

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
ORGÂNICA

Dissertação

Variabilidade Fenotípica e Desempenho Agronômico de Feijoeiro-Comum em Cultivo Orgânico

Larissa Combat Vital

2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

**VARIABILIDADE FENOTÍPICA E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE
FEIJOEIRO-COMUM EM CULTIVO ORGÂNICO**

LARISSA COMBAT VITAL

Sob a Orientação do(a) Professor(a)
Prof^a Dr^a. Bruna Rafaela da Silva Menezes

Dissertação submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de **Mestre**
em Agricultura Orgânica, no Curso de
Pós-Graduação em Agricultura
Orgânica.

Seropédica, RJ
Abril de 2024

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

v836v Vital, Larissa Combat , 1996-
 Variabilidade fenotípica e desempenho agronômico de
 feijoeiro-comum em cultivo orgânico / Larissa Combat
 Vital. - Duque de Caxias, 2024.
 52 f.: il.

Orientadora: Bruna Rafaela da Silva Menezes.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
Agricultura Orgânica, 2024.

1. divergência genética. 2. produtividade. 3.
Phaseolus vulgaris. 4. variabilidade fenotípica. 5.
cultivo orgânico. I. Menezes, Bruna Rafaela da Silva ,
1985-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Agricultura
Orgânica III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

LARISSA COMBAT VITAL

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra em**
Agricultura Orgânica, no Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 29/04/2024 (data da defesa)

Bruna Rafaela da Silva Menezes Dr^a. UFRRJ

(Orientadora/ Presidente)

Maria do Socorro Bezerra de Araújo Dr^a. UNEMAT

(Membro Titular)

Tatiana de Oliveira Pinto Dr^a. UniFOA

(Membro Titular)

ATA DE DEFESA DE TESE Nº 242/2024 - DeptG (12.28.01.00.00.00.50)

(*Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO*)

(Assinado digitalmente em 14/09/2024 18:02)

BRUNA RAFAELA DA SILVA MENEZES
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptG (12.28.01.00.00.00.50)
Matrícula: ###714#5

(Assinado digitalmente em 16/09/2024 12:07)

MARIA DO SOCORRO BEZERRA DE ARAÚJO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.312-##

(Assinado digitalmente em 16/09/2024 15:31)

TATIANA DE OLIVEIRA PINTO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.907-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: 242, ano: 2024, tipo: ATA DE DEFESA DE TESE, data de emissão: 14/09/2024 e o código de verificação: 4425ba3675

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus filhos(as) caninos(as) e felinos(as), que são a razão da minha vida e a fonte da minha felicidade.

AGRADECIMENTO

À minha irmã, Isabella, meu alicerce. Aos meus pais Joseny e Dorian, aos meus avós maternos Maria Eny e Josely e às minhas tias Tânia, Angelina e Inocência pelo amor, carinho, apoio e dedicação dados ao longo da minha vida. Ao meu tio Ely, pelo apoio e por vibrar tanto a cada conquista. À grande amiga Marli, que sempre contagia a gente com tanta alegria e felicidade. À minha prima Liana, por incentivar o início da minha trajetória no ensino superior.

À professora/orientadora Bruna, exemplo de profissional competente e compreensível ao me ajudar a lidar com as dificuldades.

RESUMO

VITAL, Larissa Combat. **Variabilidade fenotípica e desempenho agronômico de feijoeiro-comum em cultivo orgânico.** 2024. 41p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2024.

O Brasil é o terceiro maior produtor de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) do mundo. É componente básico da dieta dos brasileiros, constituindo a principal fonte de proteína vegetal, aminoácidos essenciais, minerais como ferro, cálcio e fósforo, além de vitaminas do complexo B. Existe a necessidade de desenvolvimento de cultivares adaptadas a diferentes sistemas de cultivo. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agronômico em cultivo orgânico de produção e a estimativa da divergência genética entre genótipos de feijoeiro-comum. Foram realizados dois experimentos para avaliação de quinze genótipos de feijoeiro-comum. O experimento I foi realizado no Setor de Grandes Culturas/Departamento de Fitotecnia, onde foram avaliados descritores qualitativos e quantitativos de acordo com IPGRI *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI). O experimento foi realizado em vasos de 5L e o delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As distâncias genéticas foram estimadas por meio do Algoritmo de Gower. Foram utilizados os agrupamentos de Otimização de Tocher e o Hierárquico UPGMA (*Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages*). O Experimento II foi conduzido na Fazendinha Agroecológica, Seropédica, RJ, onde foram avaliados componentes da produção. Após a verificação da normalidade das variâncias residuais foi realizada a análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os genótipos avaliados apresentam dissimilaridade genética quanto às características agronômicas avaliadas. Os híbridos com maior efeito heterótico podem ser obtidos dos cruzamentos entre Vagem Alessa x Preto e Preto Fazendinha x Rajado. No entanto, não recomenda-se o cruzamento entre Constanza x Iraí, Vermelho Escuro x Vermelho 2 e Vermelho Escuro x Carioca Variado. A característica comprimento da vagem é a que mais contribui para dissimilaridade entre os acessos e a produção de sementes por planta, a que menos contribui. Em relação à produtividade, as variáveis número de vagens por planta e o número de sementes por vagem tiveram maior influência na produtividade final das cultivares. O genótipo Preto Fazendinha destaca-se por reunir características desejáveis no cultivo orgânico.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris L.*; divergência genética; produtividade.

ABSTRACT

VITAL, Larissa Combat. **Phenotypic variability and agronomic performance of common bean in organic farming.** 2024. 41p. Dissertation (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2024.

Brazil is the third largest producer of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the world. It is a basic component of the Brazilian diet, constituting the main source of vegetable protein, essential amino acids, minerals such as iron, calcium and phosphorus, as well as B complex vitamins. There is a need to develop cultivars adapted to different cultivation systems. Therefore, the objectives of the present work will be to evaluate the agronomic performance in organic production cultivation and to estimate the genetic divergence between common bean genotypes. Two experiments were carried out to evaluate fifteen common bean genotypes. Experiment I was carried out in the Sector of Large Crops/Department of Phytotechnics, where qualitative and quantitative descriptors were evaluated according to IPGRI International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). The experiment was carried out in 5L pots and the design used was randomized blocks, with five replications. Means were compared using the Scott-Knott test at 5% probability. Genetic distances were estimated using the Gower Algorithm. Tocher Optimization groupings and the Hierarchical UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages) were used. Experiment II was conducted at Fazendinha Agroecológica, Seropédica, RJ, where production components were evaluated. After checking the normality of residual variances, analysis of variance was carried out. Means were compared using the Scott-Knott test at 5% probability. The evaluated genotypes show genetic dissimilarity regarding the agronomic traits evaluated. Hybrids with the greatest heterotic effect can be obtained from the crossings between Vagem Alessa x Preto and Preto Fazendinha x Rajado. However, the crossings between Constanza x Iraí, Vermelho Escuro x Vermelho 2 e Vermelho Escuro x Carioca Variado is not recommended. The length of pods was the trait that most contributed the dissimilarity among the genotypes and seed production per plant, which contributed the least. In relation to productivity, the traits number of pods per plant and number of seeds per pod had the greatest influence on the final productivity of the genotypes. The genotype Fazendinha Black Bean stands out for combining desirable characteristics in organic farming.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; genetic divergence; productivity.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparativo entre área plantada, produtividade e produção de feijão comum total na safra 2022/23.	4
Tabela 2. Código, nome comum e origem dos quinze genótipos de feijoeiro-comum (Seropédica, RJ, 2023).	15
Tabela 3. Análise de solo da área experimental, coletado de 0 a 20 cm, realizada no Laboratório de Química Agrícola –LQA da Embrapa Agrobiologia.	18
Tabela 4. Médias de descritores quantitativos de quinze genótipos de feijoeiro-comum (Seropédica, RJ, 2023).	21
Tabela 5. Médias de descritores quantitativos de quinze genótipos de feijoeiro-comum (Seropédica, RJ, 2023).	22
Tabela 6. Descritores qualitativos de quinze genótipos de feijoeiro-comum (Seropédica, RJ, 2023).	24
Tabela 7. Distâncias genéticas entre quinze genótipos de feijoeiro-comum obtidas por meio do Algoritmo de Gower.	26
Tabela 8. Agrupamento dos quinze genótipos de feijão comum obtido pelo método de Otimização de Tocher.	27
Tabela 9. Contribuição relativa dos caracteres para dissimilaridade genética de 15 cultivares.	30
Tabela 10. Médias de descritores quantitativos de quinze genótipos de feijoeiro-comum (Seropédica, RJ, 2023).	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dez maiores países produtores de feijão em 2020, em toneladas.....	3
Figura 2. Temperaturas mínima ($^{\circ}\text{C}$), média ($^{\circ}\text{C}$) e máxima ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante a execução dos experimentos.....	14
Figura 3. Sementes dos quinze genótipos de feijoeiro-comum.....	16
Figura 4. Sintomas de broca-da-vagem. (A) Sintomas iniciais de infestação; (B) Vagem com larva.	23
Figura 5. Distâncias médias intra e intergrupos estimadas pelo método de Otimização de Tocher.....	28
Figura 6. Cor do estandarte branco (A); lilás (B); lilás com margem branca (C); e roxo (D).29	
Figura 7. Dendrograma obtido pelo método de UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages) utilizando as distâncias genéticas estimadas por meio do Algoritmo de Gower.. ..	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Geral	2
2.2. Específicos.....	2
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3.1. A importância da cultura do feijoeiro comum.....	3
3.2. Centro de origem e características da cultura feijoeiro comum	6
3.2.1. Características botânicas.....	6
3.2.2. Exigências edafoclimáticas.....	8
3.3. Produção do feijoeiro-comum em cultivo orgânico	8
3.4. Melhoramento genético	9
3.5. Divergência genética	12
3.6. Principais pragas e doenças da cultura do feijoeiro comum.....	13
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1. Variabilidade fenotípica e divergência genética.....	14
4.2. Desempenho agronômico em cultivo orgânico	18
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1. Variabilidade fenotípica e divergência genética.....	20
5.2. Desempenho agronômico em cultivo orgânico	32
6 CONCLUSÃO.....	35
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Phaseolus* comprehende aproximadamente 55 espécies. A espécie *Phaseolus vulgaris* ou feijoeiro comum é a mais importante, devido a amplitude da sua adaptação e área de distribuição e a importância na alimentação humana (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2000). Ela apresenta como centro de origem as Américas com um único evento de domesticação, sendo a região compreendida entre o Norte da América do Sul e o México o local provável entre (FREITAS, 2006).

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais culturas produzidas no Brasil. A área nacional plantada com feijão na safra de 2022/2023 foi de 2.699,5 mil ha com produtividade média de 1.125 kg ha⁻¹. O estado brasileiro com maiores produção e área plantada é o Paraná. No entanto, o Distrito Federal lidera o ranking nacional em relação a produtividade (CONAB, 2024). O cultivo de feijão no Brasil é realizado em três safras distintas, devido à diversidade fisiográfica do país e à adaptação do feijoeiro a diversas condições edafoclimáticas.

O aumento da produção pode ser alcançado pela introdução de novas variedades. Além do aumento da produção os objetivos de programas de melhoramento tem sido a resistência a pragas e doenças (BANOO et al., 2020), obtenção de cultivares de ciclo com menor número de dias para da emergência até o florescimento e menor período de enchimento dos grãos (GUILHERME et al., 2021), biofortificadas (ZANOTTI et al., 2020), dentre outros.

Quando uma nova cultivar é registrada deve-se continuar avaliando o desempenho agronômico desse material na região de adaptação. Essa cultivar pode ser utilizada como genitor em cruzamentos controlados em programas de melhoramento genético para a introgressão de alelos favoráveis em novas cultivares (RIBEIRO et al., 2018). A utilização de populações com maior proporção de alelos do genitor selecionado aumenta a frequência de progênies com fenótipos favoráveis (LEMOS et al., 2022).

A obtenção de cultivares melhoradas para a agricultura orgânica pode contribuir para reduzir as diferenças existentes em relação à produtividade do cultivo convencional. Cultivares desenvolvidas para o cultivo convencional são utilizadas também na agricultura orgânica e, por isso, essas cultivares podem não ter o mesmo desempenho agronômico nesses dois sistemas. A qualidade do produto e adaptação local podem ser mais importantes no cultivo orgânico, pois os recursos e a qualidade dos insumos variam de região para região (CRESPO-HERRERA & ORTIZ, 2015).

Técnicas multivariadas, como a regressão múltipla, tem sido utilizada para a predição e na busca por características que estão mais associadas à produção (GUIMARÃES et al., 2020; MANTAI et al., 2015). Desta forma, a técnica pode ser utilizada em programas de melhoramento de diferentes culturas.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agronômico em cultivo orgânico de produção e estimar a divergência genética entre genótipos de feijoeiro-comum.

2.2. Específicos

- Caracterizar quinze genótipos de feijoeiro-comum por meio de características qualitativas e quantitativas;
- Avaliar componentes da produção em cultivo orgânico;
- Estimar a divergência genética entre quinze genótipos de feijoeiro-comum;
- Avaliar o potencial dos genótipos para serem utilizados em futuros programas de melhoramento genético para o cultivo orgânico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A importância da cultura do feijoeiro comum

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das leguminosas mais relevantes em termos de consumo, principalmente, quando considerado os aspectos relacionados à segurança alimentar e nutricional dos estratos sociais economicamente menos favorecidos (BARBOSA e GONZAGA, 2012). Seus grãos constituem uma importante fonte de proteína vegetal, aminoácidos essenciais, minerais como ferro, cálcio e fósforo, além de vitaminas do complexo B, suprindo de 10% a 20% da exigência nutricional de um ser humano adulto (CHAVES e BASSINELLO, 2014; SERRA, 2018). Segundo o Conselho de Pesquisa Agrícola Internacional (CGIAR), o feijão comum está presente na alimentação de mais de 300 milhões de pessoas em todo o mundo e, em algumas regiões, constitui a segunda fonte energética mais importante depois do milho (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 2019).

Sua produção ocorre nas regiões subtropicais e tropicais, caracterizada por diferentes tecnologias e sistemas de cultivo, bem como de distribuição e comercialização, que variam de acordo com as estruturas locais e regionais (NETO e SANTOS, 2018). Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2022), a produção mundial de feijão aumentou de 17,5 milhões de toneladas em 1990 para 27,5 milhões de toneladas em 2020. Cerca de 65% do volume total produzido provém de apenas sete países - Índia, Mianmar, Brasil, Estados Unidos da América, China, Tanzânia e México (Figura 1).

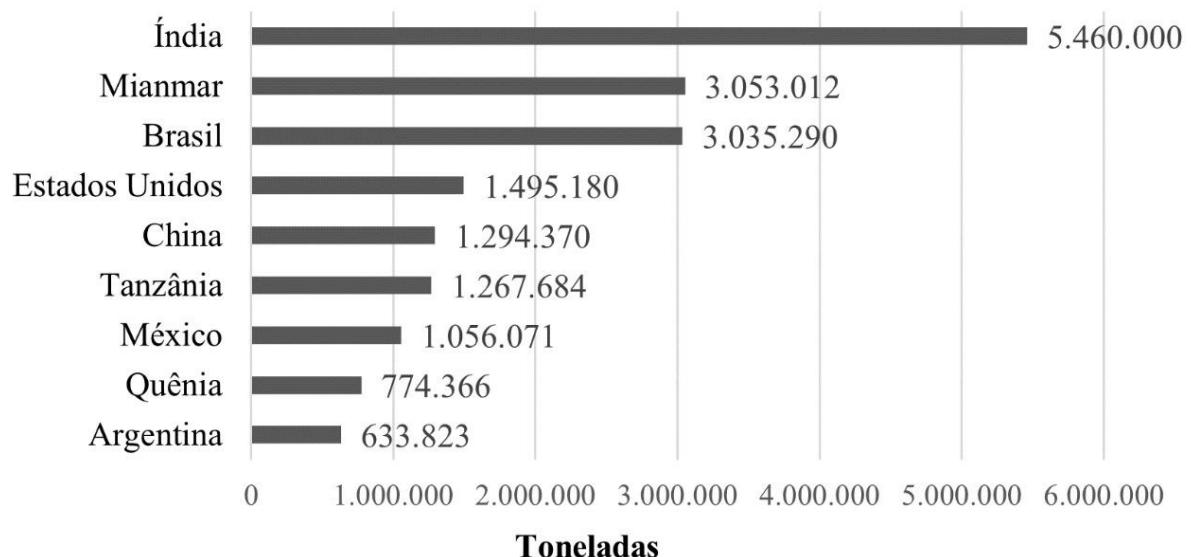


Figura 1. Dez maiores países produtores de feijão em 2020, em toneladas. Fonte: FAOSTAT, 2022.

A quantificação da produção mundial de feijão torna-se difícil, pois uma parcela substancial da safra é consumida nas propriedades produtoras, como cultura de subsistência, e a venda do excedente, limitada aos mercados locais e, por isso, não documentada (OECD, 2019). Como consequência, esses grãos apresentam pouca importância em termos comerciais, devido ao seu pequeno excedente exportável, o que torna seu comércio internacional bastante restrito. Aliado a este cenário, estão o pequeno consumo entre os países desenvolvidos e a falta de um real conhecimento do seu mercado (RUAS, 2017).

Nesse contexto, o Brasil é o terceiro maior produtor de feijão do mundo, responsável por cerca de 11% da produção mundial (FAO, 2022). Segundo estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2024), na safra de 2022/23, a produção do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) - cores e preto - foi de, aproximadamente, 3,03 milhões de toneladas, cultivados em 2,69 milhões de hectares. A Tabela 1 apresenta a relação entre área plantada, produtividade e produção de feijão comum total nas regiões brasileiras, conforme o levantamento de safra elaborado pela Conab.

Tabela 1. Comparativo entre área plantada, produtividade e produção de feijão comum total na safra 2022/23.

Região	Área plantada (em mil ha)	Produtividade (em kg/ha)	Produção (em mil t)
Norte	92,2	939,0	86,7
Nordeste	1.389,2	469,0	651,3
Centro-Oeste	284,9	2.276,0	648,3
Sudeste	405,4	1.841,0	746,2
Sul	527,8	1.713,0	904,2
Norte/Nordeste	1.481,4	498,0	738,0
Centro-Sul	1.218,1	1.887,0	2.298,7
Brasil	2.699,5	1.125,0	3.036,7

Fonte: Adaptado de Conab (2024)

Apesar da ampla distribuição de seu cultivo no país, a maior concentração ocorre nos estados das regiões centro e sul, sendo o Paraná responsável pela maior área plantada (423,4 mil hectares) e produção (728,0 mil toneladas); e o Distrito Federal pela maior produtividade (2.730,0 Kg/ha) (CONAB, 2022). Embora seja a menor Unidade Federativa que constitui a região Centro-Oeste, os fatores que contribuem para o melhor índice de produtividade nacional obtido pelo Distrito Federal estão relacionados à estabilidade climática, caracterizada por dias quentes e noite frias, e pelo desenvolvimento de tecnologias de ponta para a produção de feijão na região do Cerrado Brasileiro (NEGREIROS, 2018).

No Brasil, a diversidade fisiográfica do país e a adaptação do feijoeiro a diversas condições edafoclimáticas permitem que o seu cultivo seja realizado em três safras distintas, o que possibilita a distribuição da colheita em momentos diferenciados durante o ano. A safra das águas, ou 1ª safra, plantada, predominantemente nas regiões Sul e Sudeste e nos estados de

Goiás, Piauí e Bahia, sendo cultivado entre os meses de agosto a dezembro e colhido entre novembro e abril. A safra da seca, ou 2^a safra, ocorre nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste e nos estados do Mato Grosso, Rondônia e Goiás, cultivado de dezembro a março e colheita distribuída no período de março a julho. Por fim, a 3^a safra, também designada como safra irrigada ou de inverno, acontece com o feijão comum cultivado entre os meses de abril a julho e colheita entre os meses de julho a outubro, concentrada nos estados da macrorregião centro-sul do Brasil (SERRA, 2018). Dessa maneira, há uma maior diversificação da produção, contribuindo para o abastecimento agroalimentar da população brasileira e para fixação do homem no campo (FUSCALDI e PRADO, 2005).

O cultivo nacional de feijão, de uma forma geral, ocorre em pequenas propriedades, em sistema solteiro ou consorciado com outras culturas, com ocupação predominante de mão de obra familiar e emprego de baixo nível tecnológico (SERRA, 2018). Ainda é reconhecido como cultura de subsistência, desempenhando um papel fundamental, não apenas para a alimentação da população brasileira, mas também para a garantia de renda, principalmente dos agricultores familiares. Além disso, contribui para a absorção de mão de obra durante o ciclo da cultura, sobretudo na época da colheita, realizada de forma manual, o que reforça sua importância socioeconômica no meio rural (NETO e SANTOS, 2018).

Na maioria das regiões produtoras de feijão, observa-se a utilização de sistema de rotação de culturas. Essa técnica consiste em alternar no tempo, diferentes espécies vegetais em uma mesma área. Como consequência, além de promover a diversificação da renda obtida com a produção e, dessa forma, a redução dos riscos de mercado e climáticos, inerentes à produção agropecuária, essa prática contribui para o controle de pragas e doenças, uma vez que auxilia na formação de um ambiente supressor às mesmas (FRANCHINI et al., 2011; MELO, 2018).

Além disso, o feijão comum, como leguminosa, possui a capacidade de estabelecer uma interação de simbiose com as bactérias do gênero *Rhizobium*, embora essa seja considerada menos eficiente, quando comparada à soja e ao feijão fava (VASCONCELOS et al., 2020). Esse fato permite o aproveitamento do nitrogênio atmosférico, por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN) e, consequente, redução da necessidade de aplicação de adubos nitrogenados. No entanto, o sucesso dessa interação é dependente de diversos fatores bióticos e abióticos, dentre eles estão o genótipo, a estirpe do rizóbio utilizada para a produção de inoculantes, as condições edafoclimáticas da região de cultivo e a dose de adubo nitrogenado aplicado, que deve ser suficiente para permitir o bom desenvolvimento da planta, sem que haja interferência negativa na FBN (BARROS et al., 2018; MASSA et al., 2020).

A importância do feijoeiro comum extrapola os aspectos socioeconômicos e ambientais, uma vez que é considerado parte integrante da cultura brasileira, sendo tradicionalmente e diariamente consumido pelas diferentes classes sociais, tanto no meio rural quanto urbano (MELO, 2018). Seu consumo é conhecido desde os tempos coloniais e foi transmitido de geração em geração, incorporando novas maneiras de produzir e preparar esses grãos, de acordo com as preferências locais e regionais (NETO, 2018).

Diversos aspectos culturais determinam as variações quanto ao tipo de grão cultivado e consumido nas diferentes regiões do país (BARBOSA e GONZAGA, 2012). Na safra de 2020/21, cerca de 78% do volume total de feijão comum produzido foi de feijão comum cores e, deste total, estima-se que 60% sejam da família carioca. Seu consumo concentra-se nos estados centrais e em parte do Paraná e Santa Catarina. Apesar de ter a preferência nacional, o tipo carioca tem baixa aceitação em outros países, devido sua alta perecibilidade, o que constitui um entrave para a expansão do comércio nacional no exterior (COÊLHO e XIMENES, 2020). Em relação ao feijão comum preto, os estados do Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro são os maiores consumidores e, em menor escala, Paraná, Santa Catarina, Espírito Santo, dentre outros (RUAS, 2018).

Nesse contexto, observa-se uma crescente demanda por produtos de melhor qualidade, associada às mudanças de hábito alimentar. Como resultado, esse cenário tem mostrado uma tendência para o consumo de produtos prontos ou semiprontos à base de feijão. Além disso, também mostra o cultivo do feijão orgânico como um novo nicho em potencial para a agricultura familiar, principalmente quando considerados os aspectos relacionados a agregação de valor ao produto, obtenção de um preço diferenciado pago ao produtor e a crescente demanda pelo mercado consumidor (COÊLHO e XIMENES, 2020).

3.2. Centro de origem e características da cultura feijoeiro comum

O gênero *Phaseolus* comprehende aproximadamente 55 espécies, das quais apenas cinco são cultivadas: o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*); o feijão de lima (*P. lunatus*); o feijão Ayocote (*P. Coccineus*); o feijão tepari (*P. Acutifolius*); e o *P. polyanthus*. Dentre essas cinco espécies, o *P. vulgaris* ou feijoeiro comum é a mais importante, devido a amplitude da sua adaptação e área de distribuição e a importância na alimentação humana (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2000).

A difusão do uso e do cultivo de feijão para as diversas regiões do planeta foi facilitada pelas viagens dos grandes exploradores, sendo a sua disseminação relacionada, principalmente com as guerras, pois esse alimento era essencial na dieta dos soldados, como evidenciado pelas ruínas da antiga Tróia. Além disso, eram utilizados como símbolo da vida, em festas gastronômicas e até como pagamento de apostas, no antigo Egito, na Grécia e em Roma. Há também referências encontradas na Idade do Bronze, na Suíça, e entre os hebraicos, cerca de 1 a.C. (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2000).

O feijoeiro comum teve origem no continente americano e a existência de tipos domesticados datados de cerca de 7.000 a.C., na Mesoamérica, indicam que o feijoeiro teria sido domesticado na América Central e, posteriormente, disseminado na América do Sul. O estudo das rotas de dispersão do feijão após a sua domesticação baseia-se na diversidade genética da faseolina, principal proteína de reserva do feijoeiro (GEPTS apud NETO, 2018, p. 15). De acordo com os dados baseados em padrões eletroforéticos dessa proteína, existem três centros primários de origem para feijões selvagens e cultivados, além de outros centros secundários em regiões da Europa, Ásia e África, onde foram introduzidos genótipos americanos (ZIIMMERMANN e TEIXEIRA, 1996.; EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2000).

O primeiro centro primário de origem localiza-se na Meso-Ámérica, nos altiplanos do México e da Guatemala; o segundo, no sul dos Andes, do norte do Peru até as províncias do noroeste da Argentina; e o terceiro, no norte dos Andes, da Colômbia e Venezuela até o norte do Peru. Os dois primeiros centros de origem primários, Mesoamérica e Sul dos Andes, originaram dois principais grupos de cultivares: os de faseolina “S” (Sanilac) e “T” (Tendergreen), respectivamente (ZIIMMERMANN e TEIXEIRA, 1996; EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2000).

A introdução do feijão no Brasil, em função da diversidade de tamanhos, possivelmente ocorreu através de três rotas distintas: A primeira, teve origem no México, seguindo através das ilhas do Caribe, Colômbia, Venezuela e, posteriormente, para o Brasil, envolvendo genótipos mesoamericanos, que têm como característica o grão pequeno, cores preta, marrom e mulatinha; A segunda, teve origem nos Andes e introduziu no território brasileiro feijões grandes, como a cultivar Jalo, contendo a faseolina “T”. A terceira, ocorreu com feijões trazidos pelos imigrantes após a descoberta da América, como o feijão rajado (GEPTS e DEBOUK, 1991).

3.2.1. Características botânicas

Em relação aos aspectos botânicos, o feijão comum é uma planta anual herbácea, pertencente à ordem Rosales, família Fabaceae (Leguminosae), subfamília Faboideae (Papilionoideae), tribo Phaseoleae, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* L. A planta apresenta dois tipos de folhas: simples, sendo as folhas primárias as únicas; e compostas, trifolioladas, longo-pecioladas, com pulvínulo na base do pecíolo e com disposição alternada (VILHORDO et al., 1996).

O caule é herbáceo e constitui-se como o eixo principal, desenvolvendo-se de forma dinâmica e ascendente por uma sucessão de nós e entrenós. O primeiro nó corresponde à inserção dos cotilédones que são opostos. O segundo nó corresponde à inserção das folhas primárias, também de inserção oposta. Os demais nos são de disposição alterna e correspondem à inserção das folhas trifolioladas. O número de nós no caule principal está relacionado com o tipo de hábito de crescimento (VILHORDO e MULLER apud VILHORDO et al., 1996, p. 76).

O hábito de crescimento em plantas de feijão pode ser determinado (arbustivo) ou indeterminado (volúvel). No primeiro caso, o caule principal termina em uma inflorescência, com quatro a oito entrenós, e, mesmo em condições favoráveis de umidade e temperatura, não apresentam alongamento posterior, parando de crescer após o florescimento, que ocorre de cima para baixo. De forma geral, são plantas mais baixas, eretas e ramificadas, precoces e de maturação mais uniforme. No segundo caso, o florescimento ocorre de baixo para cima, sendo a primeira inflorescência no quinto ao oitavo nó do caule principal e as demais, progressivamente, nos nós que são acrescidos durante o desenvolvimento da planta. Em geral são plantas mais tardias e apresentam florescimento mais desuniforme. Em condições favoráveis, eles podem continuar o desenvolvimento por um longo período, cessando somente por acidente ou em condições desfavoráveis (EMERSON, 1916).

O feijoeiro também pode ser classificado quanto ao tipo de orientação de suas ramificações, sendo importante na escolha da cultivar, pois está diretamente relacionado aos tratos culturais empregados. Sendo assim, são quatro tipos: Tipo I, hábito de crescimento determinado arbustivo, com ramificação ereta e fechada. Tipo II, hábito de crescimento indeterminado, com ramificação ereta e fechada. Em geral, possuem maior uniformidade na maturação das vagens. O porte ereto e a ramificação facilitam a execução dos tratos culturais, além de permitir o tráfego de implementos agrícolas, o que possibilita a colheita mecanizada; Tipo III, hábito de crescimento indeterminado, com ramificação aberta; e Tipo IV, hábito de crescimento indeterminado, prostrado ou trepador (VILHORDO et al., 1996; BARBOSA e GONZAGA, 2012).

A flor do feijoeiro é completa do tipo papilionácea com simetria bilateral. É composta por bractéolas, cálice, estandarte, asa, quilha, androceu, estame vexilar e gineceu. Esse tipo de flor e a disposição dos órgãos reprodutores favorecem a autofecundação. As flores podem apresentar coloração branca, branca-amarelada, rósea, purpurea, violeta ou com tonalidades intermediárias entre as duas últimas. A inflorescência é um racemo que pode ser axilar (hábitos de crescimento II, III, IV) ou terminal (hábito de crescimento I), originada de um complexo de gemas, localizadas na axila das brácteas. Os componentes principais da inflorescência são o eixo, as brácteas e os botões florais (OSPINA, 1981; VILHORDO et al., 1996).

O fruto é um legume. O número de sementes por legume varia de quatro a sete, dependendo da cultivar. A semente é exalbuminosa, composta externamente pela testa (tegumento), rafe, hilo e micrópila, e, internamente, pelo embrião, constituído pela plúmula, hipocôtilo, radícula e dois cotilédones. A cor da semente é de fundamental importância, tanto para aceitação no mercado como na identificação botânica, apontando-se uma estreita relação entre a cor da semente e da plântula (MOH e ALAN apud VILHORDO et al., 1996, p. 93; VILHORDO et al., 1996).

3.2.2. Exigências edafoclimáticas

Em relação às exigências edafoclimáticas, apesar de ser cultivado em quase a totalidade do território brasileiro, de forma geral, o feijoeiro pode ser considerado uma planta relativamente exigente quanto às condições edafoclimáticas. Os principais elementos climáticos que afetam seu desenvolvimento e produção são a temperatura e a precipitação pluviométrica (LACERDA, 1997; VIEIRA, 2006).

A temperatura é apontada como o fator climático que mais exerce influência sobre a porcentagem de vingamento das vagens. Em relação à germinação, os valores de temperatura considerados ótimos estão em torno de 28° C. A faixa de temperatura considerada ótima para o desenvolvimento da cultura é de 12 a 29°C sendo a temperatura ideal 21° C. A ocorrência de temperaturas altas e baixas, acima de 35° C e abaixo de 12° C, respectivamente, reduzem drasticamente o vingamento de vagens, além de ocasionar perda no rendimento de grãos e prejuízo no florescimento e na frutificação. No período compreendido entre a diferenciação dos botões florais e o enchimento dos graus, temperaturas elevadas causam redução nos componentes de produtividade, como no número de vagens por planta, devido à esterilização do grão de pólen e, como consequência, a queda de flores (BARBOSA e GONZAGA, 2012).

A baixa umidade relativa do ar pode provocar a redução do pegamento e da retenção final de vagens. Quando aliada à ocorrência de ventos fortes e à alta temperatura, provoca aumento na quantidade de vagens abortadas. Isso ocorre devido ao aumento da demanda evapotranspirativa e da tensão de água na planta, diminuindo a retenção de vagens. O estresse hídrico também ocasiona a queda das vagens, devido à escassez de fotossintatos ocasionada pela redução da fotossíntese. Por outro lado, a ocorrência de umidade relativa e temperatura acima de 70% e 35° C, respectivamente, pode provocar aumento da incidência de doenças na lavoura (HEINEMANN, et al., 2009; BARBOSA e GONZAGA, 2012).

Ao longo dos seus estádios de desenvolvimento, o feijoeiro necessita de precipitação pluviométrica em torno de 300 mm. Em geral não se adapta aos trópicos úmidos, mas cresce bem em áreas com chuvas regulares, desde os trópicos até as zonas temperadas. As diferentes cultivares de feijão respondem de forma variada ao estresse hídrico, independentemente de sua amplitude. O estresse hídrico afeta a cultura do feijoeiro, principalmente no período do florescimento, podendo causar redução na estatura da planta, no número e no tamanho das vagens. No período da colheita, a ocorrência de chuvas pode causar prejuízos à cultura, tanto com o aumento da quantidade de brotações quanto com o surgimento de manchas nas sementes durante a secagem. Além disso, o excesso de chuvas causa a queda de flores e aumenta a ocorrência de enfermidades (HEINEMANN, et al., 2009; BARBOSA e GONZAGA, 2012).

3.3. Produção do feijoeiro-comum em cultivo orgânico

Cerca de 80% da produção brasileira de feijão são provenientes dos plantios efetuados nas épocas de safra e da seca. Grande parte dessa produção, aproximadamente 70 %, é cultivada por agricultores familiares, com produtividade média de 650 a 850 kg.ha⁻¹, considerada baixa. Dentre os fatores que causam o baixo rendimento da produção estão o alto custo dos insumos, ausência de controle de pragas e doenças, perda da biodiversidade e abandono do conhecimento tradicional no cultivo de feijão. Além disso, trata-se de um modelo de produção de subsistência que, devido a busca do produtor por inserção no mercado, passou a ser destinada para a comercialização.

Com o intuito de aumentar a escala de produção para atender o mercado consumidor e garantir lucro para a sobrevivência e a reprodução da unidade produtiva, algumas técnicas

alternativas de cultivo podem ser utilizadas, como a adubação verde, que diminui a necessidade da aquisição de insumos externos para fertilização, além de incrementar os teores de matéria orgânica no solo, permitindo a manutenção da biodiversidade no mesmo, e a utilização de plantas de cobertura. Essas técnicas podem auxiliar o produtor na redução de custos, no incremento da produtividade e no aumento do valor de comercialização, pois ao produzir feijão orgânico, além da agregação de valor, ele garante ao consumidor um produto com garantia de qualidade, produzido de forma sustentável com a valorização dos recursos locais (DIDONET et al., 2009).

Nesse contexto, a produção de feijão orgânico tem como um de seus objetivos alcançar um novo nicho de mercado que, aliado ao cultivo de feijões especiais, com tegumento de coloração diferenciada, tamanho e/ou formatos distintos, pode conquistar maior valor agregado e grande potencial para o mercado de exportação.

3.4. Melhoramento genético

Phaseolus vulgaris é espécie diplóide, apresenta 11 pares de cromossomos ($2n=2x=22$). Devido à estrutura da flor, a reprodução do feijoeiro ocorre por autofecundação pelo mecanismo de cleistogamia, na qual a autopolinização ocorre quando o botão floral está prestes a abrir. Mesmo assim, os insetos podem ocasionar pequena taxa de fecundação cruzada, que pode variar de 0,18 a 6% (CIAT, 1975; PETERNELLI & BORÉM, 1999).

As características de produção e as adversidades enfrentadas pela cultura variam de acordo com as condições edafoclimáticas, os sistemas de cultivo utilizados e a preferência por determinados cultivares nas diferentes regiões. De acordo com a região para a qual as novas cultivares estão sendo desenvolvidas, os objetivos e os métodos de melhoramento podem diferenciar-se conforme a(s) característica(s) a ser(em) melhorada(s) e os progenitores a serem utilizados (ZIMMERMANN et al, 1996).

Um dos aspectos mais importantes no programa de melhoramento do feijoeiro comum é a combinação de diferentes métodos de melhoramento genético (NETO, 2018). Para isso, é importante salientar que o progresso do melhoramento depende da variabilidade genética existente, que pode ocorrer naturalmente ou ser produzida artificialmente, através da indução de mutação, como cor básica da semente, e de cruzamentos artificiais (ZIMMERMANN et al, 1996).

De todos os métodos de melhoramento, a introdução de genótipos superiores é o mais simples e rápido, no qual o material vegetal é inserido na área desejada através de teste de eficiência agronômica (TSUTSUMI et al., 2015).

A seleção massal é uma opção muito utilizada, principalmente quando o objetivo é a resistência às doenças. Esse método consiste em selecionar as plantas com caráter desejado dentro das populações, podendo ser realizada diretamente no caráter desejado ou em algum relacionado. As populações provenientes do cruzamento entre as fontes de resistência e o genótipo suscetível com boas características comerciais são conduzidas a campo. As plantas suscetíveis às doenças são eliminadas e as resistentes, selecionadas para reconstituir a população da geração seguinte (ZIMMERMANN et al, 1996; TSUTSUMI et al., 2015).

O método genealógico tem como principal vantagem a possibilidade de obtenção de um registro completo da origem da família, orientando o processo seletivo e facilitando a identificação da planta mãe ou da progênie. Ele consiste em selecionar as plantas superiores dentro das melhores famílias sucessivamente até F_{5:6} ou F_{6:7}, quando as famílias, praticamente homozigóticas, passam a ser avaliadas em experimentos de repetição. Com isso, ele proporciona a produção de linhas de excelente qualidade (RAPOSO, 1999; TSUTSUMI et al., 2015). Entre suas desvantagens, estão: o elevado número de anotações a campo, uma vez que

se objetiva um perfeito conhecimento das linhagens dele derivadas; redução da eficiência do método para caracteres quantitativos, devida a seleção em gerações precoces; e o fato de a seleção ser realizada visualmente, sendo pouco eficiente para caracteres de baixa herdabilidade (PATINO e SINGH, 1989; ZIMMERMANN et al., 1996; CUTRIM et al., 1997).

O método SSD (*Single Seed Descent*), ou descendente de uma única semente, consiste em colher uma semente de cada planta a partir da F₂ para constituir a próxima geração, podendo-se utilizar de 2 ou 3 sementes da planta por cova para garantir a germinação. Esse processo é feito até alcançar a F₅ ou F₆, procedendo à seleção individual seguida de testes de linhagens, quando as características já estiverem fixadas (RAPOSO, 1999). Suas principais vantagens são a amostragem, que mesmo reduzida, mantém a variabilidade genética; a fácil condução, a necessidade de pouca mão de obra e área; e a possibilidade de ser conduzido em qualquer ambiente. O fato de no Brasil, o cultivo à campo poder ser estendido até três gerações por ano, torna o efeito de sua principal vantagem, que é a rapidez na obtenção da homozigose, reduzida (ZIMMERMANN et al., 1996).

A aplicação da seleção recorrente é feita quando se deseja obter uma nova população, a partir da recombinação de famílias ou populações. Sua finalidade é aumentar, de forma gradativa, a frequência de alelos favoráveis para características quantitativas, não reduzindo a variabilidade genética. Além disso, outras vantagens que podem ser obtidas são a possibilidade de ocorrência de recombinações favoráveis e a facilidade de incorporação de germoplasma (TSUTSUMI et al., 2015).

O retrocruzamento é bastante utilizado quando o objetivo é a introdução de uma ou poucas características desejáveis em uma cultivar, híbrido ou progenitor que serão utilizados nos próximos cruzamentos, sendo comumente empregado com a finalidade de introdução de resistência a doenças (RAMALHO e SANTOS, 1982; CORREA e GONÇALVES, 2012).

Entre os principais objetivos dos programas de melhoramento de feijão, estão:

1. Arquitetura da planta: a obtenção de plantas com porte mais ereto, menor acamamento e maior altura da inserção das vagens em relação ao solo, visa solucionar alguns entraves da cadeia produtiva de feijão como: a possibilidade da utilização de colheita mecanizada em áreas de cultivo irrigado, já que a colheita de feijão demanda alto custo com mão de obra para proceder ao arranque e ao enleiramento das plantas, processos que também limitam o aumento das áreas cultivadas; a diminuição da ocorrência de doenças causadas por fungos de solo, devido ao hábito de crescimento prostrado, que também reduz a aeração da planta; e a redução de riscos de perdas quando a colheita é realizada com excesso de chuvas pelo contato das vagens com o solo (ZIMMERMANN et al., 1996; MENDES et al., 2009; TSUTSUMI et al., 2015).

2. Resistência a doenças e insetos: a ocorrência de doenças e pragas é um fator que ocasiona perdas de ordem quantitativa e/ou qualitativa. A cultura pode ser afetada desde a semeadura até o início da maturação fisiológica na lavoura e durante o armazenamento (ZIMMERMANN et al., 1996). A resistência genética é um componente importante no manejo integrado de pragas e doenças, visto que é considerada uma tecnologia de baixo custo e fácil de ser adotada pelos agricultores, geralmente de subsistência com baixo nível tecnológico (CANDIDA et al., 2009). O fato de o feijão comum ser cultivado em todo o território nacional e, praticamente durante o ano todo, tornam a prevalência e a importância das doenças e pragas variáveis e dificultam a obtenção de cultivares resistentes (COSTA, 2008).

Dentre as estratégias adotadas nos programas de melhoramento para obtenção de resistência a doenças estão o conhecimento da variabilidade do patógeno, o tipo da herança da resistência e a disponibilidade de marcadores moleculares associados a alelos de resistência. As metodologias mais utilizadas para tal finalidade são o retrocruzamento e a seleção recorrente. Uma das maiores dificuldades enfrentadas pelos melhoristas é a obtenção de cultivares

resistentes aos diferentes patógenos com as características do grão, como formato, coloração e sabor, exigidas pelo mercado consumidor (COSTA, 2008).

Em relação a resistência a insetos que causam danos à cultura, a condução dos programas de melhoramento são orientados para a resistência aos carunchos (*Acanthoscelides obtectus* e *Zabrotes subfasciatus*), devido a associação das fontes de resistência com a arcelina, e à cigarrinha verde (*Empoasca kraemerii*), uma das pragas mais importantes do feijoeiro (ZIMMERMANN et al., 1996; COSTA, 2018). A estratégia de resistência a insetos, geralmente se dá pela diminuição da atratividade da planta ao inseto (TSUTSUMI et al., 2015).

3. Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN): a Fixação Biológica de Nitrogênio é um processo importante que possibilita o aumento da produtividade a baixo custo com a redução da aplicação de adubos nitrogenados na lavoura (ZIMMERMANN et al., 1996). Diferente da soja, a simbiose do feijão com esses microrganismos fixadores de nitrogênio é considerada de baixa eficiência, exigindo adubação nitrogenada para alcançar produtividade adequada. Por isso, os estudos de melhoramento genético para essa característica visam a obtenção de genótipos com maior afinidade com as bactérias fixadoras, buscando correlações que indiquem essa eficiência (TSUTSUMI et al., 2015).

O método utilizado para melhoramento dessa característica após a obtenção das linhagens é um ponto de divergência entre os melhoristas, sendo as linhas derivadas (LDF) apontado como mais eficiente em relação ao método SSD, quando o objetivo é a fixação biológica de nitrogênio (PEREIRA e BRAIDOTTI, 2001).

4. Tolerância à seca: um dos principais fatores que afetam a produtividade da cultura do feijão é o estresse hídrico (ZIMMERMANN et al., 1996). Tanto a deficiência como o excesso de água, durante as fases do ciclo da cultura, podem ocasionar perdas no rendimento do feijoeiro (BARBOSA e GONZAGA, 2012). Por isso, o melhoramento genético como estratégia para a obtenção de cultivares que são tolerantes à seca mostra-se uma alternativa eficiente (SINGH, 2007). Atualmente, trabalhos que utilizam a hibridação têm gerado bons resultados (TSUTSUMI et al., 2015).

5. Qualidade nutricional de grãos: dentre as principais características do grão relacionados à sua qualidade nutricional e que são alvo dos programas de melhoramento genético, estão os teores de ferro, cálcio e fibra (TSUTSUMI et al., 2015). Há cultivares que excedem os valores de ferro exigidos como recomendação de consumo diário, possibilitando o enriquecimento do grão, obtido na população F₂. O melhoramento genético com essa finalidade tem como vantagem o fato dessa ser uma característica materna com alto grau de herdabilidade (JOST et al., 2009). Em relação ao teor de cálcio, essa característica possui por volta de 50% de herdabilidade. Para o incremento dos teores de ferro e cálcio nos grãos, recomenda-se o método bulk e, para valores de herdabilidade moderados, o SSD ou o genealógico (RIBEIRO, 2010).

6. Tempo de cozimento: com a alteração dos padrões de consumo, devido a disponibilidade de tempo reduzido para o preparo das refeições, o tempo de cozimento do feijão é uma característica importante na aceitação da cultivar pelo mercado consumidor (COSTA et al., 2001). Por isso, busca-se a identificação e a seleção de linhagens com menor tempo de cozimento, rápida capacidade de hidratação e alta expansão volumétrica após o cozimento, aliadas à facilidade de cocção, boa palatabilidade, textura macia do tegumento, capacidade de produzir caldo claro e denso e maior teor de proteínas e minerais (CARBONELL et al., 2003; MESQUITA et al., 2007).

3.5. Divergência genética

A avaliação da divergência genética pode ser utilizada no melhoramento de culturas, podendo ter diversas aplicações, incluindo análise da variabilidade genética em cultivares e identificação e seleção de genitores com características desejáveis que, ao serem cruzados, podem promover ganho genético na progênie, aumentando as chances de obtenção de genótipos superiores em gerações segregantes (MOHAMMADI & PRASIANNA, 2003).

O estudo da divergência genética consiste na análise da variação genética por método específico ou por combinação de métodos. Com o aumento do tamanho das amostras de materiais de melhoramento e acessos de germoplasma utilizados em programas de melhoramento de culturas, os métodos para classificar e ordenar a variabilidade genética assumem uma importância considerável. O uso de algoritmos estatísticos multivariados é uma estratégia importante para classificar o germoplasma, ordenar a variabilidade para muitos acessos ou analisar relações genéticas entre materiais de melhoramento (MOHAMMADI & PRASIANNA, 2003).

Os dados envolvem frequentemente medições numéricas e, em muitos casos, combinações de diferentes tipos de variáveis. Técnicas analíticas multivariadas, baseadas em algoritmos ou medidas de distância, que analisam simultaneamente múltiplas medidas em cada indivíduo sob avaliação, são amplamente utilizadas na análise da diversidade genética. Variáveis multicategóricas, principalmente aquelas relacionadas à morfologia e à estrutura da planta, como altura de planta, número de vagem por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos, são comumente utilizadas no melhoramento genético (MOHAMMADI & PRASIANNA, 2003; TAVARES et al., 2018).

A distância genética refere-se a qualquer medida quantitativa de diferença genética, seja no nível da sequência ou do alelo, que é calculado entre indivíduos, populações ou espécies. A medida de distância genética por índice de similaridade entre genótipos, populações ou indivíduos pode ser calculada por várias medidas estatísticas dependendo do conjunto de dados. Entre as técnicas disponíveis, o algoritmo de Gower é um procedimento de pouca complexidade e permite a análise simultânea de dados qualitativos e quantitativos, na geração de uma matriz de distância com valores compreendidos entre 0 e 1 (MOHAMMADI & PRASIANNA, 2003). A partir das estimativas de distância entre cada par de genótipo avaliado, os dados são apresentados em uma matriz simétrica, pela qual a visualização e a interpretação das distâncias podem ser facilitadas pela utilização de um método de agrupamento e/ou dispersão gráfica. A finalidade dos métodos de agrupamento é separar vários subgrupos a partir de um grupo original, de forma a obter homogeneidade dentro e heterogeneidade entre os subgrupos. Dentre os métodos de agrupamento, os hierárquicos e os de otimização são amplamente utilizados pelos melhoristas de plantas (BERTAN et al., 2006).

Segundo os métodos hierárquicos, os genótipos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, estabelecendo-se um dendrograma. Segundo CRUZ & REGAZZI (2001), há três formas distintas para representação da estrutura de agrupamento com base na distância entre os pares de genótipos, que são através do método UPGMA (*Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages*), que forma os grupos utilizando a média das distâncias entre todos os pares de genótipos; o método do vizinho mais próximo ou ligação simples, que utiliza a menor distância existente entre um par de genótipos; e o método do vizinho mais distante ou ligação completa, que utiliza a maior distância entre um par de genótipos. Já segundo os métodos de otimização, os grupos são estabelecidos aperfeiçoando determinado critério de agrupamento, como o método de Tocher, cujo critério é manter a distância média intragrupo sempre inferior a qualquer distância intergrupos (CRUZ & REGAZZI, 2001; BERTAN et al., 2006).

3.6. Principais pragas e doenças da cultura do feijoeiro comum

O feijoeiro comum é hospedeiro de diversas doenças fúngicas, bacterianas, viróticas e as causadas por nematóides, podendo ser alvo de contaminação em, praticamente, todo seu ciclo de desenvolvimento, sendo que determinados problemas fitossanitários incidem com mais intensidade em alguns estádios (CANALE et al., 2020). As condições de elevadas pluviosidades, temperatura e umidade relativa favorecem o desenvolvimento de grande número de patógenos que tem o feijão entre os seus hospedeiros (HEINEMANN et al., 2009).

Dependendo da origem, as doenças fúngicas que acometem o feijão podem ser divididas em dois grupos, que são: as doenças de parte aérea, cujos agentes causais não sobrevivem no solo, e as de solo, cujos agentes causais sobrevivem no solo e permanecem no ambiente, podendo permanecer mesmo sem a presença da planta., por meio de estruturas de resistência (SARTORATO et al. 2009, JUNIOR et., 2009).

A antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum*, é uma das doenças mais importantes e cosmopolita da cultura do feijoeiro, principalmente em regiões ou épocas de temperatura mais amena e alta umidade relativa. No plantio, quando utilizadas sementes infectadas sob condições de ambiente favoráveis ao patógeno, as perdas na lavoura podem ser de 100%. Além de diminuir a produtividade, a antracnose causa o aparecimento de manchas nos grãos, tornando-se impróprios para o consumo (RAVA e SARTORATO, 1994). O controle dessa doença pode ser feito por meio do uso de sementes de cultivares resistentes, sadias e certificadas; pela rotação de culturas com espécies não hospedeiras do fungo; pela diminuição do trânsito na lavoura em presença de orvalho; pela eliminação de restos culturais; e pelo cultivo em áreas não contaminadas (SARTORATO et al. 2009).

O mofo-branco, causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, é uma das doenças mais severas da cultura do feijoeiro, principalmente no cultivo irrigado sob temperaturas amenas. O principal período de ocorrência da doença no Brasil é na safra de outono-inverno. Plantios com pouco arejamento e penetração de luz podem favorecer a severidade da doença (SILVA e MORANDI, 2009). a utilização de produtos biológicos como forma preventiva de controle pode ser considerada uma alternativa viável; a utilização de cultivares eretas e precoces, pelo fato de ficarem menos tempo expostas à doença; o impedimento do tráfego de pessoas e equipamentos de áreas infestadas para áreas com ausência da doença; e a adoção de práticas que evitem o acamamento de plantas, como o plantio em alta densidade e a adubação nitrogenada em excesso (SILVA e MORANDI, 2009).

Entre as principais doenças bacterianas, a que apresenta maior importância é o crestartamento-bacteriano-comum, causado pelas bactérias *Xanthomonas phaseoli* pv. *Phaseoli* e *Xanthomonas citri* pv. *Fuscans* (RAVA e SARTORATO, 1994). A ampla disseminação da bactéria e o difícil controle provocam danos na produção que variam de 10 a 70% de perda da produção. A doença incide principalmente durante a safra das águas, por conta das altas temperaturas e elevada frequência de chuva (WENDLAND et al., 2018).

Dentre os problemas fitossanitários da cultura do feijoeiro comum relacionados a pragas, a broca da vagem, causada por *Etiella zinckenella*, pode ocasionar cerca de 44% de grãos danificados, sendo um fator limitante da produção em algumas regiões do Brasil. Inicialmente, as lagartas se alimentam de flores ou vagens novas, depois penetram nas vagens e se alimentam das sementes. Quando as lagartas se alimentam de plantas no início do período reprodutivo, elas podem induzir o aborto de flores e de vagens jovens. Além do feijão, ela tem como hospedeiros as plantas dos gêneros *Canavalia*, *Crotalaria* e *Mucuna* (MELO & SILVEIRA, 1998).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos. O experimento I para avaliação da divergência genética e o experimento II para análise de regressão para estimativa da produtividade.

4.1. Variabilidade fenotípica e divergência genética

O experimento I foi conduzido no Setor de Grandes Culturas, do Departamento de Fitotecnia, Instituto de Agronomia, UFRRJ, Seropédica, RJ. O município de Seropédica situa-se entre as coordenadas 22° 44' 38" de latitude sul, 43° 42' 28" de longitude oeste, a uma elevação de 26 metros do nível do mar. A temperatura média anual é de 24 °C e a precipitação média de 1.260 mm. O plantio foi realizado com 5 sementes por vaso de 5 L em maio de 2023. Os vasos foram preenchidos com substrato composto por 2 partes de areia e 1, de esterco bovino curtido. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco repetições.

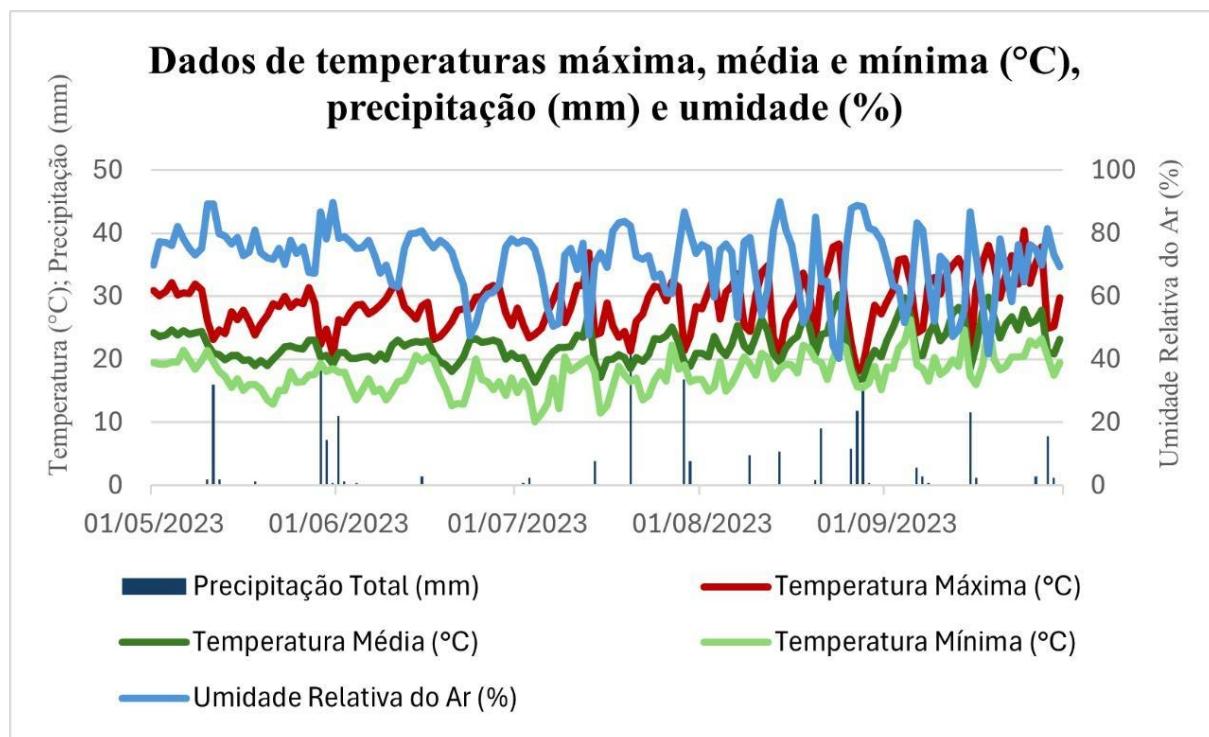


Figura 2. Temperaturas mínima (°C), média (°C) e máxima (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante a execução dos experimentos. Fonte: INMET (Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil).

Foram avaliados quinze genótipos de feijão-comum:

Tabela 2. Código, nome comum e origem dos quinze genótipos de feijoeiro-comum (Seropédica, RJ, 2023).

Cód.	Nome comum	Origem
1	Vagem Alessa	Pesagro, Seropédica, RJ
2	Constanza	Fazendinha Agroecológica, Seropédica, RJ
3	Carioca	Fazendinha Agroecológica, Seropédica, RJ
4	Preto Fazendinha	Fazendinha Agroecológica, Seropédica, RJ
5	Anjo	Pesagro, Seropédica, RJ
6	Iraí	Pesagro, Seropédica, RJ
7	Bola	Pesagro, Seropédica, RJ
8	Vagem Novirex	Pesagro, Seropédica, RJ
9	Vermelho	Pesagro, Seropédica, RJ
10	Rajado	UFRRJ, Seropédica, RJ
11	Preto	UFRRJ, Seropédica, RJ
12	Vermelho Escuro	UFRRJ, Seropédica, RJ
13	Vermelho 2	UFRRJ, Seropédica, RJ
14	Mulato	UFRRJ, Seropédica, RJ
15	Carioca Variado	UFRRJ, Seropédica, RJ

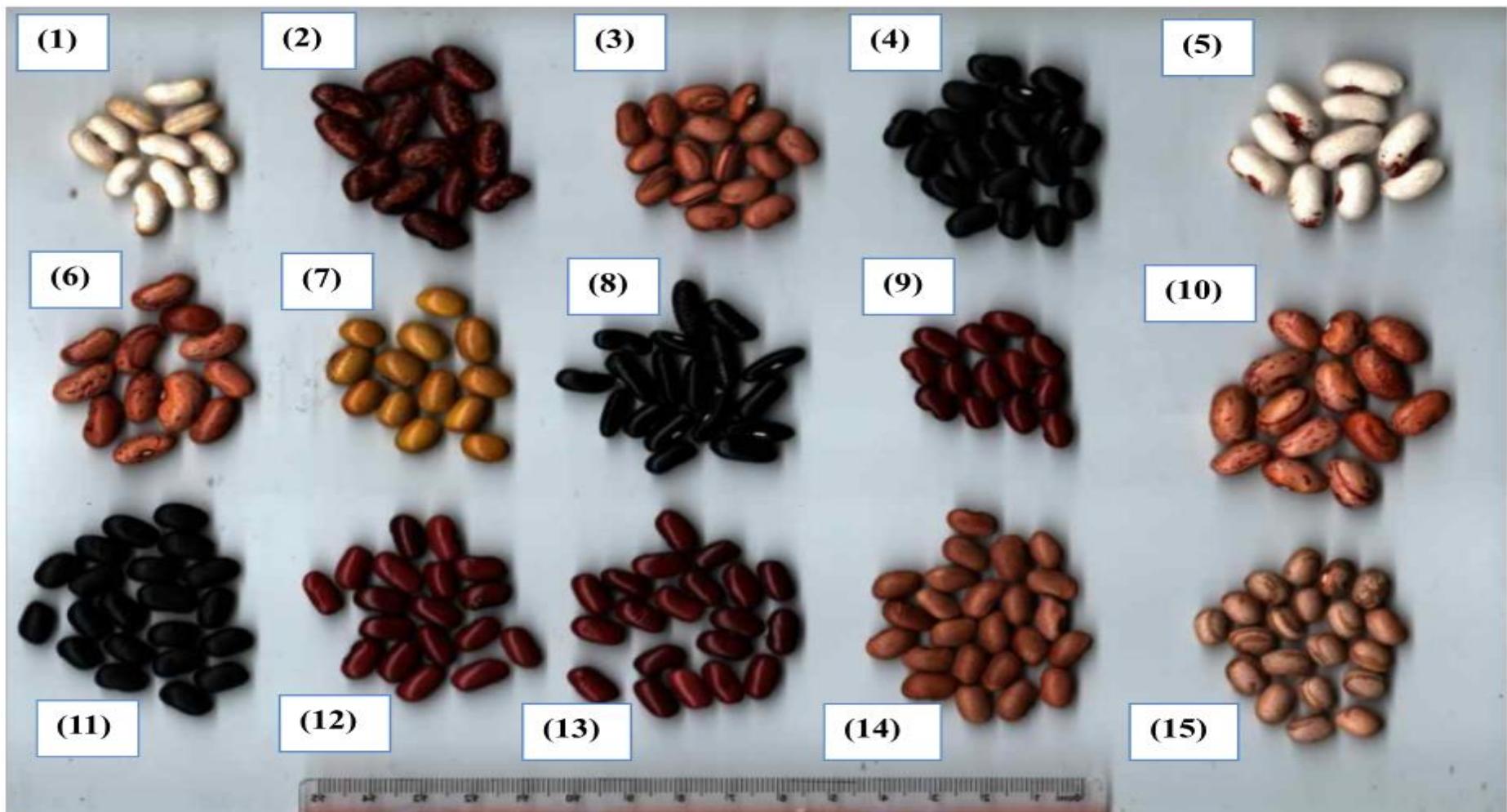


Figura 3. Sementes dos quinze genótipos de feijoeiro-comum. 1 - Vagem Alessa; 2 - Constanza; 3 - Carioca; 4 - Preto Fazendinha; 5 - Anjo; 6 - Iraí; 7 - Bola; 8 - Vagem Novirex; 9 - Vermelho; 10 - Rajado; 11 - Preto; 12 - Vermelho Escuro; 13 – Vermelho 2; 14- Mulato; 15- Carioca Variado.

A adubação foi realizada com 50g por vaso de um fertilizante orgânico comercial, cuja composição é poda urbana triturada, conteúdo ruminal bovino e sangue bovino. Uma primeira adubação foi realizada após a emergência das plântulas e outra realizada no período de florescimento. Desbastes foram realizados após o primeiro mês de plantio a fim de ter no máximo 2 plantas por vaso.

Foram avaliadas as características segundo IPGRI (*International Plant Genetic Resources Institute*, 2001):

- a) Cor do estandarte (CE): observação efetuada em flores acabadas de abrir, as cores das flores são altamente variáveis após a abertura. 1 Branco; 2 Verde; 3 Lilás; 4 Branco com margens lilás; 5 Branco raiado de vermelho; 6 Lilás escuro com margens roxas; 7 Lilás escuro com manchas arroxeadas; 8 Vermelho carmim; 9 Roxo; 10 Lilás com borda branca;
- b) Cor da vagem (COV): observação sobre a vagem imatura, mas completamente desenvolvida. 1 Roxo escuro; 2 Vermelho carmim; 3 Verde raiado de roxo; 4 Verde raiado carmim; 5 Verde raiado vermelho claro; 6 Rosa escuro; 7 Verde normal; 8 Verde brilhante Como acima para “verde normal”; 9 Verde baço a cinzento prateado Como acima para “verde normal”; 10 Amarelo dourado ou amarelo Como acima para “verde forte normal”; 11 Amarelo claro a branco Como acima para “verde normal”;
- c) Comprimento da vagem (CV): média, em milímetros, do comprimento das maiores vagens imaturas, mas completamente desenvolvidas;
- d) Curvatura da vagem (CUV): observada em vagem imatura, mas completamente desenvolvida. 3 Direita; 5 Ligeiramente curva; 7 Curva; 9 Duplamente curva;
- e) Cor da vagem à maturação fisiológica (CVMF): 1 Roxo escuro; 2 Vermelho; 3 Rosa; 4 Amarelo 5 Amarelo claro com manchas ou raiada; 6 Verde persistente;
- f) Lóculos por vagem (NLV): número de lóculos observados na vagem mais longa de 10 plantas normais ao acaso;
- g) Forma da semente (FS): retirada da parte média da vagem. 1 Redonda; 2 Oval; 3 Cubóide; 4 Reniforme; 5 Alongada truncada;
- h) Altura da planta (ALT): média, em centímetros, à maturação, medida desde a cicatriz cotiledonar até à extremidade da planta;
- i) Diâmetro do caule (DC): medido, em milímetros, à maturação, em plantas à densidade de cultura;
- j) Largura da vagem (LV): média, em milímetros, da largura das maiores vagens imaturas, mas completamente desenvolvidas;
- l) Comprimento do ápice da vagem (CAV): medido em milímetros desde o fim do último lóculo;
- m) Posição do ápice da vagem (PAV): 1 Marginal; 2 Não marginal;
- n) Orientação do ápice da vagem (OAV): 3 Para cima (no sentido dorsal); 5 Direito; 7 Para baixo (no sentido ventral);
- o) Dimensões da semente x) média, em milímetros, de 10 sementes em cada uma das plantas. X.1. Comprimento (CS): medido paralelamente ao hilo. X.2. Largura (LS);
- p) Produção de sementes por planta (PS): foi feita a pesagem, em gramas, de todas as sementes de cada planta;
- q) Porcentagem de vagens com sintomas de broca-da-vagem (%SBV): foi realizada a contagem do número de vagens por planta e do número de vagens com sintomas de broca-da-vagem.

A normalidade das variâncias residuais foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, foi realizada a análise de variância. A fim de reduzir a influência dos valores extremos observados, houve transformação dos dados para as características produção de sementes por planta e porcentagem de vagens com sintomas de broca-da-vagem. A transformação utilizada foi a $\sqrt{x+1}$. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a

5% de probabilidade. As distâncias genéticas foram estimadas por meio do Algoritmo de Gower. Foram utilizados os agrupamentos de Otimização de Tocher e o Hierárquico UPGMA (*Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages*). As análises foram realizadas utilizando o programa Genes (CRUZ, 2013).

4.2. Desempenho agronômico em cultivo orgânico

Foram avaliados quinze genótipos de feijão-comum: 1- Vagem Alessa; 2- Constanza; 3- Carioca; 4- Preto; 5- Anjo; 6- Iraí; 7- Bola; 8- Vagem Novirex; 9- Vermelho; 10- Rajado; 11- Preto; 12- Vermelho Escuro; 13- Vermelho 2; 14- Mulato; 15- Carioca Variado. O experimento foi conduzido na Fazendinha Agroecológica Km 47, Seropédica, RJ. O município de Seropédica situa-se entre as coordenadas 22° 44' 38" de latitude sul, 43° 42' 28" de longitude oeste, a uma elevação de 26 metros do nível do mar. A temperatura média anual é de 24 °C e a precipitação média de 1.260 mm.

Antes do plantio, foi realizada a análise de solo na área experimental (Tabela 3). A adubação necessária foi realizada de acordo com a recomendação para a cultura do feijão, contida no Manual de Adubação e Calagem do Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013). A escolha dos adubos a serem utilizados foi baseada na lista de substâncias e produtos autorizados como fertilizantes, corretivos e substratos em sistemas orgânicos de produção, Anexo V, da Portaria n 52, de 15 de março de 2021 (MAPA, 2021). Sendo assim, foram utilizados 25g de farinha de osso por metro linear, aplicado no momento do plantio e 10g de sulfato de potássio, 4 dias antes do plantio.

Tabela 3. Análise de solo da área experimental, coletado de 0 a 20 cm, realizada no Laboratório de Química Agrícola –LQA da Embrapa Agrobiologia.

Profundidade cm	P*	K*	Al	Ca	Mg	Ca+Mg cmol _c /dm ³	pH	H+Al	SB	T	V cmol _c /dm ³	%
0 – 20	19,33	93,38	0,0	1,66	0,59	2,25	5,90	1,95	2,49	4,44	56,1	

(*) Extrator Mehlich; SB – soma de bases trocáveis; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V - saturação de bases

Para auxiliar no processo de fixação biológica de nitrogênio, as sementes foram inoculadas com inoculante turfoso contendo a rizobactéria *Azospirillum brasiliense*. O processo de inoculação consistiu da aplicação de uma solução açucarada sobre as sementes, para aumentar a adesão do inoculante, seguida do inoculante turfoso. Após agitar, as sementes foram deixadas para secar na sombra, por 10 a 15 minutos.

O preparo do solo foi realizado com uma aração e uma gradagem. O sistema de irrigação por aspersão foi instalado de modo a atender a necessidade hídrica da cultura ao longo do seu ciclo de desenvolvimento. O plantio foi realizado em julho de 2023. Foram realizadas capinas manuais a fim de controlar as plantas espontâneas na área experimental e evitar a competição com as plantas de feijão comum. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de uma linha de 2,0 m. Foram avaliadas as plantas em 1,0 m central, ou seja, excluindo 0,5m de cada lado (bordadura). A densidade de semeadura foi de 10 sementes por metro linear e o espaçamento entre linhas, de 0,5m.

Foram avaliadas as seguintes características:

Morfológicas e de produção

- a) Altura da planta (ALT): Média, em centímetros, à maturação, de 5 plantas, medida desde a cicatriz cotiledonar até à extremidade da planta;
- b) Largura da vagem (LV): Média, em milímetros, da largura das maiores vagens imaturas, mas completamente desenvolvidas;
- c) Comprimento da vagem (CV): Média, em centímetros, do comprimento das maiores vagens imaturas, mas completamente desenvolvidas;
- d) Número de vagens por planta (NVP): Média de 10 plantas à densidade de cultura
- e) Número de sementes por vagem (NSV): Número médio de sementes por vagem aferido para uma vagem em cada uma de 10 plantas
- f) Peso da semente (P100): Peso de 100 sementes, em miligramas, até à primeira casa decimal, à umidade de 12-14%
- g) Número de dias até à floração (NDF): Número de dias desde a emergência até ao estádio em que 50% das plantas estão em floração;
- h) Número de dias até à maturação (NDM): Números de dias desde a emergência até que 90% das vagens estejam maduras.
- i) Produtividade (PROD): pesado a massa total da parcela e extrapolada para um hectare.

A verificação da normalidade das variâncias residuais foi realizada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Após a verificação da normalidade das variâncias residuais foi realizada a análise de variância. As médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Variabilidade fenotípica e divergência genética

Observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) entre as cultivares para comprimento da vagem, largura da vagem, altura da planta, diâmetro do caule, comprimento do ápice da vagem, comprimento da semente, largura da semente e porcentagem de vagens com sintoma de brocada-vagem (Tabelas 4 e 5). No entanto, as características lóculo por vagem e produção de sementes por planta não apresentaram diferença significativa.

Com relação ao caráter comprimento da vagem (Tabela 4), verificou-se a composição de três grupos, variando de 78,23 a 122,03 mm. Quanto à largura da vagem, houve a formação de quatro grupos estatísticos, sendo que o genótipo Rajado apresentou a maior média (9,92 mm). Já para altura da planta, dois grupos foram formados, sendo que sete genótipos compuseram o grupo com maior média (Anjo, Iraí, Bola, Vagem Novirex, Vermelho, Rajado e Carioca Variado), com valores variando de 45,18 a 38,12 cm, e oito, com menor média (Vagem Alessa, Constanza, Carioca, Preto, Preto, Vermelho Escuro, Vermelho 2 e Mulato), com valores entre 28,56 e 35,48 cm. Em relação a característica altura de plantas, sete genótipos (Anjo, Iraí, Bola, Vagem Novirex, Vermelho, Rajado e Carioca Variado) apresentaram resultados superiores, variando de 45,18 a 38,12 cm e oito, apresentaram médias menores, variando de 28,56 a 35,48 cm. Segundo Leite et al. (2019), em programas de melhoramento, a característica altura da planta apresenta relação positiva com o rendimento de grãos, corroborando com o resultado encontrado por Souza et al. (2003), no qual o número de vagens foi maior em função da maior altura da planta. Desse modo, no presente trabalho, os genótipos Anjo, Iraí, Bola, Vagem Novirex, Vermelho, Rajado e Carioca Variado poderiam ser indicados para programas de melhoramento que visem o incremento para esta característica.

Em relação ao diâmetro do caule (Tabela 4), observou-se a formação de dois grupos estatísticos, sendo o grupo com maiores médias composto por doze genótipos (Vagem Alessa, Constanza, Carioca, Anjo, Iraí, Vagem Novirex, Vermelho, Rajado, Preto, Vermelho Escuro, Vermelho 2 e Carioca Variado), com médias que variam entre 5,22 e 6,11 mm, e com menor, composto pelos genótipos Preto (4,55), Mulato (4,52) e Bola (4,37).

Para o caráter comprimento do ápice da vagem, formaram-se de três grupos distintos, sendo as maiores médias referentes a três genótipos (Vagem Alessa, Constanza e Vagem Novirex), que variam de 11,92 a 13,98 mm, e as menores, a dez genótipos (Bola, Iraí, Carioca Variado, Preto, Vermelho, Preto, Carioca, Vermelho 2, Mulato e Vermelho Escuro), com comprimentos que variam entre 8,53 a 5,21 mm.

Tabela 4. Médias de descritores quantitativos de quinze genótipos de feijoeiro-comum (Seropédica, RJ, 2023).

Código	CV	LV	ALT	DC	CAV
1	122,03 a	7,7 c	34,52 b	5,22 a	11,92 a
2	92,82 b	7,76 c	35,48 b	5,92 a	13,26 a
3	88,54 b	7,15 c	32,56 b	5,28 a	6,77 c
4	78,97 c	6,06 d	29,10 b	4,55 b	7,33 c
5	98,99 b	7,03 b	45,18 a	5,76 a	9,86 b
6	91,56 b	8,53 b	38,12 a	5,94 a	8,27 c
7	78,81 c	8,17 b	41,74 a	4,37 b	8,53 c
8	122,01 a	6,08 d	38,74 a	5,28 a	13,98 a
9	96,67 b	6,71 d	40,24 a	5,52 a	7,57 c
10	97,15 b	9,92 a	44,06 a	5,62 a	10,04 b
11	96,39 b	6,81 d	34,92 b	5,96 a	7,72 c
12	78,81 c	7,32 c	29,36 b	5,35 a	5,21 c
13	78,23 c	7,55 c	28,60 b	6,11 a	6,43 c
14	87,00 c	6,42 d	28,56 b	4,52 b	6,34 c
15	82,63 c	7,03 c	44,36 a	5,33 a	7,98 c
QMerro	112,95	0,58	49,11	0,46	2,82
Média	92,10	7,46	36,37	5,38	8,75
CV (%)	11,46	10,18	19,27	12,59	19,19

CV – Comprimento da vagem, em mm; LV – largura da vagem, em mm; ALT - Altura da planta, em cm; DC - Diâmetro do caule, em mm; CAV - Comprimento do ápice da vagem, em mm. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para o caráter comprimento da semente (Tabela 5), houve a formação de quatro grupos, sendo que dois genótipos se destacaram com as maiores médias, Anjo e Rajado, com 14,8 e 14,49 mm, respectivamente. Já em relação à largura da semente, houve a formação de cinco grupos, sendo que o genótipo Rajado apresentou a maior média (8,64 mm) e a Vagem Alessa, a menor (5,65 mm). Características relacionadas à morfologia das sementes são importantes para estabelecer padrões e selecionar linhagens de feijão superiores. Além disso, em relação aos grãos, características como cor, formato, tamanho e brilho estão intimamente ligados ao consumo e a aceitação do feijão pelos consumidores (CARNEIRO; PARRÉ, 2005).

Outra oportunidade de mercado para a cultura do feijão é o grupo conhecido como "grãos especiais", que são aqueles que possuem particularidades quanto a cor do tegumento, forma e tamanho dos grãos. Geralmente, estes grãos são cultivados por pequenos produtores,

que guardam parte da sua produção para a utilizarem como semente na próxima safra (BLAIR et al., 2010). Sendo assim, a avaliação dessas características em diferentes cultivares de feijão comum configura-se uma ferramenta para suprir a demanda do consumidor e para conservar a variabilidade genética dos feijões pertencentes a esse grupo, como fontes de genótipos de interesse para programas de melhoramento genético. Os genótipos avaliados neste trabalho apresentaram diferenças quanto às medidas de comprimento, largura e forma das sementes (Tabela 6), demonstrando potencial para serem utilizados em programas de melhoramento visando a disponibilização de novas cultivares com formas e tamanhos variados de grãos e sementes, levando em consideração o grau de herdabilidade de cada característica de interesse e o método de melhoramento mais adequado para cada uma (Tabela 6).

Tabela 5. Médias de descritores quantitativos de quinze genótipos de feijoeiro-comum (Seropédica, RJ, 2023).

Código	NLV	CS	LS	PS	%SBV
1	5,20 a	12,33 c	6,17 d	19,8 a	23,46 b
2	4,20 a	12,82 b	6,96 c	16,6 a	7,85 c
3	5,80 a	10,83 d	7,058 c	17,2 a	0,00 d
4	5,00 a	10,69 d	6,38 d	17,0 a	0,00 d
5	4,20 a	14,80 a	7,57 b	13,4 a	17,22 b
6	4,20 a	12,85 b	7,12 c	11,8 a	19,32 b
7	4,60 a	10,80 d	7,34 c	14,0 a	39,58 a
8	5,00 a	13,09 b	5,65 e	24,0 a	1,53 d
9	6,00 a	12,19 c	6,76 c	27,0 a	24,07 b
10	4,80 a	14,49 a	8,64 a	14,0 a	32,63 a
11	4,40 a	11,11 d	6,89 c	19,8 a	0,00 d
12	5,40 a	11,46 c	6,78 c	24,2 a	37,04 a
13	4,40 a	11,68 c	6,63 c	18,4 a	23,56 b
14	5,40 a	10,55 d	6,90 c	18,2 a	25,54 b
15	4,40 a	10,84 d	6,98 c	15,8 a	42,50 a
QMerro	1,22	0,86	0,24	0,73	0,97
Média	4,87	12,04	6,92	18,08	3,99
CV (%)	22,66	7,69	7,01	20,07	24,71

NLV - Lóculos por vagem; CS - Comprimento da semente, em mm; LS - Largura da semente, mm; PS - Produção de sementes por planta, em g; %SBV - Porcentagem de vagens com sintomas de broca-da-vagem, em %. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em relação a avaliação da porcentagem de vagens com sintoma de broca-da-vagem (Figura 4), houve a formação de quatro grupos. Segundo as médias apresentadas para esse caráter, os genótipos Carioca, Preto Fazendinha, Preto e Vagem Novirex foram os menos acometidos, com 0,0, 0,0, 0,0 e 1,39% de vagens acometidas, respectivamente. Em programas de melhoramento com foco no desenvolvimento de cultivares e variedades resistentes a insetos que causam danos à cultura, essa característica pode ser interessante, visto que a resistência genética é considerada uma tecnologia de baixo custo e fácil de ser adotada pelos agricultores, geralmente de subsistência com baixo nível tecnológico (CANDIDA et al., 2009). Em trabalho realizado por RAMALHO et al. (1982), a característica comprimento das vagens foi positivamente correlacionada com a percentagem de grãos danificados, indicando que, de forma geral, as linhagens e variedades de vagens menores, foram mais resistentes a *Etiella zinckenella*. No entanto, no presente trabalho, não foi possível identificar características em comum nos quatro genótipos que possam estar associadas às menores porcentagens de incidência de broca-da-vagem.



Figura 4. Sintomas de broca-da-vagem. (A) Sintomas iniciais de infestação; (B) Vagem com larva. Fonte: próprio autor

Tabela 6. Descritores qualitativos de quinze genótipos de feijoeiro-comum (Seropédica, RJ, 2023).

GEN.	CE	COV	CUV	PAV	OAV	CVMF	FS
1	Branco	Verde normal	Ligeiramente curva	Marginal	Para cima (no sentido dorsal)	Amarelo	Reniforme
2	Branco	Verde normal	Direita	Não marginal	Direito	Amarelo	Reniforme
3	Branco	Verde raiado vermelho claro	Direita	Marginal	Direito	Amarelo claro com manchas ou rajada	Reniforme
4	Branco	Verde normal	Ligeiramente curva	Marginal	Para baixo (no sentido ventral)	Amarelo	Reniforme
5	Branco	Verde brilhante	Direita	Marginal	Direito	Amarelo	Reniforme
6	Lilás	Verde normal	Direita	Não marginal	Direito	Amarelo	Cubóide
7	Lilás escuro com manchas arroxeadas	Verde baço a cinzento prateado	Direita	Não marginal	Para cima (no sentido dorsal)	Amarelo	Oval
8	Lilás escuro com manchas roxas	Verde normal	Direita	Marginal	Para cima (no sentido dorsal)	Amarelo	Reniforme
9	Branco	Verde brilhante	Ligeiramente curva	Não marginal	Direito	Vermelho	Cubóide
10	Lilás com borda branca	Vermelho carmim	Direita	Não marginal	Direito	Amarelo	Cubóide
11	Roxo	Roxo escuro	Direita	Não marginal	Direito	Roxo escuro	Cubóide
12	Branco	Verde normal	Direita	Marginal	Direito	Amarelo	Cubóide
13	Branco	Verde normal	Direita	Marginal	Direito	Amarelo	Alongada truncada
14	Roxo	Verde raiado de roxo	Direita	Não marginal	Para baixo (no sentido ventral)	Amarelo	Cubóide
15	Branco	Verde normal	Direita	Marginal	Para cima (no sentido dorsal)	Amarelo	Cubóide

CE - Cor do estandarte; COV - Cor da vagem; CUV - Curvatura da vagem; PAV - Posição do ápice da vagem; OAV - Orientação do ápice da vagem; CVMF - Cor da vagem à maturação fisiológica; FS - Forma da semente.

Os pares de genótipos mais próximos obtidos por meio do Algoritmo de Gower foram: Constanza x Iraí ($d_{ii} = 0,142$), Vermelho Escuro x Vermelho 2 ($d_{ii} = 0,162$) e Vermelho Escuro x Carioca Variado ($d_{ii} = 0,183$) (Tabela 7). Os menores valores de distância representam acessos intimamente relacionados, enquanto os maiores valores indicam a alta divergência entre os acessos, evidenciando, assim, a existência de diversidade genética. Portanto, tais pares de genótipos não são recomendados em programas de melhoramento genético por hibridação, por apresentarem o mesmo padrão de similaridade, podendo diminuir a variabilidade genética em gerações segregantes e, com isso, a eficiência da seleção visando ganho genético na progênie quanto.

Os pares mais divergentes foram: Vagem Alessa x Preto ($d_{ii} = 0,504$) e Preto Fazendinha x Rajado ($d_{ii} = 0,583$) (Tabela 3). Esses pares de genótipos, mostrando alta divergência, poderiam ser recomendados em cruzamentos, visando o aumento da heterose nas progênies e o aumento da variabilidade genética em gerações segregantes. No entanto, a seleção de genitores baseada apenas na análise da divergência genética não é recomendada, devendo levar em consideração também o desempenho superior em relação às características agronômicas desejáveis da cultura (MARTINS et al., 2002).

O par de genótipos que apresentou maior distância, Preto Fazendinha x Rajado ($d_{ii} = 0,583$) apresenta algumas características que podem ser exploradas em programas de melhoramento, baseados em modelos preditivos, visando a obtenção de genótipos mais tolerantes à broca da vagem, o cruzamento desses genótipos poderia ser interessante, uma vez que o material Preto Fazendinha apresentou a menor porcentagem de sintomas de broca da vagem (1,00%), contrastando com o material Rajado, que apresentou uma das maiores médias para a variável (5,75%) (Tabela 7).

Objetivando o aumento do tamanho das sementes, característica de interesse do mercado, a seleção desses genitores para o cruzamento poderia ser considerada, visto que o genótipo Rajado apresentou as melhores médias estatísticas para as características comprimento e largura da semente (14,49mm e 8,64mm, respectivamente), em contraste com as menores médias do genótipo Preto Fazendinha (10,69mm e 6,38mm, respectivamente). A hibridação produz progênie com variação fenotípica mais ampla em comparação aos seus genitores. A segregação transgressiva é observada em populações segregantes formada por fenótipos extremos ou transgressivos em comparação aos fenótipos dos parentais. É formada quando a progênie tem novas combinações múltiplas de genes de resistência (NIRUBANA et al., 2021).

Tabela 7. Distâncias genéticas entre quinze genótipos de feijoeiro-comum obtidas por meio do Algoritmo de Gower

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0,299	0,324	0,285	0,337	0,389	0,482	0,231	0,300	0,485	0,504	0,282	0,307	0,454	0,287
2		0	0,285	0,365	0,224	0,142	0,382	0,322	0,321	0,315	0,289	0,309	0,245	0,360	0,281
3			0	0,237	0,304	0,358	0,438	0,318	0,367	0,472	0,311	0,204	0,213	0,311	0,257
4				0	0,425	0,441	0,487	0,387	0,370	0,583	0,448	0,268	0,282	0,299	0,319
5					0	0,225	0,390	0,344	0,404	0,278	0,415	0,337	0,246	0,499	0,244
6						0	0,317	0,422	0,310	0,256	0,297	0,313	0,285	0,339	0,262
7							0	0,463	0,447	0,322	0,373	0,393	0,408	0,317	0,265
8								0	0,444	0,480	0,411	0,361	0,370	0,476	0,344
9									0	0,413	0,354	0,281	0,388	0,363	0,344
10										0	0,328	0,428	0,463	0,340	0,361
11											0	0,399	0,345	0,275	0,380
12												0	0,162	0,267	0,183
13													0	0,349	0,230
14														0	0,352
15															0

1 - Vagem Alessa; 2 - Constanza; 3- Carioca; 4- Preto Fazendinha; 5- Anjo; 6- Iraí; 7- Bola; 8- Vagem Novirex; 9- Vermelho; 10- Rajado; 11- Preto; 12- Vermelho Escuro; 13- Vermelho 2; 14- Mulato; 15- Carioca Variado.

A análise de agrupamento com a utilização do método de otimização Tocher, fundamentado na matriz de dissimilaridade, baseada em variáveis multicategóricas, possibilitou as distribuições dos acessos avaliados em sete grupos distintos (Tabela 8). A formação destes grupos representa uma informação importante na seleção de genitores em programas de melhoramento, pois as populações híbridas a serem estabelecidas serão baseadas na magnitude de suas distâncias e no potencial dos genitores (BERTAN et al, 2006).

O grupo I foi constituído pelo maior número de acessos, 46,67% dos acessos, que apresentaram similaridade para as características diâmetro de caule e curvatura direita da vagem. O grupo II reuniu dois acessos (13,33%) e apresentou similaridade para as características comprimento da vagem, diâmetro do caule, comprimento do ápice da vagem, cor verde normal da vagem, a posição marginal do ápice da vagem, a orientação para cima (no sentido dorsal) do ápice da vagem, a cor amarela da vagem à maturação fisiológica e a forma reniforme da semente. O grupo III, também reuniu dois acessos (13,33%), cujas principais características foram a largura da vagem, a altura da planta, o comprimento do ápice da vagem, o comprimento da semente, a largura da semente, a cor roxa do estandarte, a curvatura direita da vagem, a posição não marginal do ápice da vagem e a forma cubóide da semente.

Tabela 8. Agrupamento dos quinze genótipos de feijão comum obtido pelo método de Otimização de Tocher

Grupos	Genótipos	%
I	Constanza, Iraí, Anjo, Vermelho 2, Carioca Variado, Vermelho Escuro e Carioca	46,66
II	Vagem Alessa e Vagem Novirex	13,33
III	Preto e Mulato	13,33
IV	Rajado	6,67
V	Bola	6,67
VI	Vermelho	6,67
VII	Preto Fazendinha	6,67

Os grupos IV, V, VI e VII foram constituídos por um único acesso cada (1%), sugerindo que são os mais dissimilares do total de acessos avaliados, possibilitando a seleção dos mais divergentes para o uso no melhoramento genético.

A análise intergrupos revelou que os valores mais elevados de divergência genética ocorreram entre os grupos IV e VII (0,58) e maior similaridade entre os grupos IV e V (0,32), sugerindo que a progénie obtida através do cruzamento entre os acessos do grupos IV e VII possuiria maior variabilidade genética em comparação com a dos grupos IV e V. Ainda em relação aos maiores valores de divergência, encontram-se os grupos II e IV (0,48), V e VII (0,48), II e V (0,47), II e III (0,46) e V e VI (0,44). Com relação à distância intragrupo, o grupo II (0,23), apresenta a menor distância entre os acessos pertencentes a este grupo e a maior distância intragrupo foi observada no grupo III (0,27) (Figura 5). Segundo Vasconcelos et al. (2007), o método de Tocher apresenta a distância média intragrupo sempre menor que a distância média intergrupos. Sendo assim, haverá mais homogeneidade entre os acessos de um mesmo grupo do que os acessos de diferentes grupos.

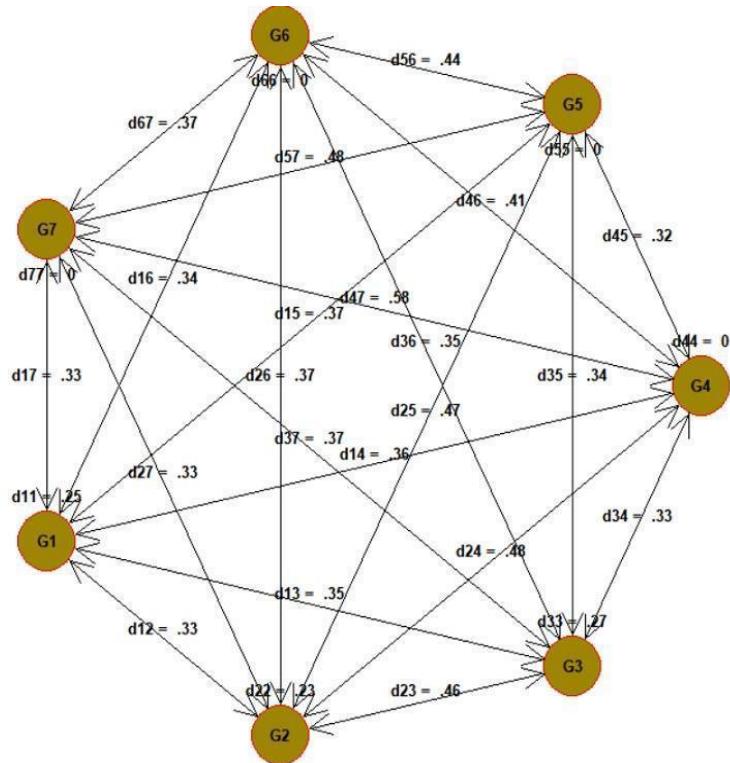
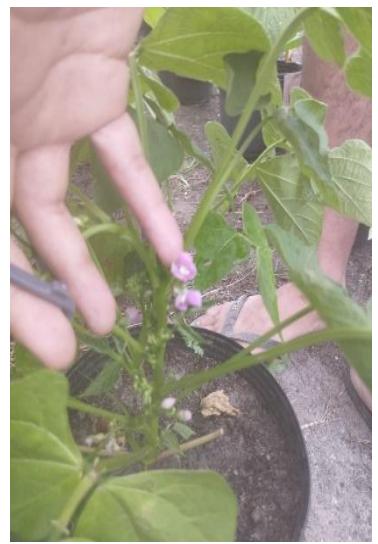


Figura 5. Distâncias médias intra e intergrupos estimadas pelo método de Otimização de Tocher.

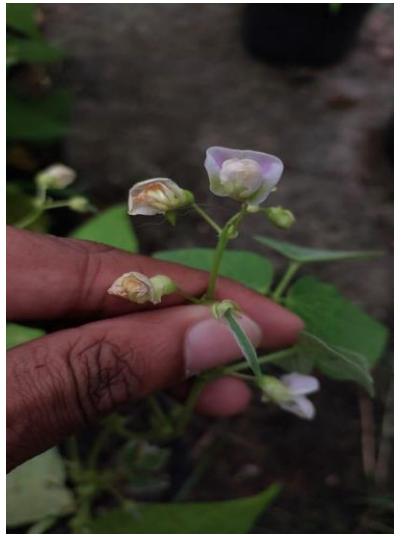
Em relação à importância relativa das características, a característica com maior contribuição relativa para a dissimilaridade genética entre os genótipos testados no presente trabalho foi o comprimento das vagens (13,99%) (Tabela 9). Esse resultado corrobora com os resultados encontrados por Leite et al (2019). A cor do estandarte (Figura 6) foi a característica que teve maior contribuição para a dissimilaridade (3,84%). O conhecimento da contribuição relativa de cada característica para a divergência genética é importante, pois auxilia no descarte daquelas que contribuem pouco para a discriminação dos genótipos, reduzindo a mão de obra, o tempo e o custo despendidos na experimentação, além de servir como indicativo para priorização na seleção de características em programas de melhoramento. No entanto, para a escolha de genitores, além da divergência genética é necessária a presença de características agronômicas desejáveis de acordo com o programa de melhoramento (CORREA & GONÇALVES, 2012).



(A)



(B)



(C)



(D)

Figura 6. Cor do estandarte branco (A); lilás (B); lilás com margem branca (C); e roxo (D).
Fonte: próprio autor.

Tabela 9. Contribuição relativa dos caracteres para dissimilaridade genética de 15 cultivares.

Variáveis	Valor (%)
Comprimento da vagem	13,99
Altura da planta	5,95
Cor do estandarte	3,84
Comprimento do ápice da vagem	2,59
Cor da vagem	2,33
Porcentagem de vagem	2,03
Comprimento da semente	1,36
Orientação do ápice da vagem	1,28
Largura da vagem	1,05
Cor da vagem na maturidade fisiológica	0,96
Curvatura da vagem	0,83
Forma da semente	0,74
Secção transversal da vagem	0,74
Largura da semente	0,67
Lóculo por vagem	0,59
Diâmetro do caule	0,55
Posição do ápice da vagem	0,52
Produção de sementes por planta	0,51

A análise realizada através do método hierárquico UPGMA, considerando o coeficiente de correlação cofenética (CCC) do dendrograma gerado neste estudo de $r = 0,64$, resultou na formação de seis grupos, sendo o grupo I formado por 4 acessos (26,67%), apresentando similaridade quanto ao comprimento da vagem, ao diâmetro do caule, à curvatura direita da vagem, à orientação direita do ápice da vagem e à cor amarela da vagem à maturação fisiológica.

O grupo II foi formado por 2 acessos (13,33%), sendo similares para as características largura da vagem, altura da planta, comprimento do ápice da vagem, comprimento da semente, largura da semente, cor roxa do estandarte, curvatura direita da vagem, posição não marginal do ápice da vagem e forma cubóide da semente. O grupo III apresentou apenas um acesso (6,67%). Já o grupo IV, foi formado por 2 acessos (13,33%), sendo similares quanto às características comprimento da vagem, diâmetro do caule, comprimento do ápice da vagem, cor verde normal da vagem, posição marginal do ápice da vagem, orientação para cima (no sentido dorsal) do ápice da vagem, cor da vagem amarela à maturação fisiológica e forma reniforme da semente. O grupo V reuniu 5 acessos (33,33%), com similaridade para as características comprimento do ápice da vagem, cor branca do estandarte e posição marginal do ápice da vagem. Assim como o grupo III, o grupo VI apresentou apenas um acesso (6,67%).

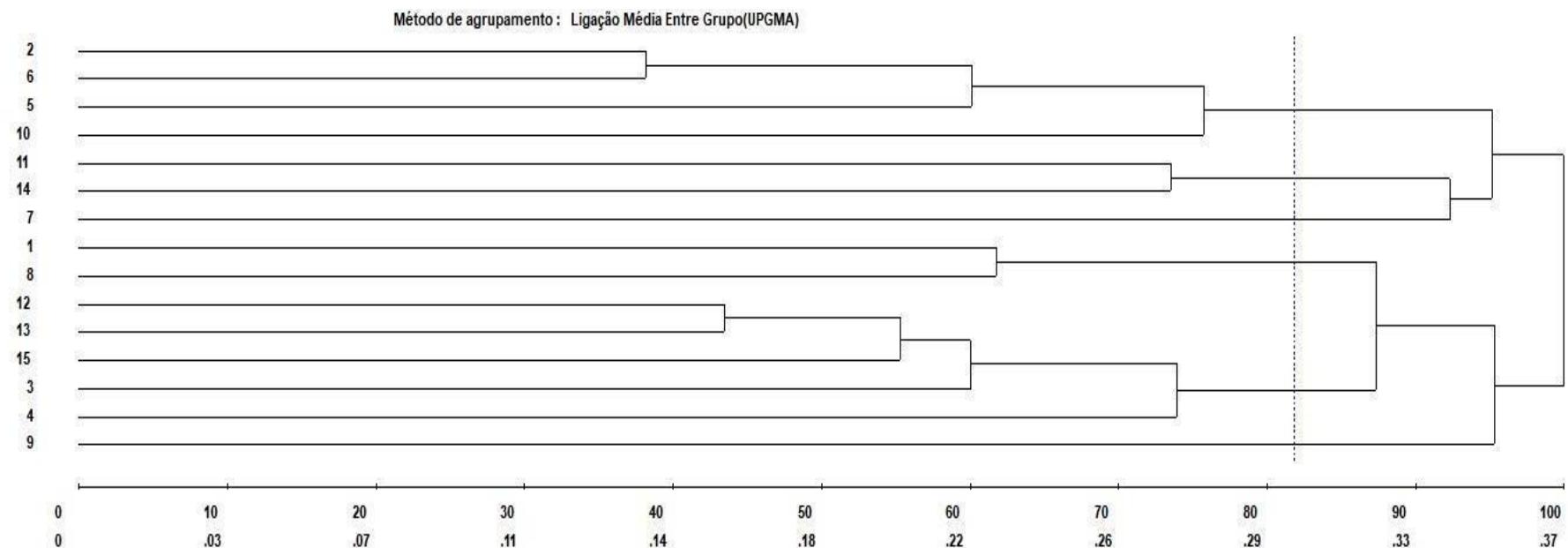


Figura 7. Dendrograma obtido pelo método de UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages) utilizando as distâncias genéticas estimadas por meio do Algoritmo de Gower. 1 - Vagem Alessa; 2 - Constanza; 3- Carioca; 4- Preto; 5- Anjo; 6- Iraí; 7- Bola; 8- Vagem Novirex; 9- Vermelho; 10- Rajado; 11- Preto; 12- Vermelho Escuro; 13- Vermelho 2; 14- Mulato; 15- Carioca Variado.

Ambos os métodos demonstraram semelhança no agrupamento dos acessos. Segundo o método Tocher, os acessos foram reunidos em sete grupos, diferindo do método UPGMA, que os reuniu em seis grupos. Os grupos II, III, V e VI do método Tocher reuniram os mesmos acessos nos grupos IV, II, V e VI, pelo método UPGMA, respectivamente. As diferenças observadas entre os métodos, devem-se à mudança dos acessos dos agrupamentos VII e IV, do método Tocher, que se alocaram nos grupos V e I, do método UPGMA, respectivamente. Além disso, os acessos 3, 12, 13 e 15, reunidos no grupo V pelo método UPGMA, se alocam no grupo I, pelo método Tocher (Figura 6).

5.2. Desempenho agronômico em cultivo orgânico

Observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) entre as cultivares para comprimento da vagem, largura da vagem, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso da semente e produtividade (Tabela 10). No entanto, a característica altura da planta não apresentou diferença significativa.

Nas condições experimentais deste trabalho, o número de vagens por planta e o número de sementes por vagem tiveram maior influência na produtividade final das cultivares (Tabela 10), resultado que corrobora com o encontrado por Araújo et al. (2013) em trabalho realizado para avaliar o rendimento de grãos de diferentes cultivares de feijoeiro comum sob sistema orgânico de produção, indicando que, para maior rendimento em sistemas orgânicos, a seleção de cultivares deve voltar-se para aquelas com maior número de vagens por planta e número de grãos por vagem.

Em relação a variável peso de semente, houve a formação de três grupos, com destaque para a cultivar Anjo, que obteve o maior peso de 100 sementes, com 52g, sendo o único genótipo que apresentou maiores valores para os caracteres peso de sementes e produtividade e menores valores para número de vagens por planta e número de sementes por vagem, concomitantemente. Segundo trabalho realizado por Ribeiro et. al (2019), com o objetivo identificar caracteres de qualidade visual dos grãos que determinam a escolha do feijão carioca, o tamanho dos grãos foi a segunda característica de maior influência na tomada de decisão do consumidor. Os programas de melhoramento têm considerado essa tendência de mercado no desenvolvimento de novas cultivares de feijão carioca, tendo como padrão, grãos de tamanho médio, com massa de 100 grãos entre 25 a 30g. No presente trabalho, os genótipos de feijão carioca, 3 e 15, obtiveram valores de peso de 100 sementes de 30g, indicando a adequação ao padrão comercial citada por Carbonell et al (2010).

Tabela 10. Médias de descritores quantitativos de quinze genótipos de feijoeiro-comum (Seropédica, RJ, 2023) (continua).

Código	ALT	CV	LV	NVP	NSV	P100	PROD
1	36,15 a	8,70 c	13,92 b	5,57 b	5,77 b	29,50 c	1950,00 b
2	34,92 a	10,05 b	9,62 e	5,17 b	3,80 c	46,00 b	2350,00 b
3	35,45 a	9,75 b	9,27 e	4,50 b	5,37 b	30,00 c	3300,00 a
4	32,82 a	9,05 c	9,52 e	8,62 a	6,47 a	30,00 c	3375,00 a
5	32,77 a	10,05 b	11,15 d	4,35 b	4,12 c	52,00 a	3150,00 a
6	30,37 a	10,20 b	12,30 c	4,40 b	5,45 b	42,00 b	2775,00 b
7	27,97 a	9,67 b	9,52 e	4,05 b	5,07 b	33,50 c	2525,00 b
8	29,67 a	6,55 e	15,20 a	4,95 b	5,77 b	29,75 c	2025,00 b
9	42,47 a	8,95 c	10,65 d	10,00 a	6,30 a	28,75 c	2350,00 b
10	25,97 a	11,30 a	10,97 d	3,37 b	5,22 b	41,25 b	2375,00 b
11	34,52 a	8,85 c	9,55 e	5,35 b	6,30 a	30,00 c	3175,00 a
12	35,22 a	8,25 d	9,40 e	7,32 a	6,02 a	28,75 c	3575,00 a
13	29,00 a	7,55 d	8,85 e	5,02 b	4,97 b	27,25 c	2675,00 b
14	28,25 a	9,05 c	8,15 e	6,37 b	5,50 b	25,00 c	3125,00 a
15	34,47 a	9,10 c	9,57 e	4,75 b	5,65 b	30,00 c	2075,00 b
QMerro	52,44	0,33	0,54	2,08	0,25	28,80	428420,63
Média	32,67	9,13	10,51	5,58	5,45	33,58	2720,00
CV (%)	22,16	6,30	7,03	25,84	9,34	15,98	24,06

ALT - Altura da planta, em cm; CV - Comprimento da vagem, em mm; LV - Largura da vagem, em mm; NVP - Número de vagens por plantas; NSV - Número de sementes por vagem; P100 - Peso da semente, em mg; PROD - Produtividade. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em relação ao número de dias até à floração, os genótipos apresentaram média de 28 dias, variando de 25 a 32 dias. Já para o número de dias até à maturação, os genótipos apresentaram média de 78 dias. Para a característica de produtividade, pode-se observar a formação de dois grupos, com valores de produtividade compreendidos entre 1950 a 3575 kg.ha⁻¹, sendo que o genótipo Vermelho Escuro (3.575 kg.ha⁻¹) apresentou a maior produtividade de grãos, apesar de não diferir significativamente dos genótipos com média superior a 3.125 kg.ha⁻¹. Por outro lado, o genótipo Vagem Alessa (1.950 kg.ha⁻¹) foi o com menor desempenho produtivo, sem diferir significativamente das cultivares com médias inferiores a 2.775 kg.ha⁻¹ (Tabela 11). Os resultados de produtividade obtidos neste trabalho

para todos os acessos superam a produtividade média nacional de 1.145 kg.ha⁻¹ (CONAB, 2024).

Na cultura do feijão, a produtividade de grãos é altamente correlacionada com os componentes da produção, ou seja, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos, sendo variáveis consideradas importantes na seleção de genótipos produtivos (COSTA e ZIMMERMANN, 1988). Dependendo das condições, alguns componentes da produção podem aumentar e outros diminuirem, facilitando a manutenção da estabilidade da produtividade de grãos (COSTA et al., 1983). Esses componentes são determinados pelo genótipo, sofrendo influência das condições ambientais durante o ciclo da cultura, das práticas fitotécnicas adotadas e do nível tecnológico adotado pelo agricultor.

6 CONCLUSÃO

Os genótipos avaliados apresentam dissimilaridade genética quanto às características agronômicas avaliadas. Os híbridos com maior efeito heterótico podem ser obtidos dos cruzamentos entre Vagem Alessa x Preto e Preto Fazendinha x Rajado. Para efeito de obtenção de heterose, não se recomenda o cruzamento entre Constanza x Iraí, Vermelho Escuro x Vermelho 2 e Vermelho Escuro x Carioca Variado.

A característica comprimento da vagem é a que mais contribuiu para dissimilaridade entre os acessos e a produção de sementes por planta, a que menos contribui.

Em relação à produtividade, as variáveis número de vagens por planta e o número de sementes por vagem tiveram maior influência na produtividade final dos genótipos.

O genótipo Preto Fazendinha destaca-se por reunir características desejáveis no cultivo orgânico como menor incidência de sintomas de broca da vagem, alta produtividade, maior número de vagens e de sementes por vagem e maior peso de sementes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANOO, A.; NABI, A.; RASOOL, R. S.; MAHIYA-FAROOQ; SHAH, M. D.; AHMAD, M.; SOFI, P. A.; AASIYA-NABI; ITOO, H.; SHARMA, P. N.; PADDER, B. A. North-Western Himalayan Common Beans: Population Structure and Mapping of Quantitative Anthracnose Resistance Through Genome Wide Association Study. *Frontiers in Plant Science*, v. 11, article 571618, 2020.
- BARBOSA, F. R; GONZAGA, A. C. O. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na região central brasileira: 2012-2014. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 272).
- BARROS, R. L. N.; DE OLIVEIRA, L.B.; DE MAGALHÃES, W.B.; PIMENTEL, C. Growth and yield of common bean as affected by seed inoculation with rhizobium and nitrogen fertilization. *Experimental Agriculture*, v. 54, n. 1, p. 16-30, 2018.
- BERTAN, I.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C; VIEIRA, E. A.; HARTWIG, I.; SILVA, J. A. G.; SHIMIDT, D. A. M.; VALÉRIO, I. P.; BUSATO, C. C.; RIBEIRO, G. Comparação de métodos de agrupamento na representação da distância morfológica entre genótipos de trigo. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.12, p.279-286, 2006.
- CANDIDA, D. V.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; CARNEIRO, M. S. Controle genético da murcha do fusário (*Fusarium oxysporum*) em feijoeiro comum. *Tropical Plant Pathology*, Brasília, v.34, n.6, p.379-384, 2009.
- CARBONELL, S. A. M.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. *Bragantia*, v.62, n.3, p. 369-379, 2003.
- CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R., PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. *Ciência Rural*, 40(10), 2067-2073, 2010.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M. Reference sample size for multiple regression in corn. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.55, e01400, 2020.
- CHAVES, M. O.; BASSINELLO, P. Z. O feijão na alimentação humana. In: GONZAGA, A. C. de O. (Ed.). Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 15-23. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas). O feijão na alimentação humana. In: GONZAGA, A. C. de O. (Ed.). Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 15-23. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).
- COÊLHO, J. D.; XIMENES, L. F. Feijão: produção e mercado. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 5, n. 143, 2020. (Caderno Setorial ETENE, n. 143). Disponível em: https://www.bnrb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/429/1/2020_CDS_143.pdf. Acesso em: 04 ago. 2022.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Boletim de safra de grãos, Brasília, DF, 2024.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, safra 2020/21, n. 1 primeiro levantamento, 2022. Disponível

em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 04 ago. 2022.

CORREA, A. M.; GONÇALVES, M. C. Divergência genética em genótipos de feijão comum cultivados em Mato Grosso do Sul. *Revista Ceres*, Viçosa, v.59, n.2, p.206-212, 2012.

COSTA, G. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.25, n.4, p. 1017-1021, 2001.

COSTA, J. G. C. da. Melhoramento para resistência a doenças e pragas do feijoeiro comum. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2008, Campinas. Ciência e tecnologia na cadeia produtiva do feijão. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. (IAC. Documentos, 85)

CRESPO-HERRERA, L. A.; ORTIZ, RODOMIRO. Plant breeding for organic agriculture: something new? *Agriculture & Food Security*, v.4, n.25, p.1-7, 2015.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. UFV, 2001. 390p.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*. v.35, n.3, p.271-276, 2013

CUTRIM, V. dos A.; RAMALHO, M.A.P.; CARVALHO, A.M. Eficiência da seleção visual na produtividade degrãos dearroz (*Oryza sativa* JL) irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, n.6, p. 601-606, 1997.

DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. de B. Sistema de produção orgânico de feijão para agricultores familiares. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 173).

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Origem e história do feijoeiro comum e do arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/257455>. Acesso em: 04 jul. 2022.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Statistics Databases. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 06 ago. 2022.

FRANCHINI, J.C.; COSTA, J.M.; DEBIASI, H. & TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. Londrina, Embrapa Soja, 2011. 52p. (Embrapa Soja. Documentos, 327)

FREITAS, F. O. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.7, p.1199-1203, 2006.

FUSCALDI, K. da C.; PRADO, G. R. Análise econômica da cultura do feijão. *Revista de Política Agrícola*, v. 14, n. 1, p. 17-30, 2005.

GALLI, J. A.; SILVEIRA, L. C. P.; MICHELOTTO, M. D.; MARTINS, A. L. M. Avaliação da incidência de antracose, do desempenho e estado nutricional de variedades de mangueira, para cultivo orgânico, NA Região Centro-Norte do Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Frutic.*, v. 31, n. 3, p. 701 -709, 2009.

GEPTS, P., DEBOUCK, D. G. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: VAN SCHOONHOVEN, A., VOYSEST, O. (eds.). Common beans: research for crop improvement. Commonwealth Agricultural Bureaux International, Wallingford, United Kingdom. p. 7-53, 1991.

GUILHERME, S.R.; ABREU, A.F.B.; SILVA, R.R.; RAMALHO, M.A.P. Genetic control of traits related to grain filling in the common bean. *Genetics and Molecular Research*, v.20, n.1, gmr18697, 2021.

GUIMARÃES, B. V. C.; DONATO, S. L. R.; ASPIAZÚ, I.; AZEVEDO, A. M.; CARVALHO, A. J. Regression models for productivity prediction in cactus pear cv. Gigante. v.24, n.11, p.721-727, 2020.

HEINEMANN, A.B.; STONE, L.F.; SILVA, S.C. Feijão. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (org.). Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009. 530p.

JOST, E.; RIBEIRO, N. D.; CERUTTI, T.; POERSCH, N. L.; MAZIERO, S. M. Potencial de aumento do teor de ferro em grãos de feijão por melhoramento genético. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.1, p.35-42, 2009.

JUNIOR, M. L.; STEFANO, J. G. D.; SARTORATO, A. Patógenos Habitantes do Solo na Cultura do Feijoeiro Comum: Importância, Diagnose e Manejo Integrado de Doenças. In: MELO, L. C. (Ed.) Procedimentos para condução de ensaios de valor de cultivo e uso em feijoeiro-comum. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p. 63-81. (Embrapa Arroz e Feijão, Série Documentos, 239). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/696972>. Acesso em:04 ago. 2022.

LEITE, P. H. M. P.; SILVA, V. P.; GILIO, T. A. S.; AZEVEDO, R. F.; OLIVEIRA, T.C.; BARELLI, M. A. A. Diversidade genética em cultivares e linhagens de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizando análises multivariadas. *Revista Cultura Agronômica*. 28(3):268-279, 2019.

LEMOS, R. C.; FERREIRA, G. C.; SILVA, R. R.; ABREU, Â. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Alternatives for selection of carioca common bean lines that combine upright plants and slow grain darkening. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 44, e55277, 2022.

LIRA, E.P.J.; SANTOS, A.A.C.; OLIVEIRA, A.J.; OLIVEIRA, E.P.; GALBIATI, C.; POLETINE, J.P.; NEVES, L.G.; BARELLI, M.A.A. Uso do algoritmo de Gower na determinação da divergência genética entre genótipos de *Carthamus tinctorius* L. *Research, Society and Development*, v.11, n.3, p.1-8, 2022.

MASSA, N.; CESARO, P.; TODESCHINI, V.; CAPRARO, J.; SCARAFONI, A.; CANTAMESSA, S.; COPETTA, A.; ANASTASIA, F.; GAMALERO, E.; LINGUA, G.; BERTA, G. BONA, E. Selected autochthonous rhizobia, applied in combination with AM fungi, improve seed quality of common bean cultivated in reduced fertilization condition. *Applied Soil Ecology*, v. 148, p. 103507, 2020.

MELO, A. A de. Análise dos custos de produção de feijão no Brasil. In: NETO, A. A. de O.; SANTOS, C. M. R (org.). A cultura do feijão. Brasília: Conab, 2018. p. 163-181.

MELO, M.; SILVEIRA, E. P. Danos da broca-da-vagem *Etiella zinckenella* (Treit.)(Lepidoptera: Pyralidae) em feijoeiro. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 27, p. 477-479, 1998.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P de.; LOMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): Composição química e digestibilidade protéica. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.31, n.4, p.1114-1121, 2007.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. PORTARIA Nº 52, DE 15 DE MARÇO DE 2021.

MOHAMMADI, S.A.; PRASANNA, B.M. Analysis of Genetic Diversity in Crop Plants-Salient Statistical Tools and Considerations. *Crop Science*, 43, 1235-1248, 2003.

NEGREIROS, J. C de. O feijão no Distrito Federal. In: NETO, A. A. de O.; SANTOS, C. M. R (org.). *A cultura do feijão*. Brasília: Conab, 2018. p. 24-31.

NETO, A. A. de O.; SANTOS, C. M. R (org.). *A cultura do feijão*. Brasília: Conab, 2018. 244p.

NETO, A. A. O de. Feijão: a cultura brasileira. In: NETO, A. A. de O.; SANTOS, C. M. R (org.). *A cultura do feijão*. Brasília: Conab, 2018. p. 11-13.

NIRUBANA V.; PALANIYAPPAN, S.; P, RAMAMOORTHY, KARTHIKEYAN, M.; DEEPIKA, C. Transgressive Segregation and Its Importance in Crop Improvement (January 11, 2021). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3763629>.

OECD. Common Bean (*Phaseolus vulgaris*). In: OECD. Safety Assessment of Foods and Feeds Derived from Transgenic Crops, Volume 3: Common bean, Rice, Cowpea and Apple Compositional Considerations. Novel Food and Feed Safety, OECD Publishing, Paris, 152p. 2019.

OSPINA, H. F. O. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali: Ciat, 2^a ed., 50p., 1981.

PATINO, H.; SINGH, S.P. Visual selection for seed yield in the F2 and F3 generation of nine common bean crosses. Annual Report Bean improvement Cooperative. New York, v.32, p. 79-80, 1989.

PEREIRA, P. A. A.; BRAIDOTTI, W. Comparação de métodos de melhoramento de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) Para o incremento da fixação simbiótica de nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.31, n.1, p.15-21, 2001.

PETERNELLI, L.A.; BORÉM, A. Hibridação em feijão. In: BORÉM, A (Ed.). Hibridação artificial de plantas. Viçosa: UFV, 1999. p 269-294.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Melhoramento do feijão. Informativo Agropecuário, Belo Horizonte, v.8, n.90, p.16-19, 1982.

RAPOSO, F. V. Comparação de métodos de condução de populações segregantes de feijoeiro. 1999. 72 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RAVA, C. A.; SARTORATO, A. Crestamento bacteriano comum. In: SARTORATO, A.; RAVA, C. A. (Ed.). Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, p. 217-242, 1994.

RIBEIRO, N. D. Potencial de aumento da qualidade nutricional do feijão por melhoramento genético. Semina: Ciências Agrárias, v. 31, n. 1, p. 1367-1376, 2010.

- RIBEIRO, N. D.; KLÄSENER, G. R.; MEZZOMO, H. C.; POSSOBOM, M. T. D. F.; STECKLING, S. M.; CASAGRANDE, C. R. Combined selection in beans for cycle, plant architecture and grain yield. *Bioscience Journal*, v. 34, supplement 1, p. 108-119, 2018.
- RIBEIRO, N. D.; CASAGRANDE, C. R.; MEZZOMO, H. C.; KLASENER, G. R.; STECKLING, S. M. Preferência do consumidor, qualidade tecnológica, culinária e nutricional de feijão carioca. *Semina Ciências Agrárias*, v. 40, n. 2, p. 651-664, 2019.
- ROTILI, E.A; CANCELLIER, L. L.; DOTTO, M. A.; PELUZIO, J. M.; CARVALHO, E. V. Divergência genética em genótipos de milho, no Estado do Tocantins. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, p.516-521, 2012.
- RUAS, J. F. O mercado de feijão. In: NETO, A. A. de O.; SANTOS, C. M. R (org.). *A cultura do feijão*. Brasília: Conab, 2018. p. 191-200.
- RUAS, J. F. Feijão. Perspectivas para a Agropecuária, Brasília, v.5, p. 45-58, 2017.
- SARTORATO, A.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Principais Doenças da Parte Aérea do Feijoeiro Comum. In: MELO, L. C. (Ed.) *Procedimentos para condução de ensaios de valor de cultivo e uso em feijoeiro-comum*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009.
- SERRA, F. R. Feijão – características gerais e tecnologia. In: NETO, A. A. de O.; SANTOS, C. M. R (org.). *A cultura do feijão*. Brasília: Conab, 2018. p. 21-23.
- SILVA, C. E. O. da.; MORANDI, M.A. B.; Controle biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* por *Coniothyrium minitans*: ensaios preliminares. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 3., 2009, Campinas. Anais... Campinas: ITAL: IAC; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 1 CD-ROM.
- SINGH, S.P. Drought resistance in the race durango dry bean landraces and cultivars. *Agronomy Journal*, Madison, v. 99, p. 1219-1225, 2007.
- SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; MUNIZ, J. A. Altura de planta e componentes do rendimento do feijoeiro em função de população de plantas, adubação e calagem. *Ciência e Agrotecnologia*, 27(6), 1205-1213, 2003.
- TAVARES, T. C. O.; SOUSA, S. A.; LOPES, M.B S.; VELOSO, D. A.; FIDELIS, R. R. Divergência genética entre cultivares de feijão comum cultivados no estado do Tocantins. *Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS*, v. 5, n. 3, p.76-82, jul./set. 2018. ISSN 2358-6303. *Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS*, v. 5, n. 3, p.76-82, jul./set. 2018.
- TSUTSUMI, C. Y.; BULEGON, L. G.; PIANO, J. T. Melhoramento genético do feijoeiro, avanços, perspectivas e novos estudos. *Nativa*, v. 3, n. 3, p. 217-223, 2015.
- VASCONCELOS, M. W.; GRUSAK, M. A.; PINTO, E.; GOMES, A.; FERREIRA, H.; BALÁZS, B.; CENTOFANTI, T.; NTATSI, G.; SAVVAS, D.; KARKANIS, A.; WILLIAMS, M. VANDENBERG, A. TOMA, L.; SHRESTHA, S.; AKAICHI, F. BARRIOS, C. O.; GRUBER, S. JAMES, E. K.; MALUK, M.; KARLEY, A. IANNETTA, P. *The Biology of Legumes and Their Agronomic, Economic, and Social Impact*. In: HASANUZZAMAN, M.; ARAÚJO, S.; GILL, S. S. (Eds.). *The Plant Family Fabaceae: Biology and Physiological Responses to Environmental Stresses*. Springer Nature: Singapore, p. 3-25, 2020.

VILHORDO, B. W.; MIKUSINSKI, O. M. F.; BURIN, M. E.; GANDOLFI, V. H. Morfologia. In: ARAUJO, Ricardo Silva. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 786p, 1996.

VILHORDO, B. W.; MÜLLER, L. Correlação entre caracterização botânica e classificação comercial em cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Porto Alegre: Embrapa CPAFRO, 1981. 62p. Boletim Técnico, v. 8.

WENDLAND, A.; JUNIOR, M. L.; FARIA, J. C. de. Manual de Identificação das Principais Doenças do Feijoeiro-Comum. Embrapa Arroz e Feijão. Brasília, DF: Embrapa, 49p., 2018.

ZANOTTI, R. F.; LOPES, J. C.; MOTTA, L. B.; MENGARDA, L. H. G.; MARÇAL, T. S.; GUILHEN, J. H. S.; PAIVA, C. E. C. Genetic variability and heritability of biofortified grain beans genotypes. Brazilian Journal of Development, v. 6, n.5, p.29381-29395, 2020.

ZIMMERMANN, M. J. de O.; CARNEIRO, J. E. S.; PELOSO, M. J. D.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; SARTORATO, A.; PEREIRA, P. A. A. Melhoramento genético e Cultivares. In: ARAUJO, R. S. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 223- 263, 1996.