

# Associação entre resistência de *Phaseolus lunatus* a *Colletotrichum truncatum* e caracteres morfoagronômicos

Marilha Vieira de Brito<sup>1</sup>, Ângela Celis de Almeida Lopes<sup>1</sup>, Regina Lucia Ferreira Gomes<sup>1</sup>, Maruzanete Pereira de Melo<sup>2</sup>, Verônica Brito da Silva<sup>1</sup>, Carlos Humberto Aires Matos Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Rua Dirce Oliveira, nº 3397, Ininga, 64049-550, Teresina, Piauí, Brasil. <sup>2</sup>Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Planejamento e Política Agrícola, Rua Dirce Oliveira, nº 3397, Ininga, 64049-550, Teresina, PI, Brasil

Autor para correspondência: Marilha Vieira de Brito (marilhabio@hotmail.com)

Data da submissão: 04/07/2018 Aceito para publicação em: 30/06/2022

10.1590/0100-5405/206544

## RESUMO

Brito, M.V.; Lopes, A.C.A.; Gomes, R.L.F.; Melo, M.P.; Silva, V.B.; Matos Filho, C.H.A. Associação entre resistência de *Phaseolus lunatus* a *Colletotrichum truncatum* e caracteres morfoagronômicos. *Summa Phytopathologica*, v.48, n.2, p.69-77, 2022.

Feijão-fava é uma das principais espécies domesticadas do gênero *Phaseolus*, sendo a segunda mais cultivada. A antracnose causada por *Colletotrichum truncatum* afeta o feijão-fava em vários estágios de desenvolvimento, constituindo em uma doença importante para a cultura, entretanto, existem poucos estudos que confirmem genótipos com fonte de resistência. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi selecionar acessos de feijão fava resistente a *C. truncatum* e comprovar se existem marcadores morfoagronômicos associados com fonte de resistência, a partir da análise de trilha. Foram avaliados 22 acessos de *Phaseolus lunatus* quanto reação de resistência a *C. truncatum*, em experimento distinto foram caracterizados morfológica e agronomicamente. A avaliação da resistência foi realizada por

uma análise visual, bem como por mensuração de lesões utilizando o programa *Asses 2.0*. Já caracterização morfoagronômica dos acessos foi realizada a partir de quatorze descritores quantitativos. Os dados adquiridos em tais estudos foram analisados em conjunto por análise de trilha, a fim de encontrar descritores relacionados quanto resistência a antracnose. Os genótipos UFPI 842 e UFPI 832 confirmaram como fontes de alta resistência ao fungo *C. truncatum*, e apresentaram maiores médias para largura da vagem. Portanto, o efeito direto positivo da largura da vagem sobre o grau de infecção, indica que é possível obter ganhos simultâneos via seleção combinada desses caracteres. Isto será útil ao programa de melhoramento de feijão-fava, para desenvolver cultivares resistentes a *C. truncatum* com excelentes características agrônomicas.

**Palavras-chave:** caracterização, *Colletotrichum*, feijão-fava, fitopatógeno

## ABSTRACT

Brito, M.V.; Lopes, A.C.A.; Gomes, R.L.F.; Melo, M.P.; Silva, V.B.; Matos Filho, C.H.A. Association between resistance of *Phaseolus lunatus* to *Colletotrichum truncatum* and morpho-agronomic characters. *Summa Phytopathologica*, v.48, n.2, p.69-77, 2022.

Fava bean is one of the major domesticated and the second most cultivated species of the genus *Phaseolus*. Anthracnose caused by *Colletotrichum truncatum* affects fava bean in several stages of its development, constituting an important disease for the crop; however, only few studies confirm genotypes as source of resistance. Thus, the present study aimed to select fava bean accessions resistant to *C. truncatum* and to verify whether there are morpho-agronomic traits associated with resistance source through track analysis. Twenty-two accessions of *Phaseolus lunatus* were evaluated for their resistance to *C. truncatum* and were morphologically and agronomically characterized in a distinct experiment. Resistance was evaluated by visual analysis, as well as by lesion measurement with

*Asses 2.0* program. The morpho-agronomic characterization of the accessions was performed based on fourteen quantitative descriptors. The obtained data were jointly analyzed by track analysis in order to identify related descriptors regarding resistance to anthracnose. The genotypes UFPI 842 and UFPI 832 were confirmed as sources of high resistance to the fungus *C. truncatum* and presented greater averages of bean pod width. Therefore, the positive direct effect of pod width on the infection level indicates that simultaneous benefits can be obtained through a combined selection of these traits. The present results will be useful to the fava bean breeding program for allowing the development of resistant *C. truncatum* cultivars with excellent agronomic characteristics.

**Keywords:** characterization, *Colletotrichum*, fava bean, phytopathogen.

*Phaseolus lunatus* Linnaeus conhecido como fava, feijão-de-lima, feijão-manteiga, é uma importante fonte de proteína na alimentação humana e constitui uma das cinco espécies domesticadas do gênero *Phaseolus*, sendo a segunda deste gênero com maior distribuição e consumo no mundo (1, 9, 11, 20). Ela apresenta distribuição em áreas tropicais e subtropicais sendo cultivada em vários países da América, Europa, Ásia e África (17). No Nordeste do Brasil, feijão-fava é uma

das alternativas de renda e alimento para a população, que o consome sob a forma de grãos verdes ou maduros, sendo que essa leguminosa é produzida por pequenos produtores que utilizam genótipos de crescimento indeterminado (20).

Existem diversos problemas fitossanitários associado a cultura do feijão-fava. Dentre estes, merece destacar os fungos fitopatogênicos: *Colletotrichum truncatum* (Schw.) Andrus & Moore, *Sclerotium*

*rolfssi* Saac e *Macrophomina phaseolina* Tassi (Goid.) (1, 24, 26, 29). Antracnose, tem como agente etiológico *C. truncatum*, este fungo afeta a cultura em vários estágios de desenvolvimento, sendo a principal doença do feijão fava (5, 25). A doença é caracterizada por pequenas manchas necróticas em folhas e vagens (5), sua severidade é alta quando ocorre em folhas e vagens jovens e em estágios avançado da doença observa-se massas de esporos de coloração alaranjada sobre os tecidos colonizados (29).

A identificação e uso de genótipos resistentes é uma das estratégias mais eficientes de controle de doenças de plantas, por apresentar baixo custo, facilidade de uso, além de ser ecologicamente desejável, diminuindo, ou até mesmo evitando, o uso indiscriminado de defensivos agrícolas. A resistência genética é herdável, sendo que o nível de resistência de plantas aos patógenos pode variar, apresentando alta fonte de resistência, imunidade, resistência moderada ou susceptibilidade (18).

No Nordeste do Brasil, pesquisas que envolvem a seleção de acessos de feijão-fava foram realizadas com técnica de inoculação a partir de folhas destacadas, sendo estas selecionadas apenas em um estágio fenológico (3, 4, 6, 23). Se constituindo assim em uma limitação quando se pretende selecionar acessos resistentes, pois no patossistema *Phaseolus vulgaris* L. e *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. & Magn., foi observado maior severidade nos estágios iniciais de desenvolvimento, demonstrando que o estágio fenológico da planta interfere no desenvolvimento da severidade (16). Uma opção para este tipo de análise seria a utilização de imagens digitalizadas por programas computacionais, que permitem a análise de uma maior amostra por acesso, esse tipo de ferramenta tem sido usada na análise de severidade de doenças fitopatológicas (21).

O uso de métodos de avaliação de seleção indireta em plantas é também de grande interesse, pois acelera o processo de seleção, descartando os genótipos menos promissores e concentrando os recursos nos materiais potencialmente superiores (15). Para isso, o conhecimento da relação entre caracteres é de grande importância (8). Contudo, as estimativas de correlações são medidas de associação linear e não permitem abstrair conclusões sobre a relação de causa e efeito entre caracteres (22). Em razão disso, procede-se à análise de trilha, que consiste no estudo dos efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica (29).

Apesar do feijão-fava ser uma leguminosa de grande importância para os pequenos produtores, especificamente no Nordeste do Brasil, poucos são os trabalhos que mencionam a relação de fitopatógenos com a resistência. Sendo assim, baseado na importância socioeconômica do feijão-fava, e devido a antracnose ser uma importante doença para a cultura, esta pesquisa buscou: (i) selecionar acessos de feijão fava resistente a *C. truncatum*, (ii) comprovar se existem marcadores morfoagronômicos associados com fonte de resistência, a partir da análise de trilha.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no período de fevereiro a julho de 2016, no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina – Piauí, localizada a 05°02'45"S e 42°46'57"W. Foram selecionados 22 acessos provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de feijão-fava da UFPI para serem avaliados quanto possível fonte de resistência (Tabela 1).

**Tabela 1.** Relação de acessos de feijão-fava utilizados na caracterização morfoagronômica e avaliação fitopatológica Teresina-PI, 2016.

Acesso	Nome popular	Local de coleta	Hábito de crescimento	Cor da semente
UFPI 220	BGH883/92	Ipameri/GO	Indeterminado	Marrom
UFPI 832	Fava rosinha	Montadas/PB	Indeterminado	Vermelha
UFPI 842	Canção moita	Solânea/PB	Indeterminado	Marrom/creme
UFPI 836	Fava branca	Montadas/PB	Indeterminado	Branca
UFPI 852	Fava branca	Palmas/TO	Indeterminado	Branca
UFPI 854	Rajada	São Paulo/SP	Indeterminado	Vermelho/branco
UFPI 856	Branquinha	Salitre/CE	Indeterminado	Branca
UFPI 857	Fava preta	Campos Sales/CE	Indeterminado	Rajada
UFPI 858	Fava branca	Parambu/CE	Indeterminado	Branca
UFPI 859	Fava branca	Tauá/CE	Indeterminado	Branca
UFPI 860	Fava manteiga	Pedra Branca/CE	Indeterminado	Bege
UFPI 861	Fava branca	Pedra Branca/CE	Indeterminado	Branca
UFPI 862	Fava mulatinha	Crateús/CE	Indeterminado	Rajada
UFPI 863	Fava branca	Crateús/CE	Indeterminado	Branca
UFPI 864	Fava branca	São Benedito/CE	Indeterminado	Branca
UFPI 865	Fava feijão	São Benedito/CE	Indeterminado	Rajada
UFPI 866	Fava branca	Tauá/CE	Indeterminado	Branca
UFPI 867	Fava rajada	São Benedito/CE	Indeterminado	Rajada
UFPI 869	Fava branca	Ibiapina/CE	Indeterminado	Branca
UFPI 871	Fava branca	Ubajara/CE	Indeterminado	Branca
UFPI 872	Fava branca	Ubajara/CE	Indeterminado	Branca
UFPI 879	Fava creme	Pacoti/CE	Indeterminado	Creme

### Avaliações Fitopatológicas

No teste de inoculação, os acessos foram cultivados em casa de vegetação no período fevereiro-abril, realizando semeadura de quatro sementes em cada vaso de três litros. Quinze dias após a emergência realizou-se o desbaste deixando duas plantas. O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso com 22 tratamentos e cinco repetições. Sendo quatro plantas inoculadas com suspensão de esporos e uma planta testemunha, inoculadas com água destilada autoclavada. Após trinta dias de semeadura, a parte aérea dos acessos foi inoculada, através de um borrifador, em seguida realizou-se câmara úmida para cada repetição. Ambas as avaliações fitopatológicas foram realizadas aos 10 dias após a inoculação (DAI). A seleção das folhas foi feita ao acaso.

Para as inoculações utilizou-se o isolado CT4 de *C. truncatum*, obtido junto ao Setor de Fitossanidade do Departamento de Fitotecnia/CCA/UFPI. O inóculo foi preparado através de raspagem ao fungo cultivado em meio de cultura FDA (feijão, dextrose, ágar) a  $28 \pm 1$  °C e fotoperíodo de 12 horas, durante 15 dias, removendo-se os conídios com uma alça de platina em formato de “o”. Em seguida, a suspensão foi filtrada em dupla camada de gaze e a concentração ajustada em  $10^6$  esporos/mL.

Na avaliação foi utilizada uma escala de notas visual variando de 0 a 5 no qual a nota 0 indica ausência de sintomas, nota 1, traços de 10% da área foliar infectada, nota 2 de 11 a 25% da área foliar infectada; nota 3 de 26 a 50% da área foliar infectada da área foliar infectada, sem queda de folíolo; nota 4 = de 51 a 75% da área foliar infectada, sem ou com queda de um dos folíolos; nota 5 = de 76 a 100% da área foliar infectada, sem ou com queda de dois ou três folíolos (4). Nesta etapa houve a participação de três avaliadores para a atribuição de nota à manifestação de sintomas nos folíolos.

Após a avaliação da severidade, obteve-se uma média geral das notas atribuídas pelos avaliadores para cada acesso. Com base nessas médias, os acessos foram agrupados segundo critérios estabelecidos por Belmino (2), em cinco classes: Imune (IM) - 0; altamente resistente (AR) - 0,1 a 1,4; moderadamente resistente (MR) - 1,5 a 2,4; moderadamente suscetível (MS) - 2,5 a 3,0; e altamente suscetível (AS) - acima de 3,0. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Cada repetição foi constituída por uma folha trifoliolada. Os dados da severidade foram submetidos à análise de variância, usando o programa Genes. As médias transformadas em  $\sqrt{x+1}$  foram agrupadas pelo método proposto por Scott-knott (1974) ( $P < 0,05\%$ ) e a comparação entre acessos e testemunhas foram realizadas pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05\%$ ).

Com relação à avaliação das lesões, utilizando o programa *Asses 2.0*, foram selecionadas duas folhas trifolioladas com presença de lesões. Os folíolos foram posteriormente destacados e escaneados individualmente. A área lesionada presente nas imagens dos folíolos foi quantificada pelo programa *Asses 2.0*. Após a quantificação das lesões, obteve média geral das porcentagens atribuídas a cada acesso. Em seguida, foi realizada análise de variância (ANAVA), onde as porcentagens da severidade foram transformadas por  $\sqrt{x+1}$  para obter normalidade dos erros e homogeneidade da variância dos tratamentos, sendo posteriormente agrupadas pelo teste proposto por Scott e Knott (1974) ( $P < 0,05\%$ ). As análises foram realizadas por meio do programa Genes (7).

### Caracterização Morfoagronômica

Inicialmente, realizou-se caracterização morfoagronômica em telado no período de janeiro a setembro de 2016. Três sementes foram semeadas em vasos de polietileno (25 L). Foi utilizado o delineamento

inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo a parcela constituída por um vaso, com duas plantas. A caracterização dos acessos foi realizada com base em quatorze descritores quantitativos como número dias para o início da floração, duração da floração, número de dias para maturação da vagem, comprimento do cacho, espessura da semente, comprimento da semente, largura da semente, relação comprimento/largura, peso de 100 sementes, comprimento da vagem, largura da vagem, peso da vagem, número de locos por vagem e número de sementes por vagem e área foliar infectada (13).

Considerando os valores médios obtidos para caracteres quantitativos foi realizada uma ANAVA e a partir desta uma análise de trilha para os desdobramentos em efeitos diretos e indiretos desenvolvido por Wright (29). A multicolinearidade encontrada foi diagnosticada e corrigida por meio do programa Genes na opção: análise de trilha sob colinearidade. As análises foram realizadas por meio do programa Genes (7).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização fitopatológica

Com exceção do acesso UFPI 832, os primeiros sintomas da doença começaram a aparecer no intervalo de 72 a 96 horas, com a formação de manchas, principalmente nas nervuras centrais. Três a quatro dias após a inoculação observou-se na maioria dos acessos queda e amarelecimentos de folhas. Estes sintomas típicos foram observados ao inocular espécies de *C. truncatum*, *Colletotrichum fruticola* Prihast e *Colletotrichum cliviae* s. lat. em plantas de feijão-fava (5, 25). De acordo com a literatura o curto tempo de aparecimento dos sintomas está relacionado ao comportamento hemibiotrófico do gênero *Colletotrichum*, resistência do hospedeiro e virulência do isolado (19).

Assim como na avaliação visual, a análise feita a partir do programa *Asses 2.0* constatou-se que as reações dos acessos variaram de altamente resistente (AR) a altamente suscetível (AS) e que em ambas as análises houve a formação de dois grupos (A e B) (Tabelas 2 e 3). Na avaliação visual, o grupo A, foi constituído por 19 acessos, com severidade variando de 5,00 a 3,25, sendo classificados como AS; por outro lado o grupo B foi formado por três acessos com severidade variando 2,25 a 0,50, classificados com MR (dois acessos) e AR (um acesso) (Tabela 2). Com relação a avaliação realizada pelo programa *Asses 2.0* grupo A, foi constituído por 20 acessos, com severidade variando de 6,71 a 2,78, sendo classificados como AS (19 acessos), MS (um acesso). Enquanto o grupo B, apresentou dois acessos: um acesso MR com severidade 1,98 e um acesso AR com severidade 1,21 de severidade (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados na literatura (4, 6).

Comparando-se a severidade dos acessos inoculados com suas respectivas testemunhas em ambas as avaliações (Tabelas 2 e 3), que tem a função de servir como parâmetro da avaliação, observou-se que aos dez DAI, apenas os acessos UFPI 220, UFPI 832 e UFPI 842 foram iguais a testemunha, se constituindo assim em importantes fontes de resistência (3). Observou-se também a presença de manchas foliares nas testemunhas, variando de 0,00 a 1,00 (avaliação visual) e de 0,00 a 1,88 (avaliação *Asses 2.0*). Resultados similares foram encontrados nas avaliações da reação de feijão-fava a *C. truncatum* com folha destacada, realizado por Cavalcante et al. (6) e Carmo et al. (3). Segundo os autores, tais sintomas são devidos a presença de inóculo no local do experimento

Em feijão-fava encontrou-se registros com relação à resistência a antracnose provocada por *C. truncatum*, Cavalcante et al. (6) de uma coleção de trinta acessos detectou oito acessos que possuem fonte de

**Tabela 2.** Médias de severidade e reação dos acessos de feijão-fava a *C. truncatum*, a partir dos dados obtidos pela análise visual e comparação entre as médias dos acessos e respectivas testemunhas, aos dez dias após a inoculação (DAI). Teresina-PI, 2016.

Acessos	Fevereiro –Abril			
	SEV	R2	Média dos acessos	Média das testemunhas
UFPI 852	5,00 A	AS	5,00 A	1,00 B
UFPI 867	5,00 A	AS	5,00 A	0,00 B
UFPI 860	4,50 A	AS	4,50 A	0,50 B
UFPI 857	4,50 A	AS	4,50 A	0,00 B
UFPI 859	5,00 A	AS	5,00 A	0,25 B
UFPI 834	4,25 A	AS	4,25 A	0,00 B
UFPI 869	4,25 A	AS	4,25 A	0,00 B
UFPI 861	4,25 A	AS	4,25 A	0,50 B
UFPI 836	4,00 A	AS	4,00 A	0,00 B
UFPI 866	4,00 A	AS	4,00 A	0,00 B
UFPI 858	3,50 A	AS	3,50 A	0,00 B
UFPI 879	4,00 A	AS	4,00 A	0,00 B
UFPI 854	4,00 A	AS	4,00 A	0,00 B
UFPI 872	3,75 A	AS	3,75 A	0,25 B
UFPI 865	3,25 A	AS	3,25 A	0,00 B
UFPI 862	3,75 A	AS	3,75 A	0,00 B
UFPI 856	3,50 A	AS	3,50 A	0,00 B
UFPI 832	0,50 B	AR	0,50 A	0,00 A
UFPI 842	1,75 B	MR	1,75 A	0,00 A
UFPI 871	5,00 A	AS	5,00 A	0,50 B
UFPI 220	2,25 B	MR	2,25 A	0,25 A
UFPI 864	5,00 A	AS	5,00 A	0,00 B
CV (%)	25,3			

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo método de agrupamento de *Scott-Knott* ( $P < 0,05\%$ ). Dados originais. <sup>2</sup>IM – Imune; AR – Altamente resistente; MR – Moderadamente resistente; MS – Moderadamente suscetível; AS – Altamente suscetível.

resistência; Carmo et al. (3) em estudos realizados com 12 acessos avaliados a partir de folha destacada e em campo chegou a três fontes de resistência. Mais tarde, de uma coleção de 57 acessos de *P. lunatus* foram caracterizados quando a resistência de *C. truncatum* e detectaram quatro acessos com fonte de resistência (23). Em tais estudos foi constatada uma alteração de comportamento dos acessos na avaliação de 5 DAI para 7 DAI, atribuída ao comportamento hemibiotrófico do fungo. Uma vez a avaliação do presente trabalho tendo sido realizada somente aos 10 dias após a inoculação (DAI), podendo assegurar que houve tempo suficiente para a colonização do fungo, no qual pôde-se observar uma manifestação de sintomas com maior acurácia, facilitando na seleção de material com fonte de resistência.

Além disso, um outro fator que pode assegurar a presente avaliação, foi a forma de inoculação realizado em toda a superfície da planta, recomendada para indivíduos de porte indeterminado, como os do estudo em questão, já que de acordo com Medeiros et al. (16) a colonização de um determinado patógeno é interferida em materiais com diferentes estágios fenológicos. Carvalho (4) em trabalhos de avaliação de reações de acessos a antracnose com folha destacada, observou que a idade das folhas selecionadas para inoculação pode ter contribuído para divergência de comportamento de genótipos de feijão-fava quando avaliadas em folhas destacada. Em geral em razão do material vegetal jovem possuir menor taxa de lignificação, geralmente maior suscetibilidade à infecção pelo patógeno, comprado com tecido

lignificado (12).

Não se encontrou na literatura pesquisas científicas que avaliaram a resistência de acessos de feijão-fava a *C. truncatum* a partir do programa *Asses 2.0*. Fazendo desse trabalho pioneiro, com relação a tal análise. Embora tendo eficiência em selecionar acessos com fonte de resistência, é necessário salientar que o mecanismo de avaliação não é totalmente eficaz tendo em vista que não permite a avaliação de alguns sintomas como: queda de folíolos ou infecção em pecíolos, que estão presentes na infecção, segundo trabalhos da literatura (3, 4, 6, 23). Por outro lado, embora tais deficiências, o programa apresenta maior severidade na determinação de áreas infectadas, como pôde ser constatado no presente estudo. Isso pode estar associado a subjetividade da avaliação realizada por avaliadores, diferentemente do que ocorreu com a análise realizada pelo programa, cujo a nota é atribuída a partir da porcentagem de área necrosada.

Em ambas as análises a maioria dos acessos se comportaram como altamente suscetíveis. Os acessos UFPI 842 e UFPI 832 foram considerados com fontes de resistência pela avaliação visual e pelo programa *Asses 2.0*. Se constituindo possíveis alternativas na utilização de cruzamentos que visem resistência de feijão-fava a *C. truncatum*.

#### Caracterização morfoagronômica

Na análise de variância para o experimento de caracterização morfoagronômica, verificou-se diferenças significativas, entre os

**Tabela 3.** Médias de severidade e reação dos acessos de feijão-fava a *C. truncatum*, a partir dos dados obtidos através do programa *Assees 2.0* e comparação entre as médias dos acessos e das respectivas testemunhas, aos dez dias após a inoculação (DAI). Teresina-PI, 2016

Acessos	Fevereiro –Abril			
	Média dos acessos	Reação	Média dos acessos	Média das Testemunha
UFPI 852	6,71 A	AS	6,71 A	1,88 B
UFPI 867	5,55 A	AS	5,55 A	0,01 B
UFPI 860	6,23 A	AS	6,23 A	0,00 B
UFPI 857	5,45 A	AS	5,45 A	0,78 B
UFPI 859	5,52 A	AS	5,52 A	0,00 B
UFPI 834	5,25 A	AS	5,25 A	0,20 B
UFPI 869	5,02 A	AS	5,02 A	0,00 B
UFPI 861	5,73 A	AS	5,73 A	0,55 B
UFPI 836	5,94 A	AS	5,94 A	0,00 B
UFPI 866	4,38 A	AS	4,38 A	0,00 B
UFPI 858	3,85 A	AS	3,85 A	0,00 B
UFPI 879	5,91 A	AS	5,91 A	0,00 B
UFPI 854	5,39 A	AS	5,39 A	0,00 B
UFPI 872	4,01 A	AS	4,01 A	1,77 B
UFPI 865	4,11 A	AS	4,11 A	0,00 B
UFPI 862	4,25 A	AS	4,25 A	0,00 B
UFPI 856	4,13 A	AS	4,13 A	0,03 B
UFPI 832	1,21 B	AR	1,12 A	0,23 A
UFPI 842	1,98 B	MR	1,98 A	0,00 A
UFPI 871	6,08 A	AS	6,08 A	0,58 B
UFPI 220	2,78 A	MS	2,78 A	0,24 A
UFPI 864	5,68 A	AS	5,68 A	1,36 B
CV (%)	21,76			

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett (P<0,05).

diferentes acessos de feijão-fava (p<0,01) (Tabela 4), para todos os caracteres estudados, o que permite afirmar a existência de variabilidade genética entre os acessos estudados. Com relação aos coeficientes de variação (CVs) obtidos, o maior valor foi o relacionado ao grau de infecção de antracnose (15, 25), indicando que ele sofre maior interferência ambiental, mesmo assim este valor encontrado é menor do que o encontrado na literatura para esse tipo de estudo (3, 6).

Com relação aos demais caracteres morfoagronômicos, houve uma variação de 1,01 (peso de cem sementes) a 11,07 (número de locos por vagem) (Tabela 4), sendo considerado baixo para todas as características tomando base coeficientes de variação encontrados na literatura (10, 14, 27, 28). Esses baixos valores indicam boa precisão experimental, indicando que as características avaliadas foram pouco afetadas pelo ambiente, conferindo confiabilidade nos resultados.

Na análise de trilha, foi verificada uma multicolinearidade avançada, como todos os caracteres possuem importância no estudo, nenhum foram eliminados, logo a análise de trilha foi realizada sob multicolinearidade (Tabela 5). Os valores de inflação das variâncias (FIVs) não foram superiores a dez, dessa forma pode-se afirmar que os coeficientes foram pouco influenciados pela multicolinearidade. Além disso, o valor da constante k, escolhido para a estabilização das estimativas, foi pequeno (0,07). Os coeficientes de determinação de todas as análises de trilha apresentaram valores elevados (acima de

0,8), indicando que grande parte da variação do caráter principal foi determinada pelos caracteres explicativos.

No presente estudo, o principal determinante de GI foi LV (Tabela 5), apresentando um efeito direto acima do residual. Com relação aos demais caracteres todos apresentaram os efeitos diretos e indiretos inferiores ao valor da variável residual. Logo pelo coeficiente determinação estas variáveis explicam 81% da variação de grau de infecção. A variável largura da semente foi a mais influente, com estimativa de efeito direto (47,71%) maior do que o efeito residual (42,84%) (Tabela 5). Deste modo para determinação de acessos com menor grau de infecção (acessos resistentes), pode ser feita considerando acessos de menor largura. Não se encontrou na literatura trabalhos que utilizaram análise de trilha para relacionar grau de infecção de antracnose no feijão-fava, enfatizando assim a importância deste estudo para seleção de acessos resistentes na cultura.

Os genótipos UFPI 842 e UFPI 832 confirmaram como fontes de alta resistência ao fungo *C. truncatum*, e apresentaram maiores médias para largura da vagem. Portanto, o efeito direto positivo da largura da vagem sobre o grau de infecção, indica que é possível obter ganhos simultâneos via seleção combinada desses caracteres. Isto será útil ao programa de melhoramento de feijão-fava, para desenvolver cultivares resistentes a *C. truncatum* com excelentes características agronômicas.

**Tabela 4.** Análises da variância para os caracteres: comprimento do cacho (CC), dias para floração (DIF), duração da floração (DF), dias para maturação da vagem (DMV), espessura da semente (ES), comprimento da semente (CS), largura da semente (LS), relação comprimento e largura da semente (RCL), peso de cem sementes (P100), comprimento da vagem (CV), largura da vagem (LV), peso da vagem (PV), número de locos por vagem (NLV), número de sementes (NSV) e grau de infecção (GI) em 22 acessos de feijão-fava, Teresina-PI, 2016.

QM									
FV	GL	CC	DIF	DF	DMV	ES	CS	LS	RCL
		(mm)	(dias)	(dias)	(dias)	(mm)	(mm)	(mm)	
Genótipo	21	952,99**	29,74**	1,73**	0,63**	0,91**	131,87**	2747,59**	2590,89**
Resíduo	88	39,27	1,74	0,11	0,10	0,15	1,44	3,68	3,50
Total	109	23469,2	777,43	46,26	22,20	10,19	2896,15	58023,95	54715,67
Média geral	64,79	15,53	15,53	1,64	2,75	6,21	12,59	106,90	61,66
CV (%)	9,67	8,48	8,49	20,51	11,55	8,51	9,53	1,79	3,50
QM									
FV	GL	P100	CV	LV	PV	NLV	NSV	GI	
		(g)	(mm)	(mm)	(g)				
Genótipo	21	1797,12**	3,33**	67,49**	12,82**	0,21**	5026,00**	615,45**	
Resíduo	88	1,95	0,21	0,75	1,01	0,23	6,28	49,52	
Total	109	37911,24	88,27	1483,30	359,04	6,48	106098,41	17283,71	
Média geral	64,79	138,88	5,12	15,37	11,08	1,38	69,76	32,33	
CV (%)	9,67	1,01	8,87	5,63	9,10	11,07	3,59	21,76	

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 5.** Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis primárias: comprimento do cacho (CC), dias para floração (DIF), duração da floração (DF), dias para maturação da vagem (DMV), espessura da semente (ES), comprimento da semente (CS), largura da semente (LS), relação comprimento e largura da semente (RCL), peso de cem sementes (P100), comprimento da vagem (CV), largura da vagem (LV), peso da vagem (PV), número de locos por vagem (NLV), número de sementes (NSV), sobre a variável básica: grau de infecção (GI), em feijão-fava, Teresina, Piauí, 2016.

Caráter	Efeito Associação	Estim.*	FIV*	Caráter	Efeito Associação	Estim.*	FIV*	Caráter	Efeito de associação	Estim.*	FIV*
CC	Direto	-0,0701	7,268	CS	Direto	-0,019	2,161	LV	Direto	0,073	9,721
	Indireto via DIF	0,1455	2,763		Indireto via CC	0,005	0,037		Indireto via CC	-0,061	4,737
	Indireto via DF	0,2420	3,699		Indireto via DIF	0,023	0,074		Indireto via DIF	-0,128	2,165
	Indireto via DMV	0,1186	0,521		Indireto via DF	-0,018	0,022		Indireto via DF	0,221	3,108
	Indireto via ES	-0,0641	0,465		Indireto via DMV	-0,010	0,003		Indireto via DMV	0,165	1,009
	Indireto via CS	0,0015	0,011		Indireto via ES	-0,033	0,123		Indireto via ES	-0,068	0,526
	Indireto via LS	-0,0145	0,548		Indireto via LS	0,008	0,206		Indireto via CS	0,004	0,113
	Indireto via RCL	0,0123	1,074		Indireto via RCL	0,010	0,784		Indireto via LS	-0,017	0,806
	Indireto via P100	0,0806	0,180		Indireto via P100	-0,131	0,477		Indireto via RCL	0,013	1,232
	Indireto via CV	0,0463	0,480		Indireto via CV	-0,002	0,001		Indireto via P100	0,071	0,142
	Indireto via LV	0,0636	6,335		Indireto via LV	-0,018	0,511		Indireto via CV	0,036	0,299
	Indireto via PV	0,3394	2,507		Indireto via PV	-0,239	1,249		Indireto via LV	0,348	2,650
	Indireto via NL	-0,1043	1,870		Indireto via NL	-0,011	0,022		Indireto via PV	-0,131	2,973
	Indireto via NS	0,0503	0,085		Indireto via NS	-0,064	0,139		Indireto via NL	0,053	0,095
	Total	0,55			Total	-0,522			<b>Total</b>	0,586	

continua...

Tabela 5. Continuação

Caráter	Efeito Associação	Estim.*	FIV*	Caráter	Efeito Associação	Estim.*	FIV*	Caráter	Efeito de associação	Estim.*	FIV*
DIF	Direto	-0,174	4,613	LS	Direto	-0,034	3,632	PV	Direto	0,477	5,729
	Indireto via CC	-0,058	4,353		Indireto via CC	-0,029	1,096		Indireto via CC	-0,050	3,180
	Indireto via DF	0,172	1,890		Indireto via DIF	-0,099	1,282		Indireto via DIF	-0,115	1,755
	Indireto via DMV	0,036	0,048		Indireto via DF	0,105	0,699		Indireto via DF	0,177	1,980
	Indireto via ES	-0,029	0,099		Indireto via DMV	0,026	0,025		Indireto via DMV	0,100	0,376
	Indireto via CS	0,002	0,035		Indireto via ES	-0,020	0,046		Indireto via ES	-0,025	0,072
	Indireto via LS	-0,019	1,009		Indireto via CS	0,005	0,122		Indireto via CS	0,009	0,471
	Indireto via RCL	0,014	1,576		Indireto via RCL	0,019	2,685		Indireto via LS	-0,017	0,772
	Indireto via P100	0,145	0,583		Indireto via P100	0,138	0,531		Indireto via RCL	0,017	2,069
	Indireto via CV	0,038	0,338		Indireto via CV	0,034	0,267		Indireto via P100	0,122	0,416
	Indireto via LV	0,054	4,563		Indireto via LV	0,037	2,159		Indireto via CV	0,035	0,285
	Indireto via PV	0,316	2,179		Indireto via PV	0,236	1,218		Indireto via LV	0,053	4,495
	Indireto via NL	-0,082	1,182		Indireto via NL	-0,057	0,570		Indireto via NL	-0,033	0,191
	Indireto via NS	0,062	0,133		Indireto via NS	0,037	0,048		Indireto via NS	0,066	0,150
	<b>Total</b>	<b>0,465</b>			<b>Total</b>	<b>0,396</b>			<b>Total</b>	<b>0,853</b>	
DF	Direto	0,267	5,228	RCL	Direto	-0,023	4,491	NL	Direto	-0,161	5,195
	Indireto via CC	-0,064	5,143		Indireto via CC	0,037	1,738		Indireto via CC	-0,045	2,616
	Indireto via DIF	-0,113	1,667		Indireto via DIF	0,111	1,619		Indireto via DIF	-0,089	1,049
	Indireto via DMV	0,165	1,009		Indireto via DF	-0,123	0,956		Indireto via DF	0,169	0,823
	Indireto via ES	-0,089	0,910		Indireto via DMV	0,041	0,064		Indireto via DMV	0,141	0,747
	Indireto via CS	0,001	0,009		Indireto via ES	0,012	0,017		Indireto via ES	-0,074	0,629
	Indireto via LS	-0,013	0,485		Indireto via CS	-0,008	0,377		Indireto via CS	-0,001	0,009
	Indireto via RCL	0,010	0,821		Indireto via LS	0,028	2,171		Indireto via LS	0,012	0,398
	Indireto via P100	0,044	0,055		Indireto via P100	-0,139	0,537		Indireto via RCL	0,005	0,205
	Indireto via CV	0,049	0,543		Indireto via CV	-0,033	0,252		Indireto via P100	0,010	0,003
	Indireto via LV	0,060	5,779		Indireto via LV	-0,041	2,667		Indireto via CV	0,023	0,125
	Indireto via PV	0,315	2,170		Indireto via PV	-0,348	2,640		Indireto via LV	0,059	5,563
	Indireto via NL	-0,102	1,812		Indireto via NL	0,037	0,238		Indireto via PV	0,098	0,211
	Indireto via NS	0,036	0,043		Indireto via NS	-0,072	0,179		Indireto via NS	0,020	0,013
	<b>Total</b>	<b>0,267</b>			<b>Total</b>	<b>-0,606</b>			<b>Total</b>	<b>0,132</b>	
DMV	Direto	0,272	3,176	P100	Direto	0,315	3,202	NS	Direto	0,195	1,498
	Indireto via CC	-0,030	1,192		Indireto via CC	-0,018	0,409		Indireto via CC	-0,018	0,414
	Indireto via DIF	-0,023	0,070		Indireto via DIF	-0,080	0,840		Indireto via DIF	-0,056	0,411
	Indireto via DF	0,162	1,662		Indireto via DF	0,037	0,090		Indireto via DF	0,049	0,152
	Indireto via ES	-0,111	1,407		Indireto via DMV	-0,062	0,145		Indireto via DMV	0,005	0,001
	Indireto via CS	0,000	0,002		Indireto via ES	0,079	0,720		Indireto via ES	-0,009	0,011
	Indireto via LS	-0,003	0,029		Indireto via CS	0,008	0,322		Indireto via CS	0,006	0,201
	Indireto via RCL	0,003	0,090		Indireto via LS	-0,015	0,602		Indireto via LS	-0,005	0,117
	Indireto via P100	0,072	0,146		Indireto via RCL	0,010	0,753		Indireto via RCL	0,008	0,538
	Indireto via CV	0,028	0,183		Indireto via CV	-0,028	0,183		Indireto via P100	0,001	9,001
	Indireto via LV	0,044	3,088		Indireto via LV	0,016	0,433		Indireto via CV	0,014	0,048
	Indireto via PV	0,176	0,678		Indireto via PV	0,185	0,745		Indireto via LV	0,019	0,619
	Indireto via NL	-0,084	1,221		Indireto via NL	-0,005	0,005		Indireto via PV	0,162	0,576
	Indireto via NS	0,003	0,000		Indireto via NS	0,001	0,001		Indireto via NL	-0,016	0,048
	<b>Total</b>	<b>0,386</b>			<b>Total</b>	<b>0,468</b>			<b>Total</b>	<b>0,371</b>	

conbtinua...

Tabela 5. Continuação

Caráter	Efeito Associação	Estim.*	FIV*	Caráter	Efeito Associação	Estim.*	FIV*	Caráter	Efeito de associação	Estim.*	FIV*
ES	Direto	-0,164	3,546	CV	Direto	-0,101	2,648				
	Indireto via CC	-0,027	0,954		Indireto via CC	0,032	1,317				
	Indireto via DIF	-0,031	0,128		Indireto via DIF	0,067	0,589				
	Indireto via DF	0,145	1,342		Indireto via DF	-0,130	1,073				
	Indireto via DMV	0,184	1,260		Indireto via DMV	-0,076	0,219				
	Indireto via CS	-0,003	0,075		Indireto via ES	0,105	1,259				
	Indireto via LS	-0,004	0,047		Indireto via CS	-0,001	0,000				
	Indireto via RCL	0,001	0,022		Indireto via LS	0,011	0,366				
	Indireto via P100	-0,153	0,650		Indireto via RCL	-0,007	0,427				
	Indireto via CV	0,064	0,940		Indireto via P100	0,089	0,221				
	Indireto via LV	0,030	1,444		Indireto via LV	-0,026	1,081				
	Indireto via PV	0,073	0,117		Indireto via PV	-0,168	0,618				
	Indireto via NL	-0,073	0,921		Indireto via NL	0,037	0,247				
	Indireto via NS	0,011	0,004		Indireto via NS	-0,028	0,027				
	<b>Total</b>	0,041	0,041		<b>Total</b>	-0,203					

Coeficiente de determinação 0,81

Valor de k usado na análise 0,07

\*Fatores que inflacionam as variâncias.

\*Estimativa

## REFERÊNCIAS

- Assunção Neto, W.V.A.; Medeiros, A.M.; Carvalho, L.C.B.; Ferreira, C.S.; Lopes, A.C.A.; Gomes, R.L.F. Selection of landraces of lima bean for family agriculture. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 35, n. 1, p. 137 – 147, 2022.
- Belmino, C.S. **Resistência do feijão-caupi a *Colletotrichum truncatum***. 2004. 64f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Carmo, M.D.S.; Carvalho, E.M.S.; Gomes, R.L.F.; Lopes, A.C.A.; Cavalcante, G.R.S. Avaliação dos acessos de feijão-fava, para resistência a *Colletotrichum truncatum*, em condições de folhas destacadas e campo. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v.41, n.4, p.292-297, 2015.
- Carvalho, E.M.S. **Antracnose em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.)**: Caracterização do agente causal e reação de genótipos a *Colletotrichum truncatum*. 2009. 53f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Carvalho, E.M.S.; Beserra Jr., J.E.A.; Barguil, B.M. Lima Bean Diseases. In: Ferreira, A.S.A.; Lopes, A.C.A.; Gomes, R.L.F. (org.). *Phaseolus lunatus*: Diversity, Growth and Production. New York: Nova Science Publishers, 2015. p.113-133.
- Cavalcante, G.R.S.; Carvalho, E.M.S.; Gomes, R.L.F.; Santos, A.R.B.; Santo, C.M.P.M. Reação de subamostras de feijão-fava à antracnose. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v.38, n.4, p.329-333, 2012.
- Cruz, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*, Maringá, v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- Cruz, C.D.; Carneiro, P.C.S.; Regazzi A.J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa: UFV, 2014. 668p.
- Delgado-Salinas, A.; Turley, T.; Richman, A.; Lavin, M. Phylogenetic analysis of the cultivated and wild species of *Phaseolus* (Fabaceae). *Systematic Botany*, Saint Louis, v.23, n.3, p.438-460, 1999.
- Guimarães, W.N.R.; Martins, L.S.S.; Silva, E.F.; Ferraz, G.M.G.; Oliveira, F.J. Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.1, p.37-45, 2007.
- Gutiérrez-Salgado, A.; Gepts, P.; Debouck, D.G. Evidence for two gene pools of the lima bean, *Phaseolus lunatus* L., in the Americas. *Genetic Resources and Crop Evolution*, Dordrecht, v.42, p.15-28, 1995.
- Hall, R. **Compendium of Bean Diseases**. St Paul: The American Phytopathological Society Press, 1991. 71p.
- International Plant Genetic Resources Institute. **Descritores para *Phaseolus lunatus* (feijão-espaldinho)**. Rome: IPGRI, 2001.
- Melo, L.F. **Divergência genética em subamostras de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) por meio de marcadores agromorfológicos e microsatélites**. 2011. 90f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- Machado, C.T.T.; Machado A.T.; Furlani A.M.C. Variação intrapopulacional em milho para características relacionadas com a eficiência de absorção e utilização de fósforo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v.3, n.1, p.77-91, 2004.
- Medeiros, L.A.M.; Balardin, R.S.; Costa, I.F.D.; Gulart, C.A.; Lenz, G. Reação de germoplasma crioulo de feijoeiro a *Colletotrichum lindemuthianum*. *Tropical Plant Pathology*, Brasília, DF, v.33, n.4, p.273-280, 2008.
- Martínez-Castillo J. Consideraciones sobre la importancia del muestreo en los estudios de la domesticación de plantas: el caso del frijol lima (*Phaseolus lunatus*) en México. **Desde el Herbario CICY**, Mérida, v.7, p.17-22, 2015.
- Mizubuti, E.S.G.; Maffia, L.A. **Introdução à Fitopatologia**. Viçosa: Editora UFV, 2017. 382p.
- Münch, S.; Lingner, U.; Floss, D.S.; Ludwig, N.; Sauer, N.; Deising, H.B. The hemibiotrophic lifestyle of *Colletotrichum* species. *Journal of Plant Physiology*, Erlangen, v.165, n.1, p.41-51, 2008.
- Oliveira, A.P.; Alves, E.U.; Alves, A.U.; Dornelas, C.S.M.; Silva, J.A.; Pôrto, M.L.; Alves, A.V. Produção de feijão-fava em função do uso de doses de fósforo em um Neossolo Regolítico. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v.22, n.3, p.543-546, jul./set. 2004.
- Oliveira, E.J.; Soares, T.L.; Barbosa, C.J.; Santos-Filho, H.P.; Jesus, O.N. Severidade de doenças em maracujazeiro para identificação de fontes de resistência. *Revista Brasileira Fruticultura*, Jaboticabal, v.35, n.2, p.485-492, 2013.
- Pereira, F.B.; Vale, J.C.; Carneiro, P.C.S.; Roberto Fritsche-Neto, R. Relação entre os caracteres determinantes das eficiências no uso de nitrogênio e fósforo em milho. *Revista Ceres*, Viçosa, v.60, n.5, p.636-645, set./out. 2013.
- Santos, A.R.B.; Simeão, M.; Barros, P.S.; Cavalcante, G.R.S.; Carvalho, E.M.S. Seleção de subamostras de feijão-fava para resistência à antracnose. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, Tupã, v.9, n.3, p.268-278, 2015.
- Sousa, E.S.; Melo, M.P.; Pires, L.L.; Silva, B.A.; Garcia, M.E.M.; Sousa, E.M.J.; Mota, J.M.; Beserra, J.E.A. First Report of *Macrophomina phaseolina* Causing Charcoal Rot in Lima Bean (*Phaseolus lunatus*) in Brazil. *Plant Disease*, Saint Paul, v.101, p.1551-1551, 2017.



25. Sousa, E.S.; Silva, J.R.A.; Assunção, I.P.; Melo, M.P.; Feijó, F.M.; Matos, K.S.; Gaus Lima, G.S.A.; Beserra Jr, J.E.A. *Colletotrichum* species causing anthracnose on lima bean in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v.43, p.78-84, 2018.
26. Silva, J.A.; Oliveira, M.G.; Souza, L.T.; Assunção, I.P.; Lima, G.A.; Michereff, S. J. Reação de genótipos de feijão-fava a *Sclerotium rolfsii*. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.32, n.1, p.98-101, 2014.
27. Silva, V.B.S.; Gomes, R.L.F.; Lopes, A.C.A.; Dias, C.T.S.; Silva, R.N.O. Genetic diversity and promising crosses indication in lima bean (*Phaseolus lunatus*) accessions. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v.36, n.2, p.683-692, 2015.
28. Silva, R.N.O.; Burle, M.L.; Padua, J.G. ; Lopes, A.C.A.; Gomes, R.L.F. ; Martinez-Cstillo, J. Phenotypic diversity in lima bean landraces cultivated in Brazil, using the Ward-MLM strategy. Chilean. **Journal of Agricultural Research**, Laore, v.77, p.35-40, 2017.
29. Wright, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.20, n.7, p.557-585, 1921.