brasileira:** 2012-2014. Santo Antônio, Goiás, 2012. 247 p. (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644; 272).

BEZERRA G. A. Avaliação do efeito o silicato de cálcio e magnésio na rodatividade do arroz (*Oryza Sativa* L.) em rotação de cultura com soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) em sistema de plantio direto. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, n. 1, 25-31p., 2013

CARNEIRO J. E. S.; PAULA JÚNIOR T. J.; BORÉM A. **Feijão: do plantio à colheita.** Viçosa – MG, Ed. UFV, 2015. 384 p.

CARRE-MISSIO V. et al. Proteção local, não sistêmica, do silicato de potássio reduz os sintomas da ferrugem do cafeeiro.**Revista Trop. Plant pathol.,** Brasília, v. 37, n. 4, 2012.

CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais** – 5ª Aproximação, Antônio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., editores – Viçosa, MG, 1999.

CORREA, R.S.B. et al., **Silicon and acibenzolar-S-methyl as resistance inducers in cucumber, against the whitefly Bemisiatabaci (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B.** Neotrop. Entomol. Londrina, v. 34, n. 3, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Perspectivas para a Agropecuária: safra 2015/2016 Produtos de verão**. Brasília, Distrito Federal. v. 3, p.43 - 51, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos.** Brasília, Distrito Federal. v. 4. p. 156, 2016.

COUTO, J. L. **Crescimento, Fisiologia e nutrição do feijoeiro submetido a interações entre inoculo microbiano e adubação**. Cruz das Almas, Bahia, p. 91. 2011.

DALLA PRIA, M.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Quantificação de componentes monocíclicos da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 401- 407. 2003.

DEMATTÊ, J. L. I.; PAGGIARO, C. M.; BELTRAME, J. A.; RIBEIRO, S. S. Uso de silicatos em cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas,** 7-12 p., nº 133. 2011.

FERNANDES C. F. et al., **Mecanismos de Defesa de Plantas contra o Ataque de Agentes Fitopatogênicos.** Porto Velho, Rondônia, 2009. 14 p. (Documentos / Embrapa Rondônia, ISSN 0103-9865; 133).

FERNANDES, A. L. T.; MERRIGHI, A. L. N.; SILVA, G. A.; FRAGA JÚNIOR, E. F. F. **Utilização do Silício no Controle de Pragas e Doenças do Cafeeiro Irrigado**. Uberaba, Minas Gerais, n. 6,45 – 52 p. 2009.

FONSECA J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de Estatística**. 6° ed. Altas, 320 p., 1996.

FRANCO M. C. et al.Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, Distrito Federal.v. 37, n. 8, 1145-1150 p. 2002.

JAHNEL, M. C.; CARDOSO, E. J. B. N.; DIAS, C. T. S. **Determinação do número mais provável de microrganismos do solo pelo método de plaqueamento por gotas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 553-559. 1999.

GONTIJO NETO, G. F. **Uso de Indutores de Resistência na Cultura do Feijoeiro Comum.** [Dissertação de mestrado acadêmico] Lavras, UFLA, 68p. 2015.

KIMATI et al., **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas.** São Paulo, ed. 3, v. 2, Agronômica Ceres, 2005. 706 p.

KORNDÖRFER G. H.; PEREIRA, H. S. e CAMARGO, M. S. Papel do Silício na Produção de Cana-de-Açúcar**. STAB Tecnologia/Pesquisa -** v. 21, nº2. 2002

LEITE, G. M. V.; ANDRADE, L. A. B.; GARCIA, J. C.; ANJOS, I. A. Efeito de fontes e doses de silicato de cálcio no rendimento agrícola e na qualidade de tecnológica da cana-de-açúcar, cultivar SP80-1816. **Revista Ciência Agrotec.**, Lavras, v.32, n. 4, 1120-1125 p. 2008.

LIMA FILHO O. F. L. **Uso de escórias de siderurgia na agricultura. 2011, disponível em** <http://terere.cpao.embrapa.br/portal/artigos/artigos/artigo1.html> Acesso janeiro de 2016.

LIMA FILHO, O. F. L. **O Silício Combates Estresses Nutricionais.** Dourados, Mato Grosso do Sul. (Documento EMRAPA Agropecuária Oeste). 2010

MALAVOLTA, E. et al. **Gesso Agrícola – Seu uso na adubação e correção do solo**. 2.ed. São Paulo: Ultrafértil, p. 30.1981.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** Piracicaba, Ceres, v.1, 1980.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition fhigherplants**.3. th ed. Elsevier, Amsterdan. 2012.

MENDES, L. S.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO V. J. Adubação com silício: influência sobre o solo, planta, pragas e patógenos. Patos de Minas, **Revista Cerrado Agrociência**. v. 2, 51-63 p. 2011.

MORAES, S. R. G. Nutrição do feijoeiro e intensidade da antracnose em função da aplicação de silício e cobre. **Acta Scientiarum Agronomy.**, Maringá , v. 31, n. 2, 2009.

MORAES, S.R.G. et al. Efeito de fontes de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro**. Fitopatologia Brasileira,** v.31, p. 69-75. 2006.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. Ed. Lavras, UFA, p. 729.2006.

OLIVEIRA B. G.; CARNEIRO S. M. T. P. G.; ROMANO E. D. B.Caracterização de raças de *Colletotrichum lindemuthianum* no estado do Paraná. **Revista Iniciação Científica CESUMAR**; v. 16, n. 2, p. 205 - 211. 2014.

PAIVA, L. C.; FREITAS, C. A.; CURVÊLO, C. R. S.; PEREIRA, A. I. A.; VALE, D. M. **Efeito do silicato de cálcio e magnésio nos parâmetros de desenvolvimento da cultura do feijoeiro comum**. (IV congresso Estadual de Ciência IF Goiano). Urutaí, Goiás, 1 - 2 p. 2015.

PAULA JÚNIOR, T. J. VIEIRA, R. F.; TEXEIRA, H.; LOBO JÚNIOR M.; WENDLAND, A. **Doenças do Feijoeiro: Estratégias Integradas de Manejo**. In CARNEIRO J. E. S. e PAULA JÚNIOR T. J.; BORÉM A. Feijão: do plantio à colheita. Viçosa – MG, Ed. UFV, p. 270 – 299. 2015.

PAULA JÚNIOR, T. J. Foliar application of calcium chloride and calcium silicate decreases white mold intensity on dry beans. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 3, p. 171-174, 2009.

PASCHOLATI, S. F. **Fisiologia Do Parasitismo:** como as plantas se Defendem dos Patógenos. In AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M. e BERGAMIN FILHO, A. Manual de fitopatologia.4. ed. Piracicaba, Ceres, 593 a 636 p. 2011.

POLANCZYK, R. A.; PRATISSOLI, D.; PAYE, H. S.; PEREIRA, V. A. ; BARROS, F. L. S. ; OLIVEIRA, R. G. S.; PASSOS, R. R. ; MARTINS FILHO, S. Indução de Resistência à Mosca Minadora em Crisântemo Usando Composto Silicatado. **Revista Horticultura Brasileira**. v. 26, n. 2. p. 240 - 243. 2008.

QUINTELA, E. D.; SARTORATO, A.; LOBO JÚNIOR, M. E COBUCCI, T. **Manejo Fitossanitário do Feijoeiro.** Santo Antônio de Goiás, Goiás, 16 p. 2005. (Circular Técnica/ Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9636; 73).

RAMOS, L. A.; NOLLA A.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA H. S.; CAMARGO, M. S. Reatividade de Corretivos da Acidez e Condicionadores de Solo em Colunas de Lixiviação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo.** Minas Gerais, v. 30, 849-857 p. 2006.

ROSA, W. J. Informativo conjuntural Janeiro de 2015 – Cultura do feijão. Belo Horizonte. Acesso em 20 de fevereiro de 2015. Disponível em:< http://www.cifeijao.com.br/arquivos/Informativo%20Conjuntural%20Janeiro%20de%202015.pdf>

SANCHES, A. B. **Efeitos do Silicato de Cálcio nos Atributos Químicos do Solo e Planta, Produção e Qualidade em Capim – Baquiarão [*Brachiaria brizantha*] sob intensidades de Pastejo.** Pirassununga, São Paulo. 122p. 2003. Dissertação de mestrado, Faculdade de Zootécnica e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo, 2003.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L.; VIEIRA, R. F. E PINHEIRO, L. R. **Botânica**. Pagina. In CARNEIRO J. E. S. e PAULA JÚNIOR T. J.; BORÉM A. Feijão: do plantio à colheita. Viçosa, Minas Gerais, Ed. UFV, 38 – 66 p. 2015.

SILVA H. T. **Caracterização Botânica de Espécies Silvestres do Gênero Phaseolus L. (Leguminosae).** Santo Antônio de Goiás, Goiás, 40p. 2003. (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão).

SOARES A. L. L. et al. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (Mg). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Minas Gerais, v. 30, p. 803-811. 2006.

STANGARLIN, J. R. et. al. Plantas medicinais e controle alternativo de fitopatógenos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 2, n. 11, p.16-21, 1999.

TAIZ L.; ZEIGER E. **Fisiologia Vegetal.** 4. Ed., Porto Alegre. Artmed., p.848.2009.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, R. P.; SILVA, A. G.; KORNDÖRFER P. H. Fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 39, n. 4, p. 562-568. 2008.

VIEIRA, R. F.; LIMA, M. S.; NEVES, J. C. L. e ANDRADE, M. J. B. **Adubação**. In CARNEIRO J. E. S. e PAULA JÚNIOR T. J.; BORÉM A**.** Feijão: do plantio à colheita. Viçosa, MG, ed. UFV, p. 145 – 172. 2015.

WANDER, A. E.; GAZZOLA, R.; GAZZOLA, J.; RICARDO, T. R.; GARAGORRY, F. L. Caracterização Nutricionais, Produção e Comércio Mundial de Feijões. **Caderno de Ciência & Tecnologia**, Brasília, Distrito Federal, v.27, n. 1/3, p. 11-28. 2010.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; FONTES, R. L. F. e ÁVILA, V. T. Aplicação do silício para aumentar a resistência do arroz à mancha-parda. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Distrito Federal, v. 44, n. 2, p. 203-206. 2009.