

## USO DE SILÍCIO E CALDA BORDALESA NA SEVERIDADE DE CRESTAMENTO BACTERIANO E ANTRACNOSE DO FEIJOEIRO COMUM

Jonas Arçe Nunes<sup>1</sup>, Juliane Ludwig<sup>2</sup>, Ângela Denise Hübert Neufeld Vieira<sup>3</sup>, Renan Costa Beber Vieira<sup>4</sup>

**RESUMO** - Os tradicionais métodos de controle das doenças do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) empregam o intenso uso de agrotóxicos, havendo, portanto, demanda por práticas mais sustentáveis. Este estudo avaliou a eficiência da aplicação de silício e calda bordalesa para diminuir a severidade do crestamento bacteriano comum e da antracnose e aumentar a produtividade do feijoeiro comum. O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul - *campus* Cerro Largo (RS), em DIC e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação foliar (R5 e R7) de silício, fungicida (trifloxystrobina + prothioconazol), silício + fungicida, calda bordalesa e testemunha sem aplicação. A severidade de doenças foi avaliada através de escala diagramática em folhas do terço médio inferior e superior do dossel vegetativo e em vagens. A utilização de calda bordalesa, silício, fungicida e silício + fungicida reduziu a severidade do crestamento bacteriano de 57 a 93% no terço médio inferior das folhas, enquanto que o uso da calda bordalesa e do silício + fungicida reduziram de 70 a 80% a severidade da doença nas vagens. Quanto à antracnose, a severidade do terço médio superior das folhas foi menor com a aplicação de silício e calda bordalesa, porém sem influência nas vagens. A aplicação de fungicida, silício + fungicida e calda bordalesa aumentou a produtividade do feijoeiro em 25, 33 e 37%, respectivamente. O uso de calda bordalesa é um método alternativo para o controle de doenças em comparação ao fungicida comercial, mostrando-se eficiente tanto para o controle de doenças quanto para o aumento da produtividade de grãos do feijoeiro.

**Palavras-chave:** *Xanthomonas* ssp., *Colletotrichum lindemuthianum*, Controle alternativo, Agroecologia

## USE OF SILICON AND BORDEAUX MIXTURE ON THE SEVERITY OF THE COMMON BEANS BACTERIAL BLIGHT AND ANTHRACNOSE

**ABSTRACT** - Traditional disease control methods for common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) involve the intensive use of pesticides, leading to a demand for more sustainable practices. This study evaluated the efficiency of applying silicon and bordeaux mixture to reduce the severity of common bacterial blight, anthracnose and and increase the common bean productivity. The experiment was carried out in the experimental area of the Federal University of Fronteira Sul - Cerro Largo campus (RS), using a completely randomized design with four replications. The treatments included foliar application (at the R5 and R7 growth stages) of silicon, fungicide (trifloxystrobin + prothioconazole), silicon + fungicide, bordeaux mixture, and control group without any application. Disease severity was assessed using a diagrammatic scale on leaves in the lower and upper middle thirds of the plants, as well as on pods. The use of bordeaux mixture, silicon, fungicide and silicon + fungicide significantly reduced the severity of bacterial blight on the leaves by 57 to 93% in the lower middle third, while bordeaux mixture and silicon + fungicide reduced bacterial blight severity on the pods by 70 to 80%. As for anthracnose, the severity on the upper middle third of the leaves was lower with the application of silicon and bordeaux mixture but had no significant influence on the pods. The application of fungicide, silicon + fungicide and bordeaux mixture increased bean productivity by 25, 33 and 37%, respectively. The use of bordeaux mixture represents an alternative method for disease control compared to commercial fungicides, proving to be efficient both for disease control and for enhancing the grain productivity of common beans.

**Keywords** - *Xanthomonas* ssp., *Colletotrichum lindemuthianum*, Alternative control, Agroecology

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo. E-mail: jarcenunes@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheira Agrônoma. Doutora em Fitotecnia. Professora da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Cerro Largo, RS. E-mail: juliane.ludwig@uffs.edu.br

<sup>3</sup> Bióloga. Doutora em Ciência do Solo. E-mail: angeneufeld@gmail.com

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo. Doutor em Ciência do Solo. Professor da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Cerro Largo, RS. E-mail: renan.vieira@uffs.edu.br

### Introdução

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos alimentos mais importantes no mundo, sendo fonte de proteínas, carboidratos e sais minerais (Baldin et al., 2021). O grão é cultivado em 2,86 milhões de hectares em todas as regiões brasileiras (safra de 2021/22), com produtividade média de 1.046 kg ha<sup>-1</sup> e produção de 2,99 milhões de toneladas do grão (Conab, 2023).

O cultivo do feijoeiro é realizado por diversos tipos de produtores, utilizando diferentes níveis tecnológicos. Entretanto, a agricultura familiar é a grande responsável pela sua produção no Brasil, provendo cerca de 70% da produção nacional (IBGE, 2023). Nesse contexto são comuns manejos inadequados da cultura, resultando no controle ineficiente de doenças e sistemas de produção insustentáveis, acarretando em prejuízos econômicos (Popp et al., 2013).

O feijoeiro é afetado por dezenas de doenças, causadas principalmente por bactérias, fungos e vírus (Wendland et al., 2016). O cretamento bacteriano comum (*Xanthomonas citry* pv. *fuscans* (Schaad) e *X. phaseoli* pv. *phaseoli* (Smith)) é a bacteriose de maior importância (Constantin et al., 2016), atingindo perdas de produtividade de 100%, além da redução na qualidade do grão, que apresentam enrugamento, deformação e descoloração (Fancelli & Neto, 2007).

Dentre as doenças fúngicas, a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magnus)) é a mais importante, responsável por perdas de até 100% da produção (Gadaga et al., 2020). Este fungo afeta a parte aérea da planta e nas três épocas de cultivo do feijoeiro, causando prejuízos à produtividade e qualidade dos grãos (Chiorato et al., 2006).

A maioria das cultivares de feijoeiro comum são suscetíveis à essas duas doenças (Sangiogo et al., 2018). Para o controle, os produtores recorrem à aplicação intensa de produtos químicos sintéticos (agrotóxicos) os quais, muitas vezes, são pouco eficientes (Wendland et al., 2016). O uso frequente destes produtos na agricultura tem gerado preocupação ambiental e na segurança alimentar (Popp et al., 2013). Diante deste cenário, são necessários sistemas de produção com maior sustentabilidade, substituindo os tradicionais agrotóxicos por produtos com menor impacto ambiental (Brand et al., 2010). Assim, produtos à base de silício e cobre tem apresentado resultados promissores no feijoeiro (Carvalho et al., 2010; Moraes et al., 2009; Sangiogo et al., 2018).

O silício (Si) é conhecido como um elemento benéfico às plantas. Este elemento proporciona melhoria no desenvolvimento de plantas em ambientes de estresse hídrico e salino (Basilio-Apolinar et al., 2021; Cassol et al., 2021) e confere aumento na resistência à patógenos (Santos et al., 2021). O Si ajuda a fortalecer a cutícula foliar, tornando-as mais espessas e dificultando a penetração do tubo germinativo dos fungos e a ocorrência de injúrias que venham facilitar a entrada das bactérias nos tecidos (Ma, 2011; Pozza et al., 2015).

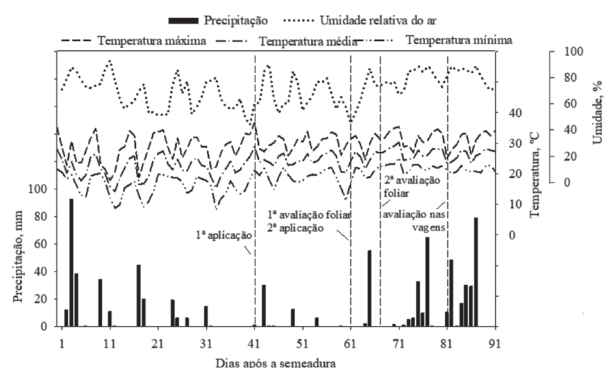
A calda bordalesa, constituída por uma mistura de cal virgem e sulfato de cobre, é conhecida por apresentar ação fungicida e bactericida e, desta forma, utilizada na prevenção de doenças em plantas (Rodrigues et al., 2006), como a antracnose do feijoeiro (Moraes et al., 2009). Este produto aparece como uma importante alternativa, pois, além de ser produzido pelo agricultor, apresenta baixo custo quando comparado a outros defensivos agrícolas (Carvalho et al., 2010).

Carências no conhecimento sobre o manejo de doenças e a pressão por redução de custos (financeiros) e danos ao ambiente de uma lavoura levam a perdas significativas de produtividade e rentabilidade. Desta forma, a busca de alternativas viáveis e acessíveis para cultivo por produtores de todas as categorias se tornam necessárias. Neste contexto, o trabalho objetivou avaliar o efeito do silício e da calda bordalesa na severidade de cretamento bacteriano e antracnose e na produtividade do feijoeiro.

### Material e métodos

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul - *campus* Cerro Largo, Rio Grande do Sul, em solo classificado como Latossolo Vermelho. O solo foi cultivado em preparo convencional e apresentava na camada de 0-20 cm as seguintes características: pH 5,3; SMP 6,0; P disponível 3,7 mg dm<sup>-3</sup>; K disponível 320 mg dm<sup>-3</sup>; MO 2,9 %; Ca 7,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg 1,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al 0,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; S 13,4 mg dm<sup>-3</sup>; Cu 8,6 mg dm<sup>-3</sup>; Zn 2,1 mg dm<sup>-3</sup>; B 0,8 mg dm<sup>-3</sup> e argila 600 g kg<sup>-1</sup>. As condições meteorológicas foram acompanhadas durante a condução do experimento através da estação meteorológica da UFFS – Campus Cerro Largo – RS (Figura 1). A precipitação acumulada durante o ciclo do feijão foi de 743 mm.





**Figura 1** - Médias da temperatura, umidade e precipitação durante o período de execução do experimento, nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro de 2017.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da aplicação foliar de silício (i), fungicida (ii), silício + fungicida (iii), calda bordalesa (iv), e testemunha não tratada (v).

Para o silício utilizou-se como fonte o produto SUPA SILICA® (20% de SiO<sub>2</sub>), na dose de 0,5 L ha<sup>-1</sup>. O fungicida utilizado foi o produto composto por trifloxystrobina + protriocanazol, nas doses de 87,5 + 75,0 g i.a. ha<sup>-1</sup>. A calda bordalesa foi aplicada na concentração de 0,2%, obtida a partir da mistura de CuSO<sub>4</sub> e CaO. A aplicação foliar dos tratamentos ocorreu nos estádios R5 (40 dias após a emergência (DAE)) e R7 (60 DAE), utilizando um pulverizador costal com CO<sub>2</sub>.

Na semeadura do feijoeiro (17/10) foi utilizada a cultivar IPR Tuiuiú, que apresenta características de ciclo precoce (90 dias), é do tipo II, de hábito indeterminado e suscetível ao crestamento bacteriano comum e à antracnose. As parcelas foram constituídas de 6 fileiras de 3,5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m, sendo consideradas as 4 linhas centrais como parcela útil, descartando-se 0,5 m em cada extremidade. A densidade de semeadura foi de 12 plantas por metro.

A adubação para a cultura seguiu as recomendações oficiais (CQFS-RS/SC, 2016), sendo aplicado na semeadura 10 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia) e 65 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo). A adubação de cobertura foi composta por 20 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia) no estágio de V3.

A severidade de crestamento bacteriano e de antracnose (ambas de ocorrência natural na área - não

foi realizada inoculação) foi avaliada em folhas e vagens de 10 plantas aleatórias por parcela na área útil. Em cada planta, uma folha do terço médio inferior e uma do terço médio superior foi marcada, avaliando-se o folíolo central de cada trifólio. Nas vagens, uma vagem do terço mediano de cada planta foi marcada e avaliada. Para as avaliações de severidade foi utilizada a escala diagramática, que consiste em expressar a área do órgão afetado através de um valor em porcentagem. Para a avaliação da severidade do crestamento bacteriano nas folhas e nas vagens e da antracnose nas vagens utilizou-se a escala descrita Azevedo (1997). Para a determinação da antracnose nas folhas aplicou-se a escala descrita em Godoy et al. (1997).

A primeira avaliação de severidade nas folhas ocorreu aos 20 dias (60 DAE) após a primeira aplicação foliar e a segunda após 5 dias (65 DAE) da segunda aplicação. Nas vagens procedeu-se a avaliação aos 20 dias após a segunda aplicação dos tratamentos (aos 80 DAE).

A altura de planta foi avaliada no estágio R7, medindo com o auxílio de uma trena a distância a partir do colo da planta até a inserção do último trifólio, em 10 plantas por parcela.

A produtividade de grãos e seus componentes (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos) foram avaliados em 10 plantas por parcela no estágio de maturação para a colheita, sendo os resultados corrigidos para 13% de umidade.

Os resultados de severidade do crestamento bacteriano e da antracnose em folhas e vagens foram previamente transformados em (em função da observação de amostras com zero severidade de doença). Os dados foram submetidos à análise de variância a 5%, sendo as médias agrupadas pelo teste de Skott-Knott. As médias de severidade das doenças e dos componentes de rendimento do feijoeiro foram correlacionadas usando a correlação linear de Pearson.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A severidade do crestamento bacteriano comum foi alta, atingindo 25% no terço médio inferior (Tabela 1), impulsionado pelas condições meteorológicas favoráveis à sua disseminação (Figura 1), com temperaturas em torno dos 37°C associada à ocorrência de chuvas (Wendland et al., 2016).

As avaliações de severidade de crestamento bacteriano demonstraram que as aplicações de silício, fungicida, silício + fungicida e calda bordalesa foram

eficientes em reduzir a severidade da doença em relação à testemunha de 57 a 93% no terço médio inferior, e de 60 a 97% no terço médio superior (Tabela 1). Estes resultados

reforçam a importância do uso do Si e da calda bordalesa no controle de doenças do feijoeiro em alternativa ao uso de fungicidas, principalmente nos estádios vegetativos.

**Tabela 1** - Severidade de crestamento bacteriano comum (*Xanthomonas* spp.) nas folhas do terço médio inferior e superior aos 60 DAE e 65 DAE e nas vagens do feijoeiro comum aos 80 DAE.

Tratamento	Terço médio inferior		Terço médio superior		Vagens
	60 DAE	65 DAE	60 DAE	65 DAE	80 DAE
			%		
Silício	6,00 b	8,06 b	1,55 b	3,32 b	21,68 a
Fungicida	2,83 b	7,89 b	0,98 b	1,49 b	19,90 a
Silício + Fungicida	0,88 b	1,96 b	0,18 b	0,98 b	7,85 b
Calda Bordalesa	4,20 b	8,39 b	0,10 b	0,32 b	4,75 b
Testemunha	14,20 a	25,38 a	4,08 a	8,33 a	24,60 a
F	10,02**	4,95**	5,78**	4,40*	11,45**
CV (%)	31,42	39,00	29,54	41,93	22,00

\* Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5%. <sup>ns</sup>, \* e \*\* Não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

A maior proteção das plantas com o uso do Si pode ter sido ocasionada pela deposição de sílica na folha, através da criação de uma barreira física sobre a mesma, tornando a cutícula mais espessa e dificultando a penetração de microrganismos patogênicos (Rodrigues et al., 2003). Além disso, a sua deposição na parede celular exerce uma função análoga a da lignina, conferindo resistência à compressão (Mendes et al., 2011). Os resultados encontrados neste estudo endossam os de Teixeira et al. (2008), que observaram a redução da incidência do crestamento bacteriano em diferentes cultivares de feijoeiro com o uso de fontes de silício.

Nas vagens observou-se que tanto o fungicida quanto o silício isoladamente não foram eficientes na redução da severidade do crestamento bacteriano (Tabela 1). Entretanto, a associação do fungicida com o silício e a aplicação de calda bordalesa reduziram de 70 a 80% a severidade da doença, demonstrando serem boas alternativas para o controle dessa doença no feijoeiro.

A severidade de antracnose no feijoeiro durante os estádios vegetativos foi baixa, apesar da cultivar utilizada ser considerada suscetível à doença, aumentando a severidade somente no estágio reprodutivo (Tabela 2). A temperatura foi favorável para o desenvolvimento da antracnose nos estádios iniciais da cultura até a

primeira avaliação (Wendland et al., 2016). Entretanto, a umidade permaneceu abaixo dos 90% durante o período experimental, assumindo frequentemente valores em torno de 30% a 50%, o que desfavorece o ciclo do patógeno.

No terço médio inferior das folhas não houve diferença entre os tratamentos, em ambas as avaliações. Entretanto, no terço médio superior das folhas, as aplicações de silício, fungicida, silício + fungicida e calda bordalesa reduziram a severidade da doença em relação à testemunha aos 60 DAE. Aos 65 DAE, após a segunda aplicação dos tratamentos, a severidade da antracnose nos tratamentos com silício + fungicida e calda bordalesa foi 70% menor em relação à ausência de controle. A redução da severidade da antracnose com uso de Cu também foi relatada por Moraes et al. (2009), que encontraram redução linear de 35% da área abaixo da curva de progresso da severidade com o aumento das doses de sulfato de cobre + hidróxido de cálcio aplicadas quinzenalmente nesta cultura.

A utilização de Si como alternativa de controle da antracnose no feijoeiro tem apresentado resultados positivos na literatura, reduzindo a intensidade da doença nas folhas da cultura (Moraes et al., 2009; Veiga, 2008). De forma semelhante, Moraes et al. (2006) observou redução em 62,4% da severidade da antracnose em folhas do feijoeiro a partir do uso de silicato de sódio via foliar.



**Tabela 2** - Severidade de antracnose (*C. lindemuthianum*) nas folhas do terço médio inferior e superior aos 60 DAE e 65 DAE e nas vagens do feijoeiro comum aos 80 DAE.

Tratamento	Terço médio inferior		Terço médio superior		Vagens
	60 DAE	65 DAE	60 DAE	65 DAE	80 DAE
	%				
Silício	0,14	0,15	0,06 b	0,13 b	7,28
Fungicida	0,11	0,14	0,05 b	0,16 a	9,45
Silício + Fungicida	0,07	0,08	0,03 b	0,07 b	3,13
Calda Bordalesa	0,14	0,18	0,04 b	0,07 b	5,08
Testemunha	0,18	0,22	0,14 a	0,23 a	6,63
F	1,05 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	8,84 <sup>**</sup>	7,75 <sup>**</sup>	2,31 <sup>ns</sup>
CV (%)	6,65	7,01	2,44	3,79	26,10

\* Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5%. <sup>ns</sup>, \* e \*\* Não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Os efeitos benéficos do uso do Si no controle de doenças em plantas têm sido verificados também em arroz, soja e trigo (da Cruz et al., 2012; Debona et al., 2014; Pozza et al., 2015; Rivera et al., 2021). Nas culturas do arroz e sorgo, a resistência da planta em função do incremento de Si tem sido associada ao aumento nas concentrações de compostos fenólicos e fitoalexinas, além da ativação de peroxidases e genes PR-1 (Resende et al., 2013; Rodrigues et al., 2003, 2004).

Na cultura do feijoeiro, o aumento da resistência da planta suprida com Si contra a infecção de *C. lindemuthianum* está associado à lignificação do tecido e à maior atividade de quitinases, fenilalanina amônia-liases e lipoxigenases (Polanco et al., 2012). A lignina possui ligações com a hemicelulose e diversos polissacarídeos vegetais, proporcionando resistência da parede celular e afetando a difusão de enzimas líticas e toxinas durante a colonização do tecido vegetal por patógenos (Chabannes et al., 2001). A menor severidade de antracnose em folhas do feijoeiro com adição de Si também tem sido associada à melhor regulação de enzimas chaves antioxidantes, conferindo melhor troca gasosa (Polanco et al., 2014).

Na avaliação da severidade de antracnose nas vagens não houve diferença entre os tratamentos, sugerindo que as duas aplicações foliares (R5 e R7) não foram suficientes para supressão do patógeno e controle da doença que, no período anterior a colheita, possuía as condições ambientais ideais para o seu desenvolvimento (Figura 1). A baixa eficiência do uso do Si na redução da

severidade da antracnose nas vagens do feijoeiro pode estar relacionada à época de aplicação do produto anterior ao desenvolvimento das vagens (estádios R5 e R7). O Si tem baixa redistribuição na planta, não sendo realocado para os novos órgãos em crescimento (Menegale et al., 2015). A forma de aplicação via foliar também pode ter limitado o efeito do Si na proteção do feijoeiro, pois resultados na cultura do trigo indicam que a aplicação via solo de Si é mais eficiente do que a foliar na proteção da planta contra a infecção de *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* (Guével et al., 2007).

A aplicação dos tratamentos não influenciou as variáveis altura de plantas, número de vagens e grãos por vagem (Tabela 3). Contudo, a correlação linear de Pearson (Tabela 4) indicou que a redução da severidade do crestamento bacteriano nas vagens proporcionada pela aplicação de silício + fungicida e calda bordalesa ( $r = -0,96^*$ ) influenciou no aumento do número de vagens por planta do feijoeiro.

A massa de 100 grãos aumentou com a aplicação de fungicida, de silício associado ao fungicida e da calda bordalesa (Tabela 3), refletindo no aumento da produtividade do feijoeiro de 501 (31%), 627 (39%) e 695 (43%) kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Esse incremento pode ser justificado pela maior proteção da planta ao patógeno *Xanthomonas* ssp. (Tabela 4). Tanto a produtividade quanto a massa de 100 grãos apresentaram correlação negativa com a severidade do crestamento bacteriano nos órgãos reprodutivos (vagens) e no terço superior do dossel vegetativo. Tal resultado

enaltece o potencial da calda bordalesa como alternativa ao tradicional controle químico com fungicida, bem como demonstra o potencial protetivo do silício em conjunto com

o fungicida, reduzindo a severidade de doença nas folhas e vagens, refletindo em maior qualidade do grão (M100G) e produtividade.

**Tabela 3** - Altura de plantas (AP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade do feijoeiro comum (PROD).

TRATAMENTO	AP	NVP	NGV	M100G	PROD
	cm			g	kg ha <sup>-1</sup>
Silício	51,6	13,95	3,15	15,93 b	1677 b
Fungicida	50,0	15,03	3,27	17,99 a	2111 a
Silício + Fungicida	52,0	16,35	3,03	18,72 a	2237 a
Calda Bordalesa	48,7	16,35	3,14	18,74 a	2305 a
Testemunha	51,4	14,18	3,13	14,99 b	1610 b
F	0,25 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	27,6**	3,12*
CV (%)	10,83	11,76	20,84	3,77	18,39

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5%. <sup>ns</sup>, \* e \*\* Não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

**Tabela 4** - Coeficientes de correlação linear de Pearson entre altura de plantas (AP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade do feijoeiro (PROD) e a severidade de crestamento bacteriano e antracnose em folhas e vagens de feijoeiro.

Atributos	Severidade de crestamento bacteriano					Severidade de antracnose				
	Terço médio inferior		Terço médio superior		Vagens	Terço médio inferior		Terço médio superior		Vagens
	60 DAE	65 DAE	60 DAE	65 DAE		60 DAE	65 DAE	60 DAE	65 DAE	
AP	0,18	0,07	0,37	0,44	0,42	-0,18	-0,34	0,26	0,25	-0,21
NVP	-0,67	-0,59	-0,77	-0,74	-0,96*	-0,63	-0,48	-0,68	-0,79	-0,66
NGV	0,04	0,14	0,10	-0,02	0,46	0,26	0,32	0,07	0,41	0,84
M100G	-0,88*	-0,79	-0,92*	-0,92*	-0,87*	-0,76	-0,63	-0,87*	-0,83	-0,38
PROD	-0,80	-0,70	-0,87*	-0,87*	-0,89*	-0,69	-0,53	-0,80	-0,78	-0,40

\*Significativo a 5% de probabilidade.

A calda bordalesa na agricultura tem sido amplamente utilizada em frutíferas e hortaliças, sobretudo para o controle de doenças fúngicas em sistemas de produção orgânica (Rodrigues et al., 2006; Rombaldi et al., 2004). Entretanto, os resultados no feijoeiro indicaram benefícios da sua aplicação na redução da severidade do crestamento bacteriano (Tabela 1) e da antracnose (Tabela 2), influenciando positivamente na massa de 100 grãos e produtividade (Tabela 3). Resultados semelhantes foram

descritos por Carvalho et al. (2010), que observaram que seis aplicações quinzenais de calda bordalesa reduziram a severidade de mancha-angular em feijoeiro, bem como incrementaram a produtividade de duas cultivares em 17 e 25% em relação à testemunha.

Apesar da aplicação de Si ter reduzido a severidade das doenças nas folhas, não foi observado efeito nos componentes de rendimento e na produtividade de grãos. Este fato pode estar relacionado à baixa eficiência



das aplicações de Si em proteger os órgãos reprodutivos, refletindo em alta severidade do crestamento bacteriano nas vagens do feijoeiro (21,68%). Estes resultados de produtividade divergem dos obtidos por Crusciol et al., (2013), que com aplicações de Si nos estádios V4, R5, R6 e R7 do feijoeiro aumentaram a produtividade em 289 kg ha<sup>-1</sup> (15%), principalmente em decorrência do maior do número de vagens por planta. O silício geralmente apresenta baixa redistribuição na planta (Menegale et al., 2015), sendo as duas aplicações em R5 e R7 realizadas neste estudo insuficientes para proteger estas estruturas. Desta forma, em cultivos com alta incidência deste fungo, aplicações adicionais de silício em estádios reprodutivos devem ser consideradas.

### CONCLUSÕES

A utilização de calda bordalesa, silício, fungicida (trifloxystrobina + prothioconazol) e fungicida associado ao silício são eficientes na redução da severidade do crestamento bacteriano nas folhas do feijoeiro, enquanto o uso da calda bordalesa e do fungicida associado ao silício são eficientes na redução da severidade da bacteriose nas vagens.

A aplicação de silício e calda bordalesa reduz a severidade da antracnose nas folhas do terço médio superior, porém não influencia a severidade dessa doença nas vagens.

A aplicação da calda bordalesa, fungicida (trifloxystrobina + prothioconazol) e fungicida associado ao silício proporcionam menor severidade de doenças e maior produtividade de grãos do feijoeiro nas condições experimentais avaliadas.

### LITERATURA CITADA

AZEVEDO, L.A.S. *Manual de quantificação de doenças de plantas*. São Paulo: Quattro digital media, 1997. 114p.

BALDIN, R.C.; KAVALCO, S.A.F.; WOYANN, L.G. et al. Yield stability of common bean genotypes in the state of Santa Catarina, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.56, e02302, 2021.

BASILIO-APOLINAR, A.; VARA, L.E.G.; RAMÍREZ-PIMENTEL, J.G. et al. Silicon induces changes in the antioxidant system of millet cultivated in drought and salinity. *Chilean Journal of Agricultural Research*, v.81, p.655-663, 2021.

BRAND, S.C.; BLUME, E.; MUNIZ, M.F.B. et al. Extratos de alho e alecrim na indução de faseolina em feijoeiro e fungitoxicidade sobre *Colletotrichum lindemuthianum*. *Ciência Rural*, v.40, p.1881-1887, 2010.

CARVALHO, W.P.; WANDERLEY, A.L.; OLIVEIRA, C.M. Controle de mancha-angular utilizando-se caldas fertiprotetoras em cultivo orgânico de feijoeiro irrigado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.40, p.476-482, 2010.

CASSOL, J.C.; SPONCHIADO, D.; DORNELLES, S.H.B. et al. Silicon as an attenuator of drought stress in plants of *Oryza sativa* L. treated with dietholate. *Brazilian Journal of Biology*, v.81, p.1061-1072, 2021.

CHABANNES, M.; RUEL, K.; YOSHINAGA, A. et al. In situ analysis of lignins in transgenic tobacco reveals a differential impact of individual transformations on the spatial patterns of lignin deposition at the cellular and subcellular levels. *The Plant journal: for cell and molecular biology*, v.28, p.271-282, 2001.

CHIORATO, A.F.; CARBONELL, S.A.M.; DIAS, L.A.S. et al. Identification of common bean (*Phaseolus vulgaris*) duplicates using agromorphological and molecular data. *Genetics and Molecular Biology*, v.29, p.105-111, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Série Histórica das Safras - Feijão Total (1ª, 2ª e 3ª Safras). 2023. In: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/905-feijao> (acessado em 13 de setembro de 2023).

CONSTANTIN, E.C.; CLEENWERCK, I.; MAES, M. et al. Genetic characterization of strains named as *Xanthomonas axonopodis* pv. *dieffenbachiae* leads to a taxonomic revision of the *X. axonopodis* species complex. *Plant Pathology*, v.65, p.792-806, 2016.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS-RS/SC). *Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; CASTRO, G.S.A. et al. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. *Revista Ciência Agronômica*, v.44, p.404-410, 2013.

DA CRUZ, M.F.A.; SILVA, L.F.; RODRIGUES, F.A. et al. Silício no processo infeccioso de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de plantas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, p.142-145, 2012.

DEBONA, D.; RODRIGUES, F.A.; RIOS, J. A. et al. The effect of silicon on antioxidant metabolism of wheat leaves

- infected by *Pyricularia oryzae*. *Plant Pathology*, v.63, p.581-589, 2014.
- FANCELLI, A.L.; NETO, D.D. *Produção de Feijão*. Piracicaba: Livrocere, 2007. 386p.
- GADAGA, S.J.C.; SIQUEIRA, C.S.; MACHADO, J.C. Transmission potential of *Colletotrichum lindemuthianum* (Race 65) in association with bean seeds under controlled conditions. *Journal of Seed Science*, v.42, e202042025, 2020.
- GODOY, C.V.; CARNEIRO, S.M.T.P.G.; IMAUTI, M.T. et al. Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, v.104, p.336-345, 1997.
- GUÉVEL, M.H.; MENZIES, J.G.; BÉLANGER, R.R. Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. *European Journal of Plant Pathology*, v.119, p.429-436, 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Agência IBGE Notícias: Agricultura familiar ocupava 84,4% dos estabelecimentos agropecuários. 2023. In: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/13721-asi-agricultura-familiar-ocupava-844-dos-estabelecimentos-agropecuarios#:~:text=Eles%20representavam%2084%2C4%25%20do,%2C7%25%20da%20sua%20%2C3%20A%20area> (acessado em 27 de setembro de 2023).
- MA, J.F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition*, v.50, p.11-18, 2011.
- MENDES, L.S.; SOUZA, C.H.E.; MACHADO, V.J. Adubação com silício: influência sobre o solo, planta, pragas e patógenos. *Cerrado Agrociências*, v.2, p.51-63, 2011.
- MENEGALE, M.L.D.C.; CASTRO, G.S.A.; MANCUSO, M.A.C. Silício: interação com o sistema solo-planta. *Journal of Agronomic Sciences*, v.4, p.435-454, 2015.
- MORAES, S.R.G.; POZZA, E.A.; ALVES, E. et al. O Efeito de fontes de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v.31, p.69-75, 2006.
- MORAES, S.R.G.; POZZA, E.A.; POZZA, A.A.A. et al. Nutrição do feijoeiro e intensidade da antracnose em função da aplicação de silício e cobre. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.31, p.283-291, 2009.
- POLANCO, L.R.; RODRIGUES, F.A.; NASCIMENTO, K.J.T. et al. Photosynthetic gas exchange and antioxidative system in common bean plants infected by *Colletotrichum lindemuthianum* and supplied with silicon. *Tropical Plant Pathology*, v.39, p.35-42, 2014.
- POLANCO, L.R.; RODRIGUES, F.A.; NASCIMENTO, K.J.T. et al. Biochemical aspects of bean resistance to anthracnose mediated by silicon. *Annals of Applied Biology*, v.161, p.140-150, 2012.
- POPP, J.; PETŐ, K.; NAGY, J. Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v.33, p.243-255, 2013.
- POZZA, E.A.; POZZA, A.A.A.; BOTELHO, D.M.S. Silicon in plant disease control. *Revista Ceres*, v.62, p.323-331, 2015.
- RESENDE, R.S.; RODRIGUES, F.A.; GOMES, R.J. et al. Microscopic and biochemical aspects of sorghum resistance to anthracnose mediated by silicon. *Annals of Applied Biology*, v.163, p.114-123, 2013.
- RIVERA, J.F.; DUARTE, H.S.S.; DORNELES, K.R. et al. Effects of calcium silicate fertilization on disease intensity and yield and quality of rice grain. *Modern Concepts & Developments in Agronomy*, v.8, p.811-816, 2021.
- RODRIGUES, F.A.; BENHAMOU, N.; DATNOFF, L.E. et al. Biochemistry and cell biology ultrastructural and cytochemical aspects of silicon-mediated rice blast resistance. *Phytopathology*, v.93, p.535-546, 2003.
- RODRIGUES, F.A.; MCNALLY, D.J.; DATNOFF, L.E. et al. Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: a potential mechanism for blast resistance. *Phytopathology*, v.94, p.177-183, 2004.
- RODRIGUES, G.B.; NAKADA, P.G.; SILVA, D.J. et al. Desempenho de cultivares de cebola nos sistemas orgânico e convencional em Minas Gerais. *Horticultura Brasileira*, v.24, p.206-209, 2006.
- ROMBALDI, C.V.; BERGAMASQUI, M.; LUCCHETTA, L. et al. Produtividade e qualidade de uva, cv. Isabel, em dois sistemas de produção. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, p.89-91, 2004.
- SANGIOGO, M.; RODRIGUEZ, D.P.; MOCCELLIN, R. et al. Foliar spraying with bacterial biocontrol agents for the control of common bacterial blight of bean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.53, p.1101-1108, 2018.
- SANTOS, L.C.; SILVA, G.A.M.; ABRANCHES, M.O. et al. O papel do silício nas plantas. *Research, Society and Development*, v.10, e3810716247, 2021.





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

VEIGA, A.D. *Influência do silício na intensidade da antracnose, na composição química e na qualidade das sementes de feijoeiro*. Tese (Doutorado em Agronomia). Lavras, MG: UFLA, 2008. 87p.

WENDLAND, A.; MOREIRA, A.S.; BIANCHINI, A. et al. Doenças do Feijoeiro. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. et al. (Eds.). *Manual de Fitopatologia*. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2016. p.383-396.

Recebido para publicação em 28/09/2023, aprovado em 30/12/2023 e publicado em 30/12/2023.