



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA**

MATEUS SCHNEIDER BRUINSMA

**POTENCIAL DE ISOLADOS BACTERIANOS, ASSOCIADOS OU NÃO AO
SILÍCIO, NO MANEJO DE DOENÇAS EM CULTIVO DO FEIJOEIRO**

**CERRO LARGO
2019**

MATEUS SCHNEIDER BRUINSMA

**POTENCIAL DE ISOLADOS BACTERIANOS, ASSOCIADOS OU NÃO AO
SILÍCIO, NO MANEJO DE DOENÇAS EM CULTIVO DO FEIJOEIRO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul como parte das exigências do Curso de Graduação em Agronomia para a aprovação na disciplina de TCC-II.

Orientadora: Profa Dra Juliane Ludwig
Co-orientadora: Profa Dra Tatiane Chassot

CERRO LARGO

2019

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Bruinsma, Mateus Schneider

Potencial de isolados bacterianos, associados ou não ao silício, no manejo de doenças em cultivo do feijoeiro / Mateus Schneider Bruinsma. -- 2019.

46 f.:il.

Orientadora: Doutora Juliane Ludwig.

Co-orientadora: Doutora Tatiane Chassot.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia, Cerro Largo, RS , 2019.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Tratamento de sementes. 3. Controle biológico. 4. Manejo alternativo. I. Ludwig, Juliane, orient. II. Chassot, Tatiane, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

MATEUS SCHNEIDER BRUINSMA

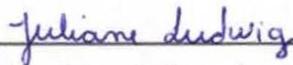
**POTENCIAL DE ISOLADOS BACTERIANOS, ASSOCIADOS OU NÃO
AO SILÍCIO, NO MANEJO DE DOENÇAS EM CULTIVO DO FEIJOEIRO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de
grau de Bacharel em Agronomia da
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

25 / 11 / 2019.

BANCA EXAMINADORA



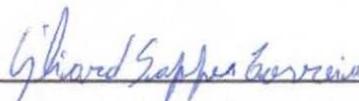
Profa. Dra. Juliane Ludwig - UFFS

Orientadora



Profa. Dra. Tatiane Chassot - UFFS

Co-orientadora



Eng. Agr. Giliard Sapper Correia - UFPel

Membro Titular

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelas oportunidades e pessoas que colocou em meu caminho, por me conceder condições de concluir esta trajetória.

Aos meus pais Sérgio e Cleusa e ao meu irmão Davi, que sempre me apoiaram em todos os momentos, vocês são meus exemplos! Serei eternamente grato por todos os seus esforços que tornaram possível atingir este sonho!

Aos meus avós Nelci e Lotário Bruinsma, pelo exemplo de fé e amor pela família. Aos meus avós Clair e Oldemar Schneider “in memoriam”, pelos exemplos de caráter e honestidade.

A minha namorada Natália Berggrav, agradeço por todo incentivo e apoio na superação dos desafios que surgiram durante a graduação, estando sempre ao meu lado nos momentos difíceis.

Agradeço a minha orientadora professora Dra Juliane Ludwig, por toda a atenção, paciência, confiança e incentivo depositados em mim ao longo dos últimos anos. Meu muito obrigado pelos ensinamentos e pela amizade que a vida acadêmica proporcionou.

Aos demais membros da banca, a minha co-orientadora Dra Tatiane Chassot, pelas contribuições para este trabalho, e pelos ensinamentos e exemplos dados ao longo do curso. Ao Eng^o Agrônomo Giliard Sapper Correia, pelas contribuições para este trabalho e pelo exemplo pessoal e profissional a ser seguido desde a graduação.

A todos os colegas de graduação que contribuíram para a realização deste e outros trabalhos, meu muito obrigado, pois sem vocês teria sido muito mais difícil.

Agradeço também a todos os professores e técnicos do curso de Agronomia, pela disposição em sanar dúvidas, trocar informações, pelo auxílio e incentivo nas atividades de pesquisa e busca pelo conhecimento.

Enfim, meu muito obrigado a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para minha formação e conclusão deste trabalho.

RESUMO

Atualmente o Brasil encontra-se como terceiro maior produtor mundial de feijão, tendo sua produção afetada por diversos fatores capazes de reduzir a produtividade das lavouras. Dentre estes fatores, estão os bióticos, com destaque para as doenças antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), mancha angular (*Pseudocercospora griseola*), e crestamento bacteriano comum (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*). Para o controle destas doenças, surge para o manejo alternativo com o uso de microrganismos benéficos associados a suplementação nutricional com silício (Si), visando controlar as doenças de forma mais sustentável, auxiliando no combate de raças de patógenos que vem adquirindo resistência aos produtos químicos tradicionalmente utilizados. Diante disto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de isolados bacterianos no tratamento de sementes associado a aplicação foliar do silício, no desenvolvimento das principais doenças da cultura do feijoeiro. Para realização deste trabalho, os isolados bacterianos 16, 27 e RD34 foram aplicados em sementes de feijoeiro da cultivar IPR Tuiuiú, e semeados na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, em delineamento de blocos ao acaso (DBC), contendo quatro repetições e oito tratamentos, em arranjo fatorial 4x2 (microbiolização de sementes x aplicação foliar de silício). Para avaliação do uso do silício, foram realizadas três aplicações foliares de silício com intervalo entre elas de 10 dias em parcelas que receberam ou não os isolados bacterianos. As plantas foram avaliadas quanto a severidade destas doenças e a variáveis produtivas. O uso dos biocontroladores apresentou eficiência satisfatória na redução da severidade do crestamento bacteriano comum, com destaque para o isolado 27 que reduziu significativamente a severidade da doença, porém, sem afetar significativamente as variáveis produtivas.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Tratamento de sementes. Controle biológico. Manejo alternativo.

ABSTRACT

Brazil is currently the third largest world producer of beans, and its production is affected by several factors that can reduce crop productivity. Among these factors are biotic, especially anthracnose diseases (*Colletotrichum lindemuthianum*), angular leaf spot (*Pseudocercospora griseola*), and common bacterial blight (*Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli*). For the control of these diseases, emerges for the alternative management with the use of beneficial microorganisms associated with nutritional supplementation with silicon (Si), aiming to control the diseases in a more sustainable way, assisting in the fight against pathogen races that have acquired resistance to chemicals, traditionally used. Given this, the present work aimed to evaluate the potential of bacterial isolates in seed treatment associated with silicon foliar application in the development of the main bean crop diseases. To perform this work, bacterial isolates 16, 27 and RD34 were applied to bean seeds of cultivar IPR Tuiuiú, and sown in the experimental area of the Universidade Federal de Fronteira Sul, in a randomized complete block design (DBC), containing four replications and eight treatments, in a 4x2 factorial arrangement (seed treatment x silicon foliar application). To evaluate the use of silicon, three foliar applications of silicon were carried out with a 10-day interval in plots that received or not the bacterial isolates. Plants were evaluated for the severity of these diseases and productive variables. The use of biocontrollers showed satisfactory efficiency in reducing the severity of common bacterial growth, especially the isolate 27 which significantly reduced the severity of the disease, but without significantly affecting the productive variables.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Seed treatment. Biological control. Alternative management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui de distribuição dos tratamentos no experimento. Cerro Largo – 2018/19.	27
Figura 2 - Escala diagramática para avaliação de severidade da mancha angular (A) e crestamento bacteriano comum (B) em folhas do feijoeiro.	28
Figura 3 - Temperatura média diária do ar (°C) e precipitação pluviométrica (mm), correspondente ao período de condução do experimento. Cerro Largo, RS. ...	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de antracnose em feijoeiro submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e a aplicação foliar de silício. Cerro Largo, 2019.....	31
Tabela 2 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de mancha angular em feijoeiro submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e a aplicação foliar de silício. Cerro Largo, 2019.	32
Tabela 3 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de CBC em feijoeiro submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e a aplicação foliar de silício. Cerro Largo, 2019.....	33
Tabela 4 – Estande final de plantas (plantas/m ²) de feijoeiro submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e diferente manejo foliar com silício. Cerro Largo, 2019.	34
Tabela 5 - Número de grãos por planta colhidos de feijoeiro submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e diferente manejo foliar com silício. Cerro Largo, 2019.	35
Tabela 6 - Peso de Mil Grãos (PMG) em gramas, colhidos de feijoeiro submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e diferente manejo foliar com silício. Cerro Largo, 2019.....	36
Tabela 7 - Produtividade de feijoeiro (Kg ha ⁻¹), submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e diferente manejo foliar com silício. Cerro Largo, 2019.	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Escala de notas para avaliação da severidade da antracnose em plantas de feijoeiro.	28
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO.....	13
2.1	IMPORTÂNCIA DO FEIJOEIRO.....	13
2.2	MANEJO DO FEIJOEIRO.....	14
2.3	MANEJO DE DOENÇAS DO FEIJOEIRO	16
2.3.1	Antracnose	16
2.3.2	Mancha Angular.....	17
2.3.3	Crestamento Bacteriano Comum (CBC).....	17
2.3.4	Práticas de Manejo de Doenças	18
2.4	CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS DO FEIJOEIRO	20
2.5	SILÍCIO NO CONTROLE DE DOENÇAS	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1	LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	25
3.2	PREPARO DA ÁREA, IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO E TRATAMENTOS	25
3.3	AVALIAÇÕES	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5	CONCLUSÃO.....	38
	REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

O Brasil figura entre os maiores produtores mundiais de feijão, com uma produção acima de 3.033 mil toneladas de grãos em uma área cultivada de aproximadamente 2.795 mil hectares, estando atrás apenas da Índia e Myanmar e seguido pelos Estados Unidos, China e México (FAO, 2018).

A grande contribuição do Brasil na produção mundial de feijão se justifica pelo fato de ser possível a realização de três safras anuais no território brasileiro, das quais, a primeira safra corresponde a aproximadamente 33%, a segunda safra com 42% e a terceira safra a 25% da produção total, que foi de 3.022.800 toneladas na safra 2018/19. A produção na primeira safra concentra-se nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e a segunda safra nas regiões Sul e Centro-Oeste, com destaque de produção os estados do Paraná, Minas Gerais e Mato Grosso, nas suas respectivas regiões (CONAB, 2019).

A produção de feijão pode ser afetada por fatores abióticos como a temperatura que, tanto as muito elevadas como as baixas, podem afetar o desenvolvimento do feijoeiro, sendo considerada propícia para cultivo a temperatura entre 18 e 30°C, assim como a incidência das chuvas, sendo capaz de afetar a produção, quando em escassez no período reprodutivo ou excesso no período de colheita (STONE; SARTORATO, 1994).

A incidência de alguns fatores como umidade e temperatura pode favorecer o desenvolvimento de importantes doenças da cultura do feijoeiro, como o crestamento bacteriano comum (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) que ocorre de forma cosmopolita, a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) considerada uma das doenças mais importantes do feijoeiro, atingindo danos de até 100% e a mancha angular (*Pseudocercospora griseola*) que vem se destacando por causar surtos mais precoces e intensos (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 1997).

Algumas alternativas estão se solidificando no manejo de doenças nos últimos anos, como o controle biológico através da introdução de biocontroladores nos cultivos (MORANDI; BETTIOL, 2009), assim como a adição de silício (Si) que, mesmo sem ser considerado um nutriente essencial, proporciona uma maior resistência das plantas, reduzindo a severidade de determinadas doenças (TEIXEIRA et al., 2008).

O uso de microrganismos biocontroladores de doenças vem sendo amplamente estudado e vários mecanismos de ação podem estar envolvidos, destacando-se a antibiose, que ocorre pela produção de um ou mais metabólitos por um microrganismo

com efeito danoso sobre um outro, ou pela indução da resistência, seja ela localizada ou sistêmica, consistindo na ativação de mecanismos de resistência latente da própria planta (BETTIOL; GHINI, 1995).

Além do uso de microrganismos biocontroladores, há trabalhos que mostram os efeitos positivos da aplicação foliar de silício, devido sua contribuição na rigidez e elasticidade na parede celular (SCHUMANN; VASHISTH; SPANN, 2010), reduzindo assim, a suscetibilidade das plantas aos ataques por patógenos, possibilitando em alguns casos, uma diminuição do número de aplicações de fungicidas.

A partir disto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o possível efeito de diferentes isolados bacterianos no tratamento de sementes e a aplicação foliar do silício (Si), de forma isolada ou associada aos tratamentos bacterianos, no desenvolvimento das principais doenças da cultura do feijoeiro.

2 REVISÃO

2.1 IMPORTÂNCIA DO FEIJOEIRO

Na América Latina, as pessoas possuem o hábito de consumir alimentos como mandioca, milho, trigo e arroz como fonte de carboidratos, porém, principalmente pessoas de baixa renda, acabam carecendo de proteínas providas de leite e carnes devido ao seu custo mais elevado. Diante desse cenário, o feijão se destaca como uma leguminosa rica em proteína tornando-se a principal fonte deste nutriente no Brasil (BROUGHTON et al., 2003).

Devido a sua grande importância no fornecimento de nutrientes, associado ao custo de aquisição e costumes de consumo da população, segundo o Inquérito Nacional de Alimentação, o feijão está presente na alimentação de mais de 72% dos brasileiros e, aliado ao arroz com 84% de prevalência de consumo da população brasileira, formam desta forma, a base da alimentação de grande parte dos brasileiros (SOUZA et al., 2013).

O consumo aparente *per capita* de feijão no Brasil, apresentou uma tendência de aumento, com um incremento próximo a 30% de 1998 a 2010, passando de 13,3 para 17,1 kg/hab/ano respectivamente. Dentre os principais consumidores destacam-se os estados da região nordeste, como Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí e Bahia e, os com menor consumo *per capita* os estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Roraima e São Paulo (WANDER; CHAVES, 2011).

No Brasil, são cultivados dois tipos de feijoeiro, o *Phaseolus vulgaris* (L.) e o *Vigna unguiculata* (L.) Walp., respectivamente, feijão comum e feijão caupi. As regiões norte e nordeste destacam-se pela produção do feijão caupi, por outro lado, o feijão comum é produzido nas demais regiões, com maior produção do tipo comum preto na região sul e do tipo comum-cores na região sudeste e centro-oeste (CONAB, 2019).

O feijão caupi se destaca nas regiões norte e nordeste do Brasil como uma fonte de alimento acessível rica em proteína além de minerais e fibras, representando também um importante gerador de emprego e renda nestas regiões mais áridas, que normalmente são impróprias para cultivo de outras leguminosas como a soja (FROTA et al., 2008).

Já o feijoeiro comum, também sendo um alimento rico em proteínas, fibras e minerais, possui importância associada à sua ampla distribuição no Brasil, cultivado em várias regiões e através de diferentes sistemas de produção, considerado alimento

básico da dieta humana, colocando o Brasil em destaque entre os maiores produtores e consumidores mundiais (LOVATO et al., 2018).

2.2 MANEJO DO FEIJOEIRO

O feijoeiro comum pode ser cultivado em diferentes períodos do ano devido a sua ampla adaptação. Desde que se satisfaçam condições edafoclimáticas favoráveis, podem ser produzidas até três safras anuais em algumas regiões. A 1ª safra, ou safra das “águas” é cultivada entre os meses de agosto e novembro, a 2ª safra, ou safra da “seca” é cultivada entre os meses de dezembro e abril, já a 3ª safra, também conhecida como safra irrigada é cultivada entre os meses de abril e julho (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2012).

Conforme relatado anteriormente, o feijoeiro é uma cultura sensível a algumas condições climáticas, restringindo seu cultivo em algumas regiões à determinadas épocas. Como no caso de Cerro Largo no Rio Grande do Sul na 3ª Safra, em que a temperatura média nos meses mais frios, como maio (16,9°C), junho (15,1°C), julho (15,7°C) e agosto (17,3°C) (CLIMATE-DATA.ORG, 2019?), inviabilizando, desta forma, o cultivo do feijoeiro nestes períodos, pois a faixa média considerada ótima para o desenvolvimento do feijoeiro está entre 18 a 24°C (VIEIRA, 1967 apud ANDRADE; CARVALHO; VIEIRA, 2006).

Ao planejar o cultivo do feijoeiro, deve-se considerar fatores como umidade e temperatura ao decidir a época de semeadura, bem como atentar ao Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) de cada município, pois este analisa parâmetros relacionados ao clima, solo e ciclo das cultivares para indicar períodos de semeadura específico para cada município (MAPA, 2017).

Da mesma forma que acontece com as baixas temperaturas, o feijoeiro é sensível também a temperaturas elevadas, as quais podem reduzir a produtividade quando ocorrem em períodos importantes do desenvolvimento do feijoeiro, causando principalmente o abortamento de flores, bem como o pegamento das vagens e o número de grãos por vagem (DICKSON; BOETTGER, 1984; PORTES, 1988; apud ANDRADE; CARVALHO; VIEIRA, 2006).

Além da temperatura, a característica pluviométrica de uma região pode afetar a produtividade do feijoeiro de diferentes formas, seja pelo excesso ou escassez. A ocorrência de longos períodos de chuva durante a colheita acarreta perdas de qualidade dos grãos além de dificultar a colheita mecanizada. Já a falta das chuvas

pode reduzir o potencial produtivo da lavoura nos estágios vegetativos e reprodutivos. Todavia, a falta das chuvas normalmente pode ser contornada através do uso de irrigação (SILVA, 1996).

A fim de estabelecer um estande adequado de plantas, é imprescindível a escolha de sementes de qualidade, tanto genética, quanto sanitária, física e fisiológica (SALUM et al., 2008). A utilização de sementes de qualidade no cultivo do feijoeiro apresenta importância primordial, visando qualidade fisiológica além da possibilidade de serem afetadas por patógenos transmitidos pelas sementes (HENNING, 2005).

Em recomendações para produção informal de sementes de feijão, prática comum entre pequenos produtores, é importante a escolha da área de produção antes de iniciar o cultivo, evitando áreas com histórico de doenças ou de seus vetores, devendo ser utilizada também uma área que proporcione a produção de sementes com a melhor qualidade fisiológica e sanitária possível. Para confirmar isto, considera-se importante a realização das análises de qualidade de sementes antes do cultivo, tanto o teste germinação como o teste de qualidade sanitária, para certificar-se do potencial destas sementes (DIDONET, 2013).

A densidade de semeadura deve ser ajustada de acordo com a cultivar, sendo recomendado para cultivares tipo I de 250 a 300 mil plantas.ha⁻¹; para cultivares do tipo II de 200 a 250 mil plantas.ha⁻¹ e para cultivares do tipo III cerca de 200 mil plantas.ha⁻¹. O espaçamento mais indicado é de 0,40 a 0,50 m entre linhas, podendo ser de 0,30 a 0,60 m em casos específicos (BALARDIN, 2000). Outra finalidade do uso da densidade de semeadura adequada está relacionada a severidade de doenças. Considerando características específicas de cada região, é possível observar uma maior severidade de algumas doenças quando o feijoeiro é cultivado em maiores densidades de semeadura em comparação com cultivos menos adensados (SCHWARTZ, 1981).

Quanto ao manejo nutricional no cultivo do feijão, assim como ocorre com as demais culturas, a falta de um nutriente essencial pode limitar o desenvolvimento, impedindo que a planta complete seu ciclo, pois estes atuam diretamente no metabolismo da mesma, não podendo ser substituídos por outros elementos (ARNON; STOUT, 1939). Adicionalmente, a resistência das plantas aos diferentes patógenos que podem atacá-la está relacionada com sua genética, porém essa capacidade pode ser fortalecida ou enfraquecida pelo balanço nutricional, uma vez que plantas sob estresse nutricional são mais suscetíveis do que quando estão com a nutrição balanceada. Por exemplo, a deficiência de fósforo, em alguns casos, aumenta a

permeabilidade da membrana celular e a exsudação radicular, favorecendo a atividade de patógenos, assim como o correto suprimento de potássio (K) que, de modo geral, favorece o crescimento da planta e sua resistência a doenças (ZAMBOLIM; VENTURA, 2012).

Plantas que possuem parede celular mais fracas ou finas devido ao desequilíbrio nutricional tornam-se mais suscetíveis ao ataque de patógenos, os quais podem liberar enzimas extracelulares que dissolvem a lamela média para invadir a superfície foliar. Além disto, uma maior resistência pode ser adquirida por barreiras mecânicas, como com o acúmulo de silício, gerando uma barreira física à penetração de fungos (SCHUMANN; VASHISTH; SPANN, 2010)

2.3 MANEJO DE DOENÇAS DO FEIJOEIRO

As doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides, observadas na cultura do feijoeiro, podem acarretar na redução do potencial produtivo de diferentes formas, sendo influenciadas pela época e local de cultivo, bem como com a cultivar utilizada.

As doenças do feijoeiro podem ser causadas por fungos de parte aérea como a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), a ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e a mancha angular (*Pseudocercospora griseola*); fungos de solo, como a mela (*Thanatephorus cucumeris*) e o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*); por bactérias como o crestamento bacteriano comum (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) e, por vírus como o mosaico-dourado (Bean golden mosaic vírus). (BARBOSA; GONZAGA, 2012). Sendo tomadas para este estudo, a antracnose, a mancha angular e o crestamento bacteriano comum devido à sua ocorrência no município de Cerro Largo – RS.

2.3.1 Antracnose

A antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scrib.) é considerada uma das principais doenças que afeta o feijoeiro, podendo causar perdas de até 100%, ocorrendo, principalmente, em locais de temperaturas baixas a moderadas e com umidade relativa alta. Seus sintomas típicos são caracterizados por lesões marrom-escuras nas nervuras da face abaxial das folhas, podendo ser observadas, em algumas situações, na face adaxial. Além disto, em ataques mais

severos surgem lesões no limbo da folha do entorno das nervuras afetadas, além de lesões alongadas no pecíolo e no caule, e lesões circulares nas vagens (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 1997).

O patógeno tem a capacidade de sobreviver na palhada e no interior de sementes, sendo esta última a principal forma de disseminação a longas distâncias, tendo como principal mecanismo de disseminação a curtas distâncias a ocorrência de vento associado a água da chuva ou da irrigação sobre abundante fonte de inóculo presente na palhada (PAULA JÚNIOR; VIEIRA; ZAMBOLIM, 2004).

2.3.2 Mancha Angular

A mancha angular (*Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun (sin. *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris)) vem ganhando cada vez mais atenção, devido a sua disseminação pelas sementes, causando surtos cada vez mais precoces e intensos no feijoeiro, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, com temperatura em torno de 16 a 24°C, preferencialmente associado a períodos de alta umidade favorecendo o desenvolvimento do patógeno. O sintoma mais típico desta doença é a presença de manchas nas folhas com coloração marrom-escura, formato angular delimitada pelas nervuras (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 1997).

2.3.3 Crestamento Bacteriano Comum (CBC)

O CBC é causado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Smith) Dye, sendo esta a principal doença bacteriana do feijoeiro no Brasil (DÍAZ et al., 2001). Em relatos de Bianchini; Maringoni; Carneiro (1997), trabalhos desenvolvidos em outros países apresentaram resultados de até 45% de perda causadas pelo CBC no feijoeiro.

Não há trabalhos consistentes, disponibilizando dados meteorológicos e microclimáticos detalhados o suficiente para que tornasse possível a identificação de fatores como precipitação, umidade e temperatura capazes de favorecer uma epidemia do CBC no feijoeiro (SARTORATO; RAVA; RIOS, 1996). Porém, Paula Júnior; Zambolim (2006), relataram que condições como altas temperaturas e presença de umidade favorecem o desenvolvimento da bactéria, havendo a penetração desta por aberturas naturais do feijoeiro, como por estômatos e hidatódios da planta, ou por ferimentos.

2.3.4 Práticas de Manejo de Doenças

Pensando no controle destas doenças, é importante a utilização do manejo integrado de doenças (MID), adotando-se todas as técnicas disponíveis, visando manter a população do patógeno abaixo do nível de dano econômico ao cultivo do feijoeiro e baseando-se, essencialmente, em estratégias que visam a redução da fonte de inóculo inicial, bem como a atenuação do progresso da doença (PAULA JÚNIOR; VIEIRA; ZAMBOLIM, 2004).

Dentre as técnicas de prevenção, visando reduzir a fonte de inóculo de uma lavoura ou evitar sua introdução, encontra-se a utilização de sementes livres de inóculo do patógeno, normalmente produzidas em áreas livres de patógenos, em regiões que possuam condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento de doenças (ZAUMEYER; THOMAS, 1957). Segundo Barbosa; Gonzada (2012), a utilização de sementes sadias é uma das formas mais efetivas de evitar a maioria das doenças, destacando que esta estratégia é eficiente para patógenos transmitidos pelas sementes, como é o caso dos causadores de antracnose, CBC e mofo-branco.

Vale lembrar que a taxa de utilização de sementes de feijão no Brasil foi de apenas 19% no ano de 2015. Já no Rio Grande do Sul, essa utilização foi ainda menor, de apenas 3% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS, 2019), devendo-se isso, principalmente, pela utilização de sementes remanescentes de safras anteriores, conhecidas como sementes salvas, comumente adquiridas através de trocas entre agricultores ou por mercados informais, sem possuir uma qualidade mínima em comparação com as sementes legalizadas (DIDONET, 2013).

A catação manual, através da separação de sementes que apresentam sintomas visíveis sobre o tegumento, é uma estratégia que, mesmo pouco segura, pode ser adotada, principalmente, por pequenos produtores, com reduzidas áreas de semeadura, removendo-se um percentual significativo de sementes infectadas e sendo possível de ser adotada na prevenção da antracnose e do CBC (BALARDIN, 2000; AGROFIT, 2019).

Uma prática que afeta negativamente uma grande gama de patógenos que atacam o feijoeiro é o uso da rotação de culturas com plantas não hospedeiras. Com maior eficiência para patógenos não habitantes do solo, a remoção do feijoeiro da área por pelo menos 18 meses pode ser empregada nesse controle, principalmente para patógenos que não apresentam habilidade de competição saprofítica (PAULA JÚNIOR; VIEIRA; ZAMBOLIM, 2004). Porém, a rotação de culturas apresenta baixa

eficiência no controle de doenças causadas por fungos de solo, devido a sua capacidade de sobrevivência, reduzindo os efeitos esperados pela rotação (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

Vale ressaltar que não basta apenas realizar uma rotação de culturas com qualquer espécie, pois a cultura utilizada pode influenciar a eficiência deste método, Autores como Berni; Silveira; Costa (2002) observaram diferentes níveis de severidade de *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* Snyder & Hans, utilizando espécies distintas na rotação. Os mesmos autores encontraram resultados diferentes entre os preparos de solo, quando em solo preparado com gradagem apresentou o pior resultado para severidade de *Rhizoctonia solani* e também com gradagem em sistema de rotação de cultura de milho-feijão, onde houve a menor severidade de *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*.

Uma estratégia de manejo de doenças que deve ser adotada sempre que possível é a utilização de cultivares com algum nível de resistência, considerada uma das estratégias mais baratas ao agricultor dentro do manejo integrado de doenças (PAULA JÚNIOR; VIEIRA; ZAMBOLIM, 2004). Porém Bianchini; Maringoni; Carneiro (1997) ressaltam que a resistência varietal mesmo sendo estudada nos programas de melhoramento, ainda não atingiu níveis satisfatórios no controle genético.

Em estudo realizado Medeiros et al. (2008) com 60 genótipos de feijoeiro comum, apenas 7 destes apresentaram resistência mínima de 80% para 12 raças de *C. lindemuthianum*. Existem algumas variedades com resistência ao *C. lindemuthianum*, porém, esta resistência pode ser superada facilmente devido a variabilidade genética do patógeno (AGROFIT, 2019). O mesmo autor relata que, para outros patógenos, estão sendo realizados estudos visando determinar fontes de resistências mais estáveis, visto que esta prática isolada se mostra insuficiente no controle de doenças, até o momento.

A adoção do controle químico das doenças deve ser considerada, levando em conta o nível tecnológico empregado na área e sua finalidade. Além disto, no momento da aplicação devem ser analisadas as condições da lavoura e a presença de condições climáticas favoráveis ou não ao desenvolvimento do patógeno, considerando também o retorno econômico esperado e o potencial de produção da área (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 1997).

Há a disposição vários produtos químicos, que podem ser utilizados desde o tratamento de sementes até aplicações foliares, visando evitar a evolução dos danos causados pelos patógenos de forma eficaz (YOSHII, 1980). O tratamento químico de

sementes é uma das medidas de controle de doenças mais adotada na agricultura moderna, assim, graças ao desenvolvimento de fungicidas sistêmicos, é possível obter resultados convincentes no controle de patógenos que infectam o embrião das sementes (STONE; SARTORATO, 1994).

O uso racional do controle químico, que também pode ser realizado em pulverizações sobre a parte aérea, pode gerar resultados satisfatórios na produtividade, porém, é importante realizar sua correta utilização, evitando gastos/aplicações desnecessárias bem como danos ao ambiente e as pessoas envolvidas, sendo, ainda assim, fundamental a adoção de medidas integradas de controle das doenças (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

Alabouvette et al. (2006 apud CAMPOS et al., 2009) descrevem que agentes utilizados no biocontrole de doenças fúngicas possuem um vasto potencial de aplicação de forma sustentável, provocando a redução de patógenos que já desenvolveram resistência a fungicidas. No que diz respeito ao biocontrole de doenças bacterianas também há resultados animadores, com a utilização de rizobactérias no tratamento de sementes sendo dos principais objetivos de estudos.

2.4 CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS DO FEIJOEIRO

O Brasil é um grande detentor de biodiversidade, onde é possível a utilização de microrganismos antagônicos no controle de doenças, como alternativa ao manejo químico, o qual, com o passar do tempo e a utilização de forma indevida, acaba selecionando patógenos resistentes aos seus princípios ativos. Os biocontroladores favorecem a obtenção de resultados favoráveis quanto ao manejo, principalmente quando adotado em um conjunto de sistema de manejo integrado (MELO et al., 2006 apud GUIMARÃES, 2018; MELLO, 2014 apud GUIMARÃES, 2018; MORANDI; BETTIOL, 2009).

Fungos do gênero *Trichoderma* spp. apresentam características de vida livre e reprodução assexuada, sendo encontrados com maior facilidade nos solos de regiões de clima temperado e tropical, possui algumas de suas linhagens empregadas no controle de fotopatógenos devido a seus efeitos quanto ao parasitismo, antibiose, competição e indução de resistência das plantas contra doenças (MACHADO et al., 2012). Alguns trabalhos realizados com o gênero *Trichoderma* spp. tiveram resultados satisfatórios, como para Carvalho et al. (2011), que observaram que isolados de *Trichoderma harzianum* reduziram a incidência de *Fusarium oxysporum* e elevaram o

porcentual de plântulas normais de feijoeiro e Carvalho (2006) que observou um maior número de plântulas de trigo sadias ao utilizar o fungo *Trichoderma viride*.

Para o manejo de fitopatógenos, algumas bactérias também são bastante estudadas, como as dos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus*, devido suas diferentes formas de ação, destacando-se actinobactérias produtoras de antibióticos nocivos tanto para bactérias como para fungos fitopatogênicos. O emprego de um ou mais microrganismos no controle de outro microrganismo patogênico pode ser explicado ao se conhecer os mecanismos de ação que podem estar envolvidos no controle biológico, tais como a antibiose, competição, parasitismo, predação e a indução de defesas (MORANDI; BETTIOL, 2009).

A interação entre organismos pode resultar em antibiose, quando um organismo produz um ou mais metabólitos que resultam em efeito danoso sobre outro organismo de espécie diferente. Já por competição, entende-se a interação entre dois ou mais microrganismos que buscam um mesmo recurso (por exemplo alimentação, espaço ou oxigênio). Outra forma de ação refere-se a sobrevivência e alimentação de um microrganismo sobre um outro microrganismo, caracterizada como parasitismo, ou pela predação, onde um microrganismo obtém seu alimento de outras fontes de patógenos (BETTIOL; GHINI, 1995).

Mesmo as plantas possuindo mecanismos de defesas próprias contra patógenos isso não é suficiente, uma vez que a infecção por patógenos virulentos pode suprimir o mecanismo de resistência da planta. Visando contornar esta situação, pesquisas com indução de resistência buscam fornecer estímulos as plantas antes que ocorra contato com o patógeno, possibilitando uma redução dos danos pela doença. A resistência induzida se fundamenta na ativação de mecanismos de resistência latente e não em uma criação de resistência, desenvolvendo reações de hipersensibilidade nas plantas que pode ser desencadeada por produtos químicos, formas avirulentas de patógenos, raças incompatíveis de patógenos entre outros. A resistência induzida pode ser expressa de forma localizada ou sistêmica em relação aos tecidos expostos ao indutor e ao patógeno (VAN LOON; BAKKER; PITERSE, 1998)

As bactérias isoladas na rizosfera também podem apresentar a capacidade de promover o crescimento das plantas, através de mecanismos como a solubilização de fosfato ou produção de fitohormônios, tais como o ácido indol acético (AIA), giberelina e citocinina (SARAF et al., 2011 apud MONTALDO, 2016), produtos estes, que auxiliam na absorção de nutrientes, assim como no crescimento das raízes e da parte

aérea das plantas (ASGHAR et al., 2002). Resultados promissores foram encontrados com os efeitos da microbiolização utilizando rizobactérias em feijoeiro, em que se verificou incremento significativo na massa fresca da parte aérea e da raiz, massa seca da parte aérea e no número de sementes (CERQUEIRA et al., 2015).

Outros estudos constataram que houve redução da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do crestamento bacteriano comum no feijoeiro, proporcionado pelo tratamento das sementes com um isolado de *Pseudomonas*, observando ainda que este efeito se deu, pelo menos em parte, pela indução de resistência, uma vez que não foi observada produção de compostos antibióticos efetivos contra o isolado de *X. axonopodis* pv. *phaseoli*, também por não ser observado efeito de doses crescentes e pelo biocontrolador estar separado espacial e temporalmente do patógeno (SILVA et al., 2008). Assim como em trabalho realizado por Giorgio et al. (2015), em que foram selecionadas 6 bactérias isoladas da rizosfera de feijoeiro com potencial de biocontrole do CBC (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*).

O controle biológico vem apresentando resultados promissores no manejo de doenças, mesmo sem apresentar redução imediato e chamativos como os métodos químicos. Nem sempre a utilização do método biológico é suficiente para evitar danos significativos à produção, tornando necessária a integração com outros métodos, sem que ocorra interferência entre estes e, se possível, que ocorra um efeito aditivo ou sinérgico entre as medidas de controle (BETTIOL; GHINI, 1995).

2.5 SILÍCIO NO CONTROLE DE DOENÇAS

Já entendida a grande importância do feijão para alimentação humana e considerando a grande dificuldade de controle das principais doenças que resultam em grandes prejuízos para os produtores do Brasil, evidencia-se a grande importância de pesquisas com produtos alternativos eficientes no controle das doenças, como o silício (Si), que age na estrutura da planta, possibilitando a produção de grãos de melhor qualidade (BAY et al., 2014).

O silício é um elemento químico constituinte de rochas, minerais silicatados e de solos, presente em grande quantidade na crosta terrestre porém, nem sempre disponível para as plantas (CAMARGO, 2016). O silício é considerado um elemento não essencial às plantas entretanto, é considerado benéfico do ponto de vista

agronômico, visto que proporciona o desenvolvimento e integridade de muitas espécies (ZAMBOLIM; ZANÃO JÚNIOR; VENTURA, 2012).

A absorção do silício pelas plantas ocorre preferencialmente na forma de ácido silícico (H_4SiO_4) nas raízes, que passa a ser transportado pelo xilema até a parte aérea, ocorrendo de forma diferenciada entre espécies de plantas, quanto a densidade de transporte e quantidade de silício absorvida. Posteriormente, o silício acaba sendo depositado abaixo da camada cuticular da folha, formando uma dupla camada, de silício e cutícula, tendo sua concentração regulada pela transpiração, através da remoção da água, concentrando o ácido silícico que é polimerizado (MA; YAMAJI, 2006).

Essa deposição de silício na camada superficial das folhas, proporciona uma redução dos danos causados por insetos e patógenos através da formação de uma barreira física que dificulta a penetração e consequente desenvolvimento de fungos e insetos. Outra possível ação do silício é a formação de uma barreira química que dificulta a colonização de fungos. Assim, devido ao silício solúvel que ativa o sistema natural de defesa da planta quando esta é atacada por algum patógeno, gera estímulos para produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e o acúmulo de lignina na parede celular (CAMARGO, 2016).

O silício vem sendo utilizado comercialmente em áreas de cultivo de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, com o objetivo de reduzir os danos por pragas que, ao se alimentarem das folhas sentem desconforto bucal, provocado pelo endurecimento da planta causada pelo silício, que pode levar a um maior desgaste da boca dos insetos (FILGUEIRAS, 2007). Testes da aplicação de silício em sorgo (*Sorghum bicolor*) no controle do pulgão-verde (*Schizaphis graminum*) se mostraram eficientes, reduzindo o número de pulgões observados por folha e o número de ninfas colocadas pelos pulgões, além disto, resultou em um acúmulo de silício nas folhas e caule, que afetou a preferência para alimentação e a reprodução do pulgão-verde (CARVALHO; MORAES; CARVALHO, 1999).

Outro estudo, com a cultura da soja, apresentou resultados satisfatórios no manejo da mosca branca (*Bemisia tabaci*), diminuindo a viabilidade dos ovos, causando mortalidade das ninfas e elevando a resistência à mosca branca (FERREIRA, 2006). Para a cultura do feijoeiro, já se observou que a aplicação de silício via foliar proporcionou uma redução da área foliar atacada, aumentou o número de grãos e vagens, proporcionando um aumento de produtividade (NAIVERTH; SIMONETTI, 2015).

Em trabalho realizado com diferentes fontes de silício aplicadas no recobrimento de sementes de feijão, foi observado a redução do porcentual de plântulas infectadas com *Colletotrichum lindemuthianum*, reduzindo o efeito negativo da inoculação deste patógeno nas sementes de feijão (VEDOVATTO, 2017). Além deste, outro estudo indicou que o recobrimento das sementes de feijão com silício proporcionou uma redução de incidência de danos as plântulas infectadas por *F. oxysporum* e *C. lindemuthianum*, devido ao aumento da resistência das plântulas, seja por meio de uma barreira física na parede celular ou por alterações a nível bioquímico (MIGLIORINI, 2018).

Muitos estudos evidenciam a eficiência do silício na redução de danos por pragas e doenças. Porém, isso não ocorre em todos e nem para todas as culturas, evidenciando a necessidade de gerar informações sobre as fontes de silício, o modo de aplicação, além das doses e épocas adotadas (ZAMBOLIM; ZANÃO JÚNIOR; VENTURA, 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus Cerro Largo/RS, no período de 08/11/2018 a 14/02/2019, em latitude de 28°08'30" sul, longitude de 54°45'31" oeste e altitude aproximada de 255 metros. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho e pertence a Unidade de Mapeamento Santo Ângelo (EMBRAPA, 2006).

O clima do município é classificado como Cfa segundo classificação de Köppen e Geiger, com chuvas distribuídas ao longo do ano, temperatura média no mês mais quente de 26,0°C e temperatura média no mês mais frio de 15,1°C (CLIMATE-DATA.ORG, 2019?).

Durante o período de condução do experimento foram coletados dados de variáveis meteorológicas diariamente na Estação Meteorológica da UFFS – Campus Cerro Largo, localizada a aproximadamente 70 metros do experimento.

3.2 PREPARO DA ÁREA, IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO E TRATAMENTOS

O experimento foi implantado em uma área que possuía cobertura com consórcio de nabo + aveia + ervilhaca, onde foi retirada amostra de solo em outubro de 2018 para realização de análise química, a qual apresentou os seguintes teores: pH (H₂O): 6,2; P disponível (Mehlich-1): 21,7 mg dm⁻³; K: 256 mg dm⁻³; Ca: 5,5 cmol_c dm⁻³; Mg: 2,5 cmol_c dm⁻³ e Al: 0,0 cmol_c dm⁻³; H + Al: 2,2 cmol_c dm⁻³; saturação de bases: 79,6% e matéria orgânica (M.O%): 2,4%. Posteriormente foi realizada a adubação no momento da semeadura, seguindo as recomendações técnicas do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2016).

Antes da implantação do experimento na área, o solo foi preparado com uma gradagem pesada e duas leves, desejando assim eliminar torrões e homogeneizar a superfície do solo, facilitando também a semeadura. Com o auxílio de uma semeadora adubadora sem as rodas compactadoras, foi depositado o adubo no solo, além de deixar as linhas abertas no solo, com espaçamento de 50cm entre elas, para seguir com a semeadura que se realizou manualmente, tendo em vista uma melhor distribuição das sementes, depositando cerca de 13 sementes por metro linear.

A cultivar de feijão utilizada foi a IPR Tuiuiú. Trata-se de uma cultivar do grupo preto, com hábito de crescimento indeterminado tipo II e porte ereto, possuindo um ciclo médio da emergência a colheita de 88 dias. A cultivar apresenta características de resistência murcha de *Fusarium* e ao mosaico comum, moderadamente resistente a ferrugem, mancha angular, oídio e moderadamente suscetível a murcha de *Curtobacterium* e suscetível a antracnose e crestamento bacteriano comum (IAPAR, 2019).

Os tratamentos se constituíram de três isolados bacterianos na microbiolização das sementes, associados ou não a aplicação foliar de silício.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso (DBC), contendo quatro repetições e oito tratamentos, em arranjo fatorial 4x2 (microbiolização de sementes x aplicação foliar de silício), resultando em 32 unidades experimentais (parcelas), onde cada parcela possuía 2,5 metros de largura e 5 metros de comprimento, totalizando uma área de 15 m² (Figura 1).

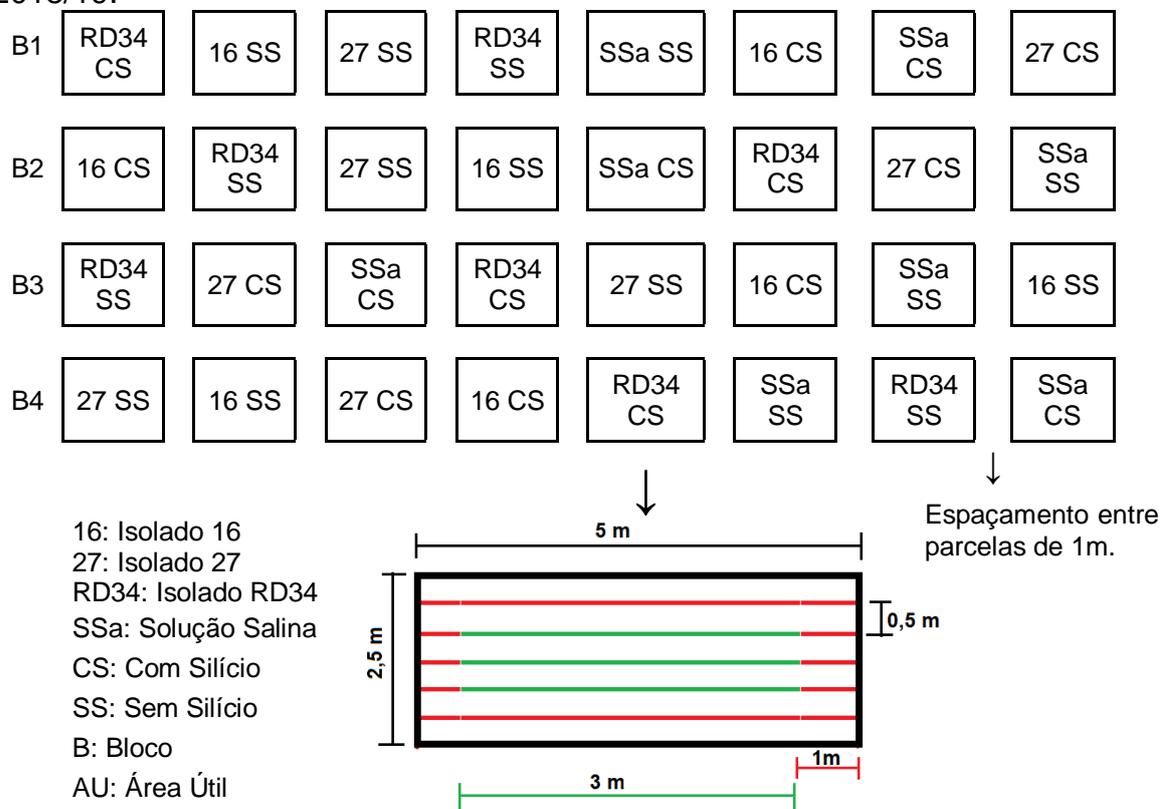
Para microbiolização das sementes foram utilizados os isolados 16, 27 e RD34, pertencentes a coleção de culturas do laboratório de manejo integrado de doenças (LABMID-UFFS), por já terem apresentado potencial em biocontrole em trabalhos anteriores. Esses isolados foram cultivados em meio ágar nutriente por 48 horas a 28 ± 2 °C e posteriormente, diluídos através da adição de solução salina (0,85% NaCl) sobre a cultura bacteriana. Para calibrar a suspensão bacteriana, foi utilizado um espectrofotômetro ajustado para OD₅₄₀= 0,5 nanômetros.

As sementes de feijão foram acomodadas em sacos plásticos, onde receberam 6,5mL de suspensão por Kg de sementes proporcionalmente, sendo que no tratamento testemunha as sementes receberam 6,5mL de solução salina por Kg de sementes. As sementes foram agitadas vigorosamente para distribuição uniforme da suspensão e, após secagem natural para aderência da suspensão por cerca de 30 minutos, foram mantidas em baixa temperatura até o momento da semeadura, armazenadas em caixa térmica por aproximadamente uma hora.

A aplicação foliar do silício iniciou quando foram observados os primeiros botões florais (R5) e foi repetida por mais duas vezes em intervalos de 10 dias. Como fonte de silício foi utilizado o Gigamix® na forma de pó misturável, diluído em água, na dose de 250 gramas em 100 litros de água, aplicando 200 litros de calda por hectare, resultando em uma dose de 0,5Kg ha⁻¹. Para a aplicação do produto, se ajustou a velocidade de deslocamento para 1m s⁻¹, utilizando um pulverizador costal

pressurizado com CO₂ para vazão constante, com uma barra de 4 pontas equipadas com bicos Magnojet®.

Figura 1 - Croqui de distribuição dos tratamentos no experimento. Cerro Largo – 2018/19.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 AVALIAÇÕES

Quando o feijoeiro atingiu o estágio vegetativo V4, apresentando a terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida, foram escolhidas dez plantas aleatoriamente dentro da área útil de cada parcela. Estas plantas foram marcadas e numeradas, possibilitando que fossem avaliadas as mesmas plantas durante toda a condução do experimento, através da avaliação de todos os folíolos que apresentava sintomas, sem remove-los das plantas.

As avaliações de severidade iniciaram no dia 21 de dezembro, quando foram observados os primeiros sintomas das doenças, após isto, foram repetidas em intervalos de cinco dias, até o início da senescência, resultando em seis avaliações ao final. As avaliações foram realizadas com o auxílio de escala descritiva para a antracnose (Quadro 1), diagramática para a mancha angular (Figura 2A) e para o

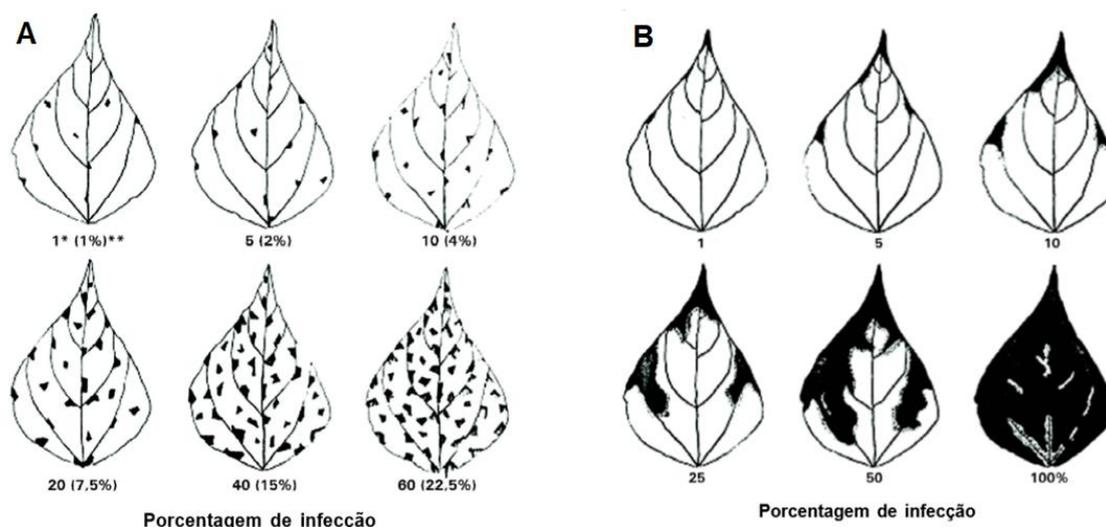
crestamento bacteriano comum (Figura 2B), todas propostas por Quintela et al. (2005).

Quadro 1 - Escala de notas para avaliação da severidade da antracnose em plantas de feijoeiro.

Notas	Severidade da doença
1	Ausência de sintomas;
2	Até 1% das nervuras apresentando manchas necróticas perceptíveis somente na face inferior das folhas;
3	Maior frequência dos sintomas foliares descritos no grau anterior, até 3% das nervuras afetadas;
4	Até 1% das nervuras apresentando manchas necróticas perceptíveis em ambas as faces das folhas;
5	Maior frequência dos sintomas foliares descritos no grau anterior, até 3% das nervuras e das vagens afetadas;
6	Manchas necróticas nas nervuras, perceptíveis em ambas as faces das folhas, presença de algumas lesões nos caules, ramos e pecíolos e nas vagens;
7	Manchas necróticas na maioria das nervuras e em grande parte do tecido do mesófilo adjacente que se rompe. Presença de abundantes lesões nos caules, ramos e pecíolos e nas vagens.

Fonte: Quintela (2005).

Figura 2 - Escala diagramática para avaliação de severidade da mancha angular (A) e crestamento bacteriano comum (B) em folhas do feijoeiro.



Fonte: Quintela (2005).

Os dados das severidades obtidos em cada avaliação para cada doença, foram utilizados para o cálculo da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), através da fórmula proposta por Campbell; Madden (1990) exposta a seguir:

$$AACPD = \sum_i^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Onde:

n: número de avaliações;

y: severidade da doença;

$t_{i+1} - t_i$: intervalo entre as avaliações.

Quando o feijoeiro atingiu a maturação de colheita (R9), foram utilizadas as mesmas 10 plantas previamente selecionadas para as avaliações de doenças. As mesmas tiveram suas vagens colhidas e debulhadas manualmente, para avaliar componentes de rendimento como o número de grãos por planta.

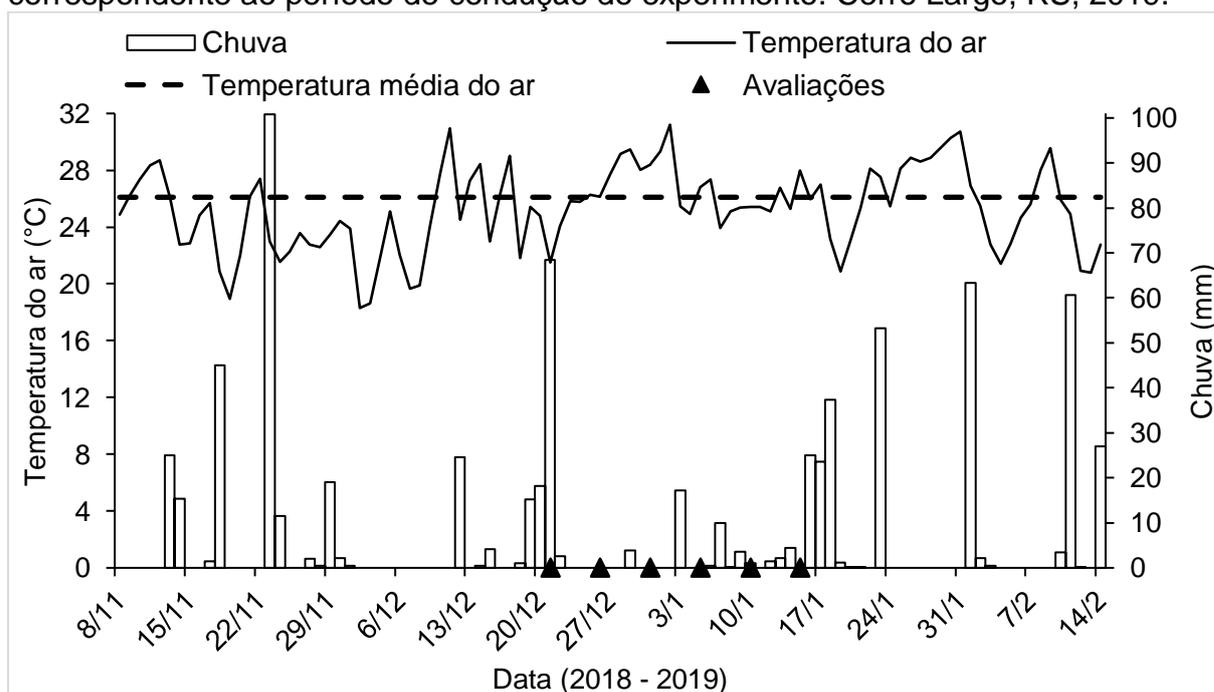
No restante da área útil foi contabilizada o estande final de plantas, e após a colheita e retirada das impurezas, foi determinado o peso de mil grãos (PMG) pelo método da estufa a 105°C, utilizando 8 subamostras de 100 grãos (BRASIL, 2009). Em seguida, determinou-se a produtividade, através da pesagem dos grãos produzidos em cada parcela, em balança de precisão, com os valores extrapolados para Kg ha⁻¹ e umidade de 13%.

Os dados foram analisados por meio de análise da variância, com auxílio do software Sisvar®, comparando-se as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cultura completou seu ciclo com 99 dias, desde a semeadura até a colheita. Nesse período foram registradas informações meteorológicas, apresentando temperatura média de 26,1°C porém, apresentando picos de temperatura média superior a 30°C e precipitação total de 700mm (Figura 3). As condições observadas durante o ciclo da cultura favoreceram o desenvolvimento de doenças como o CBC. Condições como altas temperaturas e presença de umidade favorecem o desenvolvimento da bactéria (PAULA JÚNIOR; ZAMBOLIM, 2006). Da mesma forma, essa condição pode ter influenciado a cultura, uma vez que a faixa média considerada ótima para o desenvolvimento do feijoeiro está entre 18 a 24°C (VIEIRA, 1967 apud ANDRADE; CARVALHO; VIEIRA, 2006).

Figura 3 - Temperatura média diária do ar (°C) e precipitação pluviométrica (mm), correspondente ao período de condução do experimento. Cerro Largo, RS, 2019.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar os dados obtidos para área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para a antracnose, mancha angular e crestamento bacteriano comum, observou-se que não houve interação significativa entre os fatores isolados bacterianos x aplicação foliar de silício, sendo assim, cada um dos fatores foi analisado de forma isolada para a AACPD destas três doenças.

Foi possível constatar que a AACPD da antracnose não foi afetada pelo uso dos isolados bacterianos no tratamento de sementes, nem pela aplicação foliar de silício (Tabela 1). O controle da antracnose do feijoeiro com a utilização de alguns isolados bacterianos com o potencial para o biocontrole também não foi observada em trabalho realizado por Corrêa et al (2008), assim como, o uso de um produto a base de silício não teve eficiência no controle da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em frutos de mamão (RIBEIRO; SERRA; ARAUJO, 2016).

Tabela 1 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de antracnose em feijoeiro submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e a aplicação foliar de silício. Cerro Largo, 2019.

Isolados	Aplicação foliar		Média
	Com Silício	Sem Silício	
27	57,74 ^{n.s.}	54,61	56,18 ^{n.s.}
RD34	56,10	57,68	56,89
16	57,00	58,54	57,77
Solução Salina	57,95	59,26	58,61
Média	57,20 ^{n.s.}	57,52	
CV (%)	6,95		

n.s.= não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Vale ressaltar que, durante a avaliação da severidade dessa doença, não foram observados sintomas severos, uma vez que nenhuma das plantas avaliadas apresentou sintomas que caracterizariam nota 6 pela escala descritiva utilizada, o que caracterizaria mais de 3% das nervuras e vagens com necrose além de lesões no caule e hastes, possivelmente pela falta de ocorrência de condições favoráveis ao seu desenvolvimento como temperatura média se aproximando de 21°C, além de umidade relativa acima de 90% (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 1997).

Ao considerar os resultados da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da mancha angular, é possível observar uma tendência de redução da severidade da doença com a utilização dos isolados bacterianos em comparação com a solução salina porém, ao analisar separadamente cada fator não se observou diferença significativa entre os isolados bacterianos e aplicação foliar de silício (Tabela 2).

Em trabalho realizado por Teixeira et al. (2008), foram observados resultados diferentes dos obtidos no presente trabalho. Os autores relatam que, quando o feijoeiro foi cultivado na época das águas, as fontes de silício testadas diminuíram significativamente a severidade da mancha angular porém, no cultivo na safra da

“seca” ou “segunda safra”, não observaram diferença na severidade da mancha angular, destacando uma maior severidade da doença na safra das águas, possivelmente por apresentar melhores condições hídricas associadas a temperaturas mais elevadas, favorecendo assim o desenvolvimento da doença.

Tabela 2 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de mancha angular em feijoeiro submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e a aplicação foliar de silício. Cerro Largo, 2019.

Isolados	Aplicação foliar		Média
	Com Silício	Sem Silício	
27	16,67 ^{n.s.}	12,14	14,40 ^{n.s.}
RD34	13,65	18,13	15,89
16	14,35	16,93	15,64
Solução Salina	22,33	19,37	20,85
Média	16,75 ^{n.s.}	16,64	
CV (%)	32,02		

n.s.= não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em estudo realizado sobre o manejo da mancha angular do feijoeiro com o uso de isolados de *Bacillus* spp. e *Pseudomonas* spp., aplicados via foliar nas plantas, em duas cultivares e duas épocas de cultivo em Minas Gerais, foi observada redução da AACPD da mancha angular nas duas épocas. Porém, na segunda época (março a julho) a severidade da doença foi maior, possivelmente pela maior pressão do inóculo e pela maior ocorrência de condições favoráveis ao patógeno, como a temperatura média registrada de 20,7°C (GARCIA; ROMEIRO, 2011).

Analisando-se separadamente cada fator sobre a AACPD do crestamento bacteriano comum, foram observadas diferenças significativas entre os isolados bacterianos, onde o isolado 27 mostrou-se superior à testemunha, sendo que os demais isolados não diferiram destes e nem entre si (Tabela 3). Resultados similar aos observados por Zanatta et al. (2007), que obtiveram resultados promissores com a utilização de isolados bacterianos na microbiolização das sementes de feijoeiro, resultando na redução da severidade do crestamento bacteriano comum em 80% com isolados bacterianos coletados em rizosfera, folhas e vagens de feijoeiro.

O efeito do biocontrolador possivelmente se deu por uma indução de resistência sistêmica, por, possivelmente, não ter ocorrido contato direto entre o isolado bacteriano utilizado no biocontrole com o patógeno causador do crestamento bacteriano comum (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*). Porém, se considera

importante a realização de mais estudos, incluindo o teste para concentrações crescentes, como realizado por Silva et al. (2008).

Tabela 3 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de CBC em feijoeiro submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e a aplicação foliar de silício. Cerro Largo, 2019.

Isolados	Aplicação foliar		Média
	Com Silício	Sem Silício	
27	243,29 ^{n.s.}	330,16	286,72 a*
RD34	336,19	391,77	363,98 ab
16	397,57	332,79	365,18 ab
Solução Salina	419,31	612,61	515,96 b
Média	349,09 ^{n.s.}	416,83	
CV (%)	35,44		

*Médias dos tratamentos não seguidas por mesma letra na coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de significância. n.s.= não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto a aplicação foliar de silício não foram observadas diferenças significativas sobre a AACPD do cretamento bacteriano comum, mesmo podendo ser possível observar uma tendência de redução da severidade da doença quando foi realizada aplicação foliar de silício, com maior redução na severidade mais elevada, observada ao utilizar apenas a solução salina, e para a menor severidade, observada ao utilizar o isolado 27 (Tabela 3).

A baixa eficiência do uso silício no controle do cretamento bacteriano comum pode se dar em parte pelo fato da principal forma de ação do silício sobre patógenos ser pela formação de uma barreira física, através de sua deposição abaixo da cutícula, dificultando a penetração, além desta forma, a hipótese de formação de barreira química (CAMARGO, 2016) e de recobrimento da abertura dos estômatos (POZZA et al., 2004). Todavia, a principal forma de penetração conhecida das bactérias se dá por meio de ferimentos ou aberturas naturais nas plantas, como os estômatos, que por sua vez não são afetados pela barreira física formada por silício.

Há estudos comprovando uma ação ativa do silício na defesa de doenças em plantas, como relatado por Rodrigues et al. (2005) que observaram a transcrição de genes correlacionados a inibição de *Magnaporthe grisea*, reduzindo os danos foliares no arroz, e, por Pereira et al. (2009), que afirmam que o Si possui a capacidade de potencializar mecanismos de defesa da própria planta.

No momento da realização da colheita foi avaliado o estande final de plantas, através da contagem do número de plantas na área útil das parcelas, constatando

como o esperado, que esta variável não foi afetada pelos tratamentos testados (Tabela 4), tendo em vista que o silício foi aplicado apenas após o estabelecimento da cultura.

Tabela 4 – Estande final de plantas (plantas/m²) de feijoeiro submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e diferente manejo foliar com silício. Cerro Largo, 2019.

Isolados	Aplicação foliar		Média
	Com Silício	Sem Silício	
27	13,00 ^{n.s.}	10,00	11,50 ^{n.s.}
RD34	13,11	14,33	13,72
16	10,06	12,72	11,39
Solução Salina	10,50	10,28	10,39
Média	11,67 ^{n.s.}	11,83	
CV (%)	25,47		

n.s.= não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto aos isolados bacterianos, os resultados apontam para um maior número de plantas de feijoeiro quando foi utilizado o isolado bacteriano RD34, e menor estande de plantas quando aplicado apenas a solução salina porém, não apresentando diferença significativa (Tabela 4).

Cabe aqui destacar que a germinação dificilmente é afetada positivamente com o uso de procariotos, como nos resultados de Corrêa et al. (2008), em que a germinação de sementes de feijão foi reduzida com o uso de alguns isolados bacterianos através da microbiolização das sementes. O mesmo relatado por Martins (2012), em que isolados bacterianos testados em feijoeiro para controle de murcha de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* não afetaram o índice de velocidade de emergência nem o estande final de plantas.

Para a variável número de grãos por planta (Tabela 5), os fatores não apresentaram interação significativa.

Ao analisar a aplicação foliar de silício, não se observou diferenças significativas no número de grãos produzidos por plantas (Tabela 5). Resultados semelhantes foram obtidos no estudo realizado por Niza; Simonetti; Montiel (2016), no qual foram testadas diferentes doses e números de aplicações de silício em feijoeiro cultivado em casa de vegetação, não afetando variáveis de rendimento como número de grãos por vagens e número de vagens por plantas. Resultados muito similares foram observados por Teixeira et al. (2008), em que diferentes fontes de silício não afetaram parâmetros produtivos como o número de vagens por planta,

número de grãos por vagem, peso de cem grãos, além de não afetar significativamente a produtividade.

Tabela 5 - Número de grãos por planta colhidos de feijoeiro submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e diferente manejo foliar com silício. Cerro Largo, 2019.

Isolados	Aplicação foliar		Média
	Com Silício	Sem Silício	
27	37,43 ^{n.s.}	43,00	40,22 ^{n.s.}
RD34	44,28	34,20	39,24
16	44,75	45,55	45,15
Solução Salina	41,05	49,10	45,08
Média	41,88 ^{n.s.}	42,96	
CV (%)	38,72		

n.s.= não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar o uso dos biocontroladores, não se observou diferenças significativas no número de grãos produzidos por planta, mesmo observando um menor número de grãos nas plantas que receberam o isolado RD34 em comparação com o isolado 16 e a testemunha que recebeu solução salina. Resultado este, similar ao obtido em trabalho realizado por Kuhn (2007), ao testar o uso de *Bacillus cereus* como indutor biológico de resistência do feijoeiro para *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, constatou que o isolado testado não apresentou incremento no número de vagens, número de grãos por vagens e número de grãos em diferentes número de aplicações ao longo do ciclo da cultura, mesmo obtendo uma ativação da resistência induzida.

Porém, há trabalhos em que o número de sementes foi superior com a utilização de diferentes isolados bacterianos em comparação com a testemunha, no entanto, não sendo observada diferença no número de vagens com ou sem a utilização dos diferentes isolados bacterianos (CERQUEIRA et al., 2015).

Com relação ao peso de mil grãos (PMG), não foi observada interação entre os fatores isolados bacterianos x aplicação foliar, desta forma as médias foram analisadas separadamente (Tabela 6).

A utilização de aplicação foliar do silício não apresentou efeito significativo para o PMG neste estudo realizado (Tabela 6). Esses resultados corroboram com os obtidos por Bay et al. (2014), em que a massa de mil grãos não diferiu significativamente após a aplicação de diferentes doses de silício via foliar, isoladamente ou em conjunto com fungicida + inseticida. A utilização de silício

aplicado via foliar também não afetou a massa de 100 grãos de feijão, soja e amendoim (CRUSCIOL et al., 2013).

Tabela 6 - Peso de Mil Grãos (PMG) em gramas, colhidos de feijoeiro submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e diferente manejo foliar com silício. Cerro Largo, 2019.

Isolados	Aplicação foliar		Média (g)
	Com Silício	Sem Silício	
27	203,18 ^{n.s.}	223,31	213,25 ^{n.s.}
RD34	220,49	205,40	212,95
16	220,10	219,74	219,92
Solução Salina	190,69	212,41	201,55
Média	208,62 ^{n.s.}	215,22	
CV (%)	11,22		

n.s.= não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Da mesma forma, o uso de isolados bacterianos via microbiolização de sementes não afetaram a variável peso de mil grãos (Tabela 6). A utilização de diferentes números de aplicações de *Bacillus cereus* em feijoeiro também não afetou significativamente o peso de 100 sementes (KUHN, 2007).

Ao ser verificado o efeito dos tratamentos sobre a variável produtividade, é possível observar que não houve interação significativa entre a realização da aplicação foliar de silício com o uso de isolados bacterianos aplicados nas sementes (Tabela 7).

Tabela 7 - Produtividade de feijoeiro (Kg ha^{-1}), submetido a tratamento de sementes com isolados bacterianos e diferente manejo foliar com silício. Cerro Largo, 2019.

Isolados	Aplicação foliar		Média (Kg ha^{-1})
	Com Silício	Sem Silício	
27	871,08 ^{n.s.}	1158,24	1014,66 ^{n.s.}
RD34	1081,80	892,34	987,07
16	893,60	1033,62	963,61
Solução Salina	836,43	711,79	774,11
Média	920,73 ^{n.s.}	948,99	
CV (%)	46,18		

n.s.= não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao uso do silício, não foram observados efeitos positivos significativos sobre a produtividade (Tabela 7), assim como observado no presente trabalho para as demais variáveis de produtividade e de severidade de doenças avaliadas. Tal fato

pode estar associado a presença de silício naturalmente em solos intemperizados como Latossolos, capazes de liberar silício ao solo devido a ação do intemperismo (LIMA, 2001), ou pelo fato do feijoeiro ser considerado não acumulador de silício e absorve-lo passivamente, no geral com baixos teores de SiO_2 em seus tecidos, diferindo do arroz, considerado acumulador e possuindo absorção ativa de silício (MA; MIYAKE; TAKAHASHI, 2001).

Os dados observados para o uso de silício neste trabalho, colaboram com os resultados de Alves (2016), o qual não observou efeito significativo da aplicação foliar de silício no feijoeiro, cultivado na safra das águas e na safra das secas em duas cultivares de feijoeiro, uma destas a mesma utilizada no presente estudo. Segundo o autor, este resultado se deve possivelmente pela quantidade muito alta de silício solúvel no solo ($19,6 \text{ mg dm}^{-3}$) no solo onde foi realizado o experimento, sendo este classificado como Latossolo vermelho.

Para o uso dos diferentes isolados bacterianos aplicados nas sementes de feijoeiro, não foi constatada diferença significativa na produtividade, mesmo que com a utilização do isolado 27 se obteve um incremento aproximadamente de 240 Kg ha^{-1} na produtividade em comparação com a testemunha contendo apenas solução salina (Tabela 7).

Não se teve incremento significativo na produtividade, muito provavelmente, pelo gasto metabólico da planta para ativação de suas defesas naturais após a indução da resistência com o uso dos microorganismos, conforme relatado por Carvalho (2017), em estudo com duas leveduras para o manejo do cretamento bacteriano comum do feijoeiro, relatando que a redução da AACPD não implicou em aumento da produtividade.

5 CONCLUSÃO

A aplicação do silício via foliar em feijoeiro não apresenta benefícios para a cultura, não afetando a severidade da antracnose, mancha angular e crestamento bacteriano comum, nem as variáveis produtivas, como o número de grãos, PMG e produtividade.

O isolado 27 mostra potencial como biocontrolador do crestamento bacteriano comum, nas condições do presente trabalho.

Os isolados testados neste trabalho não afetaram a produtividade e suas variáveis de rendimento como o peso de mil sementes e o número de sementes por planta.

Todavia, trabalhos adicionais devem ser realizados para compreender melhor o efeito do silício no controle de doenças e dos isolados bacterianos na indução de resistência de plantas.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT **Agrofit: Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 09 abr. 2019.
- ALVES, A. L. **Adubação foliar com silicato na ocorrência de pragas e característica agrônômicas do feijoeiro comum**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, 2016.
- ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, A. J.; VIEIRA, N. M. B. Exigências Edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BOREM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 67-86.
- ARNON, D.I.; STOUT. P.R. The Essentiality of Certain Elements In Minute Quantity For Plants With Special Reference to Copper. **Plant Physiol**. p. 371-375, 1939. Disponível em:<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>>. Acesso em: 02 abr. 2019.
- ASGHAR, H. et al. Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in *Brassica juncea* L. **Biology and Fertility of Soils**. Faisalabad: Springer-verlag, v. 35, n. 4. p. 231-237, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/estatisticas>>. Acesso em: 09 abr. 2019.
- BALARDIN, R. S. **Feijão: recomendações técnicas para cultivo de feijão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Pallotti, 2000. Disponível em:<<http://w3.ufsm.br/nppce/disciplinas/recomenda.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2019
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/biblioteca>>. Acesso em: 09 abr. 2019.
- BAY, João Paulo et al. **Uso do silício no controle de antracnose e parâmetros produtivos do feijoeiro**. Paraná: Fag, 2014. 7 p. (Anais do 12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional).
- BERNI, R.; SILVEIRA, P.; COSTA, J. L. Influência do Preparo de Solo e da Rotação de Culturas na Severidade de Podridões Radiculares no Feijoeiro Comum. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 32, n. 2, p. 69-74, 2002. Disponível em:<<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2408>>. Acesso em: 09 abr. 2019.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Controle Biológico. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v.1, p.717-728, 1995.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A.C.; CARNEIRO, B.S.M.T.P.G. Doenças do feijoeiro. In: KIMATI, H. et al. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p. 376-399.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

BROUGHTON, W. J.; HERNANDEZ, G.; BLAIR, M.; BEEBE, S.; GEPTS, P.; VANDERLEYDEN, J. Beans (*Phaseolus* spp.): model food legumes. **Plant Soil**, Dordrecht, v.252, p.55-128, 2003.

CAMARGO, Mônica Sartori de (Ed.). **Efeito do Silício na tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos**. Ipni - International Plant Nutrition Institute: Informações Agronômicas. Piracicaba - Sp, p. 01-08. set. 2016.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. 532 p. 1990.

CAMPOS, A. D. et al. Indução de resistência sistêmica à antracnose em feijoeiro-comum pela raça delta avirulenta de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v.44, n.1, p.15-21, jan. 2009.

CARVALHO, D. D. C. et al. **Avaliação da capacidade de produzir fitotoxinas *in vitro* por parte de fungos com propriedades antagônicas a nematóides**. Lavras: Ciência e Agrotecnologia. v. 30. p. 1230- 1235. 2006.

CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; LOBO JÚNIOR, M.; SILVA, M. C. Controle de *Fusarium oxysporum f.sp. phaseoli in vitro* e em sementes, e promoção do crescimento inicial do feijoeiro comum por *Trichoderma harzianum*. **Tropical Plant Pathology**, Brasil, v. 36. p. 28-34. 2011.

CARVALHO, J. C. **Manejo do Crestamento Bacteriano Comum do Feijoeiro por *Rhodotorula Glutinis* e *Sporidiobolus johnsonii***. 2017, ix 39 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, 2017.

CARVALHO, S.P.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J.G. **Efeito do Silício na Resistência do Sorgo (*Sorghum bicolor*) ao PulgãoVerde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae)**. An. Soc. Entomol. vol.28, n.3, p.505-510. 1999.

CERQUEIRA, W. F. et al. Influência de bactérias do gênero *Bacillus* sobre o crescimento do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Enciclopédia Biosfera**, Centro científico conhecer. Goiânia – GO, v.11, n.20. p.82-93, 2015.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Cerro Largo**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-grande-do-sul/cerro-largo-43782/>>. Acesso em: 20 mai. 2019?.

CONAB - Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 6 Safra 2018/19 – N.12 – Décimo Segundo levantamento, Brasília, p. 1-126, setembro 2019.

CORRÊA, B. O. et al. Influência da Microbiolização de Sementes de Feijão Sobre a Transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* (Saac e Magn.). **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 30, n2, p.156-163. 2008.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 404-410, Fortaleza. 2013.

DÍAZ, C. G. et al. Quantificação do efeito do crestamento bacteriano comum na eficiência fotossintética e na produção do feijoeiro. **Fitopatol. bras.**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 71-76, Mar. 2001.

DIDONET, A. D. **Produção informal de semente de feijão comum com qualidade**. Brasília: Embrapa, 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/biblioteca>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* L.) no Brasil (1985 a 2011): área, produção e rendimento**. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FAO, 2018. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Statistics database. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

FERREIRA, R. S. **Influência do silício na indução de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) e no desenvolvimento vegetativo em dois cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merrill**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2006.

FILGUEIRAS, O. Silício na agricultura. **Pesquisa FAPESP**. n. 140, p. 72-74. 2007.

FROTA, K. M. G.; et al. Cholesterol-lowering properties of whole cowpea seed and its protein isolate in hamsters. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 9, p. H235-H240. 2008.

GARCIA, F. A. O.; ROMEIRO, R. S. Biocontrole da mancha-angular do feijoeiro por antagonistas bacterianos. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.46, n.12, p.1603-1608. 2011.

GIORGIO, A. et al. Rhizobacteria isolated from common bean in southern Italy as potential biocontrol agents against common bacterial blight. **European Journal of Plant Pathology** 144: 297-309. 2015.

GUIMARÃES, G. R. et al. ***Trichoderma harzianum* no tratamento de sementes de *Cladosporium herbarum*, *Sclerotinia sclerotiorum* e no aumento de**

crescimento do feijoeiro no Brasil. Caderno de Pesquisa, Santa Cruz do Sul, v. 30, n. 02, p. 28-37. 2018.

HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais.** 2. Ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 52p. Disponível em:<<http://repositorio.faema.edu.br:8000/jspui/handle/123456789/1381>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

IAPAR. **Principais características das cultivares de feijão com sementes disponíveis no mercado.** Disponível em:<<http://www.iapar.br/pagina-1363.html>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

KUHN, O. J. **Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzilar-S-metil e *Bacillus cereus*:** aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção. 2007, 140f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental.** 2001. 176 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

LOVATO, F. et al. Composição centesimal e conteúdo mineral de diferentes cultivares de feijão biorfortificado (*Phaseolus vulgaris* L.). **Brazilian journal of food technology**, v.21, p.e2017068, 2018.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. In: Datnoff, L. E.; Korndörfer, G. H.; Snyder, G. (ed.). **Silicon in agriculture.** New York: Elsevier Science, 2001. cap. 05, p. 17-39

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **TRENDS in Plant Science.** v.11, n.8, p. 392-397. 2006.

MACHADO, D. F. M. et al. *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012.

MAPA. **Zoneamento Agrícola.** 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/zoneamento-agricola>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

MARTINS, S. J. **Controle da murcha-de-curtobacterium do feijoeiro com isolados de bactérias endosporogênicas.** 2012. 55 p. Dissertação (mestrado em Fitopatologia). UFLA, Lavras, 2012.

MEDEIROS, L. A. M. et al. Reação de germoplasma crioulo de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a *Colletotrichum lindemuthianum*. **Tropical Plant Pathology**, Brasil, v. 33. p. 273-280, 2008.

MONTALDO, Y. C. **Bioprospecção e isolamento de bactérias associadas à cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) com características para a promoção de crescimento vegetal.** Tese (Doutorado) Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Química e Biotecnologia, Maceió, 2016.

MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. Controle Biológico de Doenças de Plantas no Brasil. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Org.). **Biocontrole de doenças de Plantas: uso e perspectivas**. Jaguaríuna-SP: Embrapa Meio Ambiente, p. 7-14, 2009.

NAIVERTH, L. E.; SIMONETTI, A. P. M. M. Incidência de Pragas e Produtividade da Cultura do Feijão Submetida a Adubação Foliar Com Silício. **Thêma et Scientia**, Cascavel, v. 5, n. 1, p.167-173, jan. 2015.

NIZA, A. O.; SIMONETTI, A. P. M. M.; MONTIEL, C. B. Produção do Feijoeiro Tratado com Silício. In: X SEMANA ACADÊMICA DA AGRONOMIA – FAG. 2016, Cascavel. **Anais da Seagro...** Cascavel, 2016. Disponível em:< <https://www.fag.edu.br/revista/seagro>>. Acesso em: 03 mai. 2019.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; ZAMBOLIM, L. Manejo Integrado de Doenças do Feioeiro em Plantio Direto. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L. **Manejo Integrado: Integração Agricultura-Pecuária**. Viçosa: UFV; DFP; DFT, 2004. p. 11-44.

PAULA JÚNIOR, T. J.; ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 359-414.

PEREIRA, S. C. et al. Efeito da aplicação foliar de silício na resistência à ferrugem e na potencialização da atividade de enzimas de defesa em cafeeiro. **Tropical Plant Pathology**, Brasil, vol. 34. p. 223-230, 2009.

POZZA, A. A., et al. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira** 29:185-188. 2004.

QUINTELA, E. D. et al. **Manejo Fitossanitário do Feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão (Circular Técnica 73), p. 16, 2005.

RIBEIRO, J. G.; SERRA, I. M. R. S.; ARAUJO, M. U. P. Uso de produtos naturais no controle de antracnose causado por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Summa phytopathol.** Botucatu, v. 42, n. 2, p. 160-164, 2016.

RODRIGUES, F. A., et al. Silicon influences cytological and molecular events in compatible rice-Magnaporthe grisea interactions. **Physiological and Molecular Plant Pathology** 66:144-159, 2005.

SALUM, J.G. et al. Características químicas e fisiológicas de sementes de feijão em função do teor de fósforo na semente e doses de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, 2008.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A.; RIOS, G. P. Doenças Fúngicas e Bacterianas da Parte Aérea. In: ARAUJO, R. S. et al. **Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, p. 669-700, 1996.

SCHUMANN, A. W.; VASHISTH, T.; SPANN, T.M. **Mineral Nutrition Contributes to Plant Disease and Pest Resistance**. Gainesville: Horticultural Sciences Department, p. 5, 2010.

SCHWARTZ, H.F. Interactions Between Plant Density and Bean Disease Severity in Colombia. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**. p. 62-63, 1981. Disponível em: <<https://naldc.nal.usda.gov/download/IND43777883/PDF>>. Acesso em: 07 abr. 2019.

SILVA, C. C. Estabelecimento da Cultura. In: ARAUJO, R. S. et al. **Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, p. 417-432, 1996.

SILVA, E. G. et al. Estudo de mecanismos de biocontrole do crestamento bacteriano do feijoeiro por bactérias. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 5, p. 377-383, 2008.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**.

SOUZA, A. M. et al. Alimentos mais consumidos no Brasil: Inquérito Nacional de Alimentação 2008-2009. **Rev. Saúde Pública**, Fev 2013, vol.47, suppl.1, p.190s-199s. ISSN 0034-8910.

STONE, L. F.; SARTORATO, A. **O Cultivo do Feijão: Recomendações Técnicas**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.

TEIXEIRA I. R. et al. Fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 4, p. 562-568, 2008.

VAN LOON, L.C.; BAKKER, P.A.H.M.; PITERSE, C.M.J. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. **Annual Review of Phytopathology**. 36. p.453-483, 1998.

VEDOVATTO, F. **Silício no Controle de *Colletotrichum lindemuthianum* em Feijoeiro**. 2017. 55 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

WANDER, A. E.; CHAVES, M. O. Consumo per capita de feijão no Brasil de 1998 a 2010: uma comparação entre consumo aparente e consumo domiciliar. In: **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 2011, Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2011.

YOSHII, K. Common and fuscous blights. In: SCHWARTZ, H. F.; GÁLVEZ, G.E. (Ed.). **Bean Production Problems: Disease, Insect, Soil and Climatic Constraints of *Phaseolus vulgaris***. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali-CO. p. 157-172, 1980.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Mecanismos gerais de atuação dos nutrientes sobre a severidade de doenças de plantas. In: ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; ZANÃO JÚNIOR, L. A. **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas**. Viçosa: Os autores, p. 23-46, 2012.

ZAMBOLIM, L.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; VENTURA, J. A. Mecanismos de ação do silício na redução de doenças de plantas. In: ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.;

ZANÃO JÚNIOR, L. A. **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas**. Viçosa: Os autores, p. 253-286, 2012.

ZANATTA, Z. G. C. et al. Bioassay for selection of biocontroller bacteria against bean common blight (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*). **Brazilian Journal of Microbiology**, vol.38, n.3, São Paulo. 2007.

ZAUMEYER, W. J.; THOMAS, H. R. **A monographic study of bean diseases and methods for their control**. United States Department of Agriculture. Technical Bulletin, n. 868, 1957. Disponível em: <<https://ageconsearch.umn.edu>>. Acesso em: 08 abr. 2019.