



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

EDNILSON BARROS BARROSO

**REAÇÃO DE LINHAGENS ELITES DE FEIJOEIRO À
Xanthomonas axonopodis pv. *phaseoli*, AGENTE CAUSAL DO
CRESTAMENTO BACTERIANO COMUM**

**Lavras-MG
2020**

EDNILSON BARROS BARROSO

**REAÇÃO DE LINHAGENS ELITES DE FEIJOEIRO À *Xanthomonas axonopodis* pv.
phaseoli, AGENTE CAUSAL DO CRESTAMENTO BACTERIANO COMUM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do Título de Mestre.

Profª. Dra. Elaine Aparecida de Souza
Orientadora

Prof. Dr. Ricardo Magela de Souza
Coorientador

**Lavras-MG
2020**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Barroso, Ednilson Barros.

Reação de linhagens elites de feijoeiro à *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, agente causal do crestamento bacteriano comum / Ednilson Barros Barroso. - 2020.

49 p.

Orientador(a): Elaine Aparecida de Souza.

Coorientador(a): Ricardo Magela de Souza.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris* L. 2. Resistência a doenças. 3. Melhoramento de Plantas. I. Souza, Elaine Aparecida de. II. Souza, Ricardo Magela de. III. Título.

EDNILSON BARROS BARROSO

REAÇÃO DE LINHAGENS ELITES DE FEIJOEIRO À *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, AGENTE CAUSAL DO CRESTAMENTO BACTERIANO COMUM

REACTION OF COMMON BEAN ELITE LINE TO *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, CAUSAL AGENT OF COMMON BACTERIAL BLIGHT

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do Título de Mestre.

APROVADA em 16 de outubro de 2020.

Dr. Vinicius Quintão Carneiro UFLA

Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro UFV



Profa. Dra. Elaine Aparecida de Souza
Orientadora

Prof. Dr. Ricardo Magela de Souza
Coorientador

**Lavras-MG
2020**

*À minha mãe Eliza, pelo apoio e carinho em todas as etapas da minha vida pessoal e acadêmica e por ser a minha inspiração e o meu maior exemplo de vida.
Ao meu pai Francisco dos Reis, in memoriam, que em vida não me deixou nada faltar e que está comigo, mesmo que hoje pelo plano espiritual.
Ao meu irmão Karl-Julius Grütters, in memoriam, e aos meus queridos afilhados, Enzo Eriky, Lunna Eloah, Maria Ísis e Bruno Henrique.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus que guia meus passos e minha vida.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente, ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas e ao Departamento de Biologia, pela oportunidade.

Ao Departamento de Fitopatologia, por ceder o Laboratório de Bacteriologia de Plantas e a casa de vegetação para a realização de todo o experimento.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Elaine Aparecida de Souza, pela oportunidade, ótima orientação, ensinamentos transmitidos e confiança em meu trabalho, desde o início.

Ao professor Ricardo Magela de Souza, pela ótima coorientação e ensinamentos teóricos e práticos de bacteriologia de plantas.

Aos laboratoristas Ana e Miller e ao mestrando Tarcísio, pela grande contribuição na realização deste trabalho.

À Dra. Fernanda Castro, pela contribuição na realização deste trabalho, amizade, ensinamentos e paciência.

Ao meu orientador da graduação Prof. Dr. Eduardo Oliveira Silva pela amizade e o aprendizado que tive em Botânica durante minha graduação na Universidade Federal do Maranhão, UFMA-Codó.

Aos meus amigos da turma de mestrado, Danilo, Gabriela, Rodolfo, Luciana, Ana Flávia e Gabrielle, por todo carinho, amizade e pelos momentos de estudos inesquecíveis.

Aos meus pais Eliza e Francisco dos Reis, pelo amor e apoio incondicional, em todas as minhas decisões nas diferentes etapas da minha vida e aos meus irmãos Edson, Edna, Eliuson e Flávio.

A todos da minha família, por fazerem dos meus sonhos e das minhas conquistas seus sonhos e suas conquistas.

À minha madrinha Maria Raimunda, por todo apoio, carinho e por ser minha inspiração.

Ao meu querido amigo Prof. Me. Itaner Frazão, por ter me apoiado desde o início e por ser exemplo de amizade sincera e verdadeira.

Ao meu amigo Lucas Silva, pela ótima convivência, apoio, motivação, conselhos, ajuda e por ser esse grande amigo e melhor companheiro de estudo.

Ao meu amigo Carlos Vinicius, pela amizade e contribuição nas etapas finais dos meus experimentos.

Ao meu amigo Marcos Samuel, por ser esse amigo presente, conselheiro, prestativo e por ter me ajudado sempre nos momentos de desânimo.

A todos os meus amigos que estão sempre comigo, Cláudio, Luana Karla, Franklin, Rosana, Selles, Victor, Erivelton, Karyna, Clenilson, Mateus Willian, Werllesson David, Adriano, João Lucas, Daniel Sousa, Wesley, Alex Rocha, Matheus Reis, Gleyce, Rubia, Kaylane, Bruna, Alice Juliana e Roclilson, Família Westermeier, Família Grütters, Tanja Panning, Marcos Cruz, Eleana Artz, Martina Artz, Marita Dransfeld, Klaus Dransfeld, Andreas Rehm, Kathi Davids, Florian Habbel, Navid Monteiro e Michael Vogel e todos amigos do grupo Teambiras.

MUITO OBRIGADO!

*“Não é o mais forte da espécie que sobrevive, nem o mais inteligente.
É aquele que melhor se adapta às mudanças”.*

Charles Darwin

RESUMO

O crestamento bacteriano comum (CBC) é uma das mais importantes doenças que acometem a cultura do feijoeiro comum e a principal bacteriose que afeta essa cultura. O CBC é causado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* e *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* var. *fuscans*. Sob condições de temperaturas entre 28 e 30°C e alta umidade, a doença se desenvolve no hospedeiro, causando perdas de produtividade de até 45%. Essa doença é de grande relevância, devido a sua ampla distribuição e por seu grande potencial de transmissibilidade por sementes, podendo permanecer viável por vários anos em resíduos de plantas e sementes. O uso de cultivares resistentes é uma das medidas mais eficientes no controle do CBC. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a reação de linhagens elites de feijoeiro ao crestamento bacteriano comum. Foram avaliadas 115 linhagens de feijão, incluindo o Pérola, padrão de suscetibilidade, e BRS Campeiro (padrão de resistência). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados, com duas repetições e cada parcela foi constituída por um vaso com três plantas, conduzido em casa de vegetação. A inoculação do patógeno e a avaliação da severidade da doença foram realizadas por meio do método proposto por Zapata (2006). As avaliações foram realizadas aos 14, 21 e 28 dias após a inoculação (DAI) e foi obtida a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD). Foram consideradas resistentes as linhagens com nota de severidade menor ou igual a três e suscetíveis as linhagens com nota superior a três. Foram identificadas 75 linhagens (65.2%) consideradas potenciais fontes de resistência, sendo a maioria pertencentes aos grupos carioca e preto. A linhagem VC 36 apresentou a menor média de severidade (média = 1), seguida das linhagens CXII-13, CV-6, CNFP 10794, RPXI-7, BRS Campeiro, MB 89, CXII-1, BRS Timbó, RPCVIII 7, CXIII1.7B, VC 19, VC 21, BRS Esteio e CXII-8, com notas de severidade variando de 1,15 a 1,85. A avaliação aos 28 dias após a inoculação se mostrou promissora para a seleção de linhagens resistentes ao CBC.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Resistência a doenças. Melhoramento de plantas.

ABSTRACT

Common bacterial blight (CBB) is one of the most important diseases that affect the common bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.) and the major bacteriosis that affects this crop. The CBB is caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* var. *fuscans*. Under conditions of temperatures between 28 and 30°C and high humidity, the disease develops in the host, causing yield losses of up to 45%. This disease is of great relevance, due to its wide distribution and its great potential for seed transmissibility and may remain viable for several years in plant residuals and seeds. The use of resistant cultivars is one of the most efficient measures in the control of CBB. In doing so, the objective of this study was to evaluate the resistance of common bean lines to common bacterial blight. A total of 115 bean lines were evaluated, including susceptibility and resistance patterns, Pérola and BRS Campeiro, respectively. The experimental design was arranged in randomized blocks, with two replications and each repetition consisted of one pot with three plants, conducted in a greenhouse. The inoculation of the suspension and the evaluation of the disease severity were performed using the method proposed by Zapata (2006). The evaluation was 14, 21 and 28 days after inoculation (DAI) and it was estimated the area under the disease-progress curve (AUDPC). A total of 75 lines (65.2%) were considered potential resistance sources and most of them are of the carioca and black groups. The VC 36 line presented the lowest severity mean score (mean = 1), followed by the CXII-13, CV-6, CNFP 10794, RPXI-7, BRS Campeiro, MB 89, CXII-1, BRS Timbó, RPCVIII 7, CXIII1.7B, VC 19, VC 21, BRS Esteio and CXII-8, with severity mean scores ranging from 1.15 to 1.85. The evaluation at 28 days after inoculation of Xap was shown to be promising for the selection of resistance lines to CBB.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris*. Disease resistance. Plant breeding.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	A cultura do feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	14
2.2	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> e variante <i>fuscans</i>	15
2.3	O Crestamento bacteriano comum no feijoeiro	18
2.4	Melhoramento genético de <i>Phaseolus vulgaris</i> visando resistência ao CBC	20
3.	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	Obtenção das sementes para as avaliações.....	26
3.2	Obtenção dos isolados de <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	26
3.3	Preparo da suspensão bacteriana.....	26
3.5	Avaliação dos acessos de feijoeiro	27
3.5	Avaliação da severidade de crestamento bacteriano comum.....	28
3.5.1	Cálculo de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).....	29
3.6	Análises estatística.....	29
4.	RESULTADOS	30
5.	DISCUSSÃO.....	36
6.	CONCLUSÃO.....	40
	REFERÊNCIAS	41
	ANEXOS	48

1. INTRODUÇÃO

O Feijão (*Phaseolus* spp.) é uma das culturas mais antigas do Novo Mundo. Juntamente com o milho e a mandioca, eles têm sido alimentos importantes nas Américas por milênios (BROUGHTON et al., 2003). Dentre as espécies cultivadas do gênero, *Phaseolus vulgaris* L. (feijão-comum) é a mais cultivada no Brasil e no mundo e é uma importante fonte de proteínas na dieta humana em países em desenvolvimento das regiões tropicais e subtropicais, particularmente, em países da América Latina e África (ALMEIDA et al., 2016; POSSE et al., 2010; REYNOSO-CAMACHO et al., 2006).

Fitopatógenos e insetos representam alguns dos riscos mais importantes que os agricultores enfrentam no cultivo do feijoeiro. Doenças como antracnose, mancha angular, murcha de fusário, mofo branco, crestamento bacteriano comum e mosaico dourado (BGYMV) são responsáveis por perdas significativas na produtividade do feijoeiro no Brasil (BROUGHTON et al., 2003, SINGH; SCHWARTZ, 2010). No Brasil, o crestamento bacteriano comum (CBC) é a principal doença bacteriana da cultura do feijoeiro (COSTA et al., 2008; DIAZ et al., 2001).

O crestamento bacteriano comum (CBC) é causado pela bactéria *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* e sua variante (HALL, 1994; LEMA-MARQUEZ; TERAN; SINGH, 2007; VAUTERIN et al., 1995), e sob condições de temperaturas entre 28° a 30°C e alta umidade, causam danos à cultura. A bactéria penetra sistemicamente na planta por aberturas naturais, como estômatos e hidatódios, ou por ferimentos causados por insetos. Nas folhas, os sintomas são áreas encharcadas, circundadas ou não de halos amarelos, podendo se tornar seca e quebradiça (REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011).

A doença torna-se de grande relevância, devido a sua ampla distribuição e por afetar diretamente o rendimento de grãos. Além disso, há um grande potencial de transmissibilidade por sementes, onde o inóculo pode permanecer viável por vários anos (COSTA et al., 2008; DIAZ, 2000; RAVA et al., 2003).

O uso de controle químico tem sido pouco eficiente no controle do CBC, mesmo quando associado a medidas de controle cultural, rotação de culturas e a utilização de sementes de boa qualidade. Dessa forma, para que se tenha redução das perdas ocasionadas pelas doenças, o uso de cultivares resistentes é uma das medidas mais eficientes (COSTA et al., 2008; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011; RICHETTI; ITO, 2015).

A utilização de cultivares resistentes é de fácil adoção por ser de baixo custo, ecologicamente segura e pode diminuir ou até mesmo evitar o uso do controle químico. Logo,

o primeiro passo para um programa que objetiva a busca por cultivares resistentes, consiste na procura e identificação de fontes de resistência (COSTA et al., 2008; RAVA et al., 2003). Além disso, é necessário identificar a variabilidade do patógeno presente na região de cultivo (MKANDAWIRE et al., 2004).

Os programas de melhoramento genético de plantas têm desenvolvido cultivares de alto potencial de produção, resistentes/tolerantes a fatores bióticos e abióticos e com boas qualidades comercial, tecnológica e nutricional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2018). Progressos significativos no melhoramento visando resistência a patógenos foram obtidos em diferentes culturas no Brasil (BROUGHTON et al., 2003, PAULA JÚNIOR; WENDLAND, 2012).

Algumas cultivares de feijoeiro têm apresentado diferentes níveis de resistência ao CBC, sendo, portanto, a resistência do feijoeiro à essa doença de natureza quantitativa (PAULA JÚNIOR; WENDLAND, 2012). Portanto, é importante avaliar a reação de acessos de germoplasma de feijoeiro à *X. axonopodis* pv. *phaseoli* e identificar fontes de resistência para se ter sucesso nos programas de melhoramento que buscam cultivares resistentes ao CBC.

Assim, o objetivo com este trabalho foi avaliar e identificar potenciais genitores para uso como fontes de resistência ao crestamento bacteriano comum pelos programas de melhoramento do feijoeiro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.)

As leguminosas desempenham um papel importante na nutrição humana e o feijão é uma das mais consumidas no mundo (DURSUN; DONMEZ; SAHIN, 2002). O feijão comum ($2n = 2x = 22$) pertence à família botânica Fabaceae, gênero *Phaseolus* L. e espécie *Phaseolus vulgaris* L. (BARCELOS et al., 2020; HASAN; SALEEM; AHMED, 2016; UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA, 2019). Essa leguminosa é composta por elevado teor de proteínas, aminoácidos essenciais e fonte de carboidratos, vitaminas e minerais (CONAB, 2018; DURSUN; DONMEZ; SAHIN, 2002). É tradicionalmente uma cultura alimentar básica de muitos países em desenvolvimento, possui um alto valor comercial e produção extensiva (DURSUN, DONMEZ e SAHIN, 2002).

O feijão comum é produzido em uma diversidade de sistemas de cultivo e em diferentes locais da América Latina, África, Oriente Médio, Ásia e Europa. São encontrados a partir do nível do mar até 3000 M acima e são cultivados em sistema de monocultura, em associações ou em rotações com outras culturas. Para o consumo são utilizados grãos maduros, sementes imaturas, folhas e vagens. Seus recursos genéticos existem como um conjunto complexo de pools genéticos, raças e tipos (BROUGHTON et al., 2003; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO, 1999).

O feijão é parte da dieta do brasileiro (ABD-ALLA; BASHANDY; SCHNELL, 2010) e grande parte da produção está distribuída em dez estados. A cultura tem papel fundamental na geração de renda e subsistência, principalmente dos agricultores familiares (CONAB, 2018). Sua produtividade está diretamente relacionada com o uso de tecnologias modernas, eficientes sistemas de irrigação, adubação, cultivares com alta produtividade e resistência a patógenos, e controle de pragas, doenças e plantas daninhas (TORRES; SILVA JÚNIOR; MARINGONI, 2009).

Há pelo menos quatro principais espécies no Brasil, sendo o *Phaseolus vulgaris* L. (feijão cores e preto), o *Vigna unguiculata* L. (feijão-macassar, feijão-de-corda ou feijão-fradinho), o *Phaseolus lunatus* L. (feijão-de-lima, também chamado de feijão fava) e o *Cajanus cajan* L. (feijão-guandu) (CONAB, 2018). A diversidade genética e a domesticação do feijão são importantes fatores para viabilizar o desenvolvimento de novas variedades e que a variabilidade genética presente no germoplasma de feijão é fundamental para os programas de

melhoramento genético, uma vez que ela é utilizada como estratégia para a adaptação do seu cultivo em diferentes regiões do País (CONAB, 2018; SINGH; SCHWARTZ, 2010).

O Brasil é o maior consumidor e produtor mundial de feijão comum. No País, a safra 2018/19 produziu aproximadamente 3 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 1.033 kg/ha. Na safra 2019/20 houve um aumento na produção de 7% em comparação a 2018/19 (CONAB, 2018; 2020).

O plantio de feijão é realizado em três safras, sendo que neste último ano, a maior produção foi na safra da seca (43% do total), seguida das safras das águas (33%) e irrigada (24%), com uma redução de 3% quando comparada a safra anterior. Na safra 2019/20, ocorreu uma redução de 4% na produção na safra das secas em relação à safra de 2018/19 (CONAB, 2020).

Além dos fatores adversos do ambiente, um dos maiores problemas na cultura do feijoeiro, e de difícil controle, vem sendo o ataque de fungos, vírus e bactérias. A utilização de cultivares suscetíveis a esses patógenos, além de reduzir a produtividade pode contribuir para a disseminação do patógeno numa dada região (MIRANDA et al., 2015). As perdas médias de rendimento podem variar de 20 a 100%, dependendo da ocorrência e gravidade das doenças individuais e coletivas ocorridas no mesmo campo. Os sistemas de produção e práticas de manejo utilizadas, condições ambientais e cultivares de feijoeiro comum quando afetados podem impactar diretamente nesse rendimento. Muitas vezes, duas ou mais doenças ocorrem ao mesmo tempo no mesmo campo, acentuando o problema (SINGH; SCHWARTZ, 2010).

Devido a esse e outros problemas é que muitos programas de melhoramento vêm buscando desenvolver linhagens resistentes com o objetivo de minimizar o ataque de pragas e os altos níveis de severidade das doenças fitopatogênicas no campo. No Brasil, os programas de melhoramento buscam uma complexa interação dos resultados, envolvendo desde características radiculares para a fixação biológica do nitrogênio, resistência a insetos e doenças, tolerância a seca, colheita mecanizada, aumento da produtividade, até a pós-colheita, como a qualidade nutricional dos grãos (ASSEFA et al., 2019; BARCELOS et al., 2020; CONAB, 2018).

2.2 *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* e variante *fuscans*

O gênero *Xanthomonas* compreende em torno de 30 espécies de bactérias Gram-negativas. Há em média 27 espécies patogênicas que causam graves doenças em torno de 400 hospedeiros de plantas, incluindo culturas de importância econômica, tais como o feijão

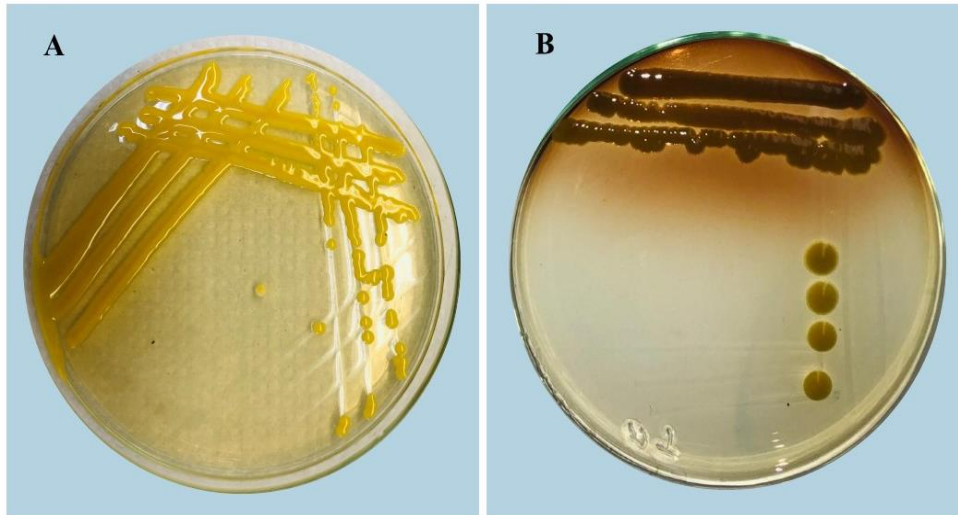
(RYAN et al., 2011). As espécies de *Xanthomonas* são subclassificadas em patovares e subespécies com base no hospedeiro infectado, no tecido resultante da doença, assim como em características genômicas. O termo patovar refere-se a um único ou a um grupo de estirpes bacterianas com características semelhantes, mas diferem na especificidade da planta hospedeira a partir de outras estirpes da mesma espécie (KREMER et al., 2019).

Xanthomonas axonopodis pv. *phaseoli* (Xap) e *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* var. *fuscans* (Xapf) são os agentes causadores do crestamento bacteriano comum (CBC) no feijoeiro. São semelhantes em relação às características morfofisiológicas e patogênicas (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 2005; WENDLAND et al., 2018) e ambas as estirpes causam sintomas semelhantes, porém há relatos de que a variedade *fuscans* seja mais agressiva (FOURIE, 2002; FOURIE; HERSELMAN, 2011; SCHAAD et al., 2006).

Fenotipicamente, as estirpes são diferenciadas pela pigmentação das colônias, na qual a Xapf possui colônias marrons (DUNCAN; SINGH; GILBERTSON, 2011; SINGH; SCHWARTZ, 2010). Essas variações podem ocorrer devido a diferenças no tempo de produção do pigmento em cada meio de cultura (WENDLAND et al., 2018). Estes autores, por meio do estudo da diversidade genética e estrutura entre e dentro da população, observaram que Xap e Xapf são geneticamente distintas, apesar de causarem os mesmos sintomas no feijoeiro. Eles observaram altos valores para locos polimórficos (59%), confirmando a presença de diversidade genética entre e dentro da população. Zamani et al. (2011), em seus estudos, também identificaram diferenças genéticas entre as estirpes de Xap e Xapf por meio da técnica molecular rep-PCR. Ambas as bactérias são baciliformes, gram-negativas, móveis, aeróbicas, com metabolismo oxidativo e fermentativo, hidrolisa amido, esculina, gelatina, caseína e Tween-80 (ABD-ALLA; BASHANDY; SCHNELL, 2010; AKHAVAN et al., 2013; BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 2005; HARVESON, 2009). A Xap, quando cultivada em meio nutriente-ágar contendo glicose ou sacarose, forma colônias amareladas, com bordos lisos, convexas, brilhantes e circulares, e a variante Xapf produz melanina em certos meios de cultura (FIGURA 1) (SINGH; SCHWARTZ, 2010) e apresenta reação positiva para o teste bioquímico tirosinase (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 2005). Wendland et al. (2018) analisaram cinco isolados de Xap e Xapf em meios de cultura YDC, King B e MNBY. Os autores observaram que todos os isolados apresentaram semelhanças fenotípicas, como o crescimento suave e mucoide, colônias convexas e brilhantes. No entanto, após cinco dias, foi possível notar a diferença fenotípica entre os isolados de Xap e Xapf, em que uma forte coloração marrom foi identificada no meio de cultura King B.

A patogenicidade das estirpes Xap e Xapf está relacionada à formação de biofilmes na

Figura 1 – Colônias bacterianas de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (A) e *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* var. *fuscans* (B) em meio de cultura Kado e Heskett (MB).



Fonte: Do Autor (2020)

superfície da planta. O crescimento desses biofilmes facilita a penetração sistêmica através dos estômatos, levando à colonização do mesofilo, tecidos vasculares e parênquima (DENARDIN; AGOSTINI, 2013; JACQUES et al., 2005). O potencial de virulência da bactéria varia entre as espécies e as estirpes (DUNCAN; SINGH; GILBERTSON, 2011).

A sobrevivência e disseminação da bactéria deve-se ao vento, água e socas de plantas deixadas no campo (SINGH; SCHWARTZ, 2010; SOSTIZZO et al., 2018). A infecção ocorre por meio de aberturas naturais e ferimentos causados por insetos (REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011), e a infecção secundária pode ocorrer a partir de material vegetal já infectado e é espalhada por todo o campo pelos mesmos métodos de dispersão descritos para a infecção primária. Tais bactérias podem sobreviver por 6 a 18 meses em resíduos de plantas sobre ou acima da superfície do solo em condições de secas, em socas de feijão dentro ou perto de campos, em plantas voluntárias de uma cultura anterior e até mesmo na superfície de plantas daninhas (BELETE; BASTAS, 2017).

A Xap pode sobreviver entre 2 a 15 anos em partes internas e externas de sementes no estado hipobiótico, em solo autoclavado umedecido e seco, por dez e 150 dias, respectivamente, em folhas secas por 1,5 anos e folhas de feijoeiro triturada por 1,5 anos a temperatura de 4°C (BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 2005).

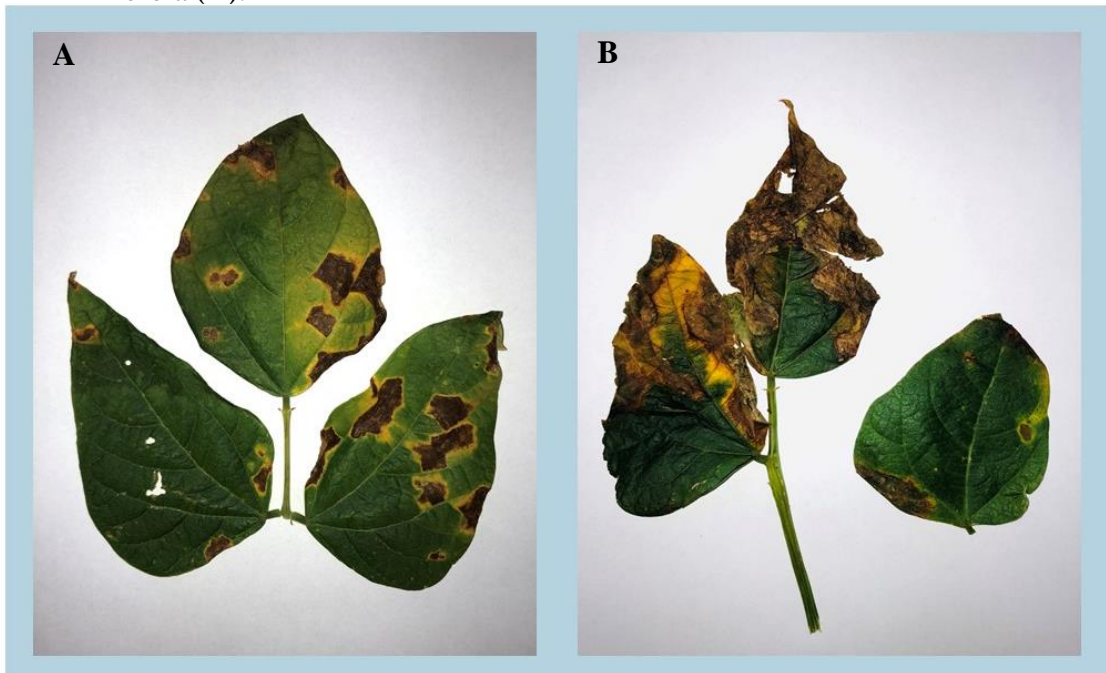
2.3 O Crestamento bacteriano comum no feijoeiro

O crestamento bacteriano comum (CBC) é uma doença de parte aérea e se desenvolve no feijoeiro em condições de temperaturas entre 28° a 30°C e alta umidade, afetando folhas, caules, vagens e sementes (HARVESON, 2009; RAVA; SARTORATO, 1994). O CBC é uma doença de grande importância no Brasil (RAVA; SARTORATO, 1994) podendo causar perdas de 20 a 60% do rendimento em cultivares de feijão suscetíveis em regiões temperadas e tropicais. Além disso, quando em casos severos, afeta a qualidade dessas sementes, incluindo tamanho, forma, cor e germinação (LEMA-MARQUEZ; TERÁN; SINGH, 2007).

A semente tem sido a principal fonte de inóculo da doença na cultura do feijoeiro (BURUCHARA, 2010, CONAB, 2018; DENARDIN; AUGUSTIN, 2013; KREMER et al, 2019; SINGH; SCHWARTZ, 2010,). Além disso, estirpes de Xap são capazes de permanecer por uma longa fase epifítica nos grãos do feijão (AKHAVAN et al., 2013). Torres, Silva Júnior e Maringoni (2009), ao analisar a qualidade sanitária de sementes de feijoeiro produzidas no estado do Paraná, nas safras 1998 e 1999 quanto a presença de Xap em macerados de sementes, observaram que 50% dos lotes estavam transportando Xap, com índice de incidência variando de 0,1 a 1,7%. Conforme Opio, Teri e Allen (1993), 0,2% de sementes de feijoeiro com Xap é o suficiente para dar início à epidemia da doença em campo.

Os sintomas do CBC podem ser observados tanto nas folhas, como em caules, vagens e sementes. Inicialmente, começam aparecer manchas com pequenos pontos embebidos em água, que se tornam castanhos, secos e quebradiços. As manchas aumentam o seu tamanho, tornando-se necróticas e geralmente são delimitadas por uma zona amarela na folha. Tais manchas podem ser encontradas em ambas as áreas intermediárias e ao longo das margens da folha. As infecções podem se tornar severas e resultarão em folhas com uma aparência de queimadura (FIGURA 2). A figura 2 mostra ainda os sintomas do CBC em diferentes níveis de severidade. Nas vagens, são desenvolvidas zonas circulares encharcadas, que podem ser observadas massas amarelas de bactérias, tornando-se marrom-avermelhadas (HARVESON, 2009; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2011).

Figura 2 – Sintomas do crestamento bacteriano comum em folha trifoliolada de plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar BRSMG Realce (A) e cultivar Pérola (B).



Legenda: Folhas de feijoeiro coletadas no campo experimental da UFLA.
Fonte: Do Autor (2020)

As hastes das plântulas podem ter áreas embebidas e encharcadas de água que aumentam e se desenvolvem em estrias avermelhadas. Quando essas hastes são afetadas, geralmente rompem e formam cancrs encharcados ou podridão. Quando em quantidade suficiente de bactérias no tecido do xilema, pode causar a murcha da planta, obstruindo os vasos ou a desintegração da parede celular (BELETE; BASTAS, 2017).

A idade da planta, idade do tecido, resistência e vigor do hospedeiro são fatores que influenciam o crescimento bacteriano e resposta da doença. Geralmente, as plantas parecem ser mais suscetíveis na fase reprodutiva do que no estágio vegetativo. À medida que a população bacteriana aumenta, ela pode escorrer para a superfície da folha e se espalhar ainda mais pela água (BELETE; BASTAS, 2017).

Existem alguns fatores que podem ocasionar doenças bacterianas nas cultivares de feijão em condições climáticas favoráveis. Dentre esses estão a utilização de sementes de culturas anteriores, a falta de rotação de culturas e a ineficiência do controle químico (BASTAS; SAHIN, 2016). Dessa forma, o uso de cultivares, o tratamento químico de sementes e práticas culturais adequadas são alternativas para o manejo do crestamento bacteriano comum do feijoeiro (BELACHEW; GEBREMARIAM; ALEMU, 2015).

O uso de cultivares resistentes deve ser associado a práticas culturais, pois a resistência para muitas doenças comuns do feijoeiro pode não ser adequada para proteger a cultura de perdas significativas no rendimento e na qualidade (SCHWARTZ; PEAIRS, 1999).

2.4 Melhoramento genético de *Phaseolus vulgaris* visando resistência ao CBC

O melhoramento genético de plantas para a resistência a doenças é considerado o método mais econômico, uma vez que se tem acessos de germoplasmas resistentes disponíveis (BASTAS; SAHIN, 2017). O desenvolvimento e uso de cultivares resistentes a doenças apresenta inúmeras vantagens, tais como: (i) reduzir perdas de rendimento e melhorar a qualidade de vagens e sementes; (ii) ampliar a adaptação e melhorar a estabilidade da interação (GxA) de cultivares; (iii) reduzir o uso de pesticidas, além de aumentar a eficiência do seu uso; (iv) minimizar riscos para a saúde e impactos ambientais; (v) reduzir os custos de produção; (vi) aumentar a rentabilidade e competitividade dos produtores nos mercados doméstico e internacional; assim como (vii) suportar sistemas de produção orgânicos e convencionais de entrada reduzida e sustentável (SINGH; SCHWARTZ, 2010).

A utilização de cultivares resistentes tem sido uma das principais estratégias de controle do CBC, incluindo também a rotação de culturas, plantio de sementes livres de patógenos e uso de bactericidas (GENT; LANG; SCHWARTZ, 2005).

Pesquisas relacionadas a resistência de cultivares de feijão aos principais fitopatógenos existentes no território nacional são importantes para dar sustentabilidade e suporte aos programas de melhoramento do feijão comum no País. Contudo, a aplicação e inserção bem-sucedida da resistência genética em cultivares comerciais têm sido muito limitadas (KREMER et al., 2019). O desenvolvimento de cultivares com resistência duradoura e de amplo espectro exige o conhecimento das fontes de resistência na espécie hospedeira e da diversidade genética das populações do patógeno (WENDLAND et al., 2018).

A resistência ao CBC tem sido relatada como sendo de herança quantitativa, geralmente por um QTL de efeito maior somado a QTLs de pequeno efeito (MCELROY, 1985, SINGH; SCHWARTZ 2010), com herdabilidade variando de baixa a média, dependendo do estudo e do mapeamento das populações utilizadas (SINGH; SCHWARTZ, 2010).

Chen et al. (2018) revelaram que a especificidade do hospedeiro do CBC está associada a uma combinação de transferência de genes horizontais e que os plasmídeos têm papel fundamental na transferência desses genes. Nesse estudo, a análise de 72 genomas de uma coleção de isolados de Xap identificou 115 genes contendo sequências específicas de DNA para

estirpes responsáveis por causar o crestamento bacteriano, incluindo 20 genes localizados em um plasmídeo. Desses 115 genes, 88 estavam envolvidos em eventos sucessivos de transferências de genes horizontais entre as quatro linhagens genéticas e 44 continham polimorfismos não sinônimos exclusivos dos agentes causais do CBC.

A inoculação artificial do patógeno tem sido utilizada visando identificar genótipos de feijão resistentes à Xap. Folhas têm sido inoculadas por meio de pulverizações, agulhas múltiplas, lâminas de barbear e perfurações com agulhas ou pontas de pipetas (ZAPATA, 2006). Normalmente para a avaliação em campo, o ideal é a infecção natural, contudo Sahin e Miller têm desenvolvido um método de pulverização de alta pressão. Quanto às avaliações em casa de vegetação, a inoculação por meio do método de múltiplas agulhas tem sido atualmente o mais utilizado (AZEVEDO et al., 2015; RIBEIRO et al., 2017). Esse método, descrito por Pompeu e Crowder (1973), consiste na perfuração das folhas primárias, em estádios V₂ ou V₃, com leve pressão para permitir a entrada do patógeno e na planta. Em seguida, os vasos são colocados em uma câmara úmida por 48 horas, em temperaturas entre 25 °C e 28 °C para dar condições favoráveis ao patógeno. Posteriormente, os vasos são transferidos para a estufa, onde as plantas serão avaliadas.

Zapata (2006), com o intuito de obter uma avaliação robusta, desenvolveu um procedimento uniforme para a avaliação da variabilidade de Xap e resistência em folhas de *P. vulgaris*. A inoculação dá-se 14 dias após o plantio, no estágio V₃ (primeira folha trifoliada). O lado esquerdo do folíolo central é utilizado como controle e o lado direito do mesmo folíolo é inoculado a suspensão bacteriana. Nesse esquema, são realizados três furos de modo que um efeito de diluição é gerado. Faz-se o primeiro furo, com o auxílio de uma pipeta, inserindo uma grande quantidade da suspensão bacteriana e, então dilui-se a mesma nos outros dois locais com a quantidade de inóculo restante na pipeta.

Várias escalas têm sido empregadas para avaliação tanto em campo, quanto em casa de vegetação, sob condições controladas. Para a avaliação dos sintomas, Zapata (2006) propôs uma escala específica para a avaliação em casa de vegetação. Os sintomas são avaliados aos 7, 14 e 21 dias após a inoculação (DAI), dependendo das condições em que as plantas estão expostas, usando uma escala de notas variando de 1 a 10, em que 1 indica reação resistente, ou seja, a planta inoculada não apresenta nenhum sintoma; a nota 10 indica a alta reação de suscetibilidade, causando infecção sistêmica. Sob essas condições, o patógeno invade os folíolos opostos não-inoculados do trifólio utilizado. A nota 2 é dada a planta, quando há a presença de margens cloróticas de 1-2 mm ao redor do local inoculado; dá-se a nota 3, quando essas lesões variam de 3-5 mm; a nota 4 é dada quando há lesões coalescentes e se tornam

flácidas; na nota 5, todo o lado inoculado fica flácido ou necrótico; na nota 6, o lado está completamente necrosado e a doença progride para o lado oposto, ocupando 3/4 deste; na nota 7, os sintomas progride, ocupando 2/3 do lado; na nota 8, mais de 2/3 do lado não-inoculado é ocupado; e a nota 9 é dada quando ambos os lados são ocupados pelos sintomas da doença e o folíolo se torna totalmente necrosado.

Zapata (2011), utilizou o método de inoculação e a escala descritos acima, para avaliar uma população derivada das linhagens BR0313-58 e Rosada Nativa. Eles identificaram um gene dominante simples (*Xap1*) que confere resistência ao crestamento bacteriano em feijão. A caracterização da genética de resistência do genótipo PR0313-58 à estirpe Xap 3353 deu-se a partir da abordagem da genética clássica e do marcador molecular SAP6.

Azevedo et al. (2015) utilizaram 22 linhagens avançadas de feijoeiro de tegumento carioca e preto, provenientes de diferentes instituições de pesquisa, para avaliar a resistência de genótipos de feijoeiro aos principais patógenos da cultura, dentre eles, o CBC. Os autores usaram os genótipos IAC Alvorada e IPR 139, como testemunhas de suscetibilidade e de resistência ao CBC, respectivamente. A inoculação do patógeno foi realizada pela técnica de agulhas múltiplas, proposta por Pompeu e Crowder (1973), em folhas primárias, em estágio V2 (folhas primárias expandidas). Nesse método, a folha é sobreposta em uma esponja e, então, perfurada levemente com um objeto contendo agulhas. Para a avaliação dos sintomas, foi utilizada a escala de notas proposta por Rava e Sartorato (1994), 10 dias após a inoculação, com notas variando de 1 a 9. As notas de 1 a 2 indicam plantas resistentes, de 3 a 6 medianamente resistentes, e de 7 a 9 suscetíveis ao patógeno. Nesse estudo, os autores identificaram quatro genótipos resistentes ao CBC, sendo um deles do tipo carioca, LP 07-80, e três, de tegumento preto, LP 08-90, LP 09-192 e SM 1810. Os autores observaram que o genótipo IAC-Una apresentou reação de suscetibilidade ao patógeno; resultado semelhante a esse foi observado por Silva et al. (2009).

Ribeiro et al. (2017) avaliaram a reação de 58 linhagens à *X. axonopodis* pv. *phaseoli* e *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. Para a avaliação da reação à Xap, as plantas foram inoculadas em estágio V₂ com agulhas múltiplas, conforme Pompeu e Crowder (1973) e a avaliação da severidade foi realizada 10 dias após a inoculação, por meio da escala de notas de Rava e Sartorato (1994). Foi encontrada diferenças significativas entre as linhagens de feijoeiro quanto à resistência ao CBC. Eles identificaram seis das linhagens resistentes, 14 moderadamente resistentes e 38 suscetíveis. Dentre as linhagens avaliadas, Pr10-3-4/1, Pr10-5-2/1 e Pr10-5-2/2 do grupo do feijão preto e C10-2-4/2 do grupo carioca foram resistentes tanto a *X. axonopodis* pv. *phaseoli*, quanto a *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*.

Ambos os patógenos são os principais agentes causais das duas principais doenças bacterianas que afetam o feijoeiro no Brasil.

Dursun, Dönmez e Sahin (2002) utilizaram 22 cultivares/linhagens de feijão comum e feijão vagem da Turquia para identificar genótipos resistentes ao CBC. A inoculação da suspensão bacteriana de Xap foi realizada nas plantas com quatro semanas de idade. A cultura bacteriana foi cultivada em meio de Ágar de Carbonato de Cálcio de Dextrose de Levedura (YDC), conforme protocolo de Lelliot e Stead (1987), em placas de Petri por 48 horas a 27 °C e inoculada pelo método de pulverização de Sahin e Miller (1996). A avaliação da severidade da doença deu-se 21 dias após a inoculação por meio de uma escala de avaliação de doença foliar, sendo: 1 = sem sintomas; 2 = algumas manchas necróticas; 3 = manchas, algumas com aglutinação; 4 = manchas severas e desfolha; e 5 = morte da planta. Eles observaram que apenas um dos genótipos avaliados era resistente ao CBC, sendo os demais classificados em moderadamente suscetíveis, suscetíveis e altamente suscetíveis.

Outras pesquisas semelhantes foram desenvolvidas, porém sob condições de campo, método de infecção natural e diferentes métodos de avaliação. Ferreira et al. (2003) utilizaram a escala diagramática modificada proposta por Azevedo (1998), sendo: nota 1.0 = sem sintomas, 0% da área foliar lesionada; nota 2.0 = 1% da área foliar lesionada; nota 3.0 = 10% da área foliar lesionada; nota 4.0 = 25% da área foliar lesionada; nota 5.0 = 50% de área foliar lesionada. As plantas com notas 1 e 2 em média, foram considerados resistentes, enquanto plantas com notas acima de 2 foram consideradas suscetíveis. Os autores justificam a utilização dessa escala, devido ao número de plantas utilizadas no experimento (109 genótipos) e as condições de trabalho.

Theodoro (2004) empregaram a escala diagramática proposta por van Schoonhoven e Pastor-Corrales (1987) para avaliar 12 cultivares em condições de campo e infecção natural. Essa escala é baseada em notas de severidade que variam de 1 a 9, sendo que as plantas com notas de 1 a 3 são consideradas resistentes, de 4 a 6 moderadamente resistente e de 7 a 9 foram classificadas como suscetíveis. O Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) avaliou a reação ao CBC de 20 cultivares do grupo carioca e 20 do grupo preto nas safras das águas de 2009, nas safras das secas e das águas de 2010; e na safra da seca de 2011, distribuídas em 14 ambientes. Foi avaliada a incidência do CBC em folhas e vagens no estádio R7, utilizando a mesma escala. Em relação as cultivares do grupo carioca, foi observado que nenhuma cultivar apresentou alto nível de resistência. No entanto, as cultivares Bola Cheia, BRS Pontal, IPR 139, IPR Juriti, IPR Tangará, IPR Campos Gerais, Pérola, Princesa e Rubi foram classificadas como moderadamente resistentes. Em relação as cultivares do grupo preto, a maioria das cultivares

foram classificadas suscetíveis à doença, destacando-se como moderadamente resistentes as cultivares IPR Galha, BRS Campeiro, BRS Esplendor, BRS Grafite e as linhagens LP05-135, LP05-136 e LP05-86 (PAULA JÚNIOR; WENDLAND, 2012).

Outra metodologia muito utilizada em pesquisas foi a de Diaz, Bassanezi e Filho (2001). Os autores desenvolveram uma escala diagramática para quantificar a severidade do CBC em condições de campo. A escala possui oito níveis de severidade da doença (0.97, 1.9, 3.3, 8.0, 12.0, 22.0, 31.0, 51.0%), sendo que as notas se referem a porcentagem da área foliar afetada. Foi estimada a severidade da doença para todas as folhas das plantas marcadas em intervalos semanais e calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). A inoculação da bactéria foi realizada no primeiro trifólio completamente expandido (estádio V₃), ao final da tarde, com irrigação prévia de 30 min para garantir um microclima úmido para a multiplicação e posterior penetração da bactéria. Por meio da pulverização com areia, foi realizado ferimentos nas plantas e, em seguida, abrasão das folhas com lixa de madeira (grão médio) e aplicação da suspensão bacteriana por pulverização com alta pressão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação e nos Laboratórios de Resistência de Plantas a Doenças, do Departamento de Biologia, e de Bacteriologia de Plantas, do Departamento de Fitopatologia, da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

Foram avaliados 115 acessos do Banco de Germoplasma de Feijão da UFLA pertencente ao Programa de Melhoramento do Departamento de Biologia, incluindo linhagens elites e cultivares comerciais (Tabela 1).

Tabela 1 – Linhagens e cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) avaliadas quanto à severidade de cretamento bacteriano comum.

Linhagens			
ESAL 517	MAX-4	MAVIII-78	BRS União
IPR Uirapuru	VP-33	MAIII-9.91	VC 35
BRSMG tesouro	ESAL 535	CNFCMG 11-08	ESAL 502
IPR Colibri	VC 37	RPXI -1	RPXI-14
BRS Cometa	MAIII-17.185	MAXII- 22	Roxo 90
VP 30	BRS Sublime	MAVI-60	Radiante
VP 31	Corinthiano	MAX-2	VC 17
MAIX 10	CXIII 1.7A	MAX-8	MAVII-127
CXIII 85.62	BRS Uai	VP-34	VC 27
MAX-7	CNFP 11979	BRS Bentivi	BRS Esplendor
MAVI-39	CXI 18	VC 18	BRS Pitanga
CNFPMG 11-18	EMB9	CXIII 1.1	RPCVIII 7
MAX-9	MAXII-20	CNFCMG-11-06	BRS Esteio
Pérola	CXIII 1.23	CXII-23	VC 19
MAIX 12	MAIX 14	CNFPMG -1106	BRS Campeiro
Ouro Negro	CNFJ 15288	RPXI -6	BRS Timbó
CNFRX 15 275	CNFP 15677	MAII-23	CXII-1
MAX-5	MBCI 32/14	CNFP11978	MB 89
MAIII-17.159	MAXII-5	MAVIII-89	MAX-11
CXIII 4.484	RPCVIII 13	BRSMG Madrepérola	BRS Valente
CNFPMG 11-08	E09/10-28	VR 17	CV-6
VR-20	ESAL 664	CXII 19	CNFP 10794
MAIV-18.259	MAXII-7	VC 38	CXII-8
MAX-1	MAI-8.9	ESAL 652	CXIII1.7B
RPXI-38	VC 25	VC 21	RPXI-7
BRS Ametista	CNFC 11-07	BRS Horizonte	CXII-13
MAIV-8.102	CNFPMG -11-21	CNFP 15680	VC 36
VC 20	BRS Notável	MAIV-15.524	CNFP 15194
ESAL 561	ESAL 503	Carioca	

Fonte: Do Autor (2020)

3.1 Obtenção das sementes para as avaliações

As sementes utilizadas nas avaliações foram obtidas por meio da multiplicação dos acessos em casa de vegetação, utilizando vasos com capacidade para 10 litros de terra e substrato na proporção de 1:1, contendo três plantas por vaso. Foram colhidas as sementes e selecionadas as linhagens com sementes em quantidades suficientes para a realização da fenotipagem para reação ao crestamento bacteriano comum (CBC).

3.2 Obtenção dos isolados de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*

Foi utilizado um isolado de Xap obtido a partir de folhas e vagens de plantas de feijão com sintomas típicos de CBC, coletadas em campo. A coleta do material foi realizada no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da UFLA (CDCT) – Fazenda Muquém, Campo de Experimentação da UFLA. O isolado de Xap foi cultivado em placas de Petri contendo meio de cultura 523 (KADO; HESKETT, 1970), meio básico 1 (MB1), comumente utilizado na UFLA para isolamento de fitobactérias como *Xanthomonas*, pelo método de riscas paralelas.

3.3 Preparo da suspensão bacteriana

Os isolados preservados foram repicados pelo método de estrias paralelas em placas de Petri contendo o meio MB1 e incubados à temperatura de 28°C, por 48 horas. Após o crescimento das colônias, preparou-se a suspensão bacteriana pela adição de solução salina esterilizada (0,85% de NaCl), homogeneização com auxílio da alça de Drigalski e filtração em gaze, com concentração ajustada para 10^8 UFC mL⁻¹ (AZEVEDO et al., 2015). Em seguida, as concentrações foram ajustadas separadamente por espectrofotometria para OD₅₄₀= 0,5 nanômetros.

3.4 Teste de patogenicidade

Foi realizado o teste de patogenicidade em casa de vegetação para confirmar a presença da Xap, no qual foi feita a inoculação da suspensão bacteriana em folhas de feijoeiro no estádio V₃ (primeira folha trifoliada) pelos métodos de agulhas múltiplas de Pompeu e Crowder (1973) e da tesoura, baseada na metodologia de Schoonhoven & Pastor-Corrales (1987). Foram utilizadas duas testemunhas, BRS Campeiro e Pérola, ambas foram classificadas como

resistente e suscetível, respectivamente, em trabalhos anteriores e diferentes métodos de inoculação; e três linhagens escolhidas de forma aleatória (BRSMG Madrepérola, BRS Esteio e VC 37). Após a inoculação, as plantas foram levadas para uma câmara úmida e incubadas a 28° C, por 48 horas. Em seguida, as plantas foram transferidas para casa de vegetação e 14 dias após a inoculação, observou-se lesões com encharcamento, que se tornaram necróticas e rodeadas por um halo amarelo com o decorrer do tempo. Refez-se o isolamento da bactéria a partir das folhas sintomáticas para a obtenção das colônias com as mesmas características das colônias originais utilizadas no teste (DIAZ et al., 2001). Por fim, procedeu-se com a preservação de isolados para a utilização no experimento.

3.5 Avaliação dos acessos de feijoeiro

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com duas repetições e cada parcela foi constituída por um vaso com três plantas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, sob condições controladas.

A inoculação foi adaptada a partir da técnica de inoculação proposta por Zapata (2006). Um trifólio por planta foi selecionado e identificado com um fio de lã. Inoculou-se o folíolo principal com o auxílio de um objeto adaptado, contendo três agulhas espaçadas (FIGURA 3), no estágio V₃.

Figura 3 – Agulhas adaptadas em um suporte para inoculação da suspensão bacteriana de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em folhas de feijão.



Fonte: Do Autor (2020)

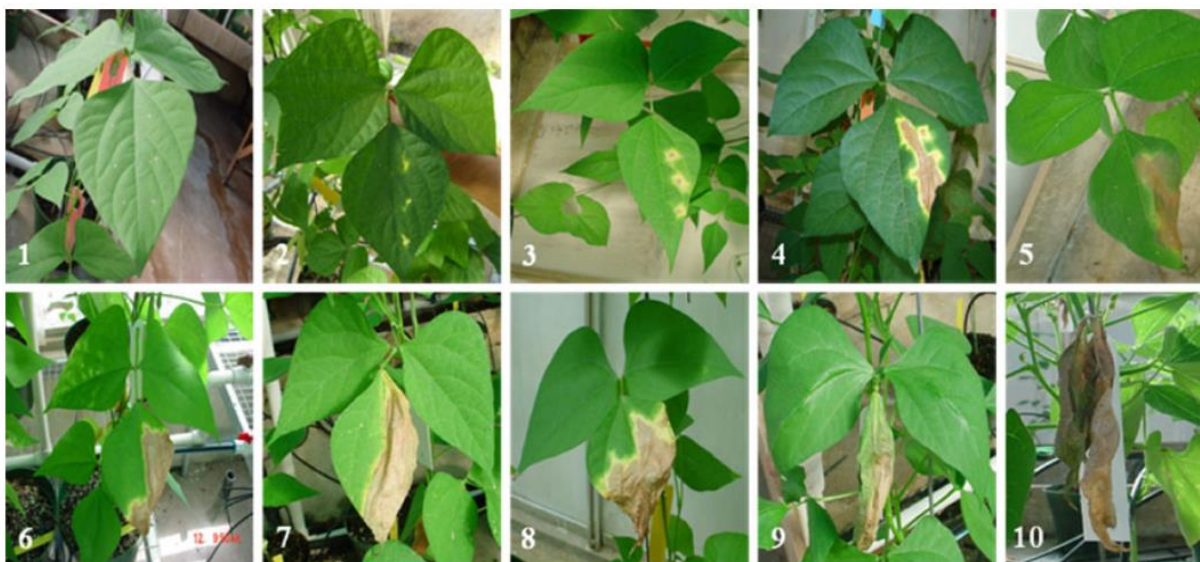
Em cada planta, foi inoculado o lado esquerdo (controle) do folíolo principal apenas com água destilada. Em seguida, a suspensão bacteriana foi colocada em um béquer e, então, imergiu-se as agulhas múltiplas na suspensão e perfurou-se o lado direito do folíolo com leve

pressão entre a folha e uma esponja abrasiva, para possibilitar a entrada do inóculo através do ferimento (ANDRUS, 1948; POMPEU; CROWDER, 1972, 1973). Em seguida, os vasos foram mantidos em câmara úmida adaptada, constituída de uma cobertura de filme PVC fechada, na qual foram dispostos os vasos, por um período de 48 horas após a inoculação. Nessa câmara, manteve-se alta umidade com pulverização manual de água com borrifador. A temperatura na casa de vegetação variou entre 25 °C e 28 °C. Após 48 horas, foi retirada a cobertura plástica e as plantas foram mantidas no local até a avaliação dos sintomas.

3.5 Avaliação da severidade de crestamento bacteriano comum

Aos 14, 21 e 28 dias após a inoculação (DAI), as plantas foram avaliadas quanto à severidade de CBC utilizando-se a escala diagramática desenvolvida por Zapata (2006), com notas de 1 a 10, na qual foi utilizada por Zapata, Beaver e Porch (2011) (FIGURA 4). Para a classificação dos acessos, adotou-se que acessos com notas de severidade menor ou igual a 3 foram considerados resistentes e os com notas superiores a 3, suscetíveis.

Figura 4 – Escala diagramática para avaliação de sintomas de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, em folhas de feijoeiro em casa de vegetação.



Legenda: Nota 1 – indica alta resistência; Nota 2 = presença de margens cloróticas de 1-2 mm ao redor do local inoculado; Nota 3 = lesões variando de 3-5 mm; Nota 4 = lesões coalescentes e flácidas; Nota 5 = todo o lado inoculado torna-se flácido ou necrótico; Nota 6 = lado direito inoculado completamente necrosado e progressão da doença para o lado oposto, ocupando $\frac{3}{4}$ deste; Nota 7 = os sintomas progride, ocupando $\frac{2}{3}$ do lado sadio; Nota 8 = mais de $\frac{2}{3}$ do lado não-inoculado é ocupado; Nota 9 = ambos os lados são ocupados pelos sintomas da doença e o folíolo se torna totalmente necrosado e Nota 10 = indica alta suscetibilidade. Fonte: Adaptado de Zapata, Beaver e Porch (2011).

3.5.1 Cálculo de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD)

Com os dados das notas da severidade obtidas em cada época de avaliação foi estimada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de acordo com a expressão adaptada por Shaner e Finney (1977) a partir da seguinte equação:

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\frac{(x_i + x_{i+1})}{2} \right] (t_{i+1} - t_i)$$

em que, x_i e x_{i+1} são as notas de severidade na avaliação i e $i+1$, respectivamente e t_i e t_{i+1} são os tempos de avaliação em número de dias após a inoculação.

3.6 Análises estatística

Os dados das notas de severidade do CBC e da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0.05$) (SCOTT; KNOTT, 1974), utilizando o software R, versão 4.0.1 (R CORE TEAM, 2013).

4. RESULTADOS

Pela análise de variância (Tabela 2), observou-se efeito significativo de genótipos ($P < 0,01$) tanto para severidade da doença quanto para a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). As estimativas do coeficiente de variação (CV) para severidade variaram de 23 a 30,5%.

Tabela 2 – Resumo das análises de variância da severidade de crestamento bacteriano comum (CBC) aos 14, 21 e 28 DAI e da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), referentes à avaliação de linhagens de feijoeiro, inoculadas com *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, em casa de vegetação.

FV	GL	QM			
		Severidade			AACPD
		14 DAI	21 DAI	28 DAI	
Blocos	1	0,4	0,24	4,792	14,523
Genótipos	114	0,4**	0,37**	1,1**	13,713**
Erro	114	0,12	0,18	0,71	6,794
Média (LI - LS¹)		1,34 (1,0 - 2,95)	1,83 (1,0 - 3,55)	2,76 (1,0 - 4,85)	14,4 (14,0 - 49,7)
CV (%)		22,98	22,98	30,53	18,1

Legenda: ¹ LI: Limite inferior; LS: Limite superior; ** Significativo a 1% pelo teste F.

Fonte: Do Autor (2020).

O teste de Scott-Knott separou as médias das linhagens em dois grupos. As linhagens do grupo B apresentaram médias de AACPD variando de 14 a 25,4, e as do grupo A de 26,3 a 49,7 (TABELA 3). As testemunhas BRS Campeiro e Pérola apresentaram médias de 19,3 e 34,3, respectivamente.

Tabela 3 – Médias de severidade de crestamento bacteriano comum aos 14, 21 e 28 DAI e da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de linhagens de feijoeiro inoculadas com *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, em casa de vegetação.

Linhagens (tipo de grão)	AACPD ¹	Severidade		
		14 DAI ¹	21 DAI ¹	28 DAI ¹
BRSMG Tesouro (Rosinha)	37,8 a	2,05 a R ²	1,95 a R	4,85 a S ³
IPR Uirapuru (Preto)	39,2 a	1,95 a R	2,55 a R	4,15 a S
ESAL 517 (Rosinha)	49,7 a	2,95 a R	3,55 a S	4,15 a S
MAVI-39 (Carioca)	35,0 a	1,50 a R	2,25 a R	4,00 a S
VP 30 (Preto)	35,9 a	1,75 a R	2,25 a R	4,00 a S
VP 31 (Preto)	35,9 a	1,75 a R	2,25 a R	4,00 a S

Tabela 3 – (continua)

Pérola* (Carioca)	34,3 a	2,05 a R	1,95 a R	3,85 a S
MAIII-9.91 (Carioca)	27,1 a	1,00 b R	1,50 b R	3,75 a S
CXI 18 (Carioca)	29,8 a	1,25 b R	1,75 b R	3,75 a S
BRS Cometa (Carioca)	36,8 a	1,75 a R	2,50 a R	3,75 a S
CNFP 15677 (Preto)	28,9 a	1,00 b R	1,75 b R	3,75 a S
IPR Colibri (Carioca)	37,6 a	2,00 a R	2,50 a R	3,75 a S
Ouro Negro (Preto)	34,0 a	1,95 a R	2,05 a R	3,65 a S
MAIX 12 (Carioca)	34,1 a	1,25 b R	2,50 a R	3,50 a S
MAVI-60 (Carioca)	27,1 a	1,25 b R	1,50 b R	3,50 a S
CNFC 11-07 (Carioca)	28,0 a	1,00 b R	1,75 b R	3,50 a S
MAIX 10 (Carioca)	35,9 a	1,75 a R	2,50 a R	3,50 a S
CNFPMG 11-18 (Preto)	35,0 a	1,50 a R	2,50 a R	3,50 a S
CNFPMG -11-21 (Preto)	28,0 a	1,00 b R	1,75 b R	3,50 a S
CXIII 1.23 (Carioca)	29,8 a	1,50 a R	1,75 b R	3,50 a S
CXIII 85.62 (Carioca)	35,9 a	1,75 a R	2,50 a R	3,50 a S
RPXI-38 (Carioca)	30,6 a	1,25 b R	2,00 a R	3,50 a S
MAX-7 (Carioca)	35,9 a	1,75 a R	2,50 a R	3,50 a S
VP-33 (Preto)	30,6 a	1,25 b R	2,00 a R	3,50 a S
VP-34 (Preto)	27,1 a	1,25 b R	1,50 b R	3,50 a S
MAIII-17.159 (Carioca)	32,4 a	1,50 a R	2,25 a R	3,25 a S
BRS Ametista (Carioca)	30,6 a	1,50 a R	2,00 a R	3,25 a S
CXII-23 (Carioca)	25,4 b	1,00 b R	1,50 b R	3,25 a S
MAIII-17.185 (Carioca)	29,8 a	1,25 b R	2,00 a R	3,25 a S
CNFPMG 11-08 (Preto)	32,4 a	1,50 a R	2,25 a R	3,25 a S
VC 20 (Carioca)	30,6 a	1,50 a R	2,00 a R	3,25 a S
EMB9 (Carioca)	29,8 a	1,25 b R	2,00 a R	3,25 a S
MAX-5 (Carioca)	32,4 a	2,00 a R	2,00 a R	3,25 a S
MAXII-7 (Carioca)	28,0 a	1,25 b R	1,75 b R	3,25 a S
BRSMG Uai (Carioca)	29,8 a	1,25 b R	2,00 a R	3,25 a S
E09/10-28 (Carioca)	28,7 a	0,95 b R	2,05 a R	3,15 a S
MAIV-18.259 (Carioca)	32,2 a	1,95 a R	2,05 a R	3,15 a S
MAX-1 (Carioca)	32,2 a	1,95 a R	2,05 a R	3,15 a S
Roxo90 (Roxo)	21,9 b	0,95 b R	1,05 b R	3,15 a S
ESAL 535 (Rosinha)	30,5 a	1,45 a R	2,05 a R	3,15 a S
VC 37 (Carioca)	29,8 a	1,50 a R	2,00 a R	3,00 a R
MAVIII-78 (Carioca)	27,1 a	1,25 b R	1,75 b R	3,00 a R
MAIV-8.102 (Carioca)	30,6 a	1,25 b R	2,25 a R	3,00 a R
BRSMG Madrepérola (Carioca)	24,5 b	1,00 b R	1,50 b R	3,00 a R
RPCVIII 13 (Carioca)	28,9 a	1,75 a R	1,75 b R	3,00 a R
CNFRX 15 275 (Roxo)	33,3 a	1,50 a R	2,5 a R	3,00 a R
BRS Notável (Carioca)	28,0 a	1,00 b R	2,00 a R	3,00 a R
BRS Sublime (Carioca)	29,8 a	1,50 a R	2,00 a R	3,00 a R
CXIII 4.484 (Carioca)	32,4 a	1,75 a R	2,25 a R	3,00 a R

Tabela 3 – (continua)

CXIII 1.7A (Carioca)	29,8 a	1,50 a R	2,00 a R	3,00 a R
MAX-9 (Carioca)	35,0 a	2,00 a R	2,50 a R	3,00 a R
MAX-4 (Carioca)	30,6 a	1,25 b R	2,25 a R	3,00 a R
VR-20 (Vermelho)	32,4 a	1,25 b R	2,50 a R	3,00 a R
CNFP 11979 (Preto)	29,8 a	1,50 a R	2,00 a R	3,00 a R
ESAL 652 (Rosinha)	24,5 b	1,00 b R	1,50 b R	3,00 a R
ESAL 503 (Roxo)	27,3 a	1,05 b R	1,95 a R	2,85 a R
ESAL 561 (Roxo)	27,3 a	1,05 b R	1,95 a R	2,85 a R
CNFCMG 11-08 (Carioca)	27,1 a	1,00 b R	2,00 a R	2,75 a R
MAI-8.9 (Carioca)	28,0 a	1,25 b R	2,00 a R	2,75 a R
MBCI 32/14 (Carioca)	28,9 a	1,50 a R	2,00 a R	2,75 a R
MAXII-20 (Carioca)	29,8 a	1,25 b R	2,25 a R	2,75 a R
MAXII-5 (Carioca)	28,9 a	1,50 a R	2,00 a R	2,75 a R
VC 38 (Carioca)	24,5 b	1,25 b R	1,50 b R	2,75 a R
ESAL 664 (Rosinha)	28,0 a	1,25 b R	2,00 a R	2,75 a R
Corinthiano (Preto e branco)	29,8 a	2,00 a R	2,00 a R	2,50 b R
MAVII-127 (Carioca)	21,0 b	1,00 b R	1,25 b R	2,50 b R
CNFCMG-11-06 (Carioca)	25,4 b	1,25 b R	1,75 b R	2,50 b R
MAIX 14 (Carioca)	28,9 a	1,75 a R	2,00 a R	2,50 b R
VC 25 (Carioca)	28,0 a	1,50 a R	2,00 a R	2,50 b R
CXII 19 (Carioca)	24,5 b	1,50 a R	1,50 b R	2,50 b R
VR 17 (Vermelho)	24,5 b	1,00 b R	1,75 b R	2,50 b R
CNFJ 15288 (Vermelho)	28,9 a	1,75 a R	2,00 a R	2,50 b R
CNFPMG -1106 (Preto)	25,4 b	1,25 b R	1,75 b R	2,50 b R
BRS Esplendor (Preto)	21,0 b	1,00 b R	1,25 b R	2,50 b R
VC 18 (Carioca)	26,3 a	1,50 a R	1,75 b R	2,50 b R
RPXI -1 (Carioca)	27,1 a	1,25 b R	2,00 a R	2,50 b R
RPXI -6 (Carioca)	25,4 b	1,25 b R	1,75 b R	2,50 b R
MAXII- 22 (Carioca)	27,1 a	1,25 b R	2,00 a R	2,50 b R
MAX-2 (Carioca)	27,1 a	1,25 b R	2,00 a R	2,50 b R
MAX-8 (Carioca)	27,1 a	1,25 b R	2,00 a R	2,50 b R
VC 35 (Carioca)	22,8 b	1,00 b R	1,50 b R	2,50 b R
BRS Pitanga (Roxo)	21,0 b	1,00 b R	1,25 b R	2,50 b R
BRS Bem-Te-Vi (Carioca)	26,3 a	1,00 b R	2,00 a R	2,50 b R
CXIII 1.1 (Carioca)	26,3 a	1,75 a R	1,75 b R	2,25 b R
CNFP 15680 (Preto)	23,6 b	1,00 b R	1,75 b R	2,25 b R
Radiante (Rajado)	21,7 b	0,95 b R	1,55 b R	2,15 b R
MAVIII-89 (Carioca)	24,5 b	1,50 a R	1,75 b R	2,00 b R
Carioca (Carioca)	22,8 b	1,00 b R	1,75 b R	2,00 b R
MAIV-15.524 (Carioca)	23,6 b	1,25 b R	1,75 b R	2,00 b R
VC 27 (Carioca)	21,0 b	1,00 b R	1,50 b R	2,00 b R
BRS Valente (Preto)	17,5 b	1,00 b R	1,00 b R	2,00 b R
CNFP11978 (Preto)	24,5 b	1,50 a R	1,75 b R	2,00 b R

Tabela 3 – (conclusão)

VC 17 (Carioca)	21,7 b	1,25 b R	1,50 b R	2,00 b R
RPXI-14 (Carioca)	21,9 b	1,25 b R	1,50 b R	2,00 b R
MAII-23 (Carioca)	24,5 b	1,00 b R	2,00 a R	2,00 b R
MAX-11 (Carioca)	17,5 b	1,00 b R	1,00 b R	2,00 b R
CNFP 15194 (Preto)	22,8 b	1,00 b R	1,75 b R	2,00 b R
BRS Horizonte (Carioca)	23,6 b	1,25 b R	1,75 b R	2,00 b R
BRS União (Carioca)	22,8 b	1,00 b R	1,75 b R	2,00 b R
ESAL 502 (Roxo)	22,8 b	1,50 a R	1,50 b R	2,00 b R
CXII-8 (Carioca)	16,8 b	1,05 b R	0,95 b R	1,85 b R
BRS Esteio (Preto)	20,3 b	1,05 b R	1,45 b R	1,85 b R
VC 21 (Vermelho)	23,8 b	1,05 b R	1,95 a R	1,85 b R
VC 19 (Carioca)	20,3 b	1,05 b R	1,45 b R	1,85 b R
CXIII1.7B (Carioca)	16,8 b	1,05 b R	0,95 b R	1,85 b R
RPCVIII 7 (Carioca)	21,0 b	1,25 b R	1,50 b R	1,75 b R
BRS Timbó (Roxo)	18,4 b	1,00 b R	1,25 b R	1,75 b R
CXII-1 (Carioca)	18,4 b	1,25 b R	1,25 b R	1,50 b R
MB 89 (Carioca)	18,4 b	1,25 b R	1,25 b R	1,50 b R
BRS Campeiro** (Preto)	19,3 b	1,00 b R	1,50 b R	1,50 b R
RPXI-7 (Carioca)	15,8 b	1,00 b R	1,00 b R	1,50 b R
CNFP 10794 (Preto)	17,5 b	1,00 b R	1,25 b R	1,50 b R
CV-6 (Carioca)	17,5 b	1,25 b R	1,25 b R	1,25 b R
CXII-13 (Carioca)	14,7 b	0,95 b R	1,05 b R	1,15 b R
VC 36 (Carioca)	14,0 b	1,00 b R	1,00 b R	1,00 b R

Legenda: ¹ Médias seguidas de mesma letra pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$); ² linhagens resistentes; ³ linhagens suscetíveis; * Testemunha suscetível; ** Testemunha resistente.

Fonte: Do autor (2020)

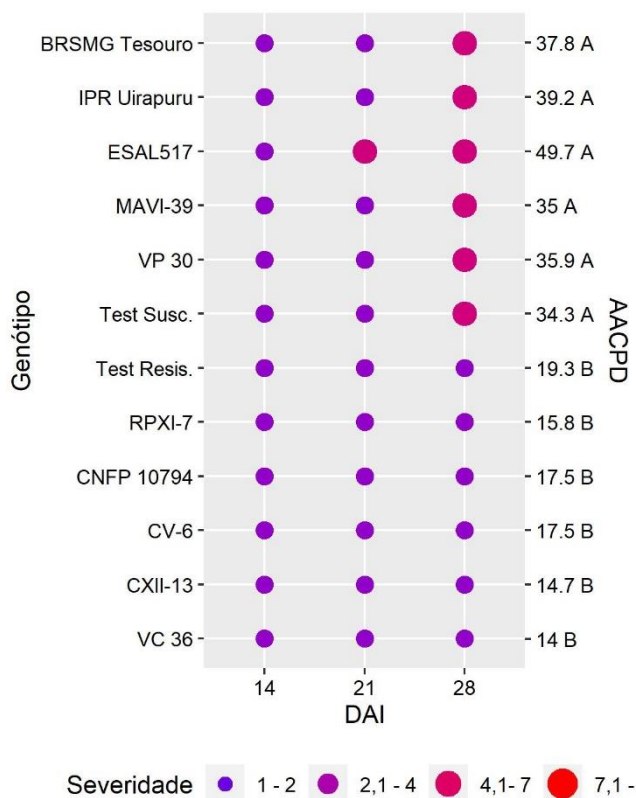
Nas análises de variância das notas de severidade de CBC das três avaliações, foram detectadas diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os genótipos testados. Portanto, as linhagens apresentaram reações diferentes ao patógeno, ao longo das avaliações. A estimativa do coeficiente de variação (CV) para esta característica foi de 22,9%, aos 14 e 21 DAI, e de 30,53%, aos 28 DAI. Considerando as três avaliações e independente do tratamento utilizado, as notas médias da severidade variaram de 1 a 4,85 e as estimativas das notas médias, considerando os dias após a inoculação (DAI), variaram de 1,34 a 2,76 (TABELAS 2 e 3).

Seguindo o critério de avaliação adotado, as linhagens com notas de severidade menor ou igual a 3 foram consideradas resistentes e as linhagens com notas superiores a 3 suscetíveis. As linhagens VC 36 e CXII-13 constituíram o grupo com as menores notas de severidade. Na primeira avaliação (14 DAI), as notas variaram de 1 a 2,95, sendo que apenas as linhagens ESAL 517, BRSMG Tesouro, e Pérola foram as que apresentaram maiores notas de severidade.

Aos 21 DAI, as notas variaram de 1 a 3,55 e a linhagem ESAL 517 apresentou a maior média (média = 3,55), sendo classificada como suscetível. As linhagens BRS Valente, MAX-11, RPXI-7 e VC 36 não apresentaram nenhum sintoma de CBC, mantendo-se com nota 1. Na última avaliação (28 DAI), as notas variaram de 1 a 4,58 e a linhagem VC 36 foi a única que não apresentou nenhum sintoma nas três avaliações, mantendo-se com a menor nota média de severidade (TABELA 3). De um total de 115 linhagens avaliadas, 65,2% (75 linhagens) foram considerados potenciais fontes de resistência, conforme a última avaliação aos 28 DAI. Das 75 linhagens, 51 são do grupo carioca (68%), 11 do grupo preto (14,7%) e 17,3% possuem grãos do tipo roxo, vermelho, rosinha e rajado.

A Figura 6 apresenta a severidade de crestamento bacteriano comum e a área abaixo da curva do progresso da doença de dez linhagens, conforme a nota média dada nas três avaliações. As linhagens VC 36, CXII-13, CV-6, CNFP 10794, RPXI-7 obtiveram as menores notas de severidade da doença e apresentaram médias inferiores à testemunha suscetível (Pérola) aos 14, 21 e 28 DAI.

Figura 6 – Representação gráfica das notas de severidade da doença aos 14, 21 e 28 DAI das cinco linhagens com maiores e menores notas e da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD).

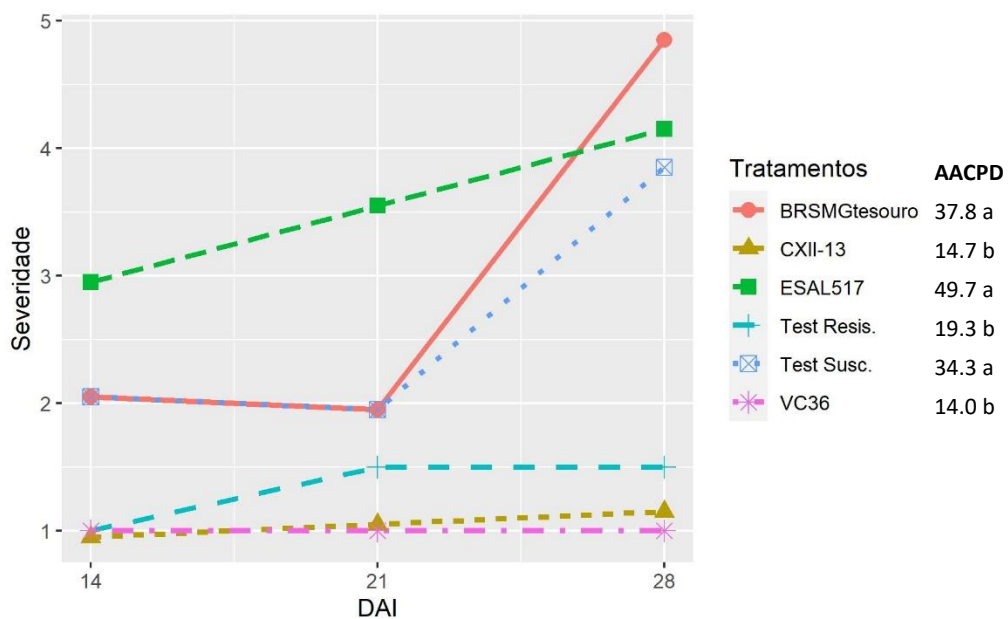


Fonte: Do Autor (2020)

As linhagens resistentes apresentadas na Figura 6 obtiveram notas variando de 1 a 1,55 (TABELA 3), mantendo alta resistência durante as três avaliações. A linhagem VC 36 não apresentou nenhum sintoma de CBC em nenhuma avaliação, permanecendo com nota de severidade 1. A resistência da linhagem VC 36 foi 67% superior à testemunha BRS Campeiro. A linhagem ESAL 517 foi uma das linhagens que apresentou maiores notas aos 14 e 21 DAI, sendo classificada como suscetível aos 21 DAI (FIGURA 6).

Na figura 7, é possível observar a severidade da doença, em que o isolado proporcionou menor e maior progresso da doença em quatro linhagens e nas duas testemunhas, nos 14, 21 e 28 dias de inoculação de Xap. Essas linhagens não diferiram estatisticamente das suas respectivas testemunhas.

Figura 7 – Progresso de severidade do crestamento bacteriano comum, dos 14 aos 28 dias após a inoculação (DAI), de seis linhagens de feijoeiro, incluindo as testemunhas resistente (BRS Campeiro) e suscetível (Pérola).



Fonte: Do Autor (2020)

5. DISCUSSÃO

No presente trabalho, uma coleção de acessos de feijoeiro comum de 115 linhagens foi avaliada quanto à resistência a Xap. Essa informação é importante para os melhoristas na escolha de genitores para fins de cruzamentos visando à obtenção de cultivares resistentes a este patógeno, bem como, no estudo de herança da resistência ao CBC.

Na análise dos dados da severidade da doença por meio de escalas de notas é necessário verificar se os pressupostos da análise de variância são atendidos. Neste trabalho, esses pressupostos foram atendidos. A precisão experimental avaliada pela estimativa do coeficiente de variação (CV) foi de magnitude superior à encontrada na literatura (ZAPATA et al.; 2011). As estimativas do CV variaram de 15,3 a 39,3%, para a severidade do CBC.

Na avaliação da AACPD, verifica-se que 10,4% das linhagens apresentaram médias inferiores à testemunha resistente (BRS Campeiro) e 87,8% à testemunha suscetível (Pérola). Destacam-se as linhagens VC 36, CXII-13, RPXI-7, CXIII 1.7B, CXII-8, CV-6, CNFP 10794, MAX-11, BRS Valente, MB 89, CXII-1 e BRS Timbó que apresentaram médias inferiores a cultivar BRS Campeiro. As estimativas obtidas no presente trabalho são de magnitude semelhante aos dados obtidos em outros trabalhos (AZEVEDO et al., 2015; RIBEIRO et al., 2017; SILVA et al., 2009; ZAPATA; BEAVER; PORCH, 2011). Considerando o agrupamento das médias pelo teste Scott-Knott, 38,3% das linhagens foram classificadas no mesmo grupo da cultivar resistente. Portanto, 44 linhagens avaliadas poderiam ser consideradas resistentes. Destas linhagens 28 são grupo Carioca e 8 do grupo preto.

Para o uso na rotina dos programas de melhoramento para a seleção de genótipos resistentes é importante que a metodologia de avaliação da doença seja rápida e de fácil execução. A AACPD é uma característica importante e eficiente, mas torna-se inviável quando se tem um grande número de genótipos a ser avaliado. Desta forma, é importante identificarmos a melhor época de avaliação da severidade da doença para facilitar o trabalho do melhorista. Neste trabalho, foram utilizadas três épocas de avaliação para se obter a AACPD.

Zapata (2006) sugere que as avaliações da severidade por meio da escala proposta sejam realizadas aos 14, 21 e 28 dias após a inoculação (DAI). Diferença significativa entre as linhagens avaliadas foi observada para a severidade do CBC (TABELA 2). Nas avaliações realizadas aos 14 e aos 21 dias, ambas as testemunhas seriam consideradas resistentes (notas <3). No entanto, essas linhagens foram classificadas em diferentes grupos pelo teste Scott-Knott (TABELA 3). A amplitude de variação das notas foi de baixa magnitude nestas duas épocas de avaliação. Estes resultados evidenciam que o desenvolvimento da doença foi mais pronunciado

aos 28 dias, o que pode ser confirmado pela maior amplitude de variação das notas nesta época de avaliação. Os sintomas típicos do CBC foram visíveis aos 14 dias, no entanto o desenvolvimento da doença ficou evidente na avaliação aos 28 dias (FIGURAS 6 e 7). Resultado semelhante foi observado por Zapata, Beaver e Porch (2011). Seguindo o critério de avaliação (resistentes ≤ 3), todas as linhagens seriam consideradas resistentes aos 14 dias e 99,1% das linhagens aos 21 dias. No entanto, na avaliação aos 28 dias, 75 linhagens seriam classificadas como resistentes, ou seja, 65,2% das linhagens.

A porcentagem de coincidência entre as linhagens resistentes na avaliação da AACPD e as notas de severidade aos 28 dias foi de 90%, ou seja, das 44 linhagens classificadas como resistentes pela AACPD (grupo B), 40 também foram pela avaliação da severidade do CBC aos 28 dias. Estes resultados evidenciam que a avaliação aos 28 dias permitirá ao melhorista discriminar linhagens resistentes e suscetíveis ao CBC nas avaliações com inoculação artificial do patógeno e em casa de vegetação.

A reação de linhagens ao CBC tem sido realizada em algumas oportunidades (AZEVEDO et al., 2015; RIBEIRO et al., 2017; SILVA et al., 2009; ZAPATA; BEAVER; PORCH, 2011). No trabalho em que foi utilizada a escala de notas proposta por Zapata et al. 2006, a nota mais elevada foi 6,1 (ZAPATA; BEAVER; PORCH, 2011).

Os genótipos BRS Campeiro e Pérola, utilizadas como testemunhas, foram classificados previamente como resistente e suscetível, respectivamente, por Silva et al. (2009). Tais autores obtiveram esses resultados nas duas avaliações realizadas, utilizando as técnicas de inoculação agulhas múltiplas e incisão foliar com tesoura, ambas em casa de vegetação. A cultivar Pérola foi classificada como suscetível em trabalhos recentes (BARCELOS et al., 2020; LIMA et al., 2020). No entanto, as cultivares BRS Campeiro e Pérola, foram consideradas resistentes, (PAULA JÚNIOR; WENDLAND, 2012). Monteiro et al. (2020), obtiveram resultado contrastante em relação a cultivar BRS Campeiro. A discrepância nos resultados apresentados na literatura pode ser devida aos diferentes isolados utilizados do patógeno e à metodologia utilizada.

A identificação de linhagens resistentes ao CBC oriundas do programa de seleção recorrente para resistência à mancha angular identificadas com a sigla MA é importante, pois nos últimos anos tem se observado alta incidência do CBC nas progênies dos ciclos avançados deste programa, no campo. Portanto, as linhagens MA resistentes de ciclos anteriores (TABELAS 1 e 3) podem ser recombinadas visando incorporar alelos de resistência ao CBC, neste programa.

As cultivares BRS Radiante, Uirapuru, BRSMG Talismã e BRS Valente foram classificadas como resistentes ao CBC (SILVA et al. 2009), estando de acordo com a classificação obtida no presente trabalho. Monteiro et al. (2020) confirmaram a resistência da cultivar BRS Radiante ao avaliá-la, juntamente com mais 8 cultivares, utilizando o método de inoculação por pulverização com atomizador Jet Master (Schulz SA, Joinville, SC, Brasil), em casa de vegetação. Os autores classificaram a cultivar Ouro Negro como suscetível. No presente trabalho, a cultivar Ouro Negro foi também classificada como suscetível (nota média = 3.65).

De acordo com Rezende et al. (2011), a cultivar BRS Valente foi classificada como suscetível, obtendo nota média de severidade de 5,51, seguindo a escala de severidade com notas de 1 a 9 de Rava, Sartorato e Romeiro (1990). É importante enfatizar que a avaliação foi realizada aos 30 DAI. Portanto, o período de avaliação foi maior que às avaliações realizadas por Silva et al. (2009), aos 20 DAI e superior às realizadas no presente trabalho. Como já mencionado, a época de avaliação influencia na progressão da doença. Devido a isso, é importante realizar estudos para a escolha da melhor época para a avaliação dos sintomas do CBC após a inoculação, tanto em casa de vegetação como no campo. Além disso, os resultados podem variar entre as metodologias de inoculação. Silva et al. (2009) ao avaliar a cultivar BRS Valente, observou resistência moderada, quando inoculado pelo método de incisão com tesoura e moderadamente suscetível, quando inoculado com agulhas múltiplas. Esse comportamento tem sido observado em outras avaliações visando a resistência de cultivares ou linhagens ao CBC (MARINGONI et al., 1993; RAVA; SARTORATO, 1994; TORRES; MARINGONI, 1999), sendo que essa diferença pode ser explicada pela utilização de diferentes isolados de Xap, nestes trabalhos (SILVA et al., 2009; TUGUME et al, 2019). No presente trabalho, BRS Valente foi classificado como resistente (nota média = 1,6).

Os resultados do presente trabalho apresentam a relação das linhagens resistentes e suscetíveis, conforme o tipo de grão. Verifica-se a presença de linhagens resistentes de ambos os tipos de grãos. Essa informação pode ser importante, já que existem programas destinados à tipos específicos de grãos. A Embrapa Arroz e Feijão avaliou a campo a reação de 507 linhagens ao CBC. Das cultivares de grãos especiais e brancos, apenas 6 genótipos (WAF 157, CAL 96, BRS Embaixador, WAF 179, WAF 141 e WAF 160) apresentam alguma resistência a doença. Ao avaliar as linhagens e cultivares de grãos pretos e carioca, foi observado que as linhagens BRS Esplendor e CNFC 11962 apresentaram as menores notas de severidade avaliada em ensaios realizados nas regiões nordeste, central e sul do Brasil (PAULA JÚNIOR; WENDLAND, 2012).

As linhagens avaliadas no presente trabalho têm sido avaliadas para a resistência à diferentes isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* e *Pseudocercospora griseola* (PÁDUA, 2015, PEREIRA et al., 2019; BARCELOS, dados não publicados). A linhagem ESAL 652 apresentou-se resistente ao CBC, à mancha angular e aos isolados das raças 65, 81 e 89 de *C. lindemuthianum*. Outras linhagens também se apresentaram resistentes à pelo menos duas das três doenças mencionadas (Anexo A).

6. CONCLUSÃO

Há linhagens de feijoeiro resistentes ao CBC nos acessos do banco de germoplasma da UFLA independentemente do tipo de grão. As linhagens com maior nível de resistência foram VC36, CXII-13, CV-6, CNFP 10794, RPXI-7, BRS Campeiro, MB 89, CXII-1, BRS Timbó, RPCVIII 7, CXIII1.7B, VC 19, VC 21, BRS Esteiro e CXII-8. A avaliação aos 28 dias após a inoculação de Xap se mostrou promissora para a seleção de linhagens resistentes ao CBC.

REFERÊNCIAS

- ABD-ALLA, M. H.; BASHANDY, S. R.; SCHNELL S. Occurrence of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, the causal agent of common bacterial blight disease, on seeds of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Upper Egypt. **Folia Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 47-52, 2010.
- ABREU, M. J.; SOUZA, E. A.; FERREIRA, A. N. Reaction of common bean lines to *Sclerotinia sclerotiorum* strains in greenhouse and field conditions. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 57, p. 239-240, 2014.
- AKHAVAN, A. et al. Bean common bacterial blight: pathogen epiphytic life and effect of irrigation practices. **Springer Plus**, v. 2, n. 41, 2013.
- ALMEIDA, O. M. et al. Growth and yield of the common bean in response to combined application of nitrogen and paclobutrazol. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 1, p. 127-132, 2016.
- ANDRUS, C. F. A method of testing beans for resistance to bacterial blights. **Phytopathology**, v. 38, p. 757-759, 1948.
- ASSEFA, T. et al. A review of breeding objectives, genomic resources, and marker-assisted methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Molecular Breeding**, v. 39, n. 2, 2019.
- AZEVEDO, C. V. G. et al. Adaptabilidade, estabilidade e resistência a patógenos em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 912-922, 2015.
- AZEVEDO, L. A. S. **Manual de quantificação de doenças de plantas**. p. 114, 1998.
- BARCELOS, F. H. R. et al. Agronomic performance of common bean genotypes cultivated in the Cerrado-Pantanal ecotone. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 2020.
- BASTAS, K. K.; SAHIN, F. Evaluation of seedborne bacterial pathogens on common bean cultivars grown in central Anatolia region, Turkey. **European Journal of Plant Pathology**, v. 147, n. 2, p. 239-253, 2016.
- BELACHEW, K.; GEBREMARIAM, M.; ALEMU, K. Integrated management of common bacterial blight (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) of common bean (*Phaseolus vulgaris*) in Kaffa, Southwest Ethiopia. **Malaysian Journal Medical and Biological Research**, v. 2, p. 147-152, 2015.
- BELETE, T.; BASTAS, K. K. Common bacterial blight (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) of beans with special focus on Ethiopian condition. **Journal of Plant Pathology & Microbiology**, v. 8, n. 403, 2017.
- BIANCHINI, A; MARINGONI A. C.; CARNEIRO, S. M. P. G. Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia**. 2nd ed, Editora Ceres, São Paulo, p. 333-349, 2005.
- BROUGHTON, W. et al. Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. **Plant and Soil**, The Hague, v. 252, n. 1, p. 55-128, 2003.

BURUCHARA, R. **Bean disease and pest identification and management**. Kampala, UG: International Center for Tropical Agriculture (CIAT); Pan-Africa Bean Research Alliance (PABRA), 2010.

CHEN, N. W. G., et al. Horizontal gene transfer plays a major role in the pathological convergence of *Xanthomonas* lineages on common bean. **BMC Genomics**, v. 19, n. 1, 2018.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acomp. safra bras. grãos, v.6, safra 2018/19 -terceiro levantamento, Brasília, p. 1-127, 2018. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 09. 10. 2020.

_____. Acomp. safra bras. grãos, v. 6 - Safra 2018/19 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-113, 2019. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 09. 10. 2020.

_____. Acomp. safra bras. grãos, v. 7 - Safra 2019/20 - n. 6 - Sexto levantamento, Brasília, p. 1-31, 2020. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 09. 10. 2020.

_____. Série Histórica das Safras. 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>>. Acesso em: 09. 10. 2020.

COSTA, J. G. C. et al. Reação de genótipos de feijoeiro comum ao crestamento bacteriano comum e à murcha de curtobacterium. **Revista Ceres** v. 55, n. 5, p. 93-395, 2008.

DENARDIN, N. D.; AGOSTINI, V. A. Detection and quantification of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and its variant *fuscans* in common bean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 4, p. 428-434, 2013.

DIAZ, C. G. Efeito do CBC na área foliar e nas variáveis de área foliar sadia (HAD e HAA) e nos componentes da produção. In DIAZ, C. G. **Avaliação de danos causados por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Tese (doutorado). Escola Superior de Agricultura de Queiroz. Piracicaba, 2000.

DIAZ, C. G. et al. Quantificação do efeito do crestamento bacteriano comum na eficiência fotossintética e na produção do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira** v. 26, p. 71-76, 2001.

DIAZ, C.G.; BASSANEZI, R.B.; FILHO, A.B. Desenvolvimento e validação de uma escala diagramática para *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em feijoeiro. **Summa Phytopatologica**, v. 2, n. 1 p. 35-39, 2001.

DUNCAN, R. W.; SINGH, S. P.; GILBERTSON, R. L. Interaction of common bacterial blight bacteria with disease resistance quantitative trait loci in common bean. **Phytopathology**, v. 101, n. 4, p. 425-435, 2011.

DURSUN, A.; DÖNMEZ, M. F.; SAHIN, F. Identification of resistance to common bacterial blight disease on bean genotypes grown in Turkey. **European Journal of Plant Pathology**, v. 108, p. 811-813, 2002.

FERREIRA, C. F. et al. Resistance to common bacterial blight in *Phaseolus vulgaris* L. recombinant inbred lines under natural infection of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. **Euphytica**, v. 134, p. 43-46, 2004.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Phaseolus beans: Post-harvest Operations**, 1999. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/av015e.pdf>>. Acesso em: 20.04.2019.

- FOURIE, D. Distribution and severity of bacterial diseases on dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in South Africa. **Journal of Phytopathology**, 150 (4-5), p. 220-226, 2002.
- FOURIE, D.; HERSELMAN, L. Pathogenic and genetic variation in *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and its fuscans variant in Southern Africa. **African Crop Science Journal**, v. 19, n. 4, p. 393-407, 2011.
- GENT, D.H.; LANG J.M.; SCHWARTZ, H.F. Epiphytic survival of *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* and *X. axonopodis* pv. *phaseoli* on leguminous hosts and onion. **Plant Dis.** v. 89, p. 558-564, 2005.
- HALL, R. Compendium of bean diseases. **APS Press**, St. Paul, Minnesota, 1994.
- HARVESON, R. M.. Common bacterial blight of dry beans in Nebraska. 2009. Disponível em: <<http://ianrpubs.unl.edu/epublic/live/g1956/build/g1956.pdf>>. Acesso em: 05.06.2019.
- HASAN, M. M.; SALEEM, Z. M.; AHMED, S. *Phaseolus vulgaris* L.: botany, medicinal uses, phytochemistry and pharmacology. **World Journal of Pharmaceutical Research**, v. 5, n. 11, p. 1611-1616, 2016.
- IBRAHIM, A. K. et al. Principles and approaches of association mapping in plant breeding. **Tropical Plant Biology**, 2020.
- JACQUES, M. A. et al. *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* var. *fuscans* is aggregated in stable biofilm population sizes in the phyllosphere of field-grown beans. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 71, n. 4, p. 2008-2015, 2005.
- KADO, E. I.; HESKETT, M. G. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*. **Phytopathology**, Worcester, v.60, p. 969-976, 1970.
- KREMER, F. S. et al. Genome sequence of *Xanthomonas fuscans* subsp. *fuscans* strain Xff49: a new isolate obtained from common beans in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, 2019.
- LELLIOT, R.A.; STEAD, D. E. **Methods for the Diagnosis of Bacterial Diseases of Plants**. Blackwell Scientific Publication, Oxford, 1987.
- LEMA-MARQUEZ, M; TERAN, H; SINGH S. P. Selecting common bean with genes of different evolutionary origins for resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*. **Crop Science** v. 47, p. 1367-1374, 2007.
- LIBRELON, S. S. et al. Increasing the efficiency of recurrent selection for angular leaf spot resistance in common bean. **Crop Science**, v. 60, p. 751-758, 2020.
- LIMA, A. R. S. et al. Desempenho agrônômico de linhagens e cultivares de feijão comum na região do ecótono Cerrado/Pantanal. **Research, Society and Development**, v. 9, n.7, p. 1-19, 2020.
- MAMBRIN, R. B. et al. Seleção de linhagens de feijão com base no padrão e na qualidade de sementes. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 147-156, 2015.

- MARINGONI, A.C. et al. Reação foliar e da vagem de feijoeiro a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* e transmissão da bactéria pelas sementes. **Fitopatologia Brasileira**, v.18, p. 412-415, 1993.
- MCELROY, J. B. Breeding for dry beans, *P. vulgaris* L., for common bacterial blight resistance derived from *Phaseolus acutifolius* A. Gray. Ph. D. diss. Cornell Univ., Ithaca, NY, 1985.
- MIRANDA, O. R. et al. Answer to common bacterial blight (*Xanthomonas axonopodis* p.v *phaseoli*) in the commercial cultivars of common bean of Cuba, under field conditions. Affection of the yields for effect of the inoculation. **Cultivos Tropicais**, v. 36, n. 2, p. 92-99, 2015.
- MKANDAWIRE, B. C. et al. Genetic diversity and pathogenic variation of common blight bacteria (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* and *X. campestris* pv. *phaseoli* var. *fuscans*) suggests pathogen coevolution with the common bean. *Phytopathology*. 94(6): p. 593-603, 2004.
- MONTEIRO, A. L. R. et al. Sources, spectrum, genetics and inheritance of *Phaseolus vulgaris* resistance against *Xanthomonas citri* pv. *fuscans*. **Phytopathology**, v. 110, n. 8, p. 1428-1436, 2020.
- MUNDT, C. C.; COWGER, C.; GARRETT, K. A. Relevance of integrated disease management to resistance durability. **Euphytica**, v. 124, p. 245 – 252, 2002.
- OPIO, A. F.; TERI, J. M.; ALLEN, D. J. Studies on seed transmission of *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* in common beans in Uganda. **African Crop Science Journal**, v.1 n. 1, p. 597, 1993.
- PÁDUA, P. F. **Identificação de fontes de resistência à mancha angular no germoplasma do programa de melhoramento do feijoeiro da UFLA**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- PÁDUA, P. F. et al. Identification of common bean resistant sources to angular leaf spot disease in a brazilian germoplasm collection. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 59, p. 115-116, 2016.
- PAULA JÚNIOR, T. J.; WENDLAND, A. **Melhoramento genético do feijoeiro-comum e prevenção de doenças**. Viçosa, MG: Epamig, p. 157, 2012.
- PEREIRA, R. et al. Phenotyping for angular leaf spot severity and its implication in common bean breeding for resistance. **Scientia Agricola**, v. 76, n. 5, p. 415-423, 2019.
- POMPEU, A.S.; CROWDER, L.V. Inheritance of resistance of *Phaseolus vulgaris* L. (dry bean) to *Xanthomonas phaseoli* Dows. **Ciência e Cultura**, v. 24, p.1055-1063, 1972
- _____. Métodos de inoculação e concentrações bacterianas de *Xanthomonas phaseoli*, para a herança da reação a doença em *Phaseolus vulgaris* sob condições de câmara de crescimento. **Ciência e Cultura**, v. 25, p. 1078-1081, 1973.
- POSSE, S. C. P. et al. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central-brasileira: 2009-2011**. Vitória: INCAPER, 245 p., 2010. (INCAPER, Documentos 191).

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2013. <http://www.R-project.org/>

RAVA, C. A. et al. Fontes de resistência à antracnose, cretamento bacteriano comum e murcha-de-curtobacterium em coletas de feijoeiro-comum. **Revista Ceres**, v. 50, n. 292, p. 797-802, 2003.

RAVA, C. A.; SARTORATO, A. Cretamento bacteriano comum. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA – CNPAF, p. 300, 1994.

RAVA, C. A.; SARTORATO, A.; ROMEIRO R. S. Avaliação de cultivares de feijoeiro quanto à resistência a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* em condições de campo e de casa-de-vegetação. **Summa Phytopathologica**, v. 16, n. 2, p. 83-91, 1990.

REYNOSO-CAMACHO, R; RAMOS-GOMEZ, M; LOARCA-PINA, G. Bioactive componentes in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Advances in Agricultural and Food Biotechnology**, p. 217-236, 2006.

REZENDE, L. C. V. et al. **Efeito do cretamento bacteriano comum na reação de resistência e produção de genótipos de feijoeiro-comum**. Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas. Panorama atual e perspectivas do melhoramento de plantas no Brasil. Búzios: SBMP, 2011.

REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos. 4. ed. Ouro Fino: **Agronômica Ceres**, p. 19-36, 2011.

RIBEIRO, T. et al. Reaction of common bean lines to *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 40-46, 2017.

RICHETTI, A.; ITO, A.M. **Viabilidade Econômica da cultura do feijão-comum, safra da seca de 2016, em Mato Grosso do Sul**. Comunicado Técnico 208, Dourados, 2015.

Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139275/1/COT2015208-CPAO.pdf>>.

Acesso em: 15.01. 2019.

RYAN, R. P. et al. Pathogenomics of *Xanthomonas*: understanding bacterium–plant interactions. **Nature Reviews Microbiology**, v. 9, n. 5, p. 344-355, 2011.

SAHIN, F.; MILLER, S.A. Characterization of Ohio strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, causal agent of bacterial spot of pepper. **Plant Disease**, v. 80, p. 773-778, 1996.

SCHAAD, N. W. et al. Emended classification of xanthomonad pathogens on citrus. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 29, n. 8, p. 690-695, 2006.

SCHMUTZ, J.; et al. A reference genome for common bean and genome-wide analysis of dual domestications. **Nature Genetics**, v. 46, p. 707-713, 2014.

SCHWARTZ, H.F.; PEAIRS, F.B. Integrated pest management. p. 371–388. In S.P. Singh (ed.) Common bean improvement in the twenty-first century. Kluwer Acad. Press, Dordrecht, the Netherlands, 1999.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.

- SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, p. 1051-1056, 1977.
- SILVA, A. et al. Reação de genótipos de feijão ao crestamento bacteriano comum, avaliado por dois métodos de inoculação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, edição especial, p. 2019-2024, 2009.
- SINGH, S. P.; SCHWARTZ, H. F. Breeding common bean for resistance to diseases: a review. **Crop Science**, Madison, v. 50, n. 6, p. 2199-2223, 2010.
- SOSTIZZO, T. et al. Bakterieller Bohnenbrand *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. **Pflanzen Agroscopie Merkblatt**, n. 64, 2018.
- THEODORO, G. F. Reação de cultivares locais de feijão a *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, em condições de campo. **R. bras. Agrocência**, v. 10, n. 3, p. 373-375, 2004.
- TOCK, A. J. et al. Genome-Wide Linkage and Association Mapping of Halo Blight Resistance in Common Bean to Race 6 of the Globally Important Bacterial Pathogen. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1-17, 2017.
- TORRES, J. P.; SILVA JÚNIOR, T. A. F.; MARINGONI, A. C. Detecção de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em sementes de feijoeiro provenientes do Estado do Paraná, Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 2, p. 136-139, 2009.
- TORRES, J.P.; MARINGONI, A.C. Métodos de inoculação, estádios de desenvolvimento fenológico da planta e reação de cultivares de feijoeiro a *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 124-129, 1999.
- TUGUME, J. K. et al. Diversity and interaction of common bacterial blight disease-causing bacteria (*Xanthomonas* spp.) with *Phaseolus vulgaris* L. **The Crop Journal**, v. 7, n. 1, p. 1-7, 2019.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. National Nutrient Database for Standard Reference Release 27: Basic Report 16032, Beans, Kidney, red, mature seeds, raw. Disponível em: <<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/nutrients/index>>. Acesso em: 04.02. 2019.
- VAN SCHOONHOVEN, A.; PASTOR-CORRALES, M. A. **Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol**. Cali, Colombia: CIAT, 1987. 56 p.
- VAUTERIN, S. L.; HOSTE, B.; KERSTERS, K.; SWINGS, J. Reclassification of *Xanthomonas*. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 45, p. 472-489, 1995.
- VLASOVA, A. et al. Genome and transcriptome analysis of the Mesoamerican common bean and the role of gene duplications in establishing tissue and temporal specialization of genes. **Genome Biology**, v. 17, p. 1, 2016.
- WENDLAND A. et al. Molecular characterization and differential interaction of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and *Xanthomonas fuscans* subsp. *fuscans* with common beans (*Phaseolus vulgaris*). **Genetics and Molecular Research**, v. 17, n. 1, 2018.
- ZAMANI, Z. et al. Genetic diversity of the common bacterial blight pathogen of bean, *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, in Iran revealed by rep-PCR and PCR-RFLP analyses. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**. v. 27, p. 2371-2378, 2011.

ZAPATA, M. Proposed of a uniform screening procedure for the evaluation of variability of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and resistance on leaves of *Phaseolus vulgaris* under greenhouse conditions. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 49, p. 213-214, 2006.

ZAPATA, M.; BEAVER, J. S.; PORCH, T. G. Dominant gene for common bean resistance to common bacterial blight caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. **Euphytica**, v. 179, p. 373-382, 2011.

ANEXOS

Tabela 1A – Linhagens resistentes ao crestamento bacteriano comum (CBC) e à mancha angular em diferentes estádios e ambientes e notas de severidade.

Linhagens	CBC	MANCHA ANGULAR		
		V ₂	V ₃	CAMPO
MAVIII-78	3 R	2.1R	4 S	4 S
MAIV-8.102	3 R	3.3S	2.7 R	2.3 R
MAX-9	3 R	2.3 R	4 S	5.7 S
CNFCMG 11-08	2.75 R	3 R	4.2 S	3.3 S
CNFPMG -1106	2.5 R	2.6 R	4.8 S	5.7 S
BRS Esplendor	2.5 R	2.5 R	4.9 S	6 S
MAX-2	2.5 R	2.6 R	3.8 S	4.7 S
MAX-8	2.5 R	2.2 R	3.6 S	4 S
Radiante	2.15 R	3.4 S	1.6 R	5.3 S
MAVIII-89	2 R	2.0 R	4.3 S	3 R
MAIV-15.524	2 R	2.5 R	2.3 R	4 S
BRS Valente	2 R	2.8 R	4.5 S	5.7 S
BRS Esteio	1.85 R	2.4 R	4.3 S	6 S

Fonte: Adaptado de Pereira et al. (2019)

Tabela 2A – Linhagens resistentes ao crestamento bacteriano comum (CBC) e à mancha angular, avaliadas em casa de vegetação e notas de severidade.

Linhagens	CBC	MANCHA ANGULAR
ESAL 652	3 R	2.6 R
ESAL 503	2.85 R	2 R
ESAL 664	2.75 R	2.9 R
BRS Valente	2 R	2.5 R
ESAL 502	2 R	2.8 R

Fonte: Adaptado de Pádua (2015)

Tabela 3A – Linhagem resistente ao crestamento bacteriano comum (CBC), à mancha angular e notas de severidade; e reação dos isolados 65, 73, 81 e 89 de *Colletotrichum lindemuthianum* (antracnose).

Linhagens	CBC	MANCHA ANGULAR			ANTRACNOSE			
		V ₂	V ₃	CAMPO	R65	R73	R81	R89
ESAL 652	3 R	2.6 R	S	S	R	S	R	R

Fonte: Barcelos (dados não publicados)