

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO Carlos Alberto Reyes
Maldonado**
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO
DE PLANTAS**

CATIANE DOS SANTOS BRAGA

**Caracterização morfoagronômica, fenológica e viabilidade polínica de
genótipos de feijão**

**ALTA FLORESTA
MATO GROSSO, BRASIL
FEVEREIRO – 2020**

CATIANE DOS SANTOS BRAGA

**Caracterização morfoagronômica, fenológica e viabilidade polínica de
genótipos de feijão**

Dissertação apresentada à UNIVERSIDADE DO
ESTADO DE MATO GROSSO Carlos Alberto
Reyes Maldonado, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Genética e
Melhoramento de Plantas, para obtenção do título
de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Alessandro
Machado Souza

ALTA FLORESTA
MATO GROSSO, BRASIL
FEVEREIRO – 2020

Luiz Kenji Umeno Alencar CRB 1/2037

B813c	BRAGA, Catiane dos Santos. Caracterização Morfoagronômica, Fenológica e Viabilidade Polínica de Genótipos de Feijão / Catiane dos Santos Braga - Alta Floresta/Cáceres/Tangará da Serra, 2020. 91 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim) Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação/Mestrado) - Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Genética e Melhoramento de Plantas, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Multicampi, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2020. Orientador: Sérgio Alessandro Machado Souza 1. Recursos Genéticos. 2. Phaseolus. 3. Vigna. I. Catiane dos Santos Braga. II. Caracterização Morfoagronômica, Fenológica e Viabilidade Polínica de Genótipos de Feijão: . CDU 633.35
-------	---

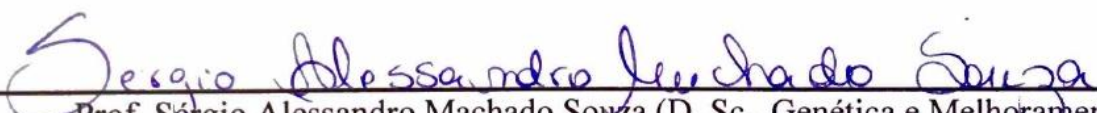
Caracterização morfoagronômica, fenológica e viabilidade polínica de genótipos de feijão

CATIANE DOS SANTOS BRAGA

Dissertação apresentada à UNIVERSIDADE DO
ESTADO DE MATO GROSSO Carlos Alberto
Reyes Maldonado, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Genética e
Melhoramento de Plantas, para obtenção do título
de Mestre.

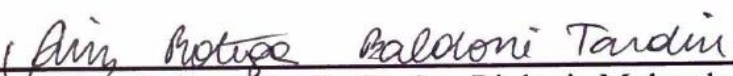
Aprovada em 21 de fevereiro de 2020.

Comissão Examinadora:


Prof. Sérgio Alessandro Machado Souza (D. Sc., Genética e Melhoramento)
Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado
(Orientador)


Profª. Isane Vera Karsburg (D. Sc., Genética e Melhoramento)
Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado


Profª. Kellen Countinho Martins (D. Sc., Genética e Melhoramento)
Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado


Pesquisadora Aisy Botega Baldoni Tardin (D. Sc., Biologia Molecular e Biotecnologia)
Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT

AGRADECIMENTO

A Deus pela vida, amor, por ter me guiado nos momentos difíceis, e pela sua proteção;

À Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas (PGMP) pela oportunidade de realização do mestrado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Sérgio Alessandro Machado Souza pelo ensinamentos, paciência e amizade;

A minha mãe, Sonia Aparecida Pereira dos Santos pelo incentivo ao estudo e apoio incondicional durante toda a minha vida pessoal e acadêmica;

Aos meus colegas de turma, em especial a Dhielida, João Vitor e Denise por terem me recebido em suas casas durante a realização das disciplinas do mestrado;

Aos meus colegas Joameson, Julia, Wesley, Iredualc e Danielle pela contribuição ao meu trabalho;

Aos docentes da Universidade do Estado de Mato Grosso pelos ensinamentos concedidos durante toda a realização do mestrado;

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a execução deste trabalho.

BIOGRAFIA

Catiane dos Santos Braga, filha de Sonia Aparecida Pereira dos Santos e Vital Braga, nasceu em Alta Floresta – Mato Grosso no dia 22 de abril de 1995. No ano de 2012 concluiu o terceiro ano do ensino médio na Escola Estadual Vitória Furlani da Riva. Em 2013 ingressou no curso de Licenciatura e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, campus Alta Floresta, o qual concluiu em 2017 sob a orientação do Prof. Dr. Sérgio Alessandro Machado Souza. Em 2018, iniciou o Mestrado no Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas na UNEMAT, campus de Alta Floresta, o qual concluiu em fevereiro de 2020, também sob a orientação do Prof Dr. Sérgio Alessandro Machado Souza.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Origem, distribuição geográfica e aspectos botânicos	3
Gênero <i>Phaseolus</i>	3
Gênero <i>Vigna</i>	5
Utilização e importância econômica do feijão.....	6
Caracterização e avaliação do germoplasma	9
Fenologia	12
Viabilidade polínica	13
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
4. CAPÍTULOS	28
4.1 CAPÍTULO 1.....	28
CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO ...	28
INTRODUÇÃO	28
MATERIAL E MÉTODOS	30
Área de estudo.....	30
Genótipos avaliados	30
Instalação do experimento	31
Condições climáticas	31
Caracterização morfoagronômica	32
Descritores qualitativos:	32
Descritores quantitativos	34
Análise estatística.....	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
Condições climáticas	36
Descritores qualitativos	38
Dados quantitativos	46

CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
4.1 CAPÍTULO 2.....	67
CARACTERIZAÇÃO FENOLÓGICA E VIABILIDADE POLÍNICA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO	67
INTRODUÇÃO	67
MATERIAL E MÉTODOS	69
Caracterização fenológica.....	69
Viabilidade polínica	70
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
Caracterização fenológica.....	72
Viabilidade polínica	80
CONCLUSÕES	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
5. CONCLUSÕES GERAIS	91

RESUMO

BRAGA, CATIANE DOS SANTOS. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, Fevereiro de 2020. Caracterização morfoagronômica, fenológica e viabilidade polínica de genótipos de feijão. Orientador: Sérgio Alessandro Machado Souza.

A caracterização e avaliação dos recursos genéticos são essenciais para o desenvolvimento de novas cultivares pelos programas de melhoramento genético. Entre as atividades realizadas, destacam-se os estudos morfoagronômicos e os de biologia reprodutiva. Baseado nisso, este trabalho teve por objetivo realizar a caracterização morfoagronômica, fenológica e estimar a viabilidade polínica de quatro genótipos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L), oito de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e um genótipo de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L). O experimento foi instalado em casa de vegetação na Universidade do Estado de Mato Grosso/Alta Floresta-MT. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com treze tratamentos e dez repetições. A caracterização morfoagronômica foi realizada via 30 descritores qualitativos e quantitativos. Os dados obtidos foram avaliados via estatística descritiva, uni e multivariada. A fenologia foi avaliada por meio de uma escala de notas e a viabilidade polínica estimada usando teste colorimétrico. Apenas flores de cor violeta e branca foram observadas. A maioria dos genótipos apresentaram sementes pequenas com diversas colorações. A análise de variância mostrou diferenças significativas a 1% de probabilidade para todas as características quantitativas avaliadas. O número de dias para florescimento e maturação fisiológica foram as características que formaram mais grupos pelo teste de Scott e Knott. Os métodos de agrupamento UPGMA e Tocher foram concordantes em separar os genótipos em três grupos. O grupo I formado pelos oito genótipos de feijão-caupi, o grupo II pelos genótipos de feijão comum e o grupo III formado pelo genótipo de feijão-fava. As variáveis canônicas revelaram que as duas primeiras características explicaram 100% da variação total e separou os genótipos em cinco grupos. As características que mais contribuíram para a divergência genética foram: número de dias para o florescimento e maturação fisiológica. O desenvolvimento fenológico vegetativo e reprodutivo dos treze genótipos de feijão variou de 22 a 36 dias e de 36 a 59 dias respectivamente. Os genótipos PV06 e PV08 ambos de hábito de crescimento determinado foram os mais precoces, enquanto que o genótipo VU05 de hábito de crescimento indeterminado levou mais tempo para completar o ciclo de desenvolvimento. O maior pico e taxa de florescimento foi obtido pelo genótipo PL13, e todos os genótipos apresentaram alta porcentagem de polens viáveis. Em conclusão, os treze genótipos de feijão possuem variabilidade genética e recursos genéticos potenciais a serem conservados e utilizados em programas de melhoramento genético. Além disso, é fundamental que os estudos sejam ampliados para aumentar o conhecimento da variabilidade local existente.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos genéticos, *Phaseolus*, *Vigna*.

ABSTRACT

BRAGA, CATIANE DOS SANTOS, M.S. Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, February 2020. Morphoagronomic, phenological characterization and pollen viability of bean genotypes. Adviser: Sérgio Alessandro Machado Souza.

The characterization and evaluation of genetic resources are essential for the development of new cultivars by breeding programs. Among the activities carried out, it highlights the morphoagronomic and reproductive biology studies. Therefore, this study aimed to carry out a morphoagronomic, phenological characterization and estimate the pollen viability of forty genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), eight of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and one genotype of lima-bean (*Phaseolus lunatus* L.). The experiment was conducted in a greenhouse at the State University of Mato Grosso and arranged in a completely randomized design with thirteen treatments and ten replications. The morphoagronomic characterization was performed using qualitative and quantitative descriptors. The data resulted were evaluated using descriptive, uni and multivariate statistics. Phenology was assessed using a scale of scores and pollen viability was estimated using a colorimetric test. Only violet and white flowers were observed. Most varieties had small seeds with different colors. The analysis of variance showed significant differences at 1% probability for all quantitative characteristics evaluated. The number of days to flowering and physiological maturation were the characteristics that presented more groups formed by the Scott e Knott test. The UPGMA and Tocher clustering methods agreed to separate the genotypes into three groups. The group I composed of eight genotypes of cowpea, the group II by the genotypes of common bean and group III by the genotype of lima bean. The canonical variables revealed that the first two characteristics explained 100% of the total variation and separated the varieties in five groups. The characteristics that most contributed to the genetic divergence were: number of days to flowering and physiological maturation. The vegetative and reproductive phenological development of the thirteen bean genotypes varied from 22 to 36 days and from 36 to 59 days respectively. The genotypes PV06 and PV08, both of determined growth habit, were the earliest, while VU05 of indeterminate growth habit took longer to complete the development cycle. The highest peak and flowering rate was obtained by the PL13 genotype, and all varieties had a high percentage of viable pollens. In conclusion, the thirteen bean genotypes have genetic variability and potential genetic resources to be conserved and used in breeding programs. In addition, it is essential that studies be expanded to increase knowledge of the existing local variability.

KEY WORDS: Genetic resources, *Phaseolus*, *Vigna*.

1. INTRODUÇÃO GERAL

As leguminosas tornaram-se essenciais para nutrição humana e animal e hoje são cultivadas em praticamente todo o mundo. Elas são um importante grupo de culturas presentes no sistema de cultivo de vários países em locais como a Ásia, África e América Latina (Sharasia et al., 2017). O valor nutricional é o que há de mais valioso nesse grupo de plantas, pois apresentam elevado teor de proteínas, fibra alimentar, vitaminas, minerais e baixo teor de gorduras quando comparadas aos principais cereais (Fao, 2016; Rawal et al., 2019).

Em termos de produção global e consumo destacam-se o grão de bico, a ervilha, a lentilha e os feijões (Belhassen et al., 2019). No Brasil, os feijões ocupam lugar de destaque, sendo o feijão comum e o feijão-caupi os mais importantes social e economicamente (Freire Filho et al., 2011), enquanto que o feijão do tipo fava, mesmo sendo pouco produzido, possui relevância na região Nordeste.

Os feijões são uma cultura diversa em relação aos métodos de cultivo, uso e variedade de ambientes aos quais foram adaptados (Broughton et al., 2003). Essa diversidade de condições e a origem genética podem manifestar-se em vários aspectos morfológicos e características bioquímicas (Singh et al., 1991a; Freitas et al., 2010), e explicam a grande variabilidade genética dessas plantas.

O cultivo tecnificado do feijoeiro têm avançado no Brasil, contudo existem os que produzem de forma rudimentar para sua subsistência (Ferreira et al., 2006). Esses últimos muitas vezes usam materiais tradicionais que não foram melhorados e acabam tornando-se guardiões da variabilidade genética local. Nesse sentido, é fundamental que o germoplasma vegetal disponível seja conhecido e introduzido em bancos de germoplasma, visto que o uso de cultivares uniformes oriundas do melhoramento genético estão causando erosão genética pela perda de variabilidade (Rodrigues et al., 2002).

Uma vez em bancos de germoplasma, a variabilidade genética é mantida conservada e pode ser aplicada em programas de melhoramento para aumentar a base genética (Coelho et al., 2007; Valls, 2007). Entretanto para o seu uso prático, o material depositado deve ser caracterizado e avaliado por características morfológicas e

agronômicas de qualidade, bem como sua diversidade genética estimada para serem conservadas e atrativas ao melhoramento genético (Leitão et al., 2017).

A caracterização fenológica é outra ferramenta importante quando se trata de melhoramento genético. Em espécies de expressão econômica têm aplicabilidade na identificação por meio das características morfológicas das plantas, do momento fisiológico, ao qual encontram-se e suas necessidades que, uma vez atendidas, possibilitarão normal desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, bons rendimentos (Câmara, 1998). O conhecimento dos estágios fenológicos permite o planejamento de práticas culturais, como o momento ideal para aplicação de fertilizantes, herbicidas, manejo de pragas, doenças, irrigação e tomada de decisão para o melhor tempo de colheita (Córcoles et al., 2015).

A geração de informações básicas sobre os genótipos também requer o estudo da viabilidade do gameta, pois aumentam as chances de sucesso das autofecundações e hibridações (Stanley e Linskens, 1974; Pozzobon et al., 2015). O tamanho do fruto, o número de sementes e a porcentagem de frutificação estão relacionados à quantidade de polens viáveis depositado sobre o estigma (Dafni, 1992), ou seja, a caracterização citogenética também é necessária para avanços no melhoramento.

Trabalhos de caracterização com o objetivo de estimar a divergência genética de feijão tem sido realizado via descritores morfoagronômicos (Carvalho et al., 2016; Cabral et al., 2011a), via marcadores moleculares (Correa et al., 2012; Silva et al., 2015), estudos citogenéticos (Rodrigues et al., 2007; Jesus et al., 2018), assim como os de avaliação da produtividade (Oliveira et al., 2006; Barros et al., 2013; Silva et al., 2006). O que se verifica, é que se trata de estudos realizados em diversas áreas, mas que se complementam e geram informações para que os recursos genéticos sejam resguardados e utilizados em programas de melhoramento genético.

Assim, o objetivo desse estudo foi realizar a caracterização morfoagronômica, fenológica e estimar a viabilidade polínica de treze genótipos de feijão, sendo quatro pertencentes a espécie *Phaseolus vulgaris* L., oito a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e uma a espécie *Phaseolus lunatus* L. Este estudo pretende gerar informações que contribuam com a conservação e uso da feijoeiro na região Norte do Mato Grosso.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem, distribuição geográfica e aspectos botânicos

Gênero *Phaseolus*

O gênero *Phaseolus* pertence à família Fabaceae, originou-se das Américas e possui cerca de 55 espécies, das quais cinco são as mais cultivadas: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman e *P. polyanthus* Greenman (Debouck, 1991). Entre essas espécies, o feijão comum (*P. vulgaris*) e o feijão-fava (*P. lunatus*) são as mais importantes economicamente (Mercado-Ruaro e Delgado Salinas, 2000) e cultivadas no Brasil.

A transição do feijão comum silvestre para a forma cultivada atual é incerta, contudo acredita-se que esse evento tenha ocorrido a 8.000 anos atrás (Castro-Guerrero et al., 2016). Evidências botânicas, arqueológicas, bioquímicas e moleculares indicam que dois grandes eventos ocorreram no processo de domesticação, originando-se do norte do México (Chihuahua), através da América Central e da Cordilheira dos Andes ao noroeste da Argentina (Broughton et al., 2003; Becerra et al., 2011). Em razão disso, dois grandes ecogeográficos *pool* gênicos são reconhecidos: Mesoamericano e Andino (Bitocchi et al., 2012).

O tamanho da semente e o tipo de proteína faseolina estão entre as principais características que diferem o feijão Mesoamericano e o Andino (Singh et al., 1991b; Gepts et al., 1986). Segundo Singh et al. (1991b), os feijões do grupo Mesoamericano possuem sementes pequenas (peso de 100 sementes $\leq$ 25 g), médias (peso de 100 sementes entre 25 e 40 g) e predomínio da faseolina do tipo S. E no sul do Andes, os feijões possuem especialmente sementes médias e grandes (peso de 100 sementes $>$ 40 g) com faseolina do tipo T.

O feijão comum possui uma ampla gama de adaptações e sua produção é muito heterogênea em termos ecológicos, sistema de cultivo e desempenho agrônômico (Alemu, 2018). Em razão disso, Singh et al. (1991a) a partir de informações moleculares, morfológicas e adaptativas classificou o feijão em raças conforme o centro de domesticação, são elas: Mesoamericana (conjuntos gênicos de 1 a 4), Durango (5),

Jalisco (6); Nova Granada (7 a 9), Chile (10) e Peru (11 e 12). Essa classificação é muito útil para orientar os cruzamentos entre diferentes cultivares (Santos e Gavilares, 2006).

Em relação ao feijão-fava, ele é descrito como originário especificamente da Guatemala (Mackie, 1943) e com dispersão em três direções: ramificação Hopi (em direção ao norte, chegando aos Estados Unidos); ramificação Caribe (em direção ao leste, atingindo as Antilhas e chegando ao norte da América do Sul) e ramificação Inca (em direção ao sul até alcançar o Peru).

Esse mesmo autor classificou o feijão-fava conforme a forma, tamanho das sementes e levou em consideração as três ramificações propostas, são elas: “Batata” (rota Caribenha), “Sieva” (rota Hopi) e “Lima Grande” (rota Inca). O tipo “Batata” apresenta sementes globosas e pequenas (peso de 100 sementes entre 35 e 50 g). O tipo “Sieva” inclui sementes de tamanho mediano (peso de 100 sementes de 50 a 70 g) e planas. O grupo “Lima Grande” tem grandes sementes planas (peso de 100 sementes variando de 70 a 110 g) (Baudet, 1977; Castineiras et al., 1991).

É importante ressaltar que estudos contestam a origem Guatemalteca de *P. lunatus*, e Baudoin (1988) amplia a distribuição da espécie para sul do México até região central da Argentina, chegando a conclusão da ocorrência de dois eventos independentes de domesticação. Segundo Gutiérrez-Salgado et al. (1995) e Martínez-Castilho et al. (2008), o primeiro grupo abriga os tipos “Batata” e “Sieva” e representam o *pool* gênico Mesoamericano (grãos pequenos e médios). O segundo corresponde ao “Lima Grande” e representa o *pool* gênico Andino, cujo grãos são grandes.

Hoje, o feijão comum e fava estão distribuídos e são cultivados em todos os continentes do mundo, com destaque aos países da Ásia e América (Fao, 2020). No Brasil, encontram-se distribuído desde do norte ao sul e abrangem todos os biomas do país (Snak e Salinas, 2020).

A espécie mais importante socioeconomicamente, o feijão comum (*P. vulgaris*) é herbácea de raízes fibrosas. Caule com mais de 1 m de altura, estriados, densos e pouco pubescentes. Hábito de crescimento determinado ou indeterminado. Folhas com estípulas, triangulares a lanceoladas. Inflorescência de 3 a 10 cm de comprimento em pseudorracimos axilares. Cálice campanulado e dentado; corola pentâmera com a quilha enrolada em duas voltas, que resulta da fusão de duas pétalas inferiores e abriga os

estames e o pistilo; há duas pétalas laterais chamadas asas e uma pétala bem maior que envolve as demais, o estandarte. A corola pode ser branca, amarela, rosada a lilás. Estames diadelfos e legume de 8,5 a 11 cm, com 5-10 sementes reniformes com várias cores e germinação epígea (Beyra e Artiles, 2004; Snak et al., 2011).

A espécie *P. lunatos* se diferencia de *P. vulgaris* pelas suas brácteas e bractéolas discretas, cálice de dentes curtos e face externa do estandarte seríceo-pubescente. São ervas volúveis anuais. Caule de 1-4,5 m de altura estriado e peludo. Inflorescência de 1,5-14 cm de comprimento. Flores menores que 10 mm de longitude. Cálice campanulado e seríceo externamente. Corola amarela, lilás rosada, violeta ou branca; estandarte piloso externamente; asas alongadas, quilha enrolada em até 2 espirais; estames são 8. Legume glabo com 2-4 sementes reniforme (Beyra e Artiles, 2004; Snak et al., 2011).

O aparato floral de *P. vulgaris* e *P. lunatus* favorece a autofecundação, sendo a autogamia o sistema de acasalamento predominante, mas com uma pequena taxa de alogamia (Suso et al., 2015).

Gênero *Vigna*

O gênero *Vigna* pertence à família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae e subtribo Phaseolina. É composto por cerca de 160 espécies, das quais apenas sete são cultivadas, com destaque a: *V. radiata* (L.) R. Wilczek (feijão-mungo-verde), *V. angularis* (Willd.) Ohwi & H. Ohashi (feijão-adzuki), *V. umbellata* (Thunb.) Ohwi & H. Ohashi (feijão-arroz) e *V. unguiculata* (L.) Walp. (feijão-caupi) (Vieira et al., 1992; Freire Filho et al., 2005). No Brasil é a espécie *V. unguiculata* conhecida popularmente com feijão-caupi que se destaca, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste (Freire Filho et al., 1983).

O feijão-caupi é nativo da África e bastante cultivado nas regiões tropicais dos continentes africano, asiático e americano (Lacerda et al., 2004). Em estudo recente, Huynh et al. (2013) identificaram dois centros de diversidade, o primeiro na África Ocidental e o segundo composto de raças distribuídas na África Oriental.

A entrada do feijão-caupi no Brasil provavelmente ocorreu pelos primeiros colonizadores portugueses e espanhóis no estado da Bahia (Freire Filho, 1988).

Posteriormente, acompanhando o processo de colonização, esse legume foi espalhado por todas as regiões país (Bezerra e Saunders, 1992). Hoje, desempenha importante função socioeconômica nas regiões Norte e Nordeste (Freire Fiho et al., 2005), e teve sua área de produção expandida para o Centro-Oeste do Brasil (Freire Fiho et al., 2011).

As plantas de feijão-caupi são anuais, perenes, trepadeiras ou eretas. Folhas trifolioladas de forma triangular a lanceolada. Inflorescência pseudoracemosa; cálice em forma de sino com cinco dentes; corola amarela, branca, roxa ou violeta; estandarte oblongo a orbicular, simétrico ou assimétrico; asas obovada; pétalas da quilha planas, cocleadas, espiraladas ou lateralmente torcidas; estames diadelfos, um vexilar livre. Legumes lineares a oblongos. Sementes reniformes a cilíndricas, lisas. Germinação epígea ou hipógea. O número cromossômico mais comum é $2n = 22$ e raramente $2n = 20$ ou 18 (Mercado-Ruaro e Delgado-Salinas, 1996; Beyra e Artiles, 2004; Snak et al., 2011).

O feijão-caupi (*V. unguiculata*) possui um caule caracterizado pela haste principal de crescimento determinado ou indeterminado. O primeiro par de folhas é simples e oposta; as folhas secundárias são trifolioladas e opostas. É uma planta autocompatível, mas com uma pequena taxa de alogamia que pode ocorrer em até 30 m de distância. Assim como as espécies do gênero *Phaseolus*, possui uma flor papilionada e completa. O cálice possui cinco sépalas; a corola é composta por cinco pétalas, sendo a mais externa e maior, o estandarte; lateralmente duas asas e duas pétalas fusionadas chamadas de quilha. As corolas e pétalas podem ser brancas, amarelas ou violetas. É composta por 10 estames, onde nove são ligados e o décimo é livre. As flores se abrem nas primeiras horas da manhã, fechando-se por volta do meio-dia. O legume pode ser visto após 24 horas da antese floral; legume com 11-22 sementes. O tegumento pode ser liso ou rugoso. Germinação epígea. A espécie caracteriza-se por seus caules e folhas glabos, estípulas prolongadas e pétalas da quilha planas (Araújo et al., 1984; Beyra e Artiles, 2004; Snak et al., 2011; Suso et al., 2015).

Utilização e importância econômica do feijão

O feijão, seja do tipo comum, caupi ou fava é uma excelente fonte de proteínas, ferro, cálcio, magnésio, zinco, vitaminas, carboidratos e fibras. Essa leguminosa é a

principal fonte de proteínas de populações de baixa renda da América Latina e África, e constitui um produto com importante papel nutricional, econômico e social (Guzmán-Maldonado et al., 2000; Preet e Darshan, 2000; Tharanathan e Mahadevamma, 2003; Betancur-Ancona et al., 2004; Mesquita et al., 2007; Vasconcelos et al., 2010).

As proteínas do feijão são ricas em lisina e pobres em aminoácidos sulfurados, e por isso adquire valor nutritivo quando complementado aos cereais ou outras fontes proteínicas que geralmente são deficientes em lisina, mas ricos em aminoácidos sulfurados (Mensa-Wilmot et al., 2001; Iqbal et al., 2006; Mesquita et al., 2007). No Brasil, a complementação mais popular é o arroz com feijão (Rezende et al., 2018).

O consumo de feijão comum geralmente é de 20 a 30 kg/habitante/ano no Nordeste do Brasil, América Central e México, e pode passar de 40 a 60 kg/habitante/ano em regiões onde a carne é escassa, como na África. Na Europa e na América do Norte, o consumo é baixo em torno de 5 kg/habitante/ano ou menos (Blair et al., 2013). Além do consumo do grão seco, ele pode ser usado sob a forma de sementes verdes, legume verde, em saladas, cozidos, carnes, ovos, etc. Com o feijão preto se prepara feijoada e com os coloridos o tutu de feijão, pratos característicos do Brasil (Menezes Júnior, 1960).

Além do consumo humano, as leguminosas geram subprodutos (caule, folha e vagem seca) que são utilizados na alimentação animal (Pieltain et al., 1996). A principal contribuição desses subprodutos é a disponibilidade de energia e aminoácidos quando usados como forragem, misturados com rações ou consumidos crus (Sharasia et al., 2017).

A fixação de nitrogênio é outro atributo importante do feijão e característico de toda a família Fabaceae. Bactérias do gênero *Rhizobium* habitam nódulos radiculares e fixam nitrogênio atmosférico, que é utilizado pela planta em troca de carboidratos (Wilker et al., 2019). Essa propriedade do feijoeiro é importante devido ao benefício econômico e ambiental, visto que, parte do nitrogênio fixado pelas leguminosas permanece no solo, e dessa forma, menos fertilizante é necessário para as culturas subsequentes. Essa característica auxilia na mitigação das mudanças climáticas, reduzindo indiretamente os gases de efeito estufa, e diminuindo a dependência do fertilizante sintético de nitrogênio (Castro-Guerrero et al., 2016; Calles et al., 2019).

Essa leguminosa é produzida em quase todos os estados brasileiros, sob diferentes condições climáticas e do solo, épocas de semeadura (chuvosa, seca e inverno) e sistemas de cultivo, desde agricultura de subsistência, com baixo uso de tecnologia, até agricultura de alta tecnologia (Pereira et al., 2017) e por isso, o Brasil está entre os maiores produtores mundiais do grão.

Na Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) a categoria “*bean dry*” fornece dados da produtividade global de feijão comum (Sharasia et al., 2017). A produção mundial de feijão em 2018 foi de 30.434.280 milhões toneladas (t), cultivado em uma área de 34.495.894 milhões de hectares. A Ásia é o continente que concentra a maior produção (48%), seguida pelas Américas (26,5%) e África (22,8%). Os grandes produtores mundiais de feijão são: Índia (6.220.000 t), Myanmar (4.779.927 t), Brasil (2.915.030 t), Estados Unidos (1.700.510 t) e China (1.324.407 t) (FAO, 2018).

No Brasil, considerando os dados do ano agrícola 2018/2019, a maior região produtora de feijão comum é o Sul com 813.900 toneladas, sendo que 76% dessa produção se concentra do estado do Paraná. O Sudeste foi o segundo maior produtor com 756.200 toneladas, seguido pelo Centro-Oeste com 711.700 toneladas e tendo o Mato Grosso como o maior produtor da região (Conab, 2020).

Considerando as projeções da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (2020) a expectativa é que para 2027/2028 a produção passe para 3.342.000 milhões de toneladas, que a área planta seja de 3,09 milhões de hectares e que o consumo médio seja de 15,8 kg/habitante/ano. Quando comparado ao ano 2017/2018, esses dados revelam um aumento de 9% da produção, queda de 3% na área plantada e crescimento de 1% de consumo.

O feijão-fava possui uma produção baixa no país, contudo na região Nordeste é uma das alternativas de renda e alimento para a população que o consome sob a forma de grãos maduros ou verdes (Oliveira et al., 2004). Dados de 2018 mostram que no Brasil, a área planta foi de 37.209 hectares com produção de 11.828 toneladas com 94% da produção concentrada na região Nordeste (11.193 toneladas). Os estados que mais produzem feijão-fava no Nordeste são: Ceará (39,00%), Paraíba (28,77%) e Pernambuco (10,64%). No Mato Grosso a produção de fava consiste em apenas 4,64%, seguido pelo Sudeste com 0,5% (IBGE, 2018).

Na FAO, os dados mundiais sobre a produtividade de feijão-caupi (categoria “*cow pea*”) de 2018 mostram que 96,4% da produção desse grão se concentra na África, sendo Nigéria (2,6 milhões de toneladas), Níger (2,3 milhões de toneladas) e Burkina Faso (630.965 toneladas) os maiores produtores. Apesar de relevante, são informações que necessitam de maior precisão, visto que nessa estimativa a produção brasileira não é contabilizada.

Considerando os dados da Conab (2019) referente a safra 2018/2019, o Brasil está entre os principais produtores mundiais de caupi. A produção total foi de 637.700 toneladas e uma área ocupada de 1.276.2000 milhões de hectares. As regiões Norte e Nordeste correspondem a 87,5% dessa produção, com destaque aos estados do Ceará, Piauí, Bahia e Pernambuco. A região Centro-Oeste é a terceira maior produtora com 91,69% da produção concentrada no estado do Mato Grosso.

É evidente que o feijão comum predomina nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste, possivelmente em razão de fatores climáticos. E já o feijão-caupi predomina no Nordeste e Norte, mas tem se expandido para o Centro-Oeste (Freire Filho et al., 2011). O cultivo de feijão-fava ainda tem pouco relevância, provavelmente pela tradição do consumo do feijão comum, apesar disso é uma espécie com adaptação mais ampla que o feijão tradicional (Guimarães et al., 2007).

Caracterização e avaliação do germoplasma

Variedades tradicionais têm sido continuamente substituídas por variedades melhoradas no contexto da agricultura atual. Isso leva a eliminação da variabilidade local e torna necessário a conservação de toda a variabilidade que existe em uma espécie, e das espécies que pertencem ao mesmo conjunto gênico (Zimmermann e Teixeira, 1996).

A perda de variabilidade, também chamada erosão genética pode ser evitada, ou pelo menos minimizada através da conservação da variabilidade genética *in situ* ou *ex situ*. A primeira é realizada no local natural de evolução da espécie, e a segunda, é feita fora do local natural de evolução da espécie (Carvalho et al., 2009).

Germoplasma é definido com a soma de todo o material hereditário de uma espécie que pode ser transmitido ao longo das gerações (Allard, 1960). Enquanto que,

Banco de Germoplasma (BAG) é um tipo de conservação *ex situ* que constitui base física onde o germoplasma é conservado, podendo ser localizado em centros de pesquisa ou instituições públicas ou privadas (Ferreira, 2011).

Bancos de germoplasma armazenam em condições adequadas, amostras de genótipos, variedades melhoradas, crioulas, silvestres ou relacionadas a uma determinada espécie de interesse (Zimmermann e Teixeira, 1996). E uma das principais estratégias por trás da conservação de germoplasma é manter a integridade biológica e fornecer aos germoplasmas descrições genéticas e fenotípicas validadas. Essas informações são úteis ao melhoramento genético, conservação da biodiversidade, estudos taxonômicos e monitoramento ambiental (Bhatia, 2015).

Para o gênero *Phaseolus*, o maior banco de germoplasma existente é o CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), em Cali, Colômbia. Esse banco conta com 37.937 mil amostras de feijão (CIAT, 2018). No Brasil, a maior coleção pertence a Embrapa Arroz e Feijão, e conta com 15.802 amostras (Rangel et al., 2019). Já o Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN) em Brasília contém cerca de 4.000 amostras do gênero *Vigna* (WETZEL et al., 2005). Toda essa variabilidade contida nos bancos de germoplasma só pode ser introduzida aos mesmos, conservada e usada pelos melhoristas caso seja devidamente caracterizada e avaliada.

A caracterização refere-se aos atributos que permitem diferenciar os acessos, já a avaliação do germoplasma objetiva estabelecer sua utilidade potencial. Essas atividades são complementares e correspondem ao registro e análise de um conjunto de dados considerando características qualitativas e quantitativas dos acessos de uma mesma espécie (Pereira, 2010).

A caracterização e avaliação do germoplasma pode ser realizada em nível morfológico, agrônômico, bioquímico, citogenético, molecular e químico (Valls, 2007). A nível morfoagronômico, o germoplasma vegetal pode ser facilmente acessado através dos estudos de divergência genética utilizando descritores (Ramos e Queiroz, 1999; Guimarães et al., 2007). Para feijão, esses descritores incluem: cor do estandarte, cor da asa, ciclo, número de dias para a floração, comprimento da vagem, comprimento da semente, número de sementes por vagem, produtividade dos grãos, resistência a

doenças, tolerância a estresses abióticos, etc. (IPGRI, 2001).

Para que o estudo da diversidade genética seja realizado são utilizados procedimentos de análise multivariada (Lima et al., 2012). Essa análise consiste na avaliação simultânea de vários caracteres e permite diferentes indicações sobre o conjunto de dados analisados (Coelho et al., 2007). Entre os métodos, destaca-se: a análise por componentes principais, quando os dados são obtidos de experimentos sem repetições; variáveis canônicas, quando os dados são obtidos de experimentos com repetições e os métodos de agrupamentos, cuja aplicação depende da utilização de uma medida de dissimilaridade previamente estimada (Oliveira et al., 2003).

Rana et al. (2015) utilizaram 22 descritores para avaliar atributos fenológicos, morfológicos e agrônômicos de 4.274 acessos de feijão comum de um banco de germoplasma da Índia. Com base na análise multivariada, os acessos foram divididos em 10 grupos. As características largura da vagem, comprimento da semente, largura da semente, vagens por planta e peso de cem sementes foram os caracteres que explicaram 80% da variação pela técnica de componentes principais, e ainda observaram mais de 600 acessos resistentes a antracnose.

Santana et al. (2019) avaliaram 30 genótipos de feijão-caupi em Goiana-PE e observaram que o comprimento e peso das vagens, a floração, peso de cem grãos e número de vagens por plantas foram os caracteres que mais contribuíram para a divergência genética, além de indicaram combinações promissoras em cruzamentos futuros. Já em feijão-fava, Silva et al. (2015) avaliaram genótipos do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Universidade Federal do Piauí (UFPI) que demonstraram serem divergentes geneticamente e aptos a serem usados em cruzamentos.

O que se vê é uma ampla aplicabilidade das técnicas multivariadas na análise dos recursos genéticos disponíveis nos bancos de germoplasma, identificação de duplicatas, disponibilidade de parâmetros para a identificação de genitores e aumento das chances de seleção de genótipos superiores nas gerações segregantes (Cruz e Regazzi, 2001; Machado et al., 2002). Dessa maneira, cabe ao pesquisador a escolha do método mais adequado conforme o objetivo proposto e o conjunto de dados obtidos.

Fenologia

Fenologia é o estudo dos eventos periódicos dos seres vivos e fornece uma base para interpretar as mudanças no crescimento das plantas em relação ao meio ambiente e suas necessidades em termos de fatores meteorológicos (Oliveira et al., 2018). Nessa linha de pesquisa predomina o entendimento entre a análise do ciclo de vida das plantas e a sazonalidade, em que diferenças na duração do dia, temperatura, precipitação e outros fatores, são os reguladores desses ciclos (Morellato, 2007).

A realização de estudos fenológicos são ferramentas que permitem a reunião de informações sobre fatores bióticos e a abióticos que refletem no estabelecimento do período de desenvolvimento das plantas ao longo de suas diferentes etapas: germinação, emergência, crescimento, desenvolvimento vegetativo, florescimento, frutificação, formação das sementes e maturação (Morellato e Leitão-Filho, 1996; Oliveira et al., 2018).

No melhoramento genético, o estudo das fases fenológicas é essencial para compreensão da uniformidade da maturação, duração do ciclo e florescimento, visto que podem ser usadas para selecionar genótipos com tempos de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo desejados frente à interação com fatores climáticos simultâneos (Gaspari-Pezzopane et al., 2009; Medeiros et al., 2018; Navas-López et al., 2018). Além disso, os estudos fenológicos são importantes para estabelecer requisitos ecoclimáticos, aplicações no zoneamento agrícola, otimização do tempo de aplicações de insumos, implementação do manejo preventivo de pragas/doenças e desenvolvimento de estratégias e cronogramas de atividades como a polinização e a colheita das culturas (Salazar et al., 2006; Bergamaschi, 2007).

Nas últimas décadas, a fenologia tem ganhado ainda mais atenção por ser um dos processos mais simples para monitorar as mudanças na ecologia das espécies em respostas as alterações climáticas atuais (Walther et al., 2002). Os estudos atuais estão focados sobretudo em modificações no período de floração que afeta outros processos como polinização, maturação de sementes, dispersão, germinação e a atividade de muitos animais relevantes (Both e Visser, 2001; Stenseth e Mysterud, 2002).

É importante destacar que, as mudanças fenológicas na vegetação natural e das florestas respondem até o momento bem ao padrão de aquecimento, porém em culturas

anuais os efeitos têm sido mais variados porque as alterações na fenologia interagem com mudanças no manejo das culturas e período de semeadura (Liu et al., 2010; Rezaei et al., 2018). Em razão desses aspectos, estudos com milho (Chen e Liu, 2014; Hatfield e Dold, 2018), arroz (Devkota et al., 2013; Nguyen-Sy et al, 2019), trigo (Rezaei et al., 2018; Wu et al., 2019), soja (Shen e Liu, 2015; Choi et al., 2016) e outras espécies cultivadas seguem sendo realizados para analisar as modificações fenológicas e os impactos que geram na produtividade das mesmas.

No feijão, Aguirre et al. (2003) e Boros et al. (2014) realizaram estudos de caracterização morfoagronômica e fenológica de genótipos de feijão. Zilio et al. (2013) estudaram a correlação entre ciclo e produtividade. Araújo e Teixeira (2008) investigaram as relações entre rendimento de grão, produção de biomassa e acúmulo de nitrogênio e potássio nos estádios reprodutivos do feijão comum. Enquanto que Thomas et al. (2009) estudaram o impacto do aumento da temperatura e do gás carbônico na composição das sementes, emergência das mudas e vigor de feijão vermelho. Esses estudos mostram como a fenologia pode ser empregada em diversas abordagens e que sem a mesma os avanços no melhoramento genético ficam limitados.

Viabilidade polínica

O grão de pólen é a estrutura responsável por transferir o material genético masculino tanto em angiospermas quanto das gimnospermas e tem sido o foco de muitos estudos envolvendo um grande número de espécies (Moore e Webb, 1978; Hesse et al., 2009). A qualidade do pólen tem sido avaliada para examinar a fertilidade das plantas, analisar o estado do pólen durante o armazenamento, em estudos ecológicos ou taxonômicos e em pesquisas sobre a bioquímica, genética, interações com estigma, sistemas de incompatibilidade e fertilização (Stanley e Linskens 1974; Heslop-Harrison et al., 1984).

No melhoramento de plantas, os estudos com o grão de pólen são importantes e ocorrem porque o pólen deve ser viável no momento da fertilização, além de ser útil para o armazenamento de germoplasma e em programas de hibridização (Heslop-Harrison et al., 1992). Os termos viabilidade, coloração, vigor, germinação e fertilização indicam diferentes aspectos do potencial do pólen (Dafni, 1992). Porém, a viabilidade e

a germinação têm recebido mais atenção em razão do seu emprego no melhoramento de plantas (Khan e Perveen, 2006).

Segundo Lincoln et al. (1982), a viabilidade é definida como ter a capacidade de viver, crescer, germinar ou desenvolver, e sua avaliação é o fator primário para testar a capacidade do grão de pólen de germinar o estigma da flor, sendo o estágio decisivo a fertilização (Dafni, 1992). Vários são os métodos que podem ser utilizados para estimar a viabilidade do pólen (Beyhan e Serdar, 2008). Dentre eles, o método de polinização *in vivo* que mede a capacidade de determinada amostra de pólen afetar a fertilização e influenciar a produção de sementes e frutos; outros métodos incluem, germinação *in vivo* ou *in vitro* e o teste de coloração citoquímica dos grãos de pólen (Dafni, 1992; Heslop-Harrison et al., 1992).

A coloração citoquímica é o método mais simples e rápido comumente usado para estimar a viabilidade polínica pela contagem direta e que utiliza corantes químicos específicos que reagem com componentes celulares presentes no grão de pólen desenvolvido. Os corantes Lugol, Carmin acético e Alexander são os que mais se destacam na realização desse teste (Kelly et al., 2002; Pagliarini e Pozzobon, 2004).

Segundo Techio et al. (2006), o corante Alexander tem provido informações que permitem uma maior diferenciação entre polens viáveis e inviáveis, visto que apresenta três componentes básicos: o verde malaquita, a fucsina ácida e o orange G, que fornecem coloração diferencial entre grãos de pólen viáveis e não viáveis. O composto verde malaquita tem afinidade com a parede celular do grão de pólen e o cor de verde, a fucsina ácida cora o protoplasma do pólen de vermelho ou purpura, enquanto o orange G tem a função de fixar os corantes e melhorar a diferenciação do grão de pólen (Alexander, 1969).

Em resumo, a viabilidade do pólen é importante nos programas de melhoramento porque a eficiência das autofecundações e hibridações depende de uma alta porcentagem de polens viáveis, e assim, aumentam as chances de êxitos nos cruzamentos (Techio et al., 2006).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, R. J. R.; PEÑA-VALDIVIA, C. B.; BAYUELO-JIMÉNEZ, J. S. Morphology, phenology and agronomic traits of two wild Mexican common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) populations under cultivation. **South African Journal of Botany**. 69:410-421, 2003.
- ALEMU, H. Breeding Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for Canning Quality Traits: A Review. **Journal of Agricultural Science and Food Research**. 9:1-4, 2018.
- ALEXANDER, M. P. Differential staining of aborted and nonaborted pollen. **Stain technology**. 44:117-122, 1969.
- ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**. 3rd ed. Nova Iorque: J. Wiley, 1960. 485p.
- ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Relationships between grain yield and accumulation of biomass, nitrogen and phosphorus in common bean cultivars. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 32:1977-1986, 2008.
- ARAÚJO, J. P. P.; RIOS, G. P.; WATT, E. E.; NEVES, B. P.; FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P.; GRUIMARAES, C.M.; SILVEIRA FILHO, A. **Cultura do caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp: descrição e recomendações técnicas de cultivo**. EMBRAPA-CNPAF, 1984, 82 p.
- BARROS, M. A.; ROCHA, M. D. M.; GOMES, R. L. F.; SILVA, K. J. D.; NEVES, A. C. D. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi de porte semiprostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 48:403-410, 2013.
- BAUDET, J.C. Origene et classification des especes cultivees du genre *Phaseolus*. **Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique**. 110:65-76, 1977.
- BAUDOIN, J.P. Genetic resources, domestications and evolution of lima bean, *Phaseolus lunatus*. In: GEPTS, P. (ed.). **Genetic resources of *Phaseolus* bean**. Holland:Kluwer Academic Publishers, 1988. p.393-407.
- BECERRA, V. V.; PAREDES, M. C.; DEBOUCK, D. Genetic relationships of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) race Chile with wild Andean and Mesoamerican germplasm. **Chilean journal of agricultural research**. 71: 1-15, 2011.
- BELHASSEN, B. B.; RAWAL, V.; NAVARRO, D. K. Introduction. In: RAWAL, V.; NAVARRO, D. K. (eds.). **The Global Economy of Pulses**. Rome: FAO, 2019.
- BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In:

REGO, G.M. et al. **Fenologia ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. p.291-310.

BETANCUR-ANCONA, D.; GALLEGOS-TINTORÉ, S.; CHEL-GUERRERO, L. Wet-fractionation of *Phaseolus lunatus* seeds: partial characterization of starch and protein. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 84:1193–1201, 2004.

BEYHAN, N.; SERDAR, U. Assessment of pollen viability and germinability in some European chestnut genotypes (*Castanea sativa* L.). **Horticultural Science**. 35:171-178, 2008.

BEYRA, A.; ARTILES, G. R. (2004). Revisión taxonómica de los géneros *Phaseolus* y *Vigna* (Leguminosae-Papilionoideae) en Cuba. **Anales del Jardín Botánico de Madrid**. 61:135-154, 2004.

BEZERRA, F.; SAUNDERS, L. Irrigação de dois cultivares de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em três épocas de plantio sob dois níveis de irrigação no Vale do Curu. **Ciência Agronômica**. 23:39-44, 1992.

BHATIA, S. Application of Plant Biotechnology In: BHATIA, S.; SHARMA, K.; DAHIYA, R.; BERA, T. **Modern applications of plant biotechnology in pharmaceutical sciences**. Academic Press, 2015. p.157-207.

BITOCCHI, E.; NANNI, L.; BELLUCCI, E.; ROSSI, M.; GIARDINI, A.; ZEULI, P. S.; LOGOZZO, G.; STOUGAARD, J., MCCLEAN, P.; ATTENE, G.; PAPA, R. Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. 109: E788-E796, 2012.

BLAIR, M. W.; IZQUIERDO, P.; ASTUDILLO, C.; GRUSAK, M. A. A legume biofortification quandary: variability and genetic control of seed coat micronutrient accumulation in common beans. **Frontiers in Plant Science**. 4:275, 2013.

BOROS, L.; WAWER, A.; BORUCKA, K. Morphological, phenological and agronomical characterisation of variability among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) local populations from The National Centre for Plant Genetic Resources: Polish Genebank. **Journal of Horticultural Research**. 22:123-130, 2014.

BOTH, C.; VISSER, M. E. Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. **Nature**. 411:296–298, 2001.

BROUGHTON, W.J.; HERNA´NDEZ, G.; BLAIR, M.; BEEBE, S.; GEPTS, P.;

VANDERLEYDEN, J. Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. **Plant Soil**. 252:55–128, 2003.

CABRAL, P. D. S.; SOARES, T. C. B.; LIMA, A. B. D. P.; ALVES, D. D. S.; NUNES, J. A. Diversidade genética de acessos de feijão comum por caracteres agronômicos. **Revista Ciência Agronômica**. 42:898-905, 2011.

CALLES, T.; XIPSITI, M.; DEL CASTELLO, R. Legacy of the International Year of Pulses. **Environmental earth sciences**. 78:124. 2019.

CÂMARA, G. M. S. Fenologia da soja. **Informações Agronômicas**. 82:1-6, 1998.
CARVALHO, J. M. F. C.; SILVA, M. M. A. P.; MEDEIROS, M. J. L. **Conservação dos Recursos Genéticos Vegetais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009.

CARVALHO, M.; CASTRO, I.; MATOS, M.; LINO-NETO, T.; SILVA, V.; ROSA, E.; CARNIDE, V. Caracterização agro-morfológica de acessos de feijão-frade (*Vigna unguiculata*): bases para o melhoramento. **Revista de Ciências Agrárias**. 39:506-517, 2016.

CASTINEIRAS, L.; ESQUIVEL, M.; RIVERO, N.; MARINO, A. Variabilidad de la semilla de *Phaseolus lunatus* L. en Cuba. **Revista Del Jardín Botánico Nacional**. 12: 109-114, 1991.

CASTRO-GUERRERO, N. A.; ISIDRA-ARELLANO, M. C.; MENDOZA-COZATL, D. G.; VALDÉS-LÓPEZ, O. Common bean: A legume model on the rise for unraveling responses and adaptations to iron, zinc, and phosphate deficiencies. **Frontiers in plant Science**. 7:1-7, 2016.

CHEN, P.; LIU, Y. The impact of climate change on summer maize phenology in the northwest plain of Shandong province under the IPCC SRES A1B scenario. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 17:12-53, 2014.

CHOI, D. H.; BAN, H. Y.; SEO, B. S.; LEE, K. J.; LEE, B. W. Phenology and seed yield performance of determinate soybean cultivars grown at elevated temperatures in a temperate region. **PloS one**. 11:1-18, 2016.

COELHO, C. M. M.; COIMBRA, J. L. M.; SOUZA, C. A. D.; BOGO, A.; GUIDOLIN, A. F. Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**. 37:1241-1247, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: décimo segundo levantamento: SAFRA 2018/19**. Brasília: CONAB, 2019. v.6 p.1-126. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 23, janeiro, 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Séries históricas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>. Acesso em 23, janeiro, 2020.

CÓRCOLES, H. L.; RAMOS, A. B.; GARCIA, F. M.; VALVERDE, M. R.; RIQUELME, F. J. M. Phenological growth stages of saffron plant (*Crocus sativus* L.) according to the BBCH Scale. **Spanish journal of agricultural research**. 13:1-7, 2015.

CORREA, A. M.; GONÇALVES, M. C. Divergência genética em genótipos de feijão comum cultivados em Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**.59:206-212, 2012.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Imprensa Universitária, 2001. 390p.

DAFNI, A. **Pollination ecology: a practical approach**. New York: Oxford University Press, 1992. 250p.

DEBOUCK, D.G. Systematics and morphology. In: VAN SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. (eds.) **Common beans: research for crop improvement**. Cali: CIAT, 1991. p. 55-181.

DEVKOTA, K. P.; MANSCHADI, A. M.; DEVKOTA, M.; LAMERS, J. P. A.; RUZIBAEV, E.; EGAMBERDIEV, O.; AMIRI, E.; VLEK, P. L. G. Simulating the impact of climate change on rice phenology and grain yield in irrigated drylands of Central Asia. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**. 52:2033-2050 2013.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. **Projeções para o agronegócio brasileiro – Feijão**. Disponível em: <http://outlookdeagro.azurewebsites.net/OutLookDeagro/ptBR/Publicacao/Feijao/Brasil/2027-28>. Acesso em: 23, janeiro, 2020.

FERREIRA, C.; SANTOS, M. L.; BRAGA, M. J.; PELOSO, M. J. Aspectos Econômicos. In: VIEIRA, C.; JUNIOR PAULA, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 20-40.

FERREIRA, F. R. Germoplasma de Fruteiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 33: 1-6, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Faostat database gateway**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 19, março, 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Pulses: Nutritious seeds for a sustainable future**. Rome, 2016. 189p.

FORERO, D. C.; HORMAZA, P.; ROMERO, H. M. Phenological growth stages of African oil palm (*Elaeis guineensis*). **Annals of Applied Biology**. 160:56–65, 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; LOPES, A. C. A. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi. **Ciência Rural**. 35:24-30, 2005

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (org). **O Caupi no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/Ibadan: IITA, 1988. p. 25-46.

FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. Caupi: nomenclatura científica e nomes vulgares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 18:1369 -1372, 1983.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V.Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. dos. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V.Q. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. p. 27 - 92.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; SILVA, K.J.D.; NOGUEIRA, M.S.R.; RODRIGUES, E.V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

FREITAS, G.; GANANÇA, J. F. T.; NÓBREGA, H.; NUNES, É.; COSTA, G.; SLASKI, J. J.; CARVALHO, M. Â. A. P. Morphological evaluation of common bean diversity on the Island of Madeira. **Genetic Resources and Crop Evolution**. 58:861–874, 2010.

GASPARI - PEZZOPANE, C. D. G.; FAVARIN, J. L., MALUF, M. P.; PEZZOPANE, J. R. M.; GUERREIRO FILHO, O. Atributos fenológicos e agrônômicos em cultivares de cafeeiro arábica. **Ciência Rural**. 39:711-717, 2009.

GEPTS, P.; BLISS, F.A. Phaseolin variability among wild and cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*) from Colombia. **Economia Botany**. 40: 469-478, 1986.

GEPTS, P.; OSBORN, T.C.; RASHKA, K.; BLISS, F.A. Phaseolin-protein variability in wild forms and landraces of common bean (*Phaseolus vulgaris*): Evidence for multiple centers of domestication. **Economic Botany**. 40: 451- 468, 1986.

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**. 11:37-45, 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**. 42:15-28, 1995.

GUZMÁN-MALDONADO, S. H.; ACOSTA-GALLEGOS, J.; PAREDES-LÓPEZ, O. Protein and mineral content of a novel collection of wild and weedy common bean (*Phaseolus vulgaris* L). **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 80:1874-1881, 2000.

HATFIELD, J. L.; DOLD, C. Climate Change Impacts on Corn Phenology and Productivity. *Corn: **Production and Human Health in Changing Climate***. 95-114 2018.

HESLOP-HARRISON, J, HESLOP-HARRISON, V, SHIVANNA, K.R. The evaluation of pollen quality, and a further appraisal of the fluorochromatic (FCR) test procedure. **Theoretical and Applied Genetics**. 67: 367-375, 1984.

HESLOP-HARRISON, J. S. Cytological techniques to assess pollen quality. In: **Sexual plant reproduction**. Springer: Berlin, 1992. p. 41-48.

HESSE. M.; HALBRITTER, H.; WEBER. M; BUCHNER. R; FROSCH-RADIVO, A.; ULRICH, S. **Pollen terminology. An illustrated handbook**. Springer: Wien, 2009. 266 p.

HUYNH, B. L.; CLOSE, T. J.; ROBERTS, P. A.; HU, Z.; WANAMAKER, S.; LUCAS, M. R.; CHIULELE, R.; CISSÉ, N.; DAVID, A.; HEARNE, S.; FATOKUN, C.; DIOP, N.N.; EHLERS, J. D. Gene pools and the genetic architecture of domesticated cowpea. **The Plant Genome**. 6:1-8 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2018). **Produção Agrícola Municipal: Culturas Temporárias e Permanentes**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 23, janeiro, 2020.

INTERNATIONAL CENTER FOR TROPICAL AGRICULTURE (CIAT). **CIAT Today: an overview**. Cali: CO, 2018. 8p.

IPGRI. **Descritores para *Phaseolus vulgaris* L.** Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 2001. 45p.

IQBAL, A.; KHALIL, I. A.; ATEEQ, N.; SAYYAR KHAN, M. Nutritional quality of important food legumes. **Food Chemistry**. 97:331–335, 2006.

JESUS, L. D. G. A.; TAVARES, L. R.; GOMES, M. F. C.; VALENTE, S. E. S.; GOMES, R. L. F.; LOPES, A. C. A.; COSTA, M. F. Eficiência de testes colorimétricos para determinação da viabilidade do pólen em acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. 8:59-64, 2018.

KELLY, J. K.; RASCH, A.; KALISZ, S. A method to estimate pollen viability from pollen size variation. **American Journal of Botany**. 89:1021-1023, 2002.

KHAN, S.A.; PERVEEN, A. Germination capacity of stored pollen of *Abelmoschus esculentus* l. (Malvaceae) and their maintenance. **Pakistan Journal of Botany**. 38: 233-236, 2006.

KOENIG, R.; GEPTS, P. Allozyme diversity in wild *Phaseolus vulgaris*: further evidence for two major centers of genetic diversity. **Theoretical and Applied Genetics**. 78:809-81, 1989.

LACERDA, A. M.; MOREIRA, F. M. D. S.; ANDRADE, M. J. B.; SOARES, A. L. D. L. Efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação e produtividade do feijão-caupi. **Ceres**. 51:67-82, 2004.

LAVINSCKY, M. P.; SOUZA, M. M.; SILVA, G. S.; MELO, C. A. F. Contributions of classical and molecular cytogenetic in meiotic analysis and pollen viability for plant breeding. **Genetics and Molecular Research**. 16:1-15, 2017.

LEITÃO, S. T.; DINIS, M.; VELOSO, M. M.; ŠATOVIĆ, Z.; VAZ PATTO, M. C. Establishing the bases for introducing the unexplored Portuguese common bean germplasm into the breeding world. **Frontiers in plant Science**. 8: 1-18, 2017.

LIMA, M. S. D.; CARNEIRO, J. E. D. S.; CARNEIRO, P. C. S.; PEREIRA, C. S.; VIEIRA, R. F.; CECON, P. R. Caracterização da variabilidade genética entre genótipos de feijoeiro comum por meio de descritores morfoagronômicos. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. 12:76-84, 2012.

LINCOLN R. J.; BOXSHALL G. A.; CLARK P. F. **A dictionary of ecology, evolution and systematics**. New York: Cambridge University Press, 1982.

LIU, Y.; WANG, E.; YANG, X.; WANG, J. Contributions of climatic and crop varietal changes to crop production in the North China Plain, since 1980s. **Global Change Biology**. 16:2287–2299, 2010.

MACHADO, C. D. F.; NUNES, G. H. D. S.; FERREIRA, D. F.; SANTOS, J. B. D. Divergência genética entre genótipos de feijoeiro a partir de técnicas multivariadas. **Ciência Rural**. 32:251-258, 2002.

MACKIE, W.W. Origin dispersal and variability of the Lima bean (*Phaseolus lunatus*). **Hilgardia**. v.15, n.1, p.1-29, 1943.

MARTÍNEZ-CASTILLO, J.; COLUNGA-GARCÍAMARÍN, P.; ZIZUMBO VILLARREAL, D. Genetic erosion and in situ conservation of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) landraces in its Mesoamerican diversity center. **Genetic Resources and Crop Evolution**. 55:1065-1077, 2008.

MEDEIROS, J. G. S.; BIASI, L. A.; BONA, C. M. D.; CUQUEL, F. L. Phenology, production and quality of blueberry produced in humid subtropical climate. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 40: 1-10 2018.

MENEZES JÚNIOR, J. B. F. O feijão comum: Taxinomia, morfologia, histologia, parasitologia, microbiologia, composição química e usos. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. 20:83-104, 1960.

MENSA-WILMOT, Y.; PHILLIPS, R.; HARGROVE, J. Protein quality evaluation of cowpea-based extrusion cooked cereal/legume weaning mixtures. **Nutrition Research**. 21:849–857, 2001.

MERCADO-RUARO, P.; DELDADO-SALINAS, A. Cytogenetics studies in *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae). **Genetics and Molecular Biology**. 23: 985-987, 2000.

MERCADO-RUARO, P.; DELGADO-SALINAS, A. Karyological studies in several Mexican species of *Phaseolus* L. and *Vigna* Savi (Phaseolinae, Fabaceae). In: PICKERSGILL, B.; LOCK, J.M. (eds.). **Advances in Legume Systematics**, 1996, p. 83-87.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P. D.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. D. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**. 31:1114-1121, 2007.

MOORE, P.D.; WEBB, J.A. **An illustrated guide to pollen analysis**. 1. ed. New York: A Halsted Press Book, 1978. 133p.

MORELLATO, L. P. C. A pesquisa em fenologia na América do Sul, com ênfase no Brasil, e suas perspectivas atuais. In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B.; MORELLATO, L. P. C. (eds.). **Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F. Reproductive phenology of climbers in

a Southeastern Brazilian forest. **Biotropica**. 28:180-191,1996.

NAVAS-LÓPEZ, J. F.; LEÓN, L.; RAPOPORT, H. F.; MORENO-ALÍAS, I.; MEDINA, M. G.; SANTOS, C.; PORRAS, R.; LORITE, I.L.; DE LA ROSA, R. Flowering phenology and flower quality of cultivars “Arbequina”, “Koroneiki” and “Picual” in different environments of southern Spain. **Acta Horticulturae**. 1229: 257–262, 2018.

NGUYEN-SY, T.; CHENG, W.; TAWARAYA, K.; SUGAWARA, K.; KOBAYASHI, K. Impacts of climatic and varietal changes on phenology and yield components in rice production in Shonai region of Yamagata Prefecture, Northeast Japan for 36 years. **Plant Production Science**. 22:382:394, 2019.

OLIVEIRA, A. P. D.; ALVES, E. U.; ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S.; SILVA, J. A. D.; PÔRTO, M. L.; ALVES, A. V. Produção de feijão-fava em função do uso de doses de fósforo. **Horticultura Brasileira**. 22:543-546, 2004.

OLIVEIRA, F. J.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J.; BASTOS, G. Q.; REIS, O. V. Divergência genética entre cultivares de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 38:605-611, 2003.

OLIVEIRA, G. V.; CARNEIRO, P. C. S.; CARNEIRO, J. E. D. S.; CRUZ, C. D. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41:257-265, 2006.

OLIVEIRA, M. G. C.; OLIVEIRA, L. F. C.; WENDLAND, A.; GUIMARÃES, C. M.; QUINTELA, E. D.; BARBOSA, F. R.; CARVALHO, M. C. S.; LOBO JUNIOR, M.; SILVEIRA, P. M. Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos. Brasília: Embrapa, 2018. 59 p.

PAGLIARINI, M.S; POZZOBON, M.T. **II Curso de citogenética aplicada a recursos genéticos vegetais**. Brasília: EMBRAPA CENARGEN, 2004.

PEREIRA, H. S.; ALVARES, R. C.; MELO, L. C.; COSTA, A. F.; CARVALHO, H. W. L. Culinary and nutritional quality of common bean lines with Carioca grain type and interaction with environments. **Revista Ceres**. 64:159-166, 2017.

PEREIRA, T. N. S. **Germoplasma: conservação, manejo e uso no melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: Arca, 2010. 250p.

PIELTAIN, M. C.; CASTAÑÓN, A. A. R.; FLORES, M. P.; CASTAÑÓN, J. I. R. Nutritive value of postharvest bean by-products (*Phaseolus vulgaris* L.) for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**. 62:271–275, 1996.

POZZOBON, M.T.; BIANCHETTI, L.B.; SANTOS, S.; CARVALHO, S.I.C.; REIFSCHNEIDER, J.B.; RIBEIRO, C. S. C. Comportamento meiótico em acessos de *Capsicum chinense* Jacq. do Banco de Germoplasma da Embrapa, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**. 13:96-100, 2015.

PREET, K.; DARSHAN, P. Proximate composition, phytic acid, polyphenols and digestibility (in vitro) of four brown cowpea varieties. **International journal of food sciences and nutrition**. 51:189-193, 2000.

RAMOS, S.R.R.; QUEIROZ, M.A. Caracterização morfológica: experiência do BAG de cucurbitáceas da Embrapa Semi-Árido, com acessos de abóbora e moranga. **Horticultura Brasileira**. 17:9-12, 1999.

RANA, J. C.; SHARMA, T. R.; TYAGI, R. K.; CHAHOTA, R. K.; GAUTAM, N. K.; SINGH, M.; SHARMA, P. N; OJHA, S. N. Characterisation of 4274 accessions of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm conserved in the Indian gene bank for phenological, morphological and agricultural traits. **Euphytica**. 205:441-457, 2015.

RANGEL, P. H. N.; ABREU, A. G.; TORGA, P. P. **Manual de gestão do banco de germoplasma de arroz e feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2019. 68 p.

RAWAL, V.; CHARRONDIERE, R.; XIPSITI, M.; GRANDE, F. Benefits and consumption patterns. In: RAWAL, V.; NAVARRO, D. K. (eds.). **The Global Economy of Pulses**. Rome: FAO, 2019.

REZAEI, E. E.; SIEBERT, S.; HÜGING, H.; EWERT, F. Climate change effect on wheat phenology depends on cultivar change. **Scientific reports**. 8:1-10, 2018.

REZENDE, A. A.; PACHECO, M. T. B.; SILVA, V. S. N.; FERREIRA, T. A. P. C. Nutritional and protein quality of dry Brazilian beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Science and Technology**. 38; 421-427, 2018.

RODRIGUES, L. R.; BEAUVALET, C. S.; OLIVEIRA, J. M. S. D.; MARIATH, J. E. D. A. Etapas da Androsporogênese e da Androgametogênese de *Phaseolus vulgaris* L. de acordo com o Tamanho do Botão Floral. **Revista Brasileira de Biociências**. 5:777-779, 2007.

RODRIGUES, L. S.; ANTUNES, I. F.; TEIXEIRA, M. G.; SILVA, J. B. Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 37:1275-1284, 2002.

SALAZAR D.M.; MELGAREJO P.; MARTINEZ R., MARTINEZ J.J.; HERNANDEZ F. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). **Scientia Horticulturae**. 108:157–161, 2006.

SANTANA, S. R. A. D.; MEDEIROS, J. E. D.; ANUNCIACÃO-FILHO, C. J. D.; SILVA, J. W. D.; COSTA, A. F. D.; Bastos, G. Q. Genetic divergence among cowpea genotypes by morphoagronomic traits. **Revista Caatinga**. 32:841-850, 2019.

SANTOS, J. B.; GAVILLANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; JUNIOR PAULA, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 41-65.

SHARASIA, P. L.; GARG, M. R.; BHANDERI, B. M. **Pulses and their by-products as animal feed**. Calles T.; Makkar, H. P. S. (eds.). Rome: FAO, 2017.

SHEN, Y.; LIU, X. Phenological changes of corn and soybeans over US by Bayesian change-point model. **Sustainability**. 7: 6781-6803, 2015.

SILVA, M. G. D. M.; SANTOS, J. B. D.; ABREU, Â. D. F. B. Seleção de famílias de feijoeiro resistente à antracnose e à mancha-angular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 41:1499-1506, 2006.

SILVA, V. B.; 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**. 36:683-692, 2015.

SINGH, S. P.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D. G. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). **Economic Botany**. 45:379-396, 1991a.

SINGH, S. P.; NODARI R, GEPTS. P. Genetic diversity in cultivated common beans. I. Allozymes. **Crop Science**. 31: 19–23, 1991b.

SNAK, C.; MIOTTO, S. T. S.; GOLDENBERG, R. Phaseolinae (Leguminosae, Papilionoideae, Phaseoleae) no estado do Paraná, Brasil. **Rodriguésia**. 62: 695-716, 2011.

SNAK, C.; SALINAS, A.O.D. *Phaseolus*. In Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB79132>. Acesso em: 20 Jan. 2020.

STANLEY, R.G.; LINSKENS, H.F. **Pollen: biology, Biochemistry management**. New York: Springer-Verlag, 1974. 172p.

STENSETH, N. C.; MYSTERUD, A. Climate, changing phenology, and other life history traits: Nonlinearity and match–mismatch to the environment. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. 99:13379–13381, 2002.

SUSO, M.; BEBELI, P.; PALMER, R. Reproductive Biology of Grain Legumes. In: DE RON, A. (ed). **Grain Legumes**. Handbook of Plant Breeding. New York: NY, 2015. v.10, p.365-399.

TECHIO, V. H.; DAVIDE, L. C.; PEREIRA, A. V. Meiosis in elephant grass (*Pennisetum purpureum*), pearl millet (*Pennisetum glaucum*) (Poaceae, Poales) and their interspecific hybrids. **Genetics and Molecular Biology**. 29:353-362, 2006.

THARANATHAN, R.N.; MAHADEVAMMA, S. Legumes – a boon to human nutrition. **Trends in Food Science Technology**. 14: 507–518, 2003.

THOMAS, J. M. G.; PRASAD, P. V. V.; BOOTE, K. J.; ALLEN JR, L. H. Seed Composition, Seedling Emergence and Early Seedling Vigour of Red Kidney Bean Seed Produced at Elevated Temperature and Carbon Dioxide. **Journal of Agronomy and Crop Science**. 195:148–156, 2009.

VALLS, J.F.M. Caracterização de recursos genéticos vegetais. In: Nass, L.L. (org) **Recursos Genéticos Vegetais**. Brasília: Embrapa, 2007. p.201-305,

VASCONCELOS, I. M.; MAIA, F. M. M.; FARIAS, D. F.; CAMPELLO, C. C.; CARVALHO, A. F. U.; MOREIRA, R. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Protein fractions, amino acid composition and antinutritional constituents of high-yielding cowpea cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**. 23:54–60, 2010.

VIEIRA, R.F.; VIEIRA, C.; ANDRADE, G.A. Comparações agronômicas de feijões dos gêneros *Vigna* e *Phaseolus* com o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 27:841-850, 1992.

WALTHER, G.R.; POST, E., CONVEY, P.; MENZEL, A.; PARMESAN, C.; BEEBEE, T. J. C.; FROMENTIN J. M.; HOEGH-GULDBERGI, O; BAIRLEIN, F. Ecological responses to recent climate change. **Nature**. 416:389–395, 2002.

WETZEL, M. M. V. S.; FREIRE, M. S.; FAIAD, M. G. R.; FREIRE, A. B. Recursos genéticos: coleção ativa e de base. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. p. 29-92.

WILKER, J. L.; NAVABI, A.; RAJCAN, I.; MARSOLAIS, F.; HILL, B.; TORKAMANEH, D.; PAULS, K. P. Agronomic Performance and Nitrogen Fixation of Heirloom and Conventional Dry Bean Varieties Under Low-Nitrogen Field Conditions. **Frontiers in Plant Science**.10:952, 2019.

WU, D.; WANG, P.; JIANG, C.; YANG, J.; HUO, Z.; YU, Q. Measured Phenology

Response of Unchanged Crop Varieties to Long-Term Historical Climate Change. **International Journal of Plant Production**. 13:47-58, 2019.

ZILIO, M.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M.; MIQUELLUTI, D. J.; MICHELS, A. F. Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State. **Acta Scientiarum Agronomy**. 35: 21-30, 2013.

ZIMMERMANN, M.J.O.; TEIXEIRA, M.G. Origem e evolução. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F. ZIMMERMANN, M. J. O. (eds). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.101-137.

4. CAPÍTULOS

4.1 CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO

INTRODUÇÃO

O cultivo do feijão tem uma grande importância no contexto socioeconômico do Brasil. É uma leguminosa presente na dieta dos brasileiros que possui indispensável papel nutricional, principalmente por possuir elevados teores de proteínas (Lopes Junior et al., 2010; Cabral et al., 2011b). No Brasil, a espécie mais importante em termos econômicos é o feijão comum e o preto (*Phaseolus vulgaris* L.), seguido pelo feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) e o feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) (Guimarães et al., 2007; Freire Filho et al., 2011).

O feijoeiro abriga elevada variabilidade genética que se bem preservada, avaliada e disponibilizada proporciona ganhos genéticos expressivos para a cultura e para a agricultura brasileira (Kloster et al., 2011). Essa variabilidade muitas vezes não está contida nos programas de melhoramento, mas no campo, com os agricultores familiares, nas variedades crioulas (Tsutsumi et al., 2015).

Com o melhoramento genético, a variabilidade genética está sob constante pressão em direção à sua erosão em decorrência do uso de cultivares uniformes (Rodrigues et al., 2002). A resolução desse problema requer a devida caracterização e avaliação do germoplasma disponível, para que assim, possa ser usado com eficácia nos programas de melhoramento com objetivo de aumentar a base genética e conservar a variabilidade existente (Coelho et al., 2007; Valls, 2007).

Conforme relata Carvalho et al. (2008) quanto maior a diversidade genética entre os acessos disponíveis, maior será as chances de se encontrar alelos de interesse. E a caracterização e avaliação realizadas a nível morfológico, agrônomo, bioquímico, citogenético ou molecular são as atividades que permitem a distinção entre os genótipos (Nick et al., 2010). Em particular, a caracterização morfoagronômica viabiliza estimar a variabilidade genética de cada acesso estudado, possibilitando avanços na descrição da divergência genética e adequado manejo das coleções de germoplasma (Rabbani et al., 1998; Guimarães et al., 2007). Essa análise permite definir com eficiência os

genótipos promissores para os programas de melhoramento, as variáveis que são relevantes para o estudo da diversidade genética e os caracteres que não contribuem para a separação dos genótipos (Coelho et al., 2010).

Os procedimentos de análise multivariada têm sido muito empregados para estimar a divergência genética entre genótipos. Entre os métodos, destaca-se: a análise por componentes principais, quando os dados são obtidos de experimentos sem repetições; variáveis canônicas, quando os dados são obtidos de experimentos com repetições e os métodos de agrupamentos, cuja aplicação depende da utilização de uma medida de dissimilaridade previamente estimada (Oliveira et al., 2003).

As variedades tradicionais de feijão são dotadas de variabilidade genética que poderá ser usada pelos melhoristas, visto que contribuem para obtenção de cultivares mais produtivas, resistentes ou tolerantes pela adaptação local que esses acessos possuem (Gonçalves et al., 2016). Em razão disso, diversos são os estudos realizados de diversidade genética com o intuito de encontrar genótipos promissores de feijão comum, caupi e fava (Coimbra et al., 1999; Fonseca et al., 2007; Bertini et al., 2010; Lima et al., 2012; Rana et al., 2015; Silva et al., 2017b; Araujo et al., 2019; Purwanti e Fauzi, 2019).

Aliado a esses aspectos se faz necessário a ampliação do conhecimento do germoplasma de feijão na região Norte de Mato Grosso, pois o estado tem produção relevante de feijão comum e caupi (Conab, 2019). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização morfoagronômica de treze genótipos de feijão, sendo quatro da *P. vulgaris*, oito da *V. unguiculata* e um genótipo de *P. lunatus* com base em descritores qualitativos e quantitativos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Alta Floresta, região norte do Estado de Mato Grosso, localizada a 9° 52' de latitude sul e 56° 06' de longitude oeste e situada a 288 metros de altitude. A região apresenta clima tropical chuvoso, tipo Aw com nítidas estações de seca (junho a agosto) e de chuva (setembro a maio), tendo uma precipitação elevada entre 2500 a 2750 mm, com maior intensidade entre janeiro/março (Köppen, 1948).

Genótipos avaliados

Foram utilizados treze genótipos de feijão pertencentes a coleção de germoplasma de feijão da UNEMAT- campus de Alta Floresta. Dos treze materiais, quatro são pertencentes a espécie *Phaseolus vulgaris* L., oito a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e uma a espécie *Phaseolus lunatus* L. (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos treze genótipos de feijão estudadas.

Espécie	Nome Popular	Nome dos Genótipos
<i>P. vulgaris</i> L.	Feijão comum	PV01
<i>P. vulgaris</i> L.	Feijão comum	PV06
<i>P. vulgaris</i> L.	Feijão comum	PV08
<i>P. vulgaris</i> L.	Feijão comum	PV09
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp.	Feijão-caupi	VU02
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU03
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU04
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU05
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU07
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU10
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU11
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU12
<i>P. lunatus</i> L.	Feijão-fava	PL13

Instalação do experimento

O experimento foi instalado em casa de vegetação na Universidade do Estado de Mato Grosso entre os meses de junho e setembro de 2019. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com treze tratamentos (genótipos de feijão) e dez repetições. Foram utilizados vasos de 5L e substrato Vivatto® para a semeadura das sementes. A irrigação foi feita por aspersão e estacas de 1,5 m foram usadas para realizar o tutoramento dos genótipos. Após o surgimento do terceiro par de folhas trifolioladas o desbaste foi realizado para obtenção de apenas uma planta por vaso (Figura 1).



Figura 1. Instalação do experimento. A: Preparação da casa de vegetação; B: Genótipos em desenvolvimento vegetativo e tutoradas. Alta Floresta-MT, 2019.

Condições climáticas

A caracterização das condições meteorológicas ocorridas durante o período experimental foi realizada a partir da obtenção dos dados climatológicos de temperatura e umidade. Os dados das condições meteorológicas foram obtidos via termohigrômetro modelo J-Prolab instalado na casa de vegetação.

Caracterização morfoagronômica

Foram avaliados 30 caracteres morfoagronômicos, sendo dezessete características qualitativas e treze quantitativas selecionadas da instrução para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de *P. vulgaris* (Brasil, 2015) e *V. unguiculata* (Brasil, 2010), e conforme o Internacional Institute of Plant Genetic Resources (IPGRI, 2001), hoje Bioversity International.

Descritores qualitativos:

- **Hábito de Crescimento (HBC):** 1 - Determinado arbustivo; 2 - Indeterminado arbustivo; 3 - Indeterminado semitrepador ou prostado (com muitas guias laterais); 4 - Indeterminado trepador.
- **Forma do folíolo terminal (FFT):** 1 - Triangular; 2 - Triangular a circular, 3 - Circular, 4 - Circular a quadrangular, 5 - Quadrangular;
- **Pigmentação antocianínica no caule (PAC):** 1 - Ausente, 2 - Presente;
- **Cor do estandarte da inflorescência (CET):** 1 - Branca, 2 - Branca rosada, 3 - Rosa, 4 - Violeta;
- **Cor da asa da inflorescência (CAS):** 1 - Branca, 2 - Branca rosada, 3 - Rosa, 4 - Violeta;
- **Cor primária da vagem (CPV):** 1 - Amarela, 2 - Verde, 3 - Roxa;
- **Cor secundária da vagem (CSV):** 1 - Rosa, 2 - Vermelha, 3 - Roxa;
- **Grau de curvatura da vagem (GCV):** 1 - Ausente ou muito fraca, 3 - Fraca, 5 - Média, 7 - Forte, 9 - Muito forte;
- **Forma da seção transversal de vagem (FTV):** 1 - Elíptica, 2 - Oval, 3 - Cordata, 4 - Circular, 5 - Octomorfa;
- **Forma da curvatura da vagem (FCV):** 1 - Côncava, 2 - Em forma de “S”, 3 - Truncada;
- **Tamanho da semente (TMS):** Essa característica foi avaliada conforme o proposto por Mateo Box (1961), que se baseia no peso de 100 sementes. Para isso, 100 sementes de cada repetição foram pesadas em balança semi-analítica, posteriormente uma média para cada genótipo foi realizada, seguindo com a classificação conforme abaixo:

1 = muito pequena: < 20g

3 = pequena: 20 a 30g

5 = média: 30 a 40g

7 = normal: 40 a 50g

9 = grande: > 50g

- **Relação comprimento/largura da semente (RCL):** De dez sementes coletadas aleatoriamente de cada genótipo foi mensurado o comprimento e largura com paquímetro digital, e realizada a razão entre essas características. O valor dado em mm foi avaliado conforme Puerta Romero (1961), através do conceito J, dado através de notas:

1= muito baixa < 1,43 (semente esférica)

3 = baixa 1,43 – 1,65 (semente elíptica)

5 = média 1,66 – 1,85 (semente oblonga/reniforme curta)

7 = alta 1,86 – 2,00 (semente oblonga/reniforme média)

9 = muito alta > 2,00 (semente oblonga/reniforme longa)

- **Relação espessura/largura da semente: (REL):** De dez sementes coletadas aleatoriamente de cada genótipo foi mensurada a espessura e largura com paquímetro digital, e realizada a razão entre essas características. O valor dado em mm foi avaliado conforme o conceito do coeficiente H (Puerta Romero, 1961), dado através de notas:

1 = muito baixo < 0,70 (semente achatada)

3 = baixo 0,70 – 0,73 (semente semi-cheia)

5 = médio 0,74 – 0,76 (semente semi-cheia)

7 = alto 0,77 – 0,80; (semente semi-cheia)

9 = muito alto > 0,80 (semente cheia)

- **Cor principal da semente (CPS):** 1-Branca, 2 -Verde ou esverdeada cinza, 3 - Cinza, 4 - Amarela, 5 - Bege, 6 - Marrom, 7 - Vermelha, 8 - Violeta, 9 - Preta;
- **Cor secundária da semente (CSS):** 1 - Cinza, 2 - Amarela, 3 - Bege, 4 - Marrom, 5 - Vermelha, 6 - Violeta, 7 - preta;
- **Brilho da Semente (BSM):** 3 - Opaco, 5 - Intermediário, 7 - Brillhante;
- **Textura da semente (TSM):** 1- Lisa ou 2 - Rugosa.

Descritores quantitativos

- **Altura da planta (ALP):** Foi realizada a mensuração da altura a nível do solo das 130 plantas com auxílio de fita métrica após a colheita das vagens e dado em centímetros. Para cada genótipo uma média foi realizada.
- **Diâmetro do caule (DCM):** Mensurado na porção mediana do caule, com auxílio de paquímetro digital e dado em milímetros de cada repetição e realizada a média por genótipo.
- **Número de dias para o florescimento (NDF):** Foi registrado a partir da emergência de 50% das plantas de cada genótipo até que 50% das plantas estivessem com pelo menos uma flor aberta.
- **Número de dias para a maturação fisiológica (NEM):** Foi registrado a partir da emergência de 50% das plantas de cada genótipo até que 50% plantas atingissem a maturação fisiológica, momento em que tem início a descoloração das vagens.
- **Número de vagens por planta (NDV):** Foi determinado mediante contagem manual do número total de vagens de todas as plantas e obtido a média.
- **Massa de 100 grãos (MGR):** Foi realizada a pesagem de uma amostra de 100 grãos em balança semianalítica em gramas, após a colheita de todas as plantas.
- **Comprimento da vagem (CPV):** Foi realizada a mensuração do comprimento médio de dez vagens com auxílio de fita métrica e dado em centímetros.
- **Largura da vagem (LGV):** Característica mensurada com auxílio de paquímetro digital, de dez vagens maduras tomadas ao acaso
- **Peso da vagem madura (PVM):** Dez vagens de cada repetição após a colheita foram pesadas com balança semianalítica e expresso em gramas.
- **Número de grãos por vagem (NGV):** Foi realizada a contagem do número de sementes de dez vagens (ao acaso) de cada genótipo e obtida a média.
- **Peso das sementes por vagem (PSV):** Obtida a partir da pesagem em balança semianalítica do número total de sementes contida em uma vagem, de dez vagens ao acaso.

- **Comprimento da semente (CPS) e Largura da semente (LGS):** Ambas as características foram mensuradas com paquímetro digital (mm). De cada repetição foi mensurado dez sementes, totalizando cem sementes por genótipo.

Análise estatística

Os caracteres qualitativos foram examinados via análise descritiva. Os dados quantitativos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e, em seguida, foi realizado, pelo teste de Scott e Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade, o agrupamento de médias para as variáveis.

A divergência genética entre os genótipos foi avaliada através de estatística multivariada, os descritores quantitativos foram submetidos a análises de agrupamento, variáveis canônicas e gráficos bidimensionais. Como medida de dissimilaridade foi utilizada a distância de Mahalanobis (Mahalanobis, 1936) e como métodos hierárquicos, UPGMA e Tocher (Rao, 1952).

O método proposto por Singh (1981) foi utilizado para verificar a importância dos caracteres para a discriminação da divergência genética. O programa computacional GENES (Cruz, 2013) foi utilizado para realizar todas as análises estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condições climáticas

As condições climáticas como temperatura do ar, umidade do ar e precipitação são fatores que podem limitar significativamente o pleno desenvolvimento do feijoeiro, sendo essencial a coleta dessas informações em cada avaliação experimental da cultura. O presente experimento foi instalado em casa de vegetação no período da seca entre os meses de junho e setembro de 2019. A temperatura média para esses meses foi de 32,97°C em junho; 34,36°C em julho, e 35°C para os meses de agosto e setembro (Figura 2).

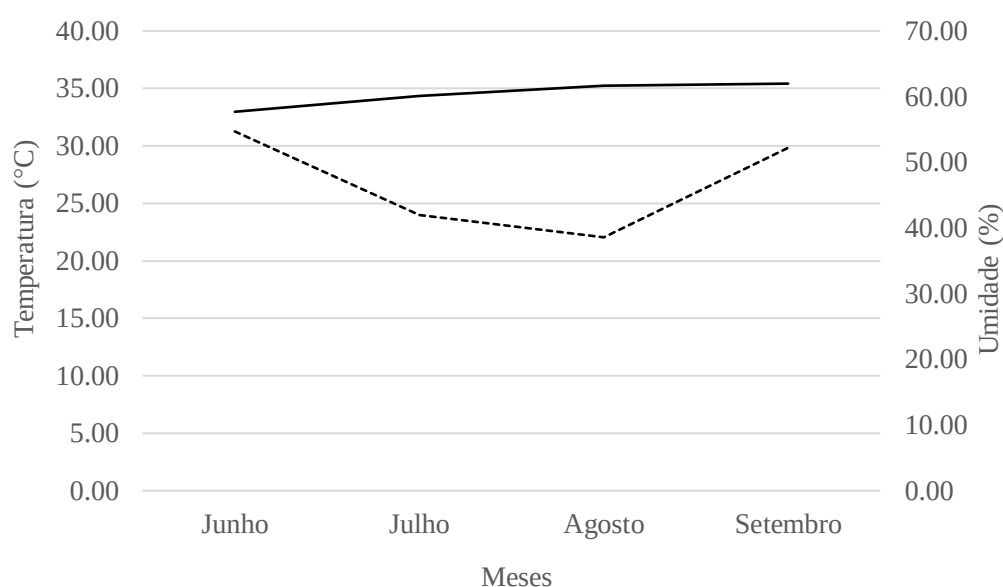


Figura 2. Temperatura média (°C) (—) e umidade (%) (----) para o período de junho de 2019 a setembro de 2019, no município de Alta Floresta-MT em casa de vegetação.

O feijão é cultivado em regiões do mundo com temperaturas variando entre 10 e 35°C, mas é entre 18 e 24°C a sua faixa ótima de cultivo (Vieira 1967; Mariot, 1989). Estudos (Gonçalves et al., 1997; Didonet e Vitória 2006; Silva et al., 2019) têm demonstrado os prejuízos que elevadas temperaturas causam no feijoeiro, como o abortamento de botões florais, flores e consequente redução do rendimento dos grãos (Dickson e Petzoldt, 1989).

De acordo com Kay (1979), temperaturas acima de 30°C a 35°C tornam-se prejudiciais à cultura, especialmente durante a floração e quando associadas a períodos de estresse hídrico. Essa condição de temperatura foi a mesma observada ao longo de

todo o desenvolvimento dos genótipos de feijão estudados, o que pode alterar a expressão das características morfoagronômicas, contudo realizar estudos em genótipos sob essas condições é importante para identificar materiais adaptados a condições adversas (Salazar et al., 2018).

A umidade do ar na casa de vegetação para junho, julho, agosto e setembro foi respectivamente de 54,70%; 41,97%; 35,58% e 52,20%. Os meses de junho e setembro correspondem ao final e início da chuva no município de Alta Floresta respectivamente, e por isso tendem a apresentar uma umidade mais elevada em comparação a julho e agosto.

A umidade relativa do ar é prejudicial ao feijão quando é baixa e está associada a altas temperaturas em regiões que ocorrem ventos fortes, pois aumenta a quantidade de vagens abortadas (Davis, 1945). Nessas condições, ocorre um aumento na demanda de água pela planta, que passa a transpirar mais, apresentado, assim, elevada tensão hídrica, o que reduz o pegamento e a retenção final de vagens (Portes, 1988).

Descritores qualitativos

Em relação ao hábito de crescimento, observou-se que dos treze genótipos estudados apenas PV06 e PV08 apresentaram hábito de crescimento determinado, sendo ambos da espécie *P. vulgaris*, os demais são de crescimento indeterminado por apresentarem crescimento contínuo da haste principal, havendo emissão de novos racemos e gemas florais ao longo do seu desenvolvimento (Tabela 2).

As plantas de hábito de crescimento determinado possuem um porte pequeno, um ciclo geralmente precoce, e são menos tolerantes a variações bruscas nas condições climáticas, e em razão dessas características são menos produtivas (Dourado Neto e Fancelli, 2000). Apesar da menor produtividade, são plantas que podem ser incorporadas aos programas de melhoramento com a finalidade de transferência de genes para precocidade e porte ereto, pois favorecem ao menor tempo de exposição a variações climáticas e possibilitam mecanização da cultura (Ribeiro et al., 2004; Carmo et al., 2007).

O formato triangular a circular do ápice do folíolo central foi observado em quase todas as plantas do gênero *Vigna*, com exceção de VU07 que apresentou o formato triangular, o mesmo presente em todos os genótipos do gênero *Phaseolus* (Tabela 2; Figura 3).

Tabela 2. Caracteres qualitativos avaliados em 13 genótipos de feijão. Alta Floresta/MT, 2019.

Genótipos	HBC	FFT	PAC	CET	CAS	CPV	CSV
PV01	Indeterminado arbustivo	Triangular	Ausente	Branco	Branca	Verde	Rosa
PV06	Determinado arbustivo	Triangular	Ausente	Branco	Branca	Verde	Rosa
PV08	Determinado arbustivo	Triangular	Ausente	Branco	Branca	Verde	Rosa
PV09	Indeterminado arbustivo	Triangular	Presente	Branco	Branca	Verde	Rosa
VU02	Indeterminado semitrepador	Triangular a circular	Presente	Violeta	Violeta	Verde	Ausente
VU03	Indeterminado semitrepador	Triangular a circular	Presente	Branco	Branca	Verde	Vermelha
VU04	Indeterminado semitrepador	Triangular a circular	Presente	Branco	Branca	Verde	Roxa
VU05	Indeterminado semitrepador	Triangular a circular	Presente	Violeta	Violeta	Verde	Roxa
VU07	Indeterminado semitrepador	Triangular	Presente	Branco	Branca	Verde	Roxa
VU10	Indeterminado trepador	Triangular a circular	Ausente	Violeta	Violeta	Verde	Roxa
VU11	Indeterminado semitrepador	Triangular a circular	Ausente	Violeta	Violeta	Verde	Roxa
VU12	Indeterminado semitrepador	Triangular a circular	Presente	Violeta	Violeta	Verde	Roxa
PL13	Indeterminado trepador	Triangular	Ausente	Branco	Branca	Verde	Ausente

HBC: Hábito de Crescimento; FFT: Forma do folíolo terminal; PAC: Pigmentação antocianínica no caule; CET: Cor do estandarte da inflorescência; CAS: Cor da asa da inflorescência; CPV: Cor primária da vagem; CSV: Cor secundária da vagem.

Cont...

Tabela 2, Cont...

Genótipos	GCV	FTV	FCV	TMS	RCL	REL	CPS	CSS	BSM	TSM
PV01	Fraca	Circular	Côncava	Pequena	Reniforme curta	Semi-cheia	Bege	Marrom	Intermediário	Lisa
PV06	Média	Circular	Côncava	Muito pequena	Reniforme curta	Semi-cheia	Rosa	Ausente	Intermediário	Lisa
PV08	Média	Circular	Côncava	Pequena	Reniforme curta	Semi-cheia	Marrom	Marrom	Opaco	Lisa
PV09	Fraca	Circular	Côncava	Pequena	Elíptica	Cheia	Bege	Marrom	Opaco	Lisa
VU02	Média	Oval	Côncava	Pequena	Elíptica	Cheia	Bege	Ausente	Opaco	Lisa
VU03	Fraca	Oval	Côncava	Muito pequena	Esférica	Cheia	Branca	Ausente	Intermediário	Lisa
VU04	Média	Oval	Côncava	Pequena	Esférica	Semi-cheia	Branca	Ausente	Intermediário	Lisa
VU05	Média	Cordata	Côncava	Pequena	Esférica	Semi-cheia	Bege	Violeta	Opaco	Lisa
VU07	Fraca	Oval	Côncava	Pequena	Elíptica	Cheia	Branca	Ausente	Opaco	Lisa
VU10	Fraca	Oval	Côncava	Pequena	Esférica	Semi-cheia	Bege	Ausente	Opaco	Lisa
VU11	Fraca	Oval	Côncava	Pequena	Esférica	Achatada	Bege	Violeta	Opaco	Lisa
VU12	Fraca	Oval	Côncava	Pequena	Esférica	Semi-cheia	Bege	Marrom	Opaco	Lisa
PL13	Fraca	Oval	Côncava	Média	Esférica	Semi-cheia	Vermelha	Ausente	Brilhante	Lisa

GCV: Grau de curvatura da vagem; FTV: Forma da seção transversal de vagem; FCV: Forma da curvatura da vagem; TMS: Tamanho da semente; RCL: Relação comprimento/largura da semente; REL: Relação espessura/largura da semente; CPS: Cor principal da semente; CSS: Cor secundária da semente; BSM: Brilho da Semente; TSM: Textura da semente.

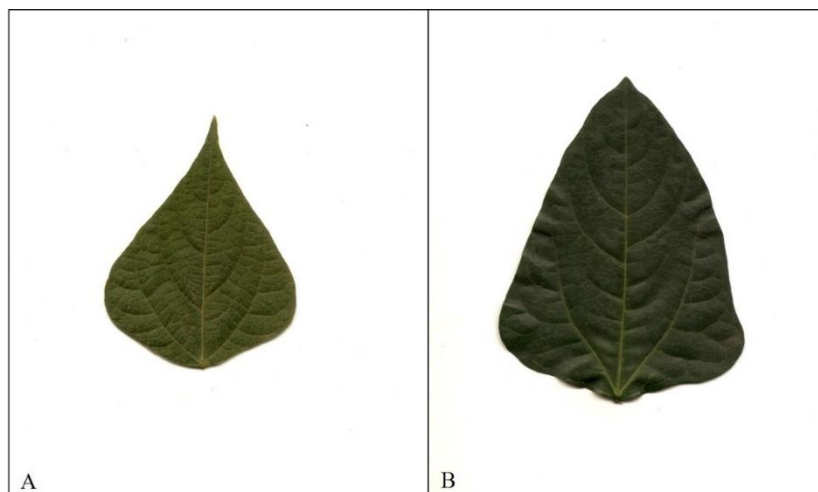


Figura 3. Forma do folíolo terminal. A: triangular; B: triangular a circular.

Segundo Aza-González et al. (2012), as antocianinas podem ser acumuladas em diversas partes das plantas e possuem muitas funções biológicas, como atração de polinizadores, prevenção de danos foto-oxidativos e agregam relevante papel como propriedade antioxidante. Em 53,84% dos genótipos foi observada pigmentação antocianínica no caule, com os mais variados graus de intensidade (Tabela 2; Figura 4).

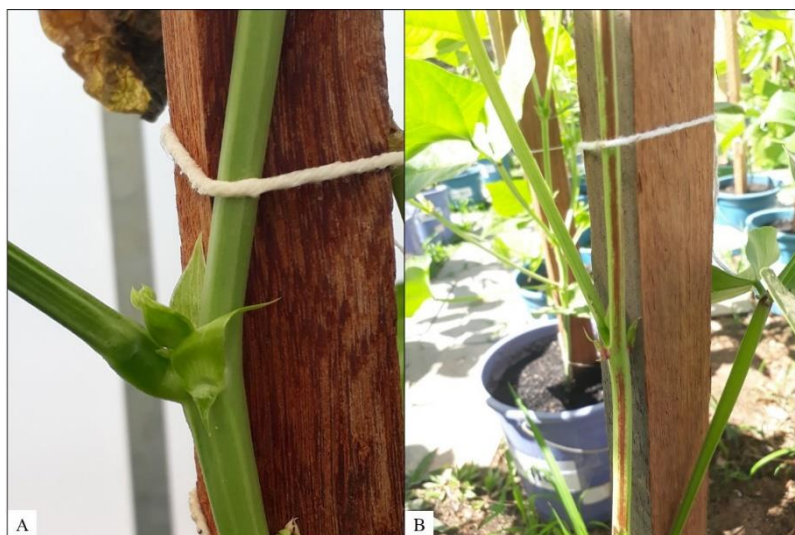


Figura 4. Pigmentação antocianínica no caule. A: ausência; B: presença.

Com relação aos caracteres de inflorescência 61,53% dos genótipos possuem estandarte e asa de coloração branca, os 38,47% restantes apresentaram coloração violeta (Tabela 2; Figura 5). Nos genótipos do gênero *Vigna*, as plantas que apresentaram estandarte e asa de coloração branca, apresentaram sementes de mesma coloração, porém em genótipos do gênero *Phaseolus* esse padrão não foi observado.

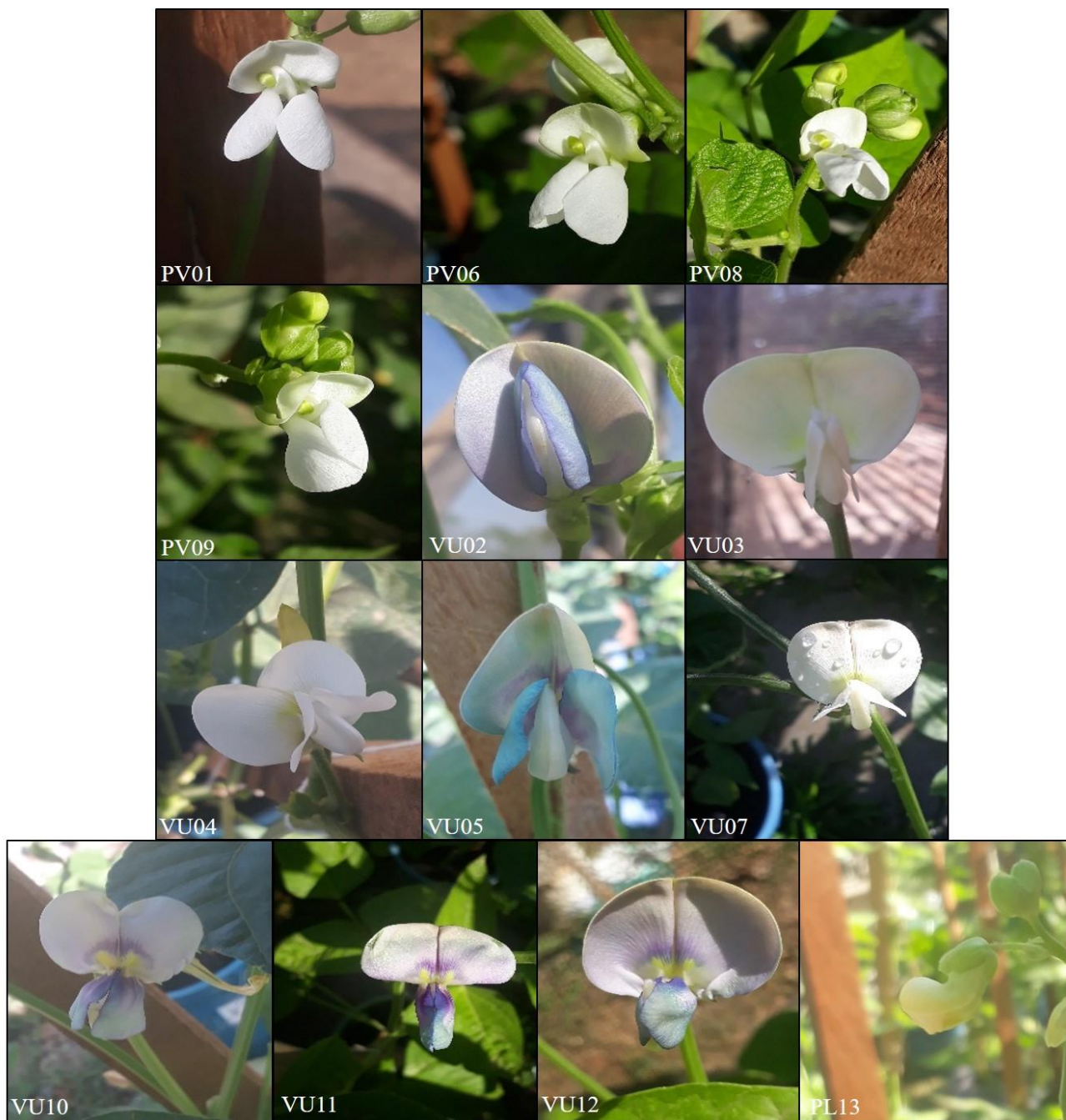


Figura 5. Coloração do estandarte e asa dos 13 genótipos de feijão.

A cor primária de todas as vagens foi verde, enquanto que certa variação foi observada na cor secundária. Os genótipos PV01, PV06, PV08 e PV09 apresentaram vagem de cor secundária rosa, já VU04, VU05, VU07, VU10, VU11 e VU12 a cor foi roxa, a VU03 de cor vermelha, e os genótipos VU02 e PL13 não apresentaram pigmento secundário (Tabela 2).

Nas vagens, apenas as curvaturas de grau fraco e médio foram observadas. As formas circular, oval e cordata foram verificadas na seção transversal e todas apresentaram curvatura do tipo côncava (Tabela 2; Figura 6).



Figura 6. Formato da vagem dos treze genótipos de feijão.

Conforme relata Vargas et al. (2003), os caracteres de sementes são os principais usados para explicar a origem e diversidade genética do feijão, e com base nessas características, foi constatado variabilidade fenotípica entre os genótipos estudados

quanto ao tamanho, formato e coloração.

O tamanho médio das sementes pode variar consideravelmente devido a fatores como temperatura, umidade, fertilidade do solo, espaçamento e época do plantio (Vieira, 1967). Nas condições experimentais do presente estudo, houve predominância de genótipos de tamanho pequeno com peso de 100 sementes que variou entre 20 e 30 g.

Em *P. vulgaris* sementes pequenas sugerem origem mesoamericana e refletem a preferência da população brasileira; cultivares de traços de origem andina como suas grandes sementes encontram pouca aceitação no mercado (Chiorato et al., 2005).

Considerando a classificação proposta por Baudet (1997), o genótipo PL13 com suas sementes de tamanho mediano pertence a rota “Sieva” e origem também mesoamericana. O feijão-fava apesar de possuir capacidade adaptativa ampla, é pouco cultivado provavelmente pela tradição de consumo de feijão comum, ao paladar e o seu tempo de cocção mais longo (Guimarães et al., 2007).

Consumidores, produtores e empacotadores quando se trata de feijão-caupi preferem genótipos com peso de 100 grãos entre 20 e 25g (Freire Filho et al., 2011), ou seja, sementes pequenas. No presente estudo, apenas em VU03 essa característica não foi observada.

A forma da semente de feijão é baseada nos conceitos dos coeficientes J e H proposto por Puerta Romero (1961). Conforme essa classificação 53,84% das sementes são de forma esférica, 23,07% de forma elíptica e 23,07% reniforme curta. O perfil predominante observado foi de sementes semicheias (61,53%), seguida pelas cheias (30,76%) e um representante do perfil achatado (7,69%).

Em relação a coloração primária das sementes cinco diferentes tipos de cores foram observados, com predomínio da cor bege. Já para a cor secundária, alguns genótipos não apresentaram, e as demais eram marrons ou violetas (Tabela 2; Figura 7).

No Brasil, o feijão carioca e o preto são os mais consumidos. O primeiro possui grãos de tegumento bege e estrias marrons, já o segundo tem coloração uniforme e sem cor secundária (Borém, 2005). Os grãos de tegumento branco, vermelho, creme, amarelo, etc., com ausência ou presença de estrias ou rajadas de outras cores, e com tamanho variando de médio a grande são chamados de feijão com grãos especiais (Ribeiro et al., 2014b). Esses grãos possuem grande aceitação no mercado internacional,

mas no Brasil, a produção é restrita devido à falta de cultivares adaptadas, com alta produtividade, e falta de programas de melhoramento que desenvolvam esses tipos de grãos (Thung et al., 2009; Ribeiro et al., 2014a).

Em relação ao brilho, apenas o genótipo PL13 foi caracterizado como brilhante, PV01, VU03, VU04 e PV06 são de brilho intermediário, as demais são de brilho opaco. Todas os genótipos apresentaram sementes de textura lisa.

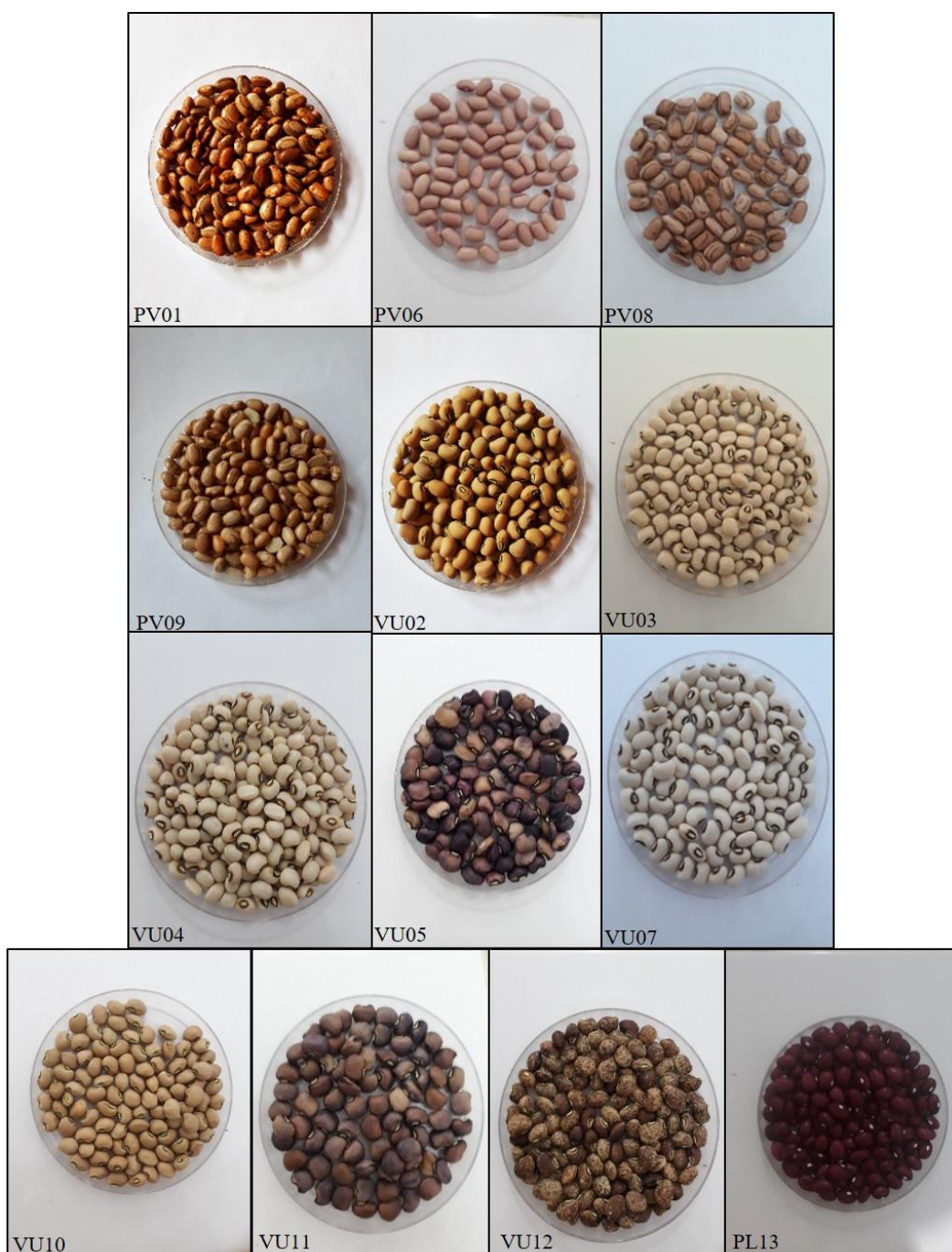


Figura 7. Coloração das sementes dos 13 genótipos de feijão.

Dados quantitativos

O resumo da análise de variância, médias e coeficientes de variação para os treze caracteres quantitativos avaliados, de treze genótipos de feijão encontram-se na Tabela 3. A ANOVA revelou diferença significativa entre as médias dos genótipos para todos os caracteres, o que indica diferenças nas constituições genéticas dos materiais, e é um pré-requisito para identificação de genótipos superiores (Vaz et al., 2017).

O coeficiente de variação (CV) estima a variação experimental e orienta os pesquisadores sobre a validade dos resultados de suas pesquisas, sendo considerados de alta precisão os experimentos com baixos valores de CV (Snedecor e Cochran, 1980; Pimentel-Gomes, 2000). Segundo Pimentel-Gomes (2000), o CV é classificado em: baixo (inferior a 10%), médio (entre 10 e 20%), alto (entre 20 e 30%) e muito alto (acima de 30%).

As variáveis número de dias para o florescimento (1,47%), número de dias para maturação (9,33%), comprimento da vagem (7,16%), largura da vagem (5,00%), comprimento da semente (8,69%) e largura da semente (4,92%) tiveram um CV baixo, e, portanto, uma alta precisão experimental. Já as características altura da planta (18,42%), diâmetro do caule (18,17%), massa de 100 grãos (11,71%), peso da vagem (16,08%) e número de grãos por vagem (16,35%) tiveram CV médio e uma boa precisão experimental. A variável peso das sementes por vagens (25,49%) foi classificada como tendo um alto CV e a variável número de vagens por planta de muito alto (62,52%), ambas consideradas de baixa precisão experimental.

Conforme Oliveira et al. (2009), em feijoeiro as características altura da planta, grãos por vagem, peso de cem grãos e vagens por planta devem possuir os respectivos limites máximos de coeficiente de variação: 15,69%; 18,35%; 11,30% e 26,30%. Esses resultados divergem dos obtidos no presente estudo, porém quando levado em consideração as particularidades de cada espécie, manejos culturais, e que é difícil avaliar a precisão experimental de um mesmo caráter, entre espécies diferentes (Garcia, 1989; Gurgel et al., 2013) situação essa que ocorre no presente estudo, fica fácil entender o porque das diferenças entre os trabalhos. Além disso, o CV alto para o número de vagens por plantas e peso das sementes por vagens pode ser devido a existência de variabilidade genética entre os genótipos, ou ainda, por se tratarem de características

relacionadas a produtividade do feijão que são controladas por vários genes, logo mais influenciadas pelo ambiente (Teixeira et al., 2007; Krause et al., 2012).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para 13 características quantitativas de 13 genótipos de feijão.

Fonte de variação	Quadrado Médio						
	GL	ALP	DCM	NDF	NEM	NDV	MGR
Genótipos	12	27110,27**	15,37**	339,18**	417,50**	759,50**	120,45**
Resíduos	117	1984,29	0,72	0,00	0,00	138,16	7,92
Média	-	241,80	4,68	39,61	62,61	18,8	24,01
C.V (%)	-	18,42	18,17	1,47	9,33	62,52	11,71

ALP: Altura da planta (cm); DCM: Diâmetro do caule (mm); NDF: Número de dias para o florescimento; NEM: Número de dias para a maturação fisiológica; NDV: Número de vagens por planta; MGR: Massa de 100 grãos (g). ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte de variação	Quadrado Médio						
	CPV	LGV	PVM	NGV	PSV	CPS	LGS
Genótipos	439,07**	26,35**	21,51**	280,70**	14,08**	6,54**	5,11**
Resíduos	1,46	0,25	0,24	2,84	0,37	0,70	0,11
Média	16,90	10,11	3,06	10,32	2,40	9,65	6,84
C.V (%)	7,16	5,00	16,08	16,35	25,49	8,69	4,92

CPV: Comprimento médio da vagem (cm); LGV: Largura média da vagem (mm); PVM: Peso médio da vagem madura (g); NGV: Número médio de grãos por vagem; PSV: Peso médio das sementes por vagem (g); CPS: Comprimento da semente (mm); LGS: Largura da semente. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

As médias das características avaliadas para os treze genótipos de feijão foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade e são apresentadas na Tabela 4.

Com relação a característica altura da planta houve a formação de três grupos, com destaque ao fato que os dois únicos genótipos de hábito de crescimento determinado (PV06 e PV08) foram alocadas no grupo com as médias mais baixas para essa característica.

Tabela 4. Médias do agrupamento de Scott e Knott dos 13 caracteres quantitativos em 13 genótipos de feijão avaliadas em 2019.

GEN	ALP	DCM	NDF	NEM	NDV	MGR	CPV	LGV	PVM	NGV	PSV	CPS	LGS
PV01	235,40 b	3,02 b	33 h	63 d	10,40 c	22,41 d	09,86 d	9,33 f	1,09 e	03,48 e	0,79 c	10,58 a	6,20 e
PV06	130,40 c	3,15 b	30 i	53 h	26,60 b	19,80 e	08,94 e	07,90 h	1,27 e	04,98 d	0,97 c	09,59 b	5,86 f
PV08	142,07 c	3,01 b	30 i	52 i	20,80 b	25,35 c	10,07 d	08,40 g	1,56 d	04,98 d	1,23 c	10,28 a	6,15 e
PV09	264,26 a	3,49 b	36 g	59 f	21,70 b	28,63 b	10,43 d	08,96 f	1,76 d	04,69 d	1,33 c	10,86 a	6,81 d
VU02	268,80 a	5,42 a	42 d	67 b	19,00 b	23,18 d	22,84 a	10,60 e	4,84 a	17,01 a	3,71 a	08,49 c	6,01 f
VU03	242,10 b	5,26 a	41 e	63 d	21,80 b	19,07 e	20,88 c	08,95 f	3,50 c	14,92 b	3,27 b	08,03 c	6,37 e
VU04	277,10 a	5,25 a	44 c	64 c	16,80 b	23,30 d	21,74 b	09,11 f	4,09 b	13,57 b	3,18 b	10,03 a	6,80 d
VU05	302,35 a	5,90 a	47 b	73 a	14,50 c	26,07 c	23,19 a	12,38 b	4,69 a	14,37 b	3,60 a	09,87 a	8,09 a
VU07	238,04 b	5,40 a	42 d	61 e	11,70 c	23,73 d	20,50 c	08,94 f	3,53 c	11,82 c	2,80 b	09,42 b	6,78 d
VU10	279,90 a	5,61 a	39 f	58 g	10,00 c	22,31 d	22,03 b	11,10 d	3,79 c	13,57 b	3,00 b	09,33 b	7,21 c
VU11	268,30 a	6,10 a	42 d	61 e	11,20 c	23,19 d	23,01 a	11,86 c	4,45 a	14,72 b	3,53 a	09,52 b	7,79 b
VU12	277,33 a	5,83 a	48 a	67 b	18,20 b	22,97 d	20,39 c	11,03 d	4,07 b	13,74 b	3,14 b	09,11 b	7,22 c
PL13	218,45 b	3,37 b	41 e	73 a	42,10 a	32,16 a	05,83 f	12,92 a	1,06 e	02,29 e	0,71 c	10,33 a	7,62 b

GEN: Genótipos; ALP: Altura da planta (cm); DCM: Diâmetro do caule (mm); NEM: Número de dias para a maturação fisiológica; NDF: Número de dias para o florescimento; NDV: Número de vagens por planta; MGR: Massa de 100 grãos (g); CPV: Comprimento médio da vagem (cm); LGV: Largura média da vagem (mm); PVM: Peso médio da vagem madura (g); NGV: Número médio de grãos por vagem; PSV: Peso médio das sementes por vagem (g); CPS: Comprimento da semente (mm); LGS: Largura da semente. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott e Knott.

Hiolanda et al. (2018) estudaram o desempenho agrônomo de feijão carioca na região de Campo Novo do Parecis, e observaram que a característica altura da planta variou de 42,9 cm a 64,9 cm. Em feijão-caupi, Carvalho et al. (2016) estudaram 32 genótipos com alturas que variaram de 28 cm a 136 cm. A diferença expressiva entre os estudos e o presente trabalho deve-se ao método aplicado para a condução das plantas, isto é, no atual estudo elas foram tutoradas. Francelino et al. (2011) ao tutorarem 25 acessos de *V. unguiculata* observou alturas entre 147 cm e 279 cm, resultados semelhantes ao presente estudo. Quando tutoradas plantas de crescimento indeterminado podem atingir mais de 2,5 metros de comprimento (Abreu et al., 2000).

O diâmetro do caule foi composto por dois grupos onde as médias variaram de 3,01 mm e 6,10 mm. O grupo com as maiores médias foi composto por todos os genótipos do gênero *Vigna*, mostrando que possuem caule mais espesso do que os genótipos do gênero *Phaseolus*.

No Brasil, a maioria das cultivares recomendadas possuem um ciclo de cultivo intermediário de, aproximadamente, 90 dias, já as poucas cultivares precoces no mercado possuem um ciclo de aproximadamente 70 dias (Zimmermann et al., 1996). O uso de genótipos precoces permite o melhor aproveitamento da área, planejamento do plantio e colheita, otimiza as práticas culturais na lavoura e possibilita o escape a condições bióticas e abióticas adversas (Ribeiro et al., 2004; Buratto et al., 2007).

Em razão desses aspectos, a busca por genótipos precoces tem sido o objetivo de muitos programas de melhoramento genético, e entre as características associadas a precocidade, o número de dias para o florescimento tem sido o mais utilizado pelos pesquisadores (Wallace e Enrique, 1980; Buratto et al., 2007). Essa característica possui alta herdabilidade, e correlação positiva e de alta magnitude com a maturação fisiológica dos grãos (Santos e Vencovsky, 1985).

Entre os genótipos, da emergência ao florescimento houve uma variação de 30 a 48 dias, enquanto que para a maturação fisiológica esse intervalo foi de 52 a 73 dias. Resultados semelhantes podem ser observados na pesquisa conduzida por Santos et al. (2019); ao estudarem 58 genótipos de feijão comum, observaram que para o florescimento houve uma variação de 31 a 40 dias, enquanto para o ciclo foi de 73 a 100 dias. Em *V. unguiculata*, Santos et al. (2014) encontraram variação de 48 a 55 para o florescimento, e

de 75 a 80 dias para a maturação.

O genótipo VU12 foi a que mais dias demorou para florir (48), e foi imediatamente seguida por VU05 que demorou 47 dias. Quando o tempo até a maturação é observado, VU05 e VU13 foram as que levaram mais tempo (73 dias), seguidas pelos genótipos VU02 e VU12 ambas com 67 dias.

Os genótipos mais precoces e alocadas em um único grupo foram PV06 e PV08, ambos demoraram apenas 30 dias para atingirem o florescimento, e também foram os mais precoces para atingirem a maturação fisiológica das vagens, sendo PV08 com 52 e PV06 com 53 dias. Esses resultados confirmam a relação entre o florescimento e a maturação fisiológica do feijoeiro, o mesmo observado por Buratto et al. (2007) ao estudar 20 genótipos de feijão comum, e obter uma alta correlação entre essas características indicando a possibilidade de seleção simultânea.

É importante destacar que, as plantas de hábito de crescimento determinado, possuem os menores números e os mais curtos internódios em comparação as de crescimento indeterminado. Geralmente florescem e amadurecem durante um período menor, além de serem mais precoces na maioria dos casos (Santos e Galvilanes, 2006). Tal fato foi exatamente que ocorreu no presente estudo, os genótipos PV06 e PV08 são as únicas de hábito de crescimento determinado, e floresceram e amadureceram mais precocemente.

Para o número de vagens por planta (NDV), o genótipo PL13 foi agrupado como sendo o mais numeroso, enquanto PV01, VU05, VU07, VU10 e VU11 os que tiveram menos vagens por planta (Tabela 4). O número de vagens em feijão-fava é bastante diversificado, e isso, é mostrado no trabalho desenvolvido por Guimarães et al. (2007) em que é possível encontrar genótipos com 14 vagens em média, contudo genótipos com mais de 400 vagens por plantas também foram observados.

Bertini et al. (2009) encontraram uma grande variação para essa característica em acessos de feijão-caupi, desde genótipos com 7 vagens em média até genótipos com 90 vagens em média por planta. Em feijão comum, Mavromatis et al. (2010) encontraram cultivares comerciais com 20 a 28 vagens, e genótipos crioulas com 41 a 51 vagens. Essa característica está correlacionada com o rendimento dos grãos (Kurek et al., 2001; Zilio et al., 2011; Lana et al., 2003), e por isso é um caráter muito importante no melhoramento

genético do feijoeiro. Segundo Barili et al. (2010), os genótipos crioulos de feijão, cultivadas pelos pequenos produtores rurais, podem apresentar um menor potencial de rendimento de grãos que os genótipos tradicionais, porém esse germoplasma deve ser manipulado consistentemente em razão de toda a variabilidade genética que pode ser aproveitada pelos melhoristas de plantas na busca por novos alelos.

A massa de 100 grãos (MGR) possibilitou a discriminação de cinco grupos pelo agrupamento das médias (Tabela 4) e variou de 19,07 g (VU03) a 32,16 g (PL13) evidenciando variabilidade entre os genótipos. De acordo com Mateo Box (1961), o tamanho das sementes de feijão pode variar de muito pequena (< 20 g), pequena (20 a 30 g), média (30 a 40 g), normal (40 a 50 g) e grande (> 50 g). A maioria dos genótipos foram classificados como de grãos pequenos, com exceção a VU03 e PV06 classificados como muito pequenas e PL13 classificada de tamanho médio.

Por se tratar do estudo de genótipos de feijão de três diferentes espécies, o comprimento da vagem (CPV) mostrou-se bastante diversificado. Os genótipos de *V. unguiculata* estão alocadas em três grupos com as maiores médias para essa característica variando de 20,39 cm (VU12) a 23,19 cm (VU05). Em razão disso, os genótipos desse gênero também apresentaram mais grãos por vagem (NGV) e são as que possuem as vagens mais pesadas (PVM). Silva et al. (2017a) relataram que quanto maior a vagem, maior será o número de grãos por vagem. As características, número de grãos por vagem, comprimento da vagem e peso de cem grãos possuem grande relação com a produtividade do feijão, e o estudo dessas relações permite a seleção de parentais e populações segregantes promissoras (Teixeira et al, 2007).

Os genótipos de *V. unguiculata* apresentaram vagens com comprimento conforme o padrão estabelecido que é acima de 20 cm (Silva e Oliveira, 1993; Miranda et al., 1996). Em dez cultivares de feijão comum, Kappes et al. (2008) observaram uma variação para o comprimento da vagem de 6,4 a 10,02 cm, semelhante ao observado nos genótipos PV01, PV06, PV08 e PV09.

O genótipo PL13 possui o menor comprimento de vagem, porém a largura é maior que dos demais genótipos (12,92 mm). O genótipo com a menor média para essa característica foi PV06 com 7,90 mm.

Com relação ao número de grãos por vagem, os genótipos foram agrupados em cinco

grupos. O genótipo VU02 foi alocada em único grupo com a maior média (17,01), já no grupo com as menores médias, os genótipos PV01 e PL13 foram alocados, cada um respectivamente com 3,48 e 2,29 grãos por vagem em média.

Na literatura é observado certa variação para essa característica, Ramos Junior et al. (2005) por exemplo, estudaram o desempenho agrônômico de 15 cultivares de feijão comum em São Manuel-SP, e para o número de grãos por vagem a média foi de 5,3 grãos. Bertini et al. (2009) encontraram no feijão-caupi, desde de genótipos com 7,32 até 16,51 grãos em média. Souza et al. (2017) estudando 24 genótipos da mesma espécie observaram entre 10,21 a 14,56 grãos em média por vagem. Em feijão-fava, o número de grãos encontrados nas pesquisas tem sido bastante concordante, Oliveira et al. (2010) encontraram em oito genótipos dois grãos em média. Enquanto que Barreiro Neto et al. (2015) observou genótipos com 2,17 a 3,03 grãos, semelhante ao observado no presente estudo.

O peso das sementes por vagem (PSV) constituiu-se de três grupos, sendo o primeiro formado por VU02 (3,71 g), VU05 (3,60 g) e VU11(3,53 g), ou seja, são as mais pesadas. E os genótipos PV09, PV08, PV06, PV01 e PL13 todas do gênero *Phaseolus* foram agrupadas como as mais leves, cada uma respectivamente com: 1,33;1,23; 0,97; 0,79 e 0,71 g.

Os genótipos PV09 (10,86 mm), PV01 (10,58 mm), PL13 (10,33 mm) PV08 (10,28 mm), VU04 (10,03 mm) e VU05 (9,87 mm) apresentaram os maiores comprimentos de semente (CPS). Em relação a largura da semente (LGS), VU05 (8,09 mm) se destacou, enquanto que VU02 (6,01 mm) e PV06 (5,86 mm) foram as mais inferiores. Mambrin et al. (2015) estudaram 16 linhagens de feijão comum com sementes que variaram de 10,3 a 10,19 mm de comprimento, e 6,4 a 7,3 mm de largura. Em feijão-caupi sementes com 6,6 mm a 11,8 mm foram encontradas por Oliveira et al. (2015) e largura entre 6,12 mm a 6,36 mm por Freitas et al. (2013). Já em feijão-fava, Nobre et al. (2012) avaliou 10 genótipos com comprimentos entre 9,04 mm e 18,88 mm, e largura de 7,72 mm a 10,94 mm.

Em relação as análises multivariadas, o método UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) permitiu identificar a formação de três grupos (Figura 9). Os genótipos foram perfeitamente agrupados conforme a espécie a qual pertenciam. No grupo I todos genótipos da espécie *V. unguiculata* foram alocadas, já o grupo II foi formado pelos quatro genótipos da espécie *P. vulgaris* e o grupo III foi composto pelo único material representante de *P. lunatus*.

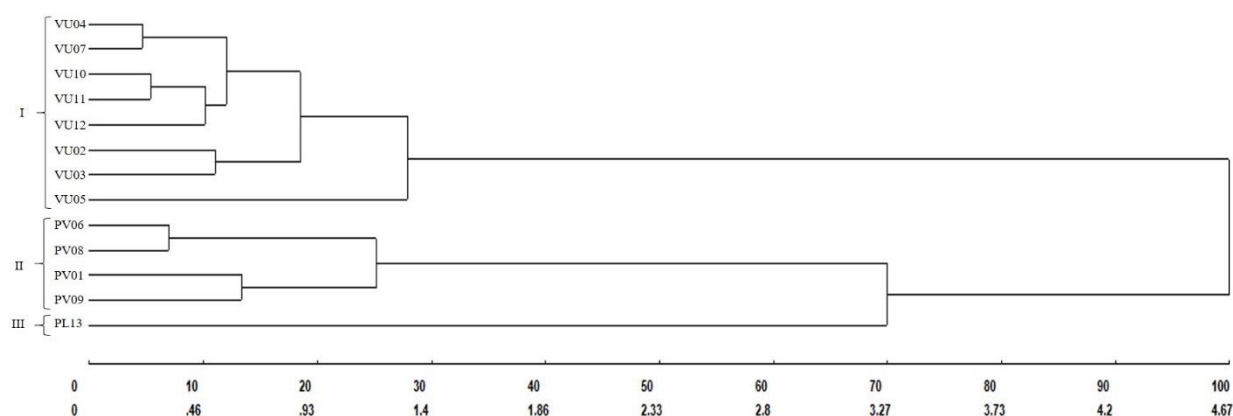


Figura 9. Dendrograma da dissimilaridade genética entre os 13 genótipos de feijão, obtidos pelo método UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis (D^2). Coeficiente de correlação cofenético = 0,87.

Ao comparar os agrupamentos obtidos pelo método UPGMA com o agrupamento Tocher percebe-se alta correspondência entre os grupos formados, visto que os três grupos formados alocaram os mesmos genótipos (Tabela 5). A única diferença entre os métodos refere-se ao posicionamento de VU11, pois conforme o método UPGMA ela é mais próxima a VU10.

TABELA 5. Agrupamento pelo método de Tocher dos 13 genótipos de feijão, com base na dissimilaridade estimada por meio da distância generalizada de Mahalanobis (D^2) em relação a 13 caracteres quantitativos.

Grupos	Genótipos							
I	VU04	VU07	VU10	VU12	VU11	VU02	VU03	VU05
II	PV06 PV08 PV01 PV09							
III	PL13							

Em comparação com o agrupamento de média Scott e Knott, os métodos de agrupamento foram precisos em agrupar como mais próximas geneticamente os genótipos de crescimento determinado PV06 e PV08, certamente devido as diferenças expressivas para a altura da planta, número de dias para o florescimento e maturação fisiológica.

A análise dos 13 caracteres quantitativos por meio das variáveis canônicas mostrou que as duas primeiras variáveis explicaram 100% da variação total (Tabela 6). Conforme Cruz et al. (2012), uma fiel discriminação dos acessos é possível quando as duas primeiras variáveis canônicas explicam um mínimo de 80% da variação total. Em concordância com o presente trabalho, Machado et al. (2002) obtiveram 99,77% e 99,92% de variação acumulada as duas primeiras variáveis canônicas.

TABELA 6. Estimativas dos autovalores associados às variáveis canônicas, importância relativa (Raiz %) e acumulada (%), referentes às 13 características quantitativas dos 13 genótipos de feijão.

V.C.	Autovalor	Importância Relativa (%)	Acumulada (%)
VC1	21153380,77	95,1899	95,19
VC2	1068878,79	4,8099	100,00
VC3	18,04	0,00	100,00
VC4	6,95	0,00	100,00
VC5	2,13	0,00	100,00
VC6	0,95	0,00	100,00
VC7	0,60	0,00	100,00
VC8	0,33	0,00	100,00
VC9	0,19	0,00	100,00
VC10	0,04	0,00	100,00
VC11	0,03	0,00	100,00
VC12	0,00	0,00	100,00
VC13	0,00	0,00	100,00

Na variável canônica VC1, que explicou 95,19% da variância total, os caracteres com maior peso neste componente foi o número de dias para a maturação fisiológica (NDM) e o número de dias para o florescimento (NDF) contribuído para a variabilidade dos genótipos com 6,28 e -6,32 respectivamente. Para a variável VC2 os mesmos caracteres foram os mais significativos, sendo que o primeiro contribuiu para a divergência com 0,77 e o segundo com 0,28 (dados não apresentados).

A dispersão gráfica relacionada as duas primeiras variáveis canônicas, dispostas no espaço bidimensional, resultou na formação de cinco grupos distintos quando comparado os métodos de agrupamento UPGMA e Tocher (Figura 10).

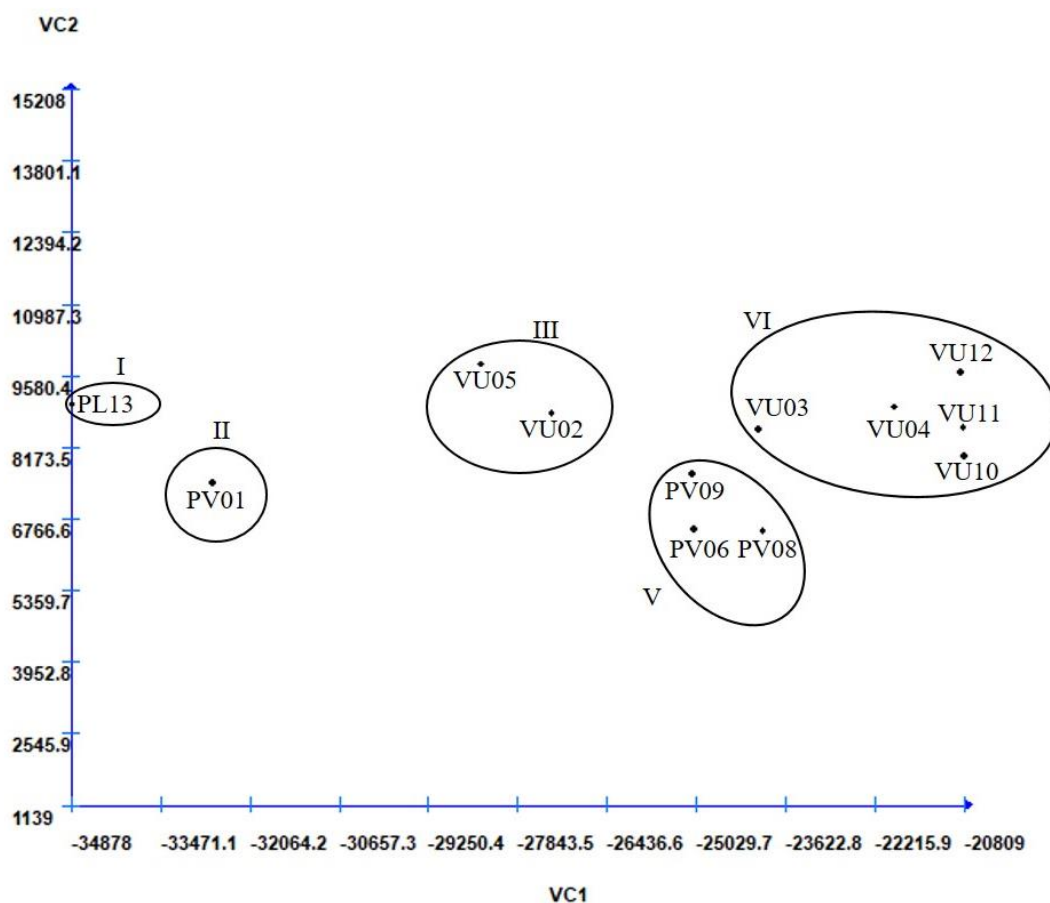


Figura 10. Dispersão gráfica formada pelas variáveis canônicas 1 e 2 representando a distribuição dos treze genótipos de feijão para treze características quantitativas.

Os métodos foram concordantes quanto a alocação de PL13 em um único grupo. O grupo II é representado por PV01, que apesar de estar próximo geneticamente do genótipo PL13 como nos métodos UPGMA e Tocher, se distanciou dos genótipos da mesma espécie. Antes alocadas em um único grupo pelo agrupamento UPGMA e Tocher, os genótipos do gênero *Vigna* foram subdivididas no grupo III (VU05 e VU02) e no grupo VI (VU03, VU12, VU11, VU10) pelas variáveis canônicas.

A análise da contribuição relativa de cada um dos treze caracteres avaliados com base no critério de Singh (1981) identificou que os caracteres que mais contribuíram para a divergência genética foram: número de dias para o florescimento e número de dias para a maturação fisiológica (Tabela 7). Conforme o método as demais características tiveram uma participação mínima na divergência dos genótipos.

TABELA 7. Contribuição relativa (%) de características para a divergência genética em 13 genótipos de feijão estimadas pelo método proposto por Singh (1981).

Variáveis	S.j (%)
Altura da planta	0,0007
Diâmetro do caule	0,0001
Número de dias para a maturação fisiológica	70,632
Número de dias para o florescimento	29,364
Número de vagens por planta	0,0000
Massa de 100 grãos	0,0001
Comprimento médio da vagem	0,0010
Largura média da vagem	0,0029
Peso médio da vagem madura	0,0021
Número médio de grãos por vagem	0,0001
Peso médio das sementes por vagem	0,0000
Comprimento da semente	0,0000
Largura da semente	0,0006

Cabral et al. (2011a) estudaram 57 acessos de feijão comum e os caracteres que mais contribuíram para a diversidade genética dos acessos foi o peso de 100 grãos (24,01%), o período vegetativo (20,39%) e o reprodutivo (17,16%). Abreu et al., (2004), observaram que o número médio de vagens (23,69%), o número total de vagens (21,59%), o diâmetro da vagem (17,16%) e o comprimento da vagem (15,23%) foram as que mais contribuíram para a divergência genética de 25 acessos de *P. vulgaris*.

Os marcadores moleculares têm contribuído significativamente na obtenção de informações genéticas sobre os genótipos, porém os caracteres fenotípicos apresentarem características bem distribuídas e continuas representadas por vários genes que são muito uteis e eficazes em estimar a divergência genética (Cruz et al., 2011). A caracterização fenotípica dos genótipos nem sempre tem efeitos práticos imediatos nos programas de melhoramento genético, mas sempre será uma atividade valiosa para o manejo dos recursos genéticos nos bancos de germoplasma.

CONCLUSÕES

Existem divergências genéticas entre os genótipos de feijão, com resultados parcialmente concordantes entre as técnicas de análise multivariada.

As características que mais contribuíram para a divergência genética entre os genótipos foi o número de dias para a maturação fisiológica e o número de dias para o florescimento.

Os caracteres morfoagronômicos qualitativos e quantitativos mostraram a variabilidade genética dos genótipos, e por isso, representam recursos genéticos que podem compor bancos de germoplasma e serem fontes de genes para programas de melhoramento genético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, F. B.; LEAL, N. R.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A. T. D.; SILVA, D. J. H. Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado. **Horticultura Brasileira**. 22:547-552, 2004.
- ABREU, F. B.; RODRIGUES, R.; LEAL, N. R.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; SILVA, D. J. H. Caracterização preliminar de acessos de feijão-de-vagem e feijão-de-corda do banco de germoplasma da UENF. **Horticultura Brasileira**. 18:741-742, 2000.
- ARAÚJO, L. B. R.; PINHEIRO, M. D. S.; FIEGE, L. B. D. C.; BERTINI, C. H. C. D.; DOVALE, J. C. Agronomic potential and genetic diversity of landraces of cowpea of the state of Ceará. **Revista Caatinga**. 32:698-708, 2019.
- AZA-GONZÁLEZ, C.; NÚÑEZ-PALENIUS, H.D.; OCHOA-ALEJO, N. Molecular biology of chili pepper anthocyanin biosynthesis. **Journal of Mexican Chemical Society**. 56:93-98, 2012.
- BARILI, L. D.; VALE, N. M.; ROCHA, F.; ROZETTO, D. S.; COAN, M. M. D.; COIMBRA, J. L. M.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A. Componentes do rendimento em acessos de feijão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. 9:125-133, 2010.
- BARREIRO NETO, M.; FAGUNDES, R. A. A.; BARBOSA, M. M.; ARRIEL, N. H. C.; OLIVEIRA FRANCO, C. F.; SANTOS, J. F. Características morfológicas e produtivas em acessos de feijão-fava consorciados. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**. 9:23-27, 2015.
- BERTINI, C. H. C. M.; ALMEIDA, W. S.; SILVA, A. P. M.; LIMA, J. W.; TEÓFILO, E. M. Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi. **Acta Scientiarum**. 32:613-619, 2010.
- BERTINI, C.H.C.M.; Teófilo, E.M.; Dias, F.T.C. Divergência genética entre acessos de feijão-caupi do banco de germoplasma da UFC. **Revista Ciência Agronômica**. 40: 99-105, 2009.
- BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005.969p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 jul. 2015.nº133. Seção 1, p.2 a 4.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de feijão-caupi

(*Vigna unguiculata* L.). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20 ago. 2010. nº160. Seção 1, p.6 e 7.

BURATTO, J.S.; MODA-CIRINO, V.; FONSECA JÚNIOR, N.S.; PRETE, C.E.C.; FARIA, R.T. Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no Estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**.28:373-380, 2007.

CABRAL, P. D. S.; SOARES, T. C. B.; LIMA, A. B. P.; ALVES, D. S.; NUNES, J. A. Diversidade genética de acessos de feijão comum por caracteres agronômicos. **Revista Ciência Agronômica**, 42:898-905, 2011a.

CABRAL, P. D. S.; SOARES, T. C. B.; LIMA, A. B. P.; SOARES, Y. J. B.; SILVA, J. A. Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. **Revista Ciência Agronômica**. 2:132-138, 2011b.

CARVALHO, M. F.; CRESTANI, M.; FARIAS, F. L.; COIMBRA, J. L. M.; BOGO, A.; GUIDOLIN, A. F. Caracterização da diversidade genética entre acessos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) coletados em Santa Catarina por marcadores RAPD. **Ciência Rural**. 38:1522-1528, 2008.

CARVALHO, M.; CASTRO, I.; MATOS, M.; LINO-NETO, T.; SILVA, V.; ROSA, E.; CARNIDE, V. Caracterização agro-morfológica de acessos de feijão-frade (*Vigna unguiculata*): bases para o melhoramento. **Revista de Ciências Agrárias**. 39: 506-517, 2016.

CHIORATO, A. F.; CARBONELL, S. A. M.; COLOMBO, C. A.; DIAS, L. A. S.; ITO, M. F. Genetic diversity of common bean accessions in the germplasm bank of the Instituto Agrônomo-IAC. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 5:1-9, 2005.

COELHO, C. M. M.; COIMBRA, J. L. M.; SOUZA, C. D.; BOGO, A.; GUIDOLIN, A. F. Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, 37:1241-1247, 2007.

COELHO, C. M. M.; ZILIO, M.; SOUZA, C. A.; GUIDOLIN, A. F.; MIQUELLUTI, D. J. Características morfo-agronômicas de cultivares crioulas de feijão comum em dois anos de cultivo. **Semina**. 31:1177-1186, 2010.

COIMBRA, J. L. M.; CARVALHO, F. I. F.; HEMP, S.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, S. A. Divergência genética em feijão preto. **Ciência Rural**. 29:427-431, 1999.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: terceiro levantamento. Brasília: CONAB, 2019. p.1-109. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em:14, janeiro, 2020.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelo biométrico aplicado ao melhoramento genético**. 4 ed. Viçosa: UFV, 2012. v.1, 514 p.

CRUZ, C.D. GENES – a software package for analysis in experimental statistic and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**. 35:271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F.M.; PESSONI, L.A. Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética, Viçosa: UFV, 2011. 620 p.

DAVIS, J. F. The effects of some environmental factors on the set pods and yield of white pea bean. **Journal of Agricultural Research**. 70:237-49, 1945.

DICKSON, M.H.; PETZOLD, R. Heat tolerance and pod set in green beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. 114:833-836, 1989.

DIDONET, A. D.; VITÓRIA, T. B. Resposta do feijoeiro comum ao estresse térmico aplicado em diferentes estágios fenológicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 36:199-204, 2006.

FONSECA, J. R.; MARQUES, E. M. G.; VIEIRA, E. H. N.; SILVA, H. T. Algumas características do germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) coletado no Espírito Santo. **Revista Ceres**. 54:358-362, 2007.

FRANCELINO, F. M. A.; GRAVINA, G. A., MANHÃES, C. M. C.; CARDOSO, P. M. R.; ARAÚJO, L. C. Avaliação de linhagens de feijão-de-vagem para as regiões Norte e Noroeste Fluminense. **Revista Ciência Agronômica**. 42:554-562, 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p.

FREITAS, R. M. O.; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; LEAL, C. C. P.; FARIAS, R. M. Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi em função de sistemas de plantio e estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 43:370-376, 2013.

GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação de coeficientes de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 12 p. (Circular Técnica, 171).

GONÇALVES, D. D. L.; BARELLI, M. A. A.; SANTOS, P. R. J. D.; OLIVEIRA, T. C. D.; SILVA, C. R. D.; NEVES, L. G.; POLETINE, J. P.; LUZ, P. B. D. Variabilidade genética de germoplasma tradicional de feijoeiro comum na região de Cáceres-MT. **Ciência Rural**. 46:100-107, 2016.

GONÇALVES, S. L.; WREGE, M. S.; CARAMORI, P. H.; MARIOT, E. J.; ABUCARUB NETO, M. Probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 30°C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), cultivado nas safras das águas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. 5:99-107, 1997.

GUIMARÃES, W. N.; MARTINS, L. 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**. 11:37-45, 2007.

GURGEL, F. L.; FERREIRA, D. F.; SOARES, A. C. S. **O coeficiente de variação como critério de avaliação em experimentos de milho e feijão**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2013. 80p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

HIOLANDA, R.; MACHADO, D. H.; CANDIDO, W. J.; FARIA, L. C. D.; DALCHIAVON, F. C. Desempenho de genótipos de feijão carioca no Cerrado Central do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**. 41:241-250, 2018.

IPGRI. 2001. Descritores para *Phaseolus vulgaris*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 45p.

JUNIOR, C. D. O. L.; AMORIM, A. C. P.; SOUZA, M. W. S., SILVA; V. D. M., SILVA, M. R.; SILVESTRE, M. P. C. Otimização da extração enzimática da proteína do feijão. **Acta Scientiarum. Technology**. 32:319-325, 2010.

KAPPES, C.; WRUCK, F.C.; CARVALHO, M.A.C.; YAMASHITA, O.M. Feijão comum: características morfo-agronômicas de cultivares. In: IX Congresso Nacional De Pesquisa de Feijão, Campinas, SP. 2008. **Anais...** Campinas: IAC, 2008. p. 506-509.

KAY, D. E. **Food Legumes**. London: Tropical Products Institute, 1979. 435p.

KLOSTER, G. S.; BARELLI, M. A.; SILVA, C. R.; NEVES, L. G.; PAIVA SOBRINHO, S.; LUZ, P. B. Análise da divergência genética através de caracteres morfológicos em cultivares de feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. 6:452-459, 2011.

KÖPPEN, W. Climatologia con un estudio de los climas de la Tierra. México, 1948. 478p.

KRAUSE, W.; RODRIGUES, R.; LEAL, N.R. Capacidade combinatória para características agronômicas em feijão-de-vagem. **Revista Ciência Agronômica**. 43:522-531, 2012.

KUREK, A. J.; CARVALHO, F. D.; ASSMANN, I. C.; MARCHIORO, V. S.; CRUZ,

P. J. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**. 7: 29-32, 2001.

LANA, Â. M. Q.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D. Herdabilidades e correlações entre caracteres de linhagens de feijão obtidas em monocultivo e em consórcio com o milho. **Ciência Rural**. 33:1031-1037, 2003.

LIMA, M. S. D.; CARNEIRO, J. E. D. S.; CARNEIRO, P. C. S.; PEREIRA, C. S.; VIEIRA, R. F.; CECON, P. R. Characterization of genetic variability among common bean genotypes by morphological descriptors. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. 12:76-84, 2012.

MACHADO, C. F.; SOUSA, G. H. N.; FURTADO, D. F. Divergência genética entre genótipos de feijoeiro a partir de técnicas multivariadas. **Ciência Rural**. 32:251-258, 2002.

MAHALANOBIS, P.C. On the generalized distance in statistics. **Proceedings of the National Institute of Science of India**. 2:49-55, 1936.

MAMBRIN, R. B.; RIBEIRO, N. D.; HENNING, L. M. M.; HENNING, F. A.; BARKERT, K. A. Seleção de linhagens de feijão com base no padrão e na qualidade de sementes. **Revista Caatinga**. 28:147-156, 2015.

MARIOT, E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: **O feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. p.25-41.

MATEO BOX, J.M. **Leguminosas de grano**. Barcelona: Salvat, 1961.500p.

MAVROMATIS, A.G.; ARVANITOYANNIS, I.; KORKOVELOS, A.E.; GIAKOUNTIS, A.; CHATZITHEODOROU, V.A.; GOULAS, C.K. Genetic diversity among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Greek landraces and commercial cultivars: nutritional components, RAPD and morphological markers. **Spanish Journal of Agricultural Research**. 8:986–994, 2010.

MIRANDA, P.; COSTA A.F.; OLIVEIRA, L.R.; TAVARES, J. A.; PIMENTEL, M.L.; LINS, G.M.L. Comportamento de cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp., nos sistemas solteiro e consorciado. VI –Tipos ereto e semi-ereto. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**. 9:95-105, 1996.

NICK, C; SILVA, D. J. H.; MATTEDI, A. P.; PEDROSA, D. A. Conservação *ex situ* dos recursos fitogenéticos. In: PEREIRA, T. N. S. **Germoplasma: conservação, manejo e uso no melhoramento de plantas**. Viçosa: Arca, 2010. p.59-87.

NOBRE, D. A. C.; JUNIOR, D. S. B.; NOBRE, E. C.; SANTOS, J. M. C.; MIRANDA,

D. G. S.; ALVES, L. P. Qualidade física, fisiológica e morfologia externa de sementes de dez genótipos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Biociências**. 10: 425-429, 2012.

OLIVEIRA, E. D.; MATTAR, E. P. L.; ARAÚJO, M. L. D.; JESUS, J. C. S. D.; NAGY, A. C. G.; SANTOS, V. B. D. Descrição de cultivares locais de feijão-caupi coletados na microrregião Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Acta Amazônica**.45:243-254, 2015.

OLIVEIRA, F. J.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J.; BASTOS, G. Q.; REIS, O. V. Divergência genética entre cultivares de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 38:605-611, 2003.

OLIVEIRA, F. N.; TORRES, S. B.; BEBEDITO, C. P. Caracterização botânica e agrônômica de acessos de feijão-fava, em Mossoró, RN. **Revista Caatinga**. 24:143-148, 2011.

OLIVEIRA, R. L. D.; MUNIZ, J. A.; ANDRADE, M. J. B. D.; REIS, R. L. D. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência e agrotecnologia**. 33:113-119, 2009.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. São Paulo: Nobel, 2000. 479 p.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potáfos, 1988. p.125-56

PUERTA ROMERO, J. Genótipos de judias cultivadas en España. Madrid: Ministério da Agricultura, 1961. 798 p. (Monografias, 11).

PURWANTI, E.; FAUZI, A. The morphological characteristics of *Phaseolus lunatus* L. in different areas of east Java, Indonesia. **Earth and Environmental Science**. 276:12-17, 2019.

RABBANI, M. A.; IWABUCHI, A.; MURAKAMI, Y.; SUZUKI, T.; TAKAYANASHI, K. Variation and the relationship among mustard (*Brassica juncea*) germplasm from Pakistan. **Euphytica**. 101:357-366, 1998.

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. D. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**.64:75-82, 2005.

RANA, J. C.; SHARMA, T. R.; TYAGI, R. K.; CHAHOTA, R. K.; GAUTAM, N. K.; SINGH, M.; SHARMA, P. N.; OJHA, S. N. Characterisation of 4274 accessions of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm conserved in the Indian gene bank for phenological, morphological and agricultural traits. **Euphytica**. 205:441–457, 2015.

RAO, R.C. Advanced statistical methods in biometrics research. New York: John Wiley and Son, 1952, 389p.

RIBEIRO, N. D.; DOMINGUES, L. S.; GRUHN, E. M.; ZEMOLIN, A. E. M.; RODRIGUES, J. A. Desempenho agrônômico e qualidade de cozimento de linhagens de feijão de grãos especiais. **Revista Ciência Agronômica**, v.45:92-100, 2014a.

RIBEIRO, N. D.; DOMINGUES, L. S.; ZEMOLIN, A. E. M. Avaliação dos componentes da produtividade de grãos em feijão de grãos especiais. **Científica**. 42:178-186, 2014b.

RIBEIRO, N.D.; HOFFMANN-JUNIOR, L.; POSSEBON, S. B. Genetic variability for cycle in black and carioca commercial dry bean groups. **Revista Brasileira de Agrociência**. 10: 19-29, 2004.

RODRIGUES, L. S.; ANTUNES, I. F.; TEIXEIRA, M. G.; SILVA, J. B. Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 37:1275-1284, 2002.

SALAZAR, J. C. S.; POLANÍA, J. A.; BASTIDAS, A. T. C.; SUÁREZ, L. R.; BEEBE, S.; RAO, I. M. Agronomical, phenological and physiological performance of common bean lines in the Amazon region of Colombia. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, 30:303-320, 2018.

SANTOS, J. A. S.; TEODORO, P. E.; CORREA, A. M.; SOARES, C. M. G.; RIBEIRO, L. P.; ABREU, H. K. A. Desempenho agrônômico e divergência genética entre genótipos de feijão-caupi cultivados no ecótono Cerrado/Pantanal. **Bragantia**. 73:377-382, 2014.

SANTOS, J. B.; GAVILLANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; JUNIOR PAULA, T. J.; BORÉM, A. Feijão. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 41-65.

SANTOS, J.B.; VENCOVSKY, R. Controle genético do início do florescimento em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 20: 841-845, 1985.

SANTOS, P. R. J.; BARELLI, M. A. A.; FELIPIN-AZEVEDO, R.; SILVA, V. P.; GILIO, T. A. S.; OLIVEIRA, T. C.; GONÇALVES, D.L.; POLETINE, J. P. Genetic divergence among landraces and improved common bean genotypes in the central-southern region of Mato Grosso state in Brazil. **Genetics and Molecular Research**.

18:1-14, 2019.

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

SILVA, D. A.; PINTO-MAGLIO, C. A. F.; OLIVEIRA, É. C.; REIS, R. L. M., CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F. Influence of high temperature on the reproductive biology of dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Scientia Agricola**. 77:1-9, 2019.

SILVA, G. C.; MAGALHÃES, R. C.; SOBREIRA, A. C.; SCHMITZ, R.; SILVA, L. C. Rendimento de grãos secos e componentes de produção de genótipos de feijão-caupi em cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Agro@ mbiente On-line**. 10:342-350, 2017a.

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA C.N. Rendimentos de feijão verde e maduro de cultivares de caupi, **Horticultura Brasileira**. 11:133-135, 1993.

SILVA, R. N. O.; BURLE, M. L.; PÁDUA, J. G.; LOPES, A. C. D. A.; GOMES, R. L. F.; CASTILLO, J. M. Phenotypic diversity in lima bean landraces cultivated in Brazil, using the Ward-MLM strategy. **Chilean journal of agricultural research**. 77:35-40, 2017b.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**. 41: 237-245, 1981.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 7. ed. Ames: The Iowa State University, 1980. 593 p.

SOUSA, S.; TAVARES, T.; BARROS, H.; NASCIMENTO, I.; SANTOS, V.; FIDELIS, R. Divergência genética de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) no sul do Tocantins. **Revista de Ciências Agrárias**. 40:130-140, 2017.

TEIXEIRA, N. J. P.; MACHADO, C. F.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F. Produção, componentes de produção e suas inter-relações em genótipos de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] de porte ereto. **Revista Ceres**. 54:374-382, 2007.

THUNG, M.; SOARES, D. M.; AIDAR, H. Agregação de valores com feijões especiais. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p. 83-96.

TSUTSUMI, C. Y.; BULEGON, L. G.; PIANO, J. T. Melhoramento genético do

feijoeiro, avanços, perspectivas e novos estudos. **Nativa**. 3:217-223, 2015.

VALLS, J.F.M. Caracterização de recursos genéticos vegetais, In: NASS, L.L. (org.). **Recursos Genéticos Vegetais**. Brasília: Embrapa, 2007. p.201-305.

VARGAS, E.M.; CASTRO, E.; MACAYA, G.; ROCHA, O. J. Variación del tamaño de frutos y semillas en 38 poblaciones silvestres de *Phaseolus lunatus* (Fabaceae) del Valle Central de Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**. 51:707-724, 2003.

VAZ, D. C.; MORAIS JÚNIOR, O. P.; PEIXOTO, N. Agro-morphological characterization and genetic divergence assessment in bush snap bean genotypes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 47:134-144, 2017.

VIEIRA, C.O feijoeiro-comum: cultura, doenças e melhoramento. Viçosa: UFV, 1967. 220p.

WALLACE, D. H.; ENRIQUEZ, G. A. Daylength temperature effects on days to flowering of early and late maturing beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal the American Society for **Horticultural Science**. 105:583-591:1980.

ZILIO, M.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; SANTOS, J. C. P; MIQUELLUTI, D. J. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**. 42:429-438, 2011.

ZIMMERMANN, M.J.O.; TEIXEIRA, M.G. Origem e evolução. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F. ZIMMERMANN, M. J. O. (eds). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.101-137.

4.1 CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO FENOLÓGICA E VIABILIDADE POLÍNICA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO

INTRODUÇÃO

O feijão é produzido e consumido em diversas regiões do mundo, mas com destaque as de clima tropical e subtropical como América Latina, África e Ásia (Rawal e Navarro, 2019). O uso difundido desse legume foi permitido pela gama de adaptações que sofreu e origem genética (Singh et al., 1991; Freitas et al., 2010) e hoje, resulta em diversos tipos de feijões providos de variabilidade genética que poderá ser explorada em programas de melhoramento.

O interesse econômico pelo feijão deve-se, sobretudo, ao seu uso mundial para o consumo humano, por ser uma boa fonte de proteínas, fibras, minerais e vitaminas (Montoya et al., 2010). E mesmo o feijão sendo uma cultura de grande importância econômica e domesticada a muitos anos, ainda existe diversidade genética a ser utilizada. A falta de estudos básicos relacionadas à geração de informações para os programas de melhoramento, é uma das principais causas da falta de exploração dos recursos genéticos pelos melhoristas (Acosta-Gallegos et al., 2007; Valls, 2007), a exemplo disso, estudos de caracterização fenológica do feijoeiro, ainda, são necessários.

Conforme Lieth (1974), a fenologia é um campo da biologia que estuda a ocorrência dos fenômenos biológicos frequentes dos seres vivos e sua relação com as condições bióticas e abióticas. No melhoramento genético, o conhecimento do ciclo fenológico das espécies cultivadas gera informações sobre uniformidade da maturação, duração do ciclo e florescimento, dados esses que são essências para subsidiar pesquisas que visem a obtenção de novas cultivares (Gaspari-Pezzopane et al., 2009).

Ainda que os estudos fenológicos sejam de grande importância, estudos com essa temática ainda são escassos no Brasil. Em feijão, pesquisas sobre o desenvolvimento fenológico já foram realizadas (Magalhaes e Millar, 1978; Rogelio Aguirre et al., 2003; Worku et al., 2004; Didonet e Vitória 2006; Moura et al., 2012; Ribeiro et al., 2018; Salazar et al., 2018). Esses trabalhos demonstram os efeitos de fatores abióticos como temperatura, irradiação fotossintética e estresse hídrico no desenvolvimento fenológico

do feijoeiro, e suas influencias na produtividade dos grãos.

Dessa forma, o conhecimento da fenologia de genótipos feijoeiro existentes em bancos de germoplasma e na mão dos produtores rurais é fundamental para contribuir ao melhoramento genético da cultura que visa a obtenção de materiais mais produtivos e resistentes a condições bióticas e abióticas adversas (Tsutsumi et al., 2005). E com base no exposto, este trabalho teve o objetivo de caracterizar o desenvolvimento fenológico de treze genótipos de feijão, avaliar os atributos fenológicos reprodutivos como taxa de florescimento e pico de florescimento e estimar a viabilidade polínica com base em teste colorimétrico.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização fenológica

O estudo foi realizado no município de Alta Floresta, região norte do Estado de Mato Grosso, localizada a 9° 52' de latitude sul e 56° 06' de longitude oeste e situada a 288 metros de altitude. A região apresenta clima tropical chuvoso, tipo Aw com nítidas estações de seca (junho a agosto) e de chuva (setembro a maio), tendo uma precipitação elevada entre 2500 a 2750 mm, com maior intensidade entre janeiro/março (Köppen, 1948).

As observações dos estágios fenológicos tiveram início em junho de 2019 com a semeadura de treze genótipos de feijão e término em setembro de 2019. Dos treze genótipos, quatro são pertencentes a espécie *Phaseolus vulgaris* L., oito a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e uma a espécie *Phaseolus lunatus* L (Tabela 1). O experimento foi conduzido em casa de vegetação e em delineamento inteiramente casualizado com treze tratamentos e dez repetições, totalizando 130 plantas avaliadas.

Tabela 1. Descrição dos treze genótipos de feijão estudadas.

Espécie	Nome Popular	Nome dos genótipos
<i>P. vulgaris</i> L.	Feijão comum	PV01
<i>P. vulgaris</i> L.	Feijão comum	PV06
<i>P. vulgaris</i> L.	Feijão comum	PV08
<i>P. vulgaris</i> L.	Feijão comum	PV09
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp.	Feijão-caupi	VU02
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU03
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU04
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU05
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU07
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU10
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU11
<i>V. unguiculata</i> (L.) Walp	Feijão-caupi	VU12
<i>P. lunatus</i> L.	Feijão-fava	PL13

A escala de notas utilizadas para avaliar os estádios fenológicos dos genótipos de feijão, foram baseadas no feijão comum (*P. vulgaris*). Os estádios de desenvolvimento do feijoeiro é dividido em fase vegetativa e reprodutiva. A fase vegetativa é composta

pelas etapas V0, V1, V2, V3 e V4, e a reprodutiva pelas etapas R5, R6, R7, R8 e R9 (Laing et al., 1984). As notas atribuídas a cada evento fenológico corresponde, respectivamente, a: (0) germinação; (1) emergência - 50% dos cotilédones fora do solo; (2) folhas primárias expandidas; (3) primeira folha trifoliolada com folíolos expandidos; (4) terceira folha trifoliolada com folíolos expandidos; (5) pré-floração – emissão do primeiro botão floral; (6) floração – primeira flor aberta; (7) formação dos legumes – primeira vagem com a corola desprendida; (8) enchimento de legumes; (9) maturação – primeira vagem em processo de descoloração até a completa maturação. A mudança de uma fase fenológica para outra foi estabelecida quando a metade das dez repetições avaliadas de cada genótipo apresentaram a fase fenológica seguinte.

A partir da primeira flor aberta (fase R6), o número de flores foi registrado diariamente em todas as plantas, e com base nesses dados, foram estimados o pico de florescimento (maior número de flores na antese em um único dia), e a taxa de florescimento (razão entre o número total de flores na antese e o número de dias analisados (Dafni, 1992). E também foi calculado o número de dias entre a emergência e o florescimento (DEF), atingido quando 50% das plantas de cada genótipo estivessem com pelo menos uma flor aberta.

A caracterização das condições meteorológicas ocorridas durante o período experimental foi realizada a partir da obtenção dos dados climatológicos de temperatura e umidade. Os dados das condições meteorológicas foram obtidos via termohigrômetro modelo J-Prolab instalado na casa de vegetação.

Viabilidade polínica

Após o início da floração dos genótipos de feijão, botões florais foram coletados e fixados em solução de etanol-ácido acético (proporção de três partes de álcool absoluto e uma parte de ácido acético glacial), por 24 horas a temperatura ambiente, posteriormente transferido para uma solução de álcool 70% e conservados em geladeira (4°C) até o preparo das lâminas.

O teste de viabilidade polínica foi realizado utilizando o corante Alexander, esse colore o protoplasto do grão de pólen viável de vermelho-púrpura e a parede celular de verde, enquanto que, o grão de pólen inviável apresenta apenas coloração verde (Alexander, 1969). O preparo das laminas ocorreu seccionando as anteras

transversalmente e posterior maceração para facilitar a liberação dos grãos de pólen. Após retirada das impurezas e excesso de corante, o material foi coberto com lamínula e observados em microscópio óptico (Zeiss: ANHG10609) em uma magnitude de 100X.

Para cada genótipo de feijão estudada, quatro lâminas foram confeccionadas, sendo contabilizados 250 grãos de pólen/lâmina, totalizando 1000 grãos de pólen/genótipo.

Cálculos para obtenção da porcentagem da viabilidade foram feitos após a contagem do pólen. A análise dos dados da viabilidade polínica foi realizada por intervalo de confiança com auxílio do programa GENES (Cruz, 2013), empregando o método de amostragem simples ao acaso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização fenológica

O desenvolvimento da fase vegetativa para a maior parte dos genótipos estudados ocorreu entre os meses de junho e julho de 2019, com respectivas temperaturas e umidades médias de 32,97°C/54,70% e 34,36°C/41,97%. A referida fase é favorecida pela ocorrência de temperaturas moderadamente elevadas, acima de 21°C e inferior a 29°C (Dourado Neto e Fancelli, 2000).

Entre os meses de agosto e setembro, o desenvolvimento das plantas foi marcado pelo surgimento dos botões florais, florescimento e completa maturação das vagens, com temperatura média de 35°C para ambos os meses, e umidade de 35,58% para o mês de agosto e 52,20% para o mês de setembro (Figura 1).

O feijão é cultivado em todos os continentes, e em regiões com variação térmica entre 10°C e 35°C. Contudo, a maior parte da produção acontece em regiões com temperatura entre 17° e 25°C, faixa que é considerada apropriada para espécie. Já em temperaturas acima de 35°C a produtividade tende a diminuir (Portes 1988; Mariot, 1989; Portes, 1996; Gonzaga, 2014).

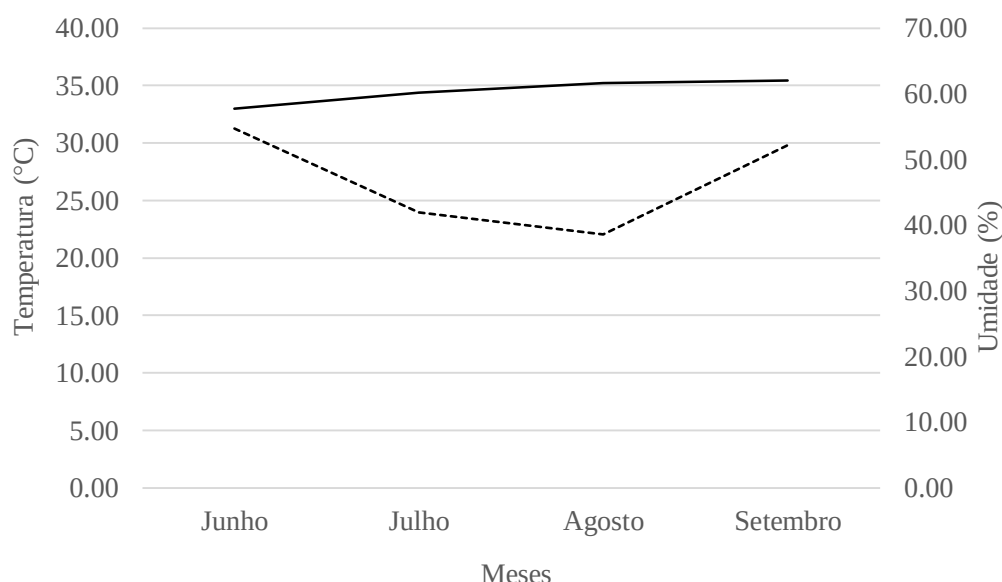


Figura 1. Temperatura média (°C) (—) e umidade (%) (----) para o período de junho de 2019 a setembro de 2019, no município de Alta Floresta-MT em casa de vegetação.

No feijão, aliar o conhecimento das condições meteorológicas a fase de desenvolvimento da planta é preciso por se tratar de uma cultura de ciclo curto, e por isso, está mais propensa a sofrer com alterações nas condições ambientais (Hoffmann et al., 2007). Silva et al. (2019) testando o efeito de alta temperatura (37°C) na biologia reprodutiva de doze genótipos de feijão comum, constatou que o efeito térmico afetou significativamente o número total de grãos de pólen, número de flores, número de vagens, número de sementes viáveis, peso de 100 sementes, rendimento de sementes e ainda aumentou as irregularidades meióticas. O estresse térmico pode causar cerca de 82% de abscisão de vagens recém-formadas (Monterroso e Viena, 1990). E conforme Ernest et al. (2017), a redução na produtividade do feijoeiro devido a altas temperaturas é em parte causada pela redução no número de grãos de pólen liberados durante a fertilização.

O estresse hídrico, seja a deficiência ou excesso de água é outro fator que afeta diretamente o rendimento do feijoeiro durante a fase de floração, formação das vagens e em menor grau na fase vegetativa (Oliveira et al., 2018). Esses mesmo autores ainda relataram que a produtividade do feijão cresce com a quantidade de água disponível, até certo limite, e, por isso, o estudo da fenologia auxilia a adequação do manejo de irrigação em quantidades adequadas e de acordo com o estágio de desenvolvimento que a planta se encontra.

Na Figura 2 é apresentada a escala de notas utilizada para acompanhar o desenvolvimento fenológico dos treze genótipos de feijão, que tem início com a germinação e termina com a maturação das vagens. Conforme relata Pezzopane et al. (2003) a aplicação de uma escala de notas para acompanhar os estágios fenológicos, é fundamental porque as plantas passam por fenofases que determinam etapas significativas de desenvolvimento, e se bem caracterizadas podem auxiliar na estimativa de cultivo, época de maturação e programas de melhoramento genético.

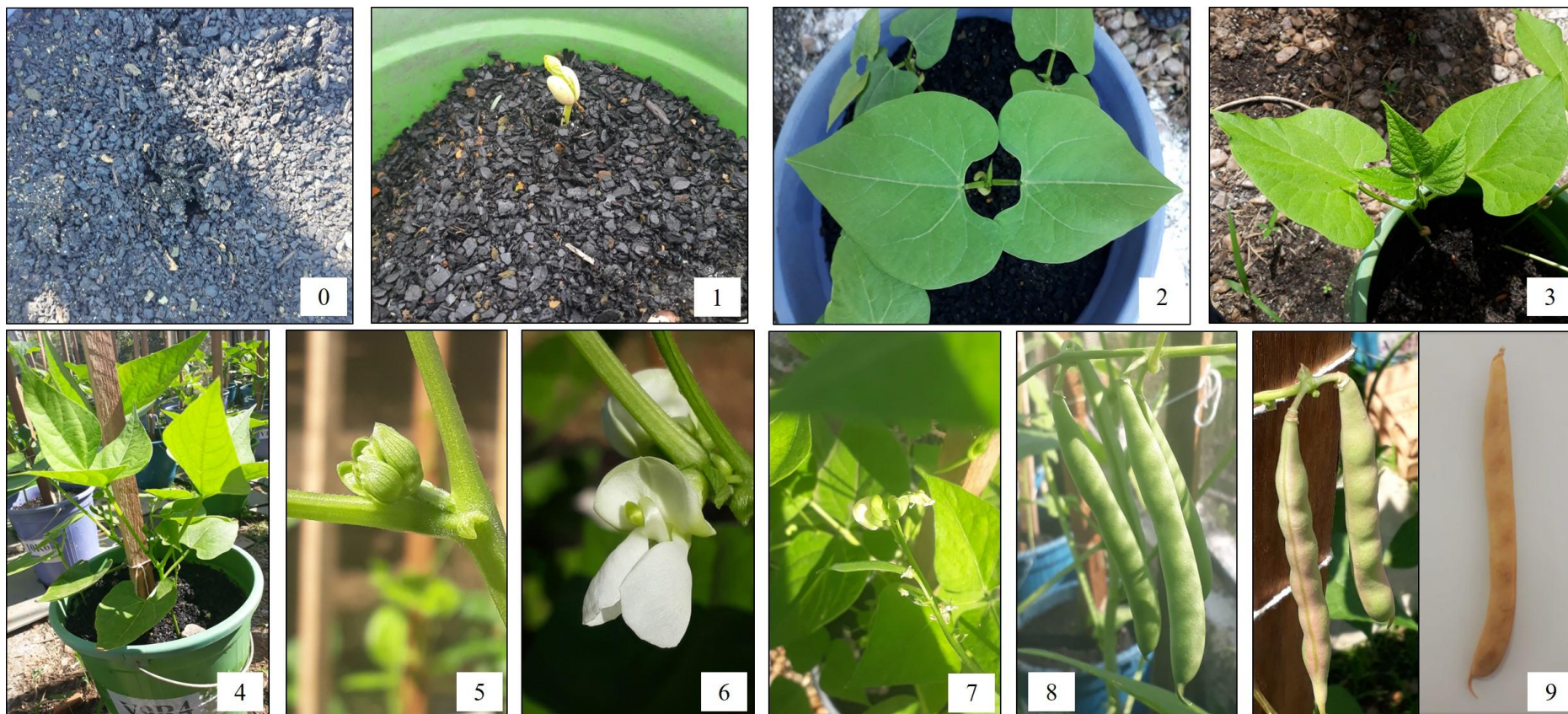


FIGURA 2. Escala de notas para desenvolvimento fenológico de feijão. (0) germinação, (1) emergência, (2) folhas primárias, (3) primeira folha trifoliolada, (4) terceira folha trifoliolada, (5) pré-floração, (6) floração, (7) formação de legumes, (8) enchimento dos legumes, (9) maturação.

O período fenológico vegetativo tem início com a germinação da semente (V0) e se estende até o final da fase V4. Em relação a essa etapa, os genótipos PV01, PV06, PV08 e PV09 do gênero *Phaseolus* apresentaram período fenológico vegetativo médio de 30, 22, 22, e 25 dias respectivamente. No gênero *Vigna*, VU10 apresentou o menor ciclo vegetativo com 28 dias, seguido pelos genótipos VU02, VU03, VU05, VU07 e V11 com 31 dias; VU04 com 32 e VU12 com o maior número de dias na fase vegetativa (36). A espécie *P. lunatus* (PL13) por sua vez, teve um ciclo vegetativo de 33 dias (Figura 3).

A transição entre a fase da germinação e a emergência durou um dia para os genótipos estudados, com exceção de PV01. O mesmo ocorreu entre a mudança da fase de emergência para o surgimento das folhas primárias, com ressalva a VU05 que levou dois dias (Figura 3). As primeiras folhas do feijão são denominadas de primárias e são simples e opostas. A expansão completa das primeiras folhas é fundamental para o estabelecimento da cultura no campo por ser a sede inicial de conversão de energia (Dourado Neto et al., 2002). Essa etapa teve menor duração nos genótipos PV01, PV06 e PV08 com cinco dias, enquanto que foi maior para os genótipos VU04 e VU07 com oito dias.

A partir da fase V3 dá-se início ao rápido desenvolvimento vegetativo do feijão, com a expansão horizontal completa da primeira folha trifoliolada, fase essa que variou de 4 a 10 dias nas plantas estudadas. O fim dessa fase marca o ritmo máximo da fase vegetativa, o estágio V4. Nesse estágio, a terceira folha trifoliolada está plenamente expandida e tem início ao processo de ramificação da planta (Dourado Neto et al., 2002; Santos e Gavilanes, 2006).

O período vegetativo de crescimento do feijoeiro, mesmo abrangendo grande parte dos dias do ciclo da cultura, pouco tem sido estudado. Didonet (2010) demonstrou a importância do período vegetativo ao observar que a temperatura mínima, a radiação solar e a taxa diária de absorção de nitrogênio até o terceiro trifólio, provocou redução no rendimento de três cultivares de feijão.

O final da fase V4 corresponde ao término do desenvolvimento vegetativo e início do reprodutivo. O período reprodutivo é dividido em cinco etapas com início na fase R5 ou pré-floração e se estende até a maturação completa das vagens, a fenofase

R9. O ciclo fenológico reprodutivo dos genótipos VU03 e VU10 foi o menor, visto que, da emissão do primeiro botão floral ao amadurecimento completo das vagens o tempo médio decorrido foi de 36 dias. Já VU05 apresentou o maior tempo de desenvolvimento fenológico reprodutivo, com 59 dias em média (Figura 3).

O estágio R5 corresponde ao desenvolvimento dos primeiros botões florais. Essa fenofase prolonga-se até a abertura da flor e dura cerca de dez dias (Santos e Gavilanes, 2006). Essa informação mostra concordância com o presente estudo, visto que, para a maioria das espécies essa etapa durou entorno de dez dias, exceto para PV01 com o menor número de dias em média em pré-floração (4), e a VU05 com o maior número de dias em média (16).

A transição entre a abertura da primeira flor (R6) e formação do primeiro legume com a corola desprendida (R7) durou no máximo 3 dias entre os genótipos. Nas flores de feijoeiro ocorre a protoginia e a cleistogamia, dois mecanismos que favorecem a autogamia. As espécies *P. vulgaris*, *V. unguiculata* e *P. lunatos* são classificadas como autógamas, mas com certa taxa de alogamia que varia com o ambiente e os genótipos (Vilhordo et al., 1996; Freire Filho et al., 2005; Suso et al., 2015).

A antese das flores de feijão acontece por volta das 5h30 e geralmente já estão polinizadas, e por isso, a emasculação antes da abertura das anteras é essencial para obtenção de cruzamentos controlados (kheradnam e Niknejad, 1971; Freire Filho et al., 2005). Após fechadas, as flores dos materiais analisados perderam o brilho e murcharam.

No feijoeiro normalmente ocorre cerca de 60% a 80% de aborto das flores. A planta autorregula o número ideal de vagens e grãos que ela pode ter, basicamente pela disponibilidade de nutrientes, principalmente, os carboidratos. Assim, se ocorrer falta de carboidratos durante a floração, o percentual de flores abortadas aumenta, se essa falta ocorre na fase de formação das vagens, a taxa de aborto das vagens também aumenta (Didonet e Carvalho, 2014).

A alta temperatura durante a fase de floração, favorece o aumento da taxa de florescimento, além de um prolongamento do período de floração, contudo reduz o vingamento de flores e vagens (Cross et al., 2003; Didonet e Carvalho, 2014). Didonet e Vitória et al. (2006) estudaram como a temperatura de 37°C afeta os estádios R5, R7

e R8 de *P. vulgaris*, e seus achados mostraram que o estresse térmico aumentou o número de vagens por planta, porém vagens em menor número de grãos e massa de matéria seca dos grãos, que ocasionaram redução na produtividade e na qualidade.

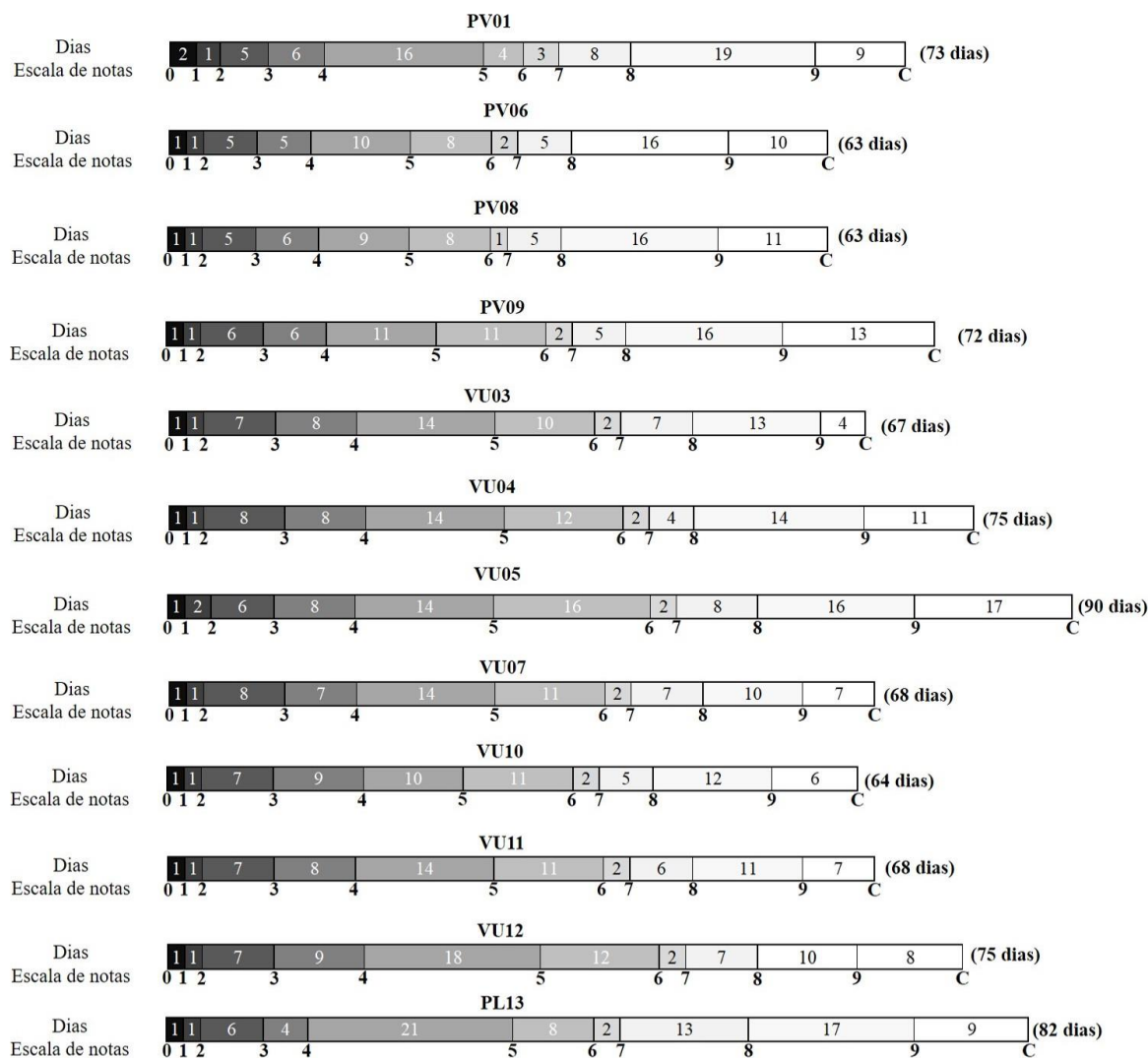


FIGURA 3. Duração dos diferentes eventos fenológicos de treze genótipos de feijão, baseando-se na escala de notas entre os meses de junho e setembro de 2019, nas condições do município de Alta Floresta. (0) germinação, (1) emergência, (2) folhas primárias, (3) primeira folha trifoliolada, (4) terceira folha trifoliolada, (5) pré-floração, (6) floração, (7) formação de legumes, (8) enchimento dos legumes, (9) maturação, (C) colheita.

Em relação ao florescimento, a maior taxa de florescimento foi de PL13 com 5,67 e foi seguida pelos genótipos PV09 e PV08 com 1,82 e 1,80, todas do gênero *Phaseolus*. Os resultados mais baixos foram observados nos genótipos VU04, VU10 e VU07 cada uma respectivamente com 0,45; 0,49 e 0,53 todas do gênero *Vigna*. Com 43 flores o genótipo PL13 apresentou o maior número de flores abertas em um único

dia, enquanto que VU10 apresentou o menor número, com apenas 5 flores.

Tabela 2 – Pico de florescimento, taxa de florescimento e número de dias para o florescimento durante a caracterização do ciclo fenológico de treze genótipos de feijão, no município de Alta Floresta-MT em casa de vegetação.

Genótipos	Pico de Florescimento	Taxa de Florescimento	DEF
PV01	14	1,17	33
PV06	11	1,76	30
PV08	17	1,80	30
PV09	10	1,82	36
VU02	9	0,63	42
VU03	10	1,18	41
VU04	6	0,45	44
VU05	9	0,77	47
VU07	11	0,53	42
VU10	5	0,49	39
VU11	7	0,67	42
VU12	11	0,79	48
PL13	43	5,67	41

DEF: Dias da emergência ao florescimento.

As flores de *P. lunatos* medem até 10 mm e uma vagem produz cerca de duas a quatro sementes (Beyra e Artiles, 2004). Isso revela o porque são numerosas em número de flores, já que para produzir o mesmo número de grãos que as espécies *V. unguiculata* e *P. vulgaris* precisam de uma maior quantidade de vagens, logo mais flores. A espécie *V. unguiculata* possui uma flor de 2-3 cm de diâmetro e uma vagem que produz entre oito e dezoito sementes (Timko e Singh, 2008). Já no feijão comum (*P. vulgaris*) uma vagem produz entre quatro e dez grãos (Zimmermann e Teixeira, 1996).

A etapa R7 da fase reprodutiva corresponde ao desenvolvimento inicial das vagens após a queda da corola. No presente estudo essa etapa variou entre os genótipos de 4 (VU04) a 13 dias (VU02 e PL13). Essa fenofase se caracteriza pelo crescimento longitudinal da primeira vagem, até que atinja seu comprimento máximo (Santos e Gavilanes, 2006).

Para a maioria dos genótipos a fase R8 foi a mais longa em número de dias (Figura 3), e inicia-se com o enchimento da primeira vagem, correspondendo ao período que as sementes apresentam o crescimento mais pronunciado e termina com a mudança

de cor das sementes, podendo também ocorrer pigmentação nas vagens (Dourado Neto e Fancelli, 2000; Santos e Gavilanes, 2006).

A última etapa (R9) que corresponde a maturação das vagens se inicia com a descoloração das mesma, amarelecimento e queda das folhas, até a seca total das plantas (Vieira et al., 2006). Os genótipos VU02 e VU05 foram as que demoraram (17 dias) para a maturação completa. Já o genótipo VU03 precisou de apenas de 4 dias para a completa maturação dos legumes. É importante salientar que em nos genótipos de crescimento indeterminado, o crescimento vegetativo não cessou, após o início da fase reprodutiva, em razão disso houve sobreposição entre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, o mesmo relatado por Meza-Vázquez et al. (2015).

No feijoeiro, a principal característica utilizada para avaliar a precocidade é o tempo decorrido entre a emergência e o aparecimento das primeiras flores (Silva et al., 2007). Essa característica possui alta herdabilidade, e correlação positiva e de alta magnitude com a maturação fisiológica dos grãos (Santos e Vencovsky, 1985).

A precocidade em genótipos de feijão apresenta diversas vantagens, tais como: escape em relação ao estresse climático e ocorrência de doenças; redução de perdas na colheita, fazendo a coincidir com épocas menos chuvosas; menor consumo de água e de tempo de uso do solo em cultivos irrigados e intensivos; e favorece a rotação de culturas, liberando mais cedo a gleba para o plantio de outra cultura (Buratto et al, 2007).

Estudos têm mostrado que o tempo entre a emergência e o florescimento tem variado entre 28 a 49 (Ribeiro et al., 2004; Vale et al., 2015) ou 27 a 42 (Buratto et al., 2007) dias, muito semelhante ao que foi encontrado no presente estudo (Tabela 2).

Os genótipos PV06 e PV08 ambos de hábito de crescimento determinado apresentaram o menor número de dias entre a emergência e o florescimento com 30 dias em média cada, e foram os genótipos que em menos tempo atingiram a completa maturação, ambos com 63 dias em média (Figura 3; Tabela 2). Isso mostra o porque com frequência, o número de dias entre as fases fenológicas V1 e início da R6 é utilizado para avaliar a precocidade do feijão, visto que plantas mais precoces para o florescimento tendem a amadurecer mais rapidamente.

As etapas de desenvolvimento fenológico revelaram que os genótipos mais precoces para o florescimento (PV06 e PV08) tiveram o ciclo vegetativo mais curto (V0

-V4), isto é, 22 dias. Em contraste, VU12 foi o genótipo mais tardio para florescimento (48 dias) e foi quem mais tempo levou em desenvolvimento vegetativo (36 dias), evidenciando a influência do período vegetativo no florescimento dos materiais.

É importante destacar que, as plantas de hábito de crescimento determinado como PV06 e PV08 reduzem bastante o crescimento da planta com diminuição no número de nós, folhas e altura da planta, tornando possível uma maturação mais precoce (Huyghe, 1998). As plantas de hábito de crescimento indeterminado como VU12 apresentam maior potencial de produção de rendimento de grão e maior estabilidade na produção, contudo possuem tendência a maturidade mais tardia (Kornegay et al., 1992; Dalla Corte et al., 2002).

Apesar de VU12 ter sido o genótipo que mais tempo demorou para florir, quem mais tempo demorou para atingir a maturação foi VU05 (90 dias) que floriu em 47 dias. Entre VU12 e VU05 o tempo para o florescimento diferiu em apenas um dia, e foi o tempo de desenvolvimento fenológico reprodutivo (R5-R9) o diferencial. O genótipo VU05 permaneceu 59 dias em período reprodutivo e VU12 39 dias. A análise do período fenológico vegetativo revela pouca diferença entre os materiais (VU12 – 36 dias e VU05 - 31 dias) e mostra que o desenvolvimento fenológico reprodutivo influenciou o tempo de maturação das vagens.

A relação entre o número de dias para o florescimento e maturação no feijão é evidente entre os genótipos, com a ressalva de que nem sempre as plantas que florescem mais rápido serão mais precoces, e nem sempre as que levam mais tempo para florescerem serão as mais tardias. Os trabalhos de correlação mostram com clareza isso, visto que, a correlação entre florescimento e maturação pode ser alta, contudo não é perfeita (Buratto et al., 2007).

Viabilidade polínica

A média geral de viabilidade polínica dos treze genótipos foi de 86%, indicando uma alta prevalência de grãos de pólen viáveis em relação aos inviáveis. O genótipo PV08 apresentou os maiores valores de grãos de polens viáveis (95,17%), com limite inferior de 90,73% e limite superior de 98,78% e VU05 com o menor valor de polens viáveis (73,80%), com limite inferior de 66,23% e limite superior de 79,93% conforme a Tabela 4. Segundo Ruggiero et al. (1996) a viabilidade polínica é considerada alta

quando porcentagens acima de 70% são obtidas, e para os genótipos estudadas porcentagens a partir de 73% foram observadas.

Os dados desse estudo corroboram com Lima et al. (2016), que ao estudarem irregularidades meióticas e estimar a viabilidade polínica utilizando o corante Alexander, encontrou em média 94,3% de polens viáveis no cultivar de feijão comum BRSMG Talismã. Jesus et al. (2018) testando a viabilidade de nove genótipos de *P. lunatus* com quatro diferentes tipos de corantes, encontram viabilidade acima de 80% utilizando carmim acético, orceína, lugol e fucsina.

Tabela 4. Intervalo de confiança (I.C. 95%), médias e desvio padrão (DP) da viabilidade polínica de treze genótipos de feijão.

Genótipos	I.C 95%				
	LI	LS	Média	DP	CV
PV01	78,28	94,98	87,50	5,10	5,83
PV06	73,09	87,23	80,90	4,32	5,34
PV08	90,73	98,78	95,17	2,46	2,58
PV09	72,79	99,35	88,80	7,20	8,11
VU02	89,48	98,57	94,50	2,77	2,94
VU03	85,17	90,29	88,00	1,56	1,77
VU04	77,96	97,03	87,50	6,51	7,44
VU05	66,23	79,93	73,80	4,18	5,67
VU07	78,69	87,39	83,50	2,66	3,18
VU10	54,57	92,30	75,40	11,54	15,30
VU11	70,07	98,49	88,00	7,16	8,13
VU12	69,19	102,17	87,40	10,08	11,53
PL13	83,14	99,73	92,30	5,07	5,49

LI = Limite inferior; LS = limite superior; DP =desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

Em *V. unguiculata* altas taxas de viabilidade polínica também foram encontradas por Nameirakpam e Khanna (2018), a porcentagem de viabilidade no estudo desses autores variou de 90,35% e 96,79% com o corante carmim acético. O pólen de feijão-caupi pode permanecer viável por cerca de 42 horas após a antese, fator fundamental para o sucesso das hibridações que inclui a capacidade da planta doadora de produzir pólen viável e o tempo da duração da viabilidade (Ribeiro et al., 2007; Ting et al., 2014).

Os altos percentuais de viabilidade dos genótipos provavelmente é consequência de uma meiose regular. Techio et al. (2006) relatam que uma divisão regular gera grãos

de pólen viáveis, logo, aptos a germinar no estigma da flor, fertilizar e gerar frutos viáveis. Já o oposto, quando a divisão não ocorre de forma harmônica, os resultados são irregularidades meióticas não desejáveis, que ocasionam gametas com cromossomos desbalanceados ou anucleados e também grãos de pólen com citoplasma retraído (Defani-Scoarize et al., 1995; Twell, 1995).

Entre os genótipos da mesma espécie foi constatado variações nas porcentagens médias de viabilidade. Segundo Zanotto et al. (2009), a viabilidade do grão de pólen pode apresentar uma grande variação dentro de uma mesma espécie com genótipos distintos, e ser indicativo de diferenças genotípicas. Contudo, fatores como a umidade do ar, temperatura, pressão osmótica do conteúdo celular do pólen e resistência da parede do pólen são fatores que também podem influenciar a viabilidade polínica (Prasad et al., 1999).

O reativo de Alexander utilizado apresenta três componentes básicos: o verde malaquita, a fucsina ácida e o orange G, que são fundamentais para distinção de polens viáveis e não viáveis. O composto verde malaquita tem afinidade com a parede celular do grão de pólen e a cora de verde, a fucsina ácida cora o protoplasma do pólen de vermelho ou purpura, enquanto o orange G tem a função de fixar os corantes e melhorar a diferenciação do grão de pólen (Alexander, 1969). A coloração e distinção entre pólen viável e inviável realizada pelo corante Alexander nas espécies aqui estudadas, pode ser observado na Figura 4.



Figura 4. Grãos de pólen viáveis (protoplasma purpura/parede celular verde) e inviáveis (pólen verde) de feijão corados com reativo de Alexander. A - *P. vulgaris*; B - *V. unguiculata*; C - *P. lunatus*. Barra: 20 μ m.

Nameirakpam e Khanna (2018) confirmaram em seu estudo de cruzabilidade de cinco genótipos de *V. unguiculata*, que a fertilidade do pólen, a germinação e o

crescimento do tubo polínico foram pré-requisitos para o desenvolvimento de híbridos de sucesso de feijão-caupi. A viabilidade do pólen influencia a taxa de pegamento de frutos em cruzamentos e autofecundações e, conseqüentemente, a produção de sementes híbridas ou de sementes autofecundadas. Em razão disso, é uma análise fundamental para conservação, caracterização de germoplasma, e uso para fins de melhoramento genético (Pozzobon et al., 2015).

CONCLUSÕES

A escala de notas utilizada foi eficiente para a caracterização fenológica dos treze genótipos de feijão em condições de casa de vegetação.

Foi constatado que genótipos com menor número de dias entre a emergência e o florescimento tendem a ter um ciclo mais precoce. E quanto maior o número de dias, mais tardio tende a ser o ciclo fenológico de desenvolvimento. O tempo na fase vegetativa influenciou o florescimento dos genótipos, enquanto que para a maturação é a fase reprodutiva.

Os genótipos PV06 e PV08 tiveram o menor ciclo de desenvolvimento fenológico, enquanto que o maior ciclo foi observado no genótipo VU05.

A espécie *P. lunatus* obteve a maior taxa de florescimento e o maior número de flores abertas em um único dia.

Os genótipos utilizados neste estudo apresentaram altas porcentagens de viabilidade polínica, o que demonstra potencialidade para utilização em cruzamentos intra e interespecíficos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, G. J. A.; KELLY, J. D.; GEPTS, P. Prebreeding in common bean and use of genetic diversity from wild germplasm. **Crop Science**. 47:44-59, 2007.
- ALEXANDER, M. P. Differential staining of aborted and nonaborted pollen. **Stain technology**.44:117-122, 1969.
- BEYRA, A.; ARTILES, G. R. Revisión taxonômica de los gêneros *Phaseolus* y *Vigna* (Leguminosae – Papilionoideae) en Cuba. **Anales Del Jardín Botánico de Madrid**. 61:135-154, 2004.
- BURATTO, J. S.; MODA-CIRINO, V.; JÚNIOR, N. D. S. F.; PRETE, C. E. C.; FARIA, R. T. Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**. 28:373-380, 2007.
- CROSS, R. H., S. A. B; MCKAY, A. G. MCHUGHEN; P. C. BONHAM-SMITH. Heat-stress effects on reproduction and seed set in *Linum usitatissimum* L. (flax). **Plant, Cell and Environment**. 26:1013-1020, 2003.
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. 35:271-276, 2013.
- DAFNI, A. **Pollination ecology: a practical approach**. New York: Oxford University Press, 1992. 250p.
- DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; DESTRO, D. Adaptability and phenotypic stability in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 2:25-534, 2002.
- DEFANI-SOARIZE, M. A.; PAGLIARINI, M. S.; AGUIAR, C. G. Evolution of meiotic behavior in double-cross maize hybrids and their parentes. **Maydica**. 40:319-324, 1995.
- DIDONET, A. D. Importância do período de pré-floração na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 40: 505-512, 2010.
- DIDONET, A. D.; CARVALHO, M. A. F. Fisiologia. In: GONZAGA, A. C. (ed.). **O Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 31-40 (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).
- DIDONET, A. D.; VITÓRIA, T. B. Resposta do feijoeiro comum ao estresse térmico aplicado em diferentes estágios fenológicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 36:199-

204, 2006.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guíaba: Ed. Agropecuária, 2000. 385p.

ERNEST, E.G.; WISSER, R.J.; JOHNSON, G.C. Physiological Effects of Heat Stress on Lima Bean (*Phaseolus lunatus*) and Development of Heat Tolerance Screening Techniques. USDA-ARS, Washington, DC, USA, 2017.

FREIRE-FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília:Embrapa, 2005. 519p.

FREIRE-FILHO, F. R.; RIBEIRO, V.Q.; SANTOS, A. A. Cultivares de caupi para região Meio-Norte do Brasil. In CARDOSO, M. J. (org.). **A cultura de feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa-CPAMN, 2000. p.67-88. (Embrapa-CPAMN, Circular Técnica, 28).

FREITAS, G.; GANANÇA, J. F. T.; NÓBREGA, H.; NUNES, É.; COSTA, G.; SLASKI, J. J.; CARVALHO, M. Â. A. P. Morphological evaluation of common bean diversity on the Island of Madeira. **Genetic Resources and Crop Evolution**. 58:861–874, 2010.

GASPARI - PEZZOPANE, C.; FAVARIN, J. L.; MALUF, M. P.; PEZZOPANE, J. R. M.; FILHO, O. G. Atributos fenológicos e agronômicos em cultivares de cafeeiro arábica. **Ciência Rural**. 39:711-717, 2009.

HOFFMANN, L.; RIBEIRO, N. D.; DA ROSA, S. S.; JOST, E., POERSCH, N. L.; MEDEIROS, S. L. P. Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo. **Ciência Rural**. 37:1543-1548, 2007.

HUYGHE, C. Genetics and genetic modifications of plant architecture in gran legumes: a review. **Agronomie**.18:384-411, 1998.

JESUS, L. D. G. A.; TAVARES, L. R.; GOMES, M. F. C.; VALENTE, S. E. S.; GOMES, R. L. F.; LOPES, A. C. A.; COSTA, M. F. Eficiência de testes colorimétricos para determinação da viabilidade do pólen em acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. 8:59-64, 2018.

KHERADNAM, M.; NIKNEJAD, M. Crossing technique in cowpeas. **Iranian Journal of Agricultural Research**. 1:57-58, 1971.

KÖPPEN, W. Climatologia con un estudio de los climas de la Tierra. México, 1948. 478p.

KORNEGAY, J.; WHITE, J. W.; ORTIZ CRUZ, O. Grow habit and gene pool effects on inheritance of yield in common bean. **Euphytica**. 62:171- 180, 1992.

LAING, D.R.; JONES, P.G.; DAVIS, J.H.C. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GOLDSWORTHY, P.R.; FISHER, N.M., eds. **The physiology of tropical field crops**. New York:John Wiley, 1984. p.305-351.

LIMA, D. C.; BRAZ, G. T.; REIS, G. B.; TECHIO, V. H.; DAVIDE, L. C.; ABREU, A. F. B. Implications of mitotic and meiotic irregularities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Genetics and Molecular Research**. 15:1-10, 2016.

LIETH, H. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. In: LIETH, H. (ed). **Phenology and seasonality modeling. Ecological Studies**. Berlin: Springer-Verag, 1974. p. 3-19.

MAGALHÃES, A. A.; MILLAR, A. A. Efeito do deficit de agua no periodo reprodutivo sobre a produção de feijao. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 13:55-60, 1978.

MARIOT, E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: IAPAR (ed.). *O feijão no Paraná*. Londrina: IAPAR, 1989. p.25-41.

MEZA-VÁZQUEZ, K. E.; LÉPIZ-ILDEFONSO, R.; LÓPEZ-ALCOCER, J. D. J.; MORALES-RIVERA, M. M. Caracterización morfológica y fenológica de especies silvestres de frijol (*Phaseolus*). **Revista fitotecnica mexicana**. 38:17-28, 2015.

MONTERROSO, V.A.; WIEN, W.C. Flower and pod abscission due to heat stress in beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. 115: 631-634, 1990.

MONTOYA, C.A.; LALLÉS, J.P.; BEEB, S. Phaseolin diversity as a possible strategy to improve the nutritional value of common beans. **Food Research International**. 43: 443:449, 2010.

MOURA, J. Z.; PÁDUA, L. E. D. M.; MOURA, S. G.; TORRES, J. S.; SILVA, P. R. R. E. Escala de desenvolvimento fenológico e exigência térmica associada a graus dia do feijão-caupi. **Revista Caatinga**, 25:66-71, 2012

NAMEIRAKPAM, B.; KHANNA, V. K. Studies on Crossability and Genetic Diversity in Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources**. 3:8-16, 2018.

OLIVEIRA, M. G. C.; OLIVEIRA, L. F. C.; WENDLAND, A.; GUIMARÃES, C. M.; QUINTELA, E. D.; BARBOSA, F. R.; CARVALHO, M. C. S.; LOBO JUNIOR, M.;

SILVEIRA, P. M. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 59p.

PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO-LÚNIOR, M.J.; THOMAZIELLO, A.; CAMARGO, M.B.P. Escala de avaliação de estágios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**. 62:499-505, 2003.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potáfos, 1988. p.125-56

PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F. ZIMMERMANN, M. J. O. (eds). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.101-137.

POZZOBON, M.T.; BIANCHETTI, L.B.; SANTOS, S.; CARVALHO, S.I.C.; REIFSCHNEIDER, J.B.; RIBEIRO, C. S. C. Comportamento meiótico em acessos de *Capsicum chinense* Jacq. do Banco de Germoplasma da Embrapa, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**. 13:96-100, 2015.

PRASAD, P.V.V.; CRAUFURD, P.Q.; SUMMERFIELD, R.J. Fruit number in relation to pollen production and viability in Groundnut exposed to short episodes of heat stress. **Annals of Botany**.84:381-386, 1999.

PRATAP, A.; KUMAR, J. (eds). **Biology and breeding of food legumes**. CABI: Oxford, 2011. p. 35-48.

RAWAL, V.; NAVARRO, D. K. **The Global Economy of Pulses**. Rome: FAO, 2019.

RIBEIRO G. S.; SÃO JOSÉ, A. R.; REBOUÇAS, T.N.H.; AMARAL, C.L.F. Floral biology aspects related to the production of sugar apple (*Annona squamosa* L.) fruits. **Acta Scientiarum Biological Sciences**. 29:369-373, 2007.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, G. G.; MAZIERO, S. M.; STECKLING, S. M. Phenological, plant architecture, and grain yield traits on common bean lines selection. **Revista Caatinga**. 31: 657-666, 2018.

RIBEIRO, N.D.; HOFFMANN JUNIOR, L.; POSSEBON, S.B. Variabilidade genética para ciclo em feijão dos grupos preto e carioca. **Revista Brasileira de Agrociência**. 10:19-29, 2004.

ROGELIO AGUIRRE, R, J.; PEÑA-VALDIVIA, C. B.; BAYUELO-JIMÉNEZ, J. S.; THOMAS, T. H. Morphology, phenology and agronomic traits of two wild Mexican

common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) populations under cultivation. **South African Journal of Botany**. 69:410–421, 2003.

RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A. R.; VOLPE, C. A.; OLIVEIRA, J. C.; DURIGAN, J. F.; BAUMGARTNER, J. G.; SILVA, J. R.; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M. E.; KAVATI, R.; PEREIRA, V. P. **Maracujá para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: Embrapa, 1996. 64p. (Série Publicações Técnicas Frupep, 19).

SALAZAR, J. C. S.; POLANÍA, J. A.; BASTIDAS, A. T. C.; SUÁREZ, L. R., BEEBE, S.; RAO, I. M. Agronomical, phenological and physiological performance of common bean lines in the Amazon region of Colombia. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**. 30: 303, 2018.

SANTOS, J. B.; GAVILLANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; JUNIOR PAULA, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2nd ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 41-65.

SANTOS, J.B.; VENCOVSKY, R. Controle genético do início do florescimento em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 20:841-845, 1985.

SILVA, D. A.; PINTO-MAGLIO, C. A. F.; OLIVEIRA, É. C.; REIS, R. L. M., CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F. Influence of high temperature on the reproductive biology of dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Scientia Agricola**. 77:1-9, 2019.

SILVA, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. D. F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42:1437-1442, 2007.

SINGH, S. P.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D. G. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). **Economic Botany**. 45:379-396, 1991.

SOUZA, M.M.; PEREIRA, T.N.S.; MARTINS, E.R. Microsporogênese associada ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). **Ciência e Agrotecnologia**. 26:1209-1217, 2002.

SUSO, M.; BEBELI, P.; PALMER, R. Reproductive Biology of Grain Legumes. In: DE RON, A. (ed). **Grain Legumes**. Handbook of Plant Breeding. New York: NY, 2015. v.10, p.365-399.

TECHIO, V. H.; DAVIDE, L. C.; PEDROZO, C. Â.; PEREIRA, A. V. Viabilidade do grão de pólen de acessos de capim-elefante, milheto e híbridos interespecíficos (capim-elefante x milheto). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. 28:7-12, 2006.

TIMKO, M. P.; SINGH, B. B. Cowpea, a multifunctional legume. In: MOORE, P. H.; MING, R. (eds). **Genomics of tropical crop plants**. New York, NY: LLC, 2008. p. 227-258.

TING, P.; TU, Y.; LIN, C.; CHANG, H.; CHEN, L.; LITFU, A. Reproductive fitness of outcrossed hybrids between transgenic broccoli (*Brassica oleracea*) carrying the ipt transgene and conventional varieties of kale, broccoli and cauliflower. **Pakistan Journal of Botany**. 46:1437-1444, 2014.

TSUTSUMI, C. Y.; BULEGON, L. G.; PIANO, J. T. Melhoramento genético do feijoeiro, avanços, perspectivas e novos estudos. **Nativa**, 3:217-223, 2015.

TWELL, D. Diphtheria toxin-mediated cell ablation in developing pollen: vegetative cell ablation blocks generative cell migration. **Protoplasma**. 187:144-154, 1995.

VALE, N. M.; BARILI, L. D.; OLIVEIRA, H. M.; SOUZA CARNEIRO, J. E.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, F. L. Escolha de genitores quanto à precocidade e produtividade de feijão tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 50:141-148, 2005.

VALLS, J.F.M. Caracterização de recursos genéticos vegetais. In: NASS, L.L. (ed.). **Recursos genéticos vegetais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. p. 281-305.

VIEIRA, C.; JUNIOR PAULA, T. J.; BORÉM, A. *Feijão*. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006.

VILHORDO, B. W.; MIKUSINSKI, O. M. F.; BURIN, M. E.; GANDOLFI, V. H. Ecofisiologia. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potáfos, 1996. p.71-97.

WORKU, W.; SKJELVÅG, A.; GISLERØD, H. Responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to photosynthetic irradiance levels during three phenological phases. **Agronomie**, 24:267-274, 2004.

ZANOTTO, M.; BRAMMER, S.P.; NASCIMENTO JÚNIOR, A.; SCAGLIUSI, S. Viabilidade polínica como seleção assistida no programa de melhoramento genético de triticales. **Ciência e Agrotecnologia**. 33:2078-2082, 2009.

ZIMMERMANN, M.J.O.; TEIXEIRA, M.G. Origem e evolução. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F. ZIMMERMANN, M. J. O. (eds). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.101-137.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Os genótipos de feijão avaliados apresentaram variabilidade genética quanto as características morfoagronômicas e constituem potencial fonte de recursos genéticos para fins de conservação e melhoramento genético.

A escala de notas demonstrou-se eficiente para a caracterização fenológica vegetativa e reprodutiva dos genótipos de feijão. O número de dias entre a emergência e o florescimento possibilitou a identificação dos genótipos mais precoces.

Todos os genótipos apresentaram altos percentuais de viabilidade polínica e podem ser usados em hibridações inter e intraespecíficas.

A região demonstra possuir genótipos promissores de feijão, contudo é fundamental que os estudos sejam ampliados para aumentar o conhecimento da variabilidade genética existente.