



BRENO JOSÉ OLIVEIRA TERRA

**MELHORAMENTO GENÉTICO PARTICIPATIVO DE
FEIJÃO-VAGEM (*Phaseolus vulgaris* L.) PARA CULTIVOS
ORGÂNICOS EM MARIA DA FÉ – MINAS GERAIS**

**LAVRAS - MG
2022**

BRENO JOSÉ OLIVEIRA TERRA

MELHORAMENTO GENÉTICO PARTICIPATIVO DE FEIJÃO-VAGEM (*Phaseolus vulgaris* L.) PARA CULTIVOS ORGÂNICOS EM MARIA DA FÉ – MINAS GERAIS

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior
Orientador

**LAVRAS - MG
2022**

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

Terra, Breno José Oliveira.

Melhoramento genético participativo de feijão-vagem
(*Phaseolus vulgaris* L.) para cultivos orgânicos em Maria da Fé –
Minas Gerais / Breno José Oliveira Terra. - 2022.

57 p. : il.

Orientador(a): Valter Carvalho de Andrade Júnior.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2022.
Bibliografia.

1. Sementes orgânicas. 2. Variedades Crioulas. 3. Seleção
Participativa. I. Andrade Júnior, Valter Carvalho de. II. Título.

BRENO JOSÉ OLIVEIRA TERRA

MELHORAMENTO GENÉTICO PARTICIPATIVO DE FEIJÃO-VAGEM (*Phaseolus vulgaris* L.) PARA CULTIVOS ORGÂNICOS EM MARIA DA FÉ – MINAS GERAIS

PARTICIPATORY GENETIC BREEDING OF SNAP BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) FOR ORGANIC CROPS IN MARIA DA FÉ – MINAS GERAIS

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 18 de fevereiro de 2022

Dr. Cleiton Lourenço de Oliveira UFLA

Dra. Viviane Santos Pereira UFLA

Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes UFU

Dr. Diego Mathias Natal da Silva IF Sudeste MG

Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior
Orientador

**LAVRAS - MG
2022**

Dedico aos agricultores que cuidam da Terra produzindo alimentos saudáveis e Agroecológicos. E em especial, com muito carinho, para meus pais Juliana e Vicente Terra que sempre foram o meu alicerce e maior exemplo de amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço as oportunidades que o Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras me ofereceu durante estes anos de doutoramento, em especial a oportunidade de fazer novos amigos entre professores, técnicos e alunos do Departamento. Amigos que sempre ajudaram nos momentos necessários.

Ao professor, Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes, além da amizade, agradeço a orientação, sempre com muita dedicação e paciência. E também ao professor Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior, por dar sequência na orientação e contribuir para conclusão do curso.

Sou muito grato aos agricultores e agricultoras da Associação de Agricultura Natural de Maria da Fé – MG, são os grandes protagonistas e também autores desta pesquisa.

Agradeço a Franciane Carla de Almeida, pelo companheirismo, amor e momentos incentivadores ao longo do curso. Principalmente por colocar a “mão na massa”, ou melhor, na terra durante os plantios dos experimentos. Pessoa de fundamental importância para a conclusão desta etapa.

Agradeço também aos meus pais, irmão, irmã e sobrinhos pela inesgotável inspiração, carinho e amor.

“Lutar pela terra, lutar pelas plantas, lutar pela agricultura, porque se não vivermos dentro da agricultura, vamos acabar. Não tem vida que continue sem terra, sem agricultura.” (Ana Primavesi)

RESUMO

Muito dos materiais genéticos utilizados pelos agricultores orgânicos no Brasil são oriundos de sementes melhoradas para cultivos convencionais, e muitas vezes são tratadas com produtos químicos não permitidos nas lavouras orgânicas. Um programa de melhoramento vegetal de maneira participativa, realizado em parceria entre universidade, agricultores e suas representações, pode ser uma importante alternativa para a obtenção de cultivares mais adaptadas, pois acredita-se que agricultores em parceria com instituições de pesquisa sejam capazes de selecionar sementes mais adaptadas às suas lavouras, já que a domesticação de diversas espécies de plantas cultivadas passou pelas mãos dos indígenas, povos nativos e agricultores. Este trabalho deu início a um programa de melhoramento genético participativo de feijão-vagem a fim de desenvolver cultivares mais adaptadas aos cultivos orgânicos em parceria com agricultores filiados à Associação de Produtores de Agricultura Natural de Maria da Fé – APAN-FÉ, em Maria da Fé, cidade localizada na Serra da Mantiqueira, sul de Minas Gerais. Genitores foram escolhidos a partir de cultivares já utilizadas e indicadas pelos agricultores como boas, porém com algumas limitações e características a serem melhoradas para um contexto de agricultura orgânica. Plantas genitoras das cultivares HX3000 e Novirex, e plantas das gerações F1 e F2 deste cruzamento foram usadas para estimar parâmetros genéticos e a possibilidade de ganho com seleção a partir das características desejadas pelos agricultores. As análises dos dados obtidos no estudo de gerações destas plantas revelam uma herdabilidade relativamente alta para o número de vagens por planta e teor de fibras na vagem. Há predominância de efeitos aditivos, assim como a ocorrência de segregação transgressiva e a estimativa dos ganhos com a seleção foi da ordem de 29%, atributos desejáveis para a seleção de fenótipos superiores. Portanto, estes resultados evidenciam a possibilidade de sucesso do melhoramento participativo de feijão-vagem junto aos agricultores da APAN-FÉ.

Palavras chave: Seleção Participativa; Sementes orgânicas; Variedades Crioulas.

ABSTRACT

Most of the seeds that certified organic farmers employ in their crops are made from genetic materials developed for conventional farming, and many of them were treated with chemical products that aren't allowed for organic crops. A participatory plant breeding that involves the University, the organic farmers and their representations can be an important alternative for obtaining more adapted cultivars. It is believed that the partnership between farmers and research institutions allows the selection of more suitable varieties for their lands, given that the domestication of many species of cultivated varieties passed by the hands of the indigenous, native people and farmers. This work has started a participatory plant breeding program in partnership with the farmers affiliated to the Maria da Fé's Natural Agriculture Association (APAN-FÉ), located at the Mantiqueira Mountains, south of the Minas Gerais state, to develop more adapted green bean varieties to be used by their organic farmers. The parents were chosen from the cultivars commonly used and suggested by the farmers, who classified them as good, but with a few limitations and characteristics to be enhanced for the organic farming context. Parents of the commercial cultivars HX3000 and Novirex, along with the F1 and F2 generation of their crossing were used to infer over genetic parameters and the possibility of selection gain as of the characteristics desired by the farmers. The analysis of data obtained by studying these plants generations revealed a relatively high heritability for the number of pods per plant and their fiber content. Therefore, there is a predominance of additive effects and the occurrence of transgressive segregation, desirable attributes for selecting superior genotypes were found, and the estimate of selection gains was about 29%. Such results evidenced the possibility of a successful participatory plant breeding of green bean with the APAN-Fé farmers.

Keywords: Landraces; Organic seeds; Participatory selection.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 – Diferentes tipos de vagem: a) Vagem tipo macarrão e b) Vagem tipo manteiga ... 6
- Figura 2 – Plantas de feijão-vagem de crescimento determinado, à frente, e plantas de feijão-vagem de crescimento indeterminado, ao fundo 7

SEGUNDA PARTE

- Figura 1 – Quadro com as fórmulas utilizadas para estimativa dos parâmetros genéticos 34
- Figura 2 – Agricultores e pesquisadores durante um dia de campo em Maria da Fé - MG 46

LISTA DE TABELAS

PRIMEIRA PARTE

Tabela 1 – Quantidades de vagens e valores comercializados nas CEASA-MG em 202 8

SEGUNDA PARTE

Tabela 1 – Médias do número de vagens (NV); Produção total de vagens por planta (PTV); produtividade de vagens (PV); peso médio de vagem (PMV); comprimento médio de vagem (CMV); e teor de fibra não solúvel das vagens (TF) em plantas de feijão-vagem das cultivares HX3000 e Novirex, e populações F₁ ('HX3000'x'Novirex') e F₂ ('HX3000'x'Novirex'). UFLA, Lavras, MG. 2022 36

Tabela 2 – Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para as características de feijão-vagem relacionadas à produção; número de vagens (NV), produção total de vagens (PTV), produtividade de vagens (PH), peso médio de vagem (PMV), e características relacionadas à qualidade das vagens; comprimento de vagem (CMV) e teor de fibra não solúvel das vagens (TF), nas cultivares HX3000, Novirex e nas populações F₁ ('HX3000'x'Novirex') e F₂ ('HX3000'x'Novirex') UFLA, Lavras, MG. 2022 39

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 Aspectos gerais da cultura do feijão-vagem	4
2.2 Principais tipos comerciais de vagens	5
2.3 Importância alimentar e econômica do feijão-vagem	7
2.4 Melhoramento de feijão-vagem	9
2.5 Melhoramento Genético Participativo como estratégia para fortalecer a Agricultura Orgânica e Agroecológica	10
2.6 Parâmetros genéticos e fenotípicos	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
SEGUNDA PARTE	24
1. INTRODUÇÃO	27
2. MATERIAL E MÉTODOS	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4. CONCLUSÕES	41
AGRADECIMENTOS	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS	40

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

A seleção de plantas que melhor atende às necessidades do homem vem sendo feita desde que se iniciou a agricultura, no período neolítico, por volta de 12 mil anos atrás. A modernização da agricultura na segunda metade do século XX, conhecida como revolução verde, incorporou um modelo de seleção a partir do melhoramento genético baseado em uma criação centralizada de alta tecnologia que permitiu acelerar a melhoria de safra com cada vez mais ganhos em produção, mas que provocou uma grande perda de diversidade genética.

A partir desse período, cultivares antigas selecionadas e utilizadas por agricultores por gerações deram lugar às cultivares modernas com características que atendessem ao mercado de acordo com sistemas de cultivo. Estas novas cultivares, para expressar seu potencial produtivo, dependem de um aporte grande de insumos industriais, que passam a fazer parte do pacote tecnológico adotado desde então, e baseiam-se em uma base genética restrita, hoje controlada por grandes empresas de sementes (FADDA et al., 2020).

O maior interesse por sistemas alternativos de cultivo, desde o final do século XX, culminou no estabelecimento da lei de Produção Orgânica, lei nº 10.831, de 2003 (BRASIL, 2003) e sua regulamentação com o decreto nº 6.323 de 27 de dezembro de 2007 (BRASIL, 2007). Com a busca por melhores resultados na agricultura orgânica, aumentou a necessidade e procura por sementes adaptadas a sistemas orgânicos de produção, mas, na realidade, ainda não há material suficiente para atender essa demanda, por isso, a maioria dos agricultores orgânicos usa sementes adaptadas ao cultivo convencional, o que compromete a qualidade e a produtividade dos cultivos orgânicos (MOREIRA, 2017).

Neste contexto, a parceria entre melhoristas, extensionistas, agricultores e suas associações, em programas de melhoramento genético participativo, é uma ferramenta que vem sendo usada com sucesso para o resgate de variedades crioulas e obtenção de novas cultivares. Estas se adaptam melhor aos cultivos agroecológicos e almejam maior sustentabilidade e independência de insumos externos, principalmente aqueles de origem convencional (MACHADO, 2020).

O melhoramento genético participativo tem como alvo obter, demonstrar e utilizar com os agricultores, a variabilidade genética que pode ser expressa a partir do cruzamento entre genótipos contrastantes. Isto feito com o objetivo de promover a participação dos agricultores em algumas ou em todas as etapas do programa, selecionando os genótipos de maior interesse, que serão plantados a cada ciclo de seleção, até atingir a uniformidade esperada (FADDA et al., 2020).

O feijão-vagem pertence à mesma espécie do feijão-comum, *Phaseolus vulgaris* L., e está entre as hortaliças mais cultivadas no Brasil, sendo produzido principalmente por agricultores familiares. O termo feijão-vagem refere-se aos feijões produzidos como hortaliça, cuja parte consumida são os frutos verdes (vagens) que apresentam baixo teor de fibras (GOMES et al., 2016).

Maria da Fé, município localizado no sul de Minas Gerais, ficou conhecido como a capital nacional da batata nos anos 1980 e 1990, mas, desde então, alguns agricultores buscavam uma alternativa de produção, devido aos insucessos da monocultura da batata. Em 1998 teve início o processo de fundação da Associação de Produtores de Agricultura Natural de Maria da Fé – APAN-FÉ. A principal base produtiva desta associação é o cultivo de hortaliças orgânicas e biodinâmicas. Com o passar dos anos, o feijão-vagem ganhou destaque dentre as demais hortaliças cultivadas pelos associados da APAN-FÉ, devido ao elevado valor de mercado durante todo o ano, porém durante o inverno, as baixas temperatura da cidade, torna-se difícil a produção desta hortaliça (MOREIRA, 2017; SILVA, 2021).

Dentre os agricultores afiliados da APAN-FÉ, há o interesse em produzir suas próprias sementes para ter maior autonomia em seus plantios, pois as cultivares de algumas espécies disponíveis no mercado, além de possuírem um alto custo, não correspondem satisfatoriamente ao manejo destes agricultores (MOREIRA, 2017). A partir da vontade e necessidade de produzir suas próprias sementes, surgiu uma parceria entre os agricultores da APAN-FÉ e a Universidade Federal de Lavras, dando início a um projeto de melhoramento participativo de hortaliças, contemplando algumas espécies, entre elas o feijão-vagem.

Portanto, visando dar suporte à demanda apresentada pela APAN-FÉ, o objetivo neste trabalho foi dar início a um programa de melhoramento genético participativo de feijão-vagem que envolva ações de orientação técnica numa perspectiva dialógica. Essa metodologia também busca o desenvolvimento de um cultivar mais adaptado ao manejo orgânico destes agricultores e que viabilize a produção de vagens em todas as estações do ano sob as condições climáticas de Maria da Fé.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura do feijão-vagem

O feijão-vagem pertence à mesma espécie do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), sendo destinado geralmente ao consumo de vagens imaturas (FILGUEIRA, 2013; GOMES et al., 2016). As principais características que diferenciam o feijão-vagem dos outros feijões, além do ponto de colheita dos frutos, são o porte da planta, a área foliar, a altura da planta, o ciclo, o tamanho da vagem, o hábito de crescimento, a produtividade de vagens e o teor de fibra destas (ARAUJO, 2014). As vagens são consumidas verdes e apresentam, em geral, um teor de fibras não solúveis inferior a 1% (MALUF et al., 2002). Estas diferenças entre o feijão-vagem e o feijoeiro comum estão relacionadas à ocorrência de mutações em locos que controlam as características das vagens, as quais foram selecionadas e recombinadas em hibridações na Europa, Estados Unidos, e possivelmente na China, há mais de 150 anos (SILBERNAGEL, 1996).

A espécie *Phaseolus vulgaris* L. caracteriza-se por folhas trifolioladas, flores zigomorfas, pentâmeras, diclamídeas e hermafroditas. Produz frutos do tipo legume deiscente e raramente indeiscente (FERREIRA, 2008), e possui a seguinte classificação botânica: pertence ao ramo Embryophytae Syphonogamae e sub-ramo Angiospermae, classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamydeae, ordem Rosales, família Fabaceae, subfamília Papilionideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Phaseolus* L., espécie *Phaseolus vulgaris* L. (ARAUJO, 2014).

Segundo Vavilov (1931), a origem evolutiva e diversificação primária do gênero *Phaseolus* ocorreram nas Américas e, mais tarde, as mutações que deram origem às variedades de feijão-vagem tiveram origens na Europa e na América do Norte, onde, inicialmente, inúmeros genótipos eram cultivados em pequenas hortas para consumo familiar (SILBERNAGEL et al., 1991). Atualmente, estes feijões são cultivados no Brasil na maioria das vezes em pequenas propriedades, tanto em rotação de culturas quanto em consórcio, e destaca-se pela sua importância econômica e social para a agricultura familiar (GOMES et al., 2016).

Por conseguinte, as cultivares de feijão-vagem se diferenciam em cultivares de crescimento indeterminado (trepador) e crescimento determinado (rasteiro), o que resulta em dois diferentes métodos de cultivo, sendo tutorado ou não. O feijão-vagem de crescimento determinado apresenta ciclo menor e seu florescimento ocorre em um curto intervalo de tempo,

entre 50 e 60 dias após o plantio, permite otimizar o uso do solo e de mão de obra. O ciclo mais curto da cultura e a uniformidade da floração permite também a mecanização da semeadura à colheita (PEIXOTO et al., 1997; FILGUEIRA, 2013; GOMES et al., 2016). Já o feijão-vagem de crescimento indeterminado é mais cultivado no Brasil, atingindo maiores produções, bem como possui um ciclo maior e necessita de tutoramento, o que exige mais mão de obra. Por ficar mais tempo no campo, torna-se também mais sujeito ao ataque de pragas e doenças. Isso faz com que apresente custo de produção mais elevado (BRANDÃO, 2001; FILGUEIRA, 2013).

As estratégias e os objetivos do melhoramento do feijão-vagem são determinados em função das exigências do mercado consumidor e dos sistemas de produção, o que varia muito entre países, regiões produtoras (SILBERNAGEL et al., 1991) e sistemas de cultivo.

2.2 Principais tipos comerciais de vagens

No Brasil, as vagens são classificadas em dois tipos principais, conforme o formato da vagem: os tipos macarrão e manteiga (FILGUEIRA, 2013), como demonstra a figura 1.

O tipo macarrão possui hábito de crescimento indeterminado (figura 2), de maior importância econômica. Ele apresenta vagens de secção transversal arredondada ou levemente ovalada, com comprimento variando de 15 a 18 cm e diâmetro médio em torno de 0,8 cm no ponto comercial. Esse tipo possui em média seis sementes por fruto e as sementes são brancas quando secas (MALUF et al., 2002).

Figura 1 – diferentes tipos de vagem: a) Vagem tipo macarrão e b) Vagem tipo manteiga.



Fonte: Do autor (2022).

O tipo manteiga, por sua vez, apresenta crescimento indeterminado, possui vagens de secção achatada, com fibrosidade mais elevada, em geral com comprimento de 21 a 23 cm e largura variando de 1,5 a 2,0 cm com oito sementes por fruto, em média. As sementes são de cor creme-clara ou branca, quando secas (MALUF et al., 2002).

Já o tipo macarrão rasteiro ou anão, também conhecido como vagem-fina, tem crescimento determinado (figura 2), atinge cerca de 50 cm de altura, com menor produtividade, mas possui melhor valor de mercado. As sementes são de coloração branca ou preta (MALUF et al., 2002).

Figura 2 – Plantas de feijão-vagem de crescimento determinado, à frente, e plantas de feijão-vagem de crescimento indeterminado, ao fundo.



Fonte: Do autor (2022).

2.3 Importância alimentar e econômica do feijão-vagem

O feijão-vagem é uma hortaliça muito apreciada em todo o mundo e é uma boa fonte de proteínas e fibras para a nutrição humana. As vagens são ricas em minerais como cálcio, ferro, fósforo, magnésio, zinco e vitamina A, assim como as vitaminas do complexo B e compostos fenólicos com ação antioxidante. Em quantidades menores, apresentam flúor, potássio e vitamina C, (FILGUEIRA, 2013; LIMA FILHO, 2020).

A vagem está entre as hortaliças mais comercializadas no Brasil, e apesar da queda na produção média anual, que no Censo agropecuário de 2006 era de aproximadamente 56 mil toneladas, e em 2017 era em torno de 43 mil toneladas por ano, ainda movimentava cerca de 72 milhões de reais por ano, de acordo com o último Censo agropecuário realizado no Brasil (SIDRA, 2017). As seis unidades das Centrais de Abastecimento de Minas Gerais S.A. (CEASA-MG) comercializaram mais de 7000 toneladas de vagens no ano de 2021,

classificadas em quatro diferentes tipos comerciais, representando um montante de R\$29.890.399,75, como mostra a Tabela 1 (CEASA-MG, 2022).

Tabela 1 – Quantidades de vagens e valores comercializados nas CEASA-MG em 2021.

Produtos	Quantidades-Kg	Preços Médios-R\$/kg	Valores-R\$/kg
VAGEM MACARRÃO	3.686.744	3,75	13.824.009,30
VAGEM RASTEIRA	2.961.436	4,94	14.620.417,15
VAGEM MANTEIGA	357.411	3,15	1.124.826,57
VAGEM BRAGANÇA	75.698	4,24	321.146,73
Total	7.081.289	-	29.890.399,75

Fonte: Adaptado de ceasa.mg.gov.br (2022).

A agricultura familiar é tradicionalmente responsável pela maior parte da produção brasileira de feijão-vagem, pois ele pode ser cultivado com tecnologia simples e tornar-se uma fonte de renda alternativa para cultivos em pequenas áreas (FILGUEIRA, 2013; ARAUJO, 2015). O produto é comercializado durante o ano todo, sendo o período de julho a outubro o que apresenta menor oferta do produto (ARAUJO, 2014). Os cultivos são basicamente destinados à produção de vagens verdes para o comércio do produto “in natura”, e pequenas quantidades se destinam à industrialização para conserva e exportação de vagens frescas ou refrigeradas (HAESBAERT et al., 2011; GOMES et al., 2016).

Moreira (2017), pesquisando sobre os desafios da produção de sementes de hortaliças orgânicas no sul de Minas Gerais constatou que o feijão-vagem, tanto de crescimento determinado quanto de crescimento indeterminado, é a hortaliça mais cultivada entre os agricultores envolvidos no seu estudo. Segundo seu trabalho, os principais fatores para a escolha dessa cultura, por parte dos agricultores, é o interesse econômico e o conhecimento das técnicas de cultivo, o que proporciona maior segurança na produção.

Embora haja interesse em produzir o feijão-vagem em sistemas orgânicos no Sul de Minas, a obtenção de cultivares adaptadas às condições de plantio, em diferentes épocas do ano, é um desafio para que agricultores. Isto, pois precisam dispor para oferecer esse produto com regularidade aos mercados e, ao mesmo tempo, se tornarem independentes das grandes empresas vendedoras de sementes (MOREIRA, 2017).

2.4 Melhoramento de feijão-vagem

Historicamente, pouca atenção tem sido dedicada ao melhoramento do feijão-vagem no Brasil, mesmo que algumas instituições de pesquisa tenham desenvolvido trabalhos com esta cultura, ainda são necessárias ações que visem incrementar a sua produção, a qualidade das vagens e a resistência a estresses bióticos e abióticos (ABREU et al., 2004). As doenças podem ser consideradas como fator limitante na produtividade dos feijões (*Phaseolus vulgaris* L.), uma vez que as plantas são vulneráveis a vários organismos fitopatogênicos que podem também comprometer a qualidade das vagens (SILVA et al., 2009; ARAUJO, 2014). O ponto crítico no desenvolvimento de cultivares mais resistentes a fatores ambientais adversos, seria incorporar as características de resistência, sem alterar o valor comercial (MOREIRA, 2009).

A busca por cultivares superiores envolve investimentos no melhoramento genético. Uma importante estratégia para obter avanços significativos, neste sentido, seria a introdução de germoplasmas, com a hibridação entre materiais com variabilidade genética por meio de cruzamentos entre indivíduos de grupos geneticamente divergentes, seguido do uso de métodos de avaliação e seleção (MOREIRA, 2009).

No Brasil, apesar das principais cultivares de feijão-vagem utilizadas serem de crescimento indeterminado e exigirem cuidados mais intensos na condução da cultura, existem alguns programas de melhoramento que buscam a obtenção de cultivares superiores com hábito de crescimento determinado (FILGUEIRA, 2013; GOMES et al., 2016). Pacheco (2013) e Gomes et al. (2016), apresentaram resultados promissores quando avaliaram e caracterizaram a produção de vagens de linhagens de feijão-vagem, usando as principais cultivares existentes no mercado como testemunhas. Também há pesquisas que buscaram ao aumento do teor de vitaminas e sais minerais, sendo a redução do teor de fibras a característica bromatológica mais investigada na cultura (MARIGUELE, 2008; LONDERO et al., 2008; RIBEIRO, 2010; LIMA FILHO, 2020).

A produção de sementes de feijão-vagem não depende de tecnologias complexas ou muito caras (MOREIRA, 2009), o que permite aos agricultores serem também responsáveis pela seleção e manutenção de cultivares. Mas na prática, cultivares de feijão-vagem são frequentemente mantidas ou produzidas comercialmente por companhias de sementes (MALUF et al., 2002). Assim, normalmente, a liberação de novas cultivares de feijão-vagem no país tem sido feita por empresas privadas de produção e comercialização de sementes, sendo muitas dessas cultivares importadas, cujas sementes são de alto custo. Este fato limita a divulgação das pesquisas em melhoramento de feijão-vagem para proteger a propriedade

intelectual das empresas que desenvolvem as pesquisas (FRANCELINO et al., 2011; MOREIRA, 2017).

Em um trabalho realizado com a produção de sementes no Sul de Minas, Moreira (2017) constatou que os agricultores estão sujeitos a constantes alterações e substituição das cultivares de feijão-vagem. As empresas de sementes realizam constantes substituições desses materiais, sempre com a promessa de melhores cultivares, mas, muitas das vezes, as novas cultivares sofrem pequenas mudanças em relação às anteriores, sendo esse argumento uma estratégia das empresas para garantir a venda contínua de sementes.

O feijão-vagem é uma espécie autógama, cujas cultivares, normalmente, são linhagens de polinização aberta e, por isso, alguns agricultores orgânicos na região de Maria da Fé vêm mantendo, cultivo após cultivo, sementes de algumas cultivares com boas características, as quais desapareceram do mercado. Esta ação, além de diminuir o custo de produção destes agricultores, garantem, segundo relato deles, uma produtividade 30% maior do que quando utilizam as sementes convencionais disponíveis no mercado (MOREIRA, 2017).

A obtenção de sementes é realizada por meio da seleção de ruas ou linhas dentro do cultivo. Os agricultores selecionam e colhem 10% do total das plantas comerciais para sementes e destacam que após sucessivas seleções desses materiais, estes se apresentam hoje bastante homogêneos e sem a perda de vigor nos cultivos subsequentes (MOREIRA, 2017). Do ponto de vista genético, esta prática seria inócua, considerando que as cultivares de feijão-vagem seriam constituídas por linhagens puras. Para que isto tenha ocorrido, é possível que o material originalmente utilizado por eles ainda não se apresentava em homozigose completa, com alguns locos ainda segregando, o que poderia ter permitido esta seleção.

2.5 Melhoramento Genético Participativo como estratégia para fortalecer a Agricultura Orgânica e Agroecológica

As cultivares de espécies vegetais tem se tornado cada vez mais uniformes em razão das exigências do mercado consumidor e dos agricultores, que adotaram o modelo convencional de produção. Essa uniformidade é um risco para a agropecuária mundial, considerando que, se surgir um patógeno, ao qual o genótipo é suscetível, todos os indivíduos serão afetados, com graves consequências para a espécie. A existência de variabilidade genética é importante para a continuidade das espécies e para obtenção de novas combinações de maior interesse para o homem, por meio do melhoramento genético, ou seja, é fundamental a existência de variabilidade suficiente para atender aos programas de melhoramento genético (RAMALHO et al., 2012). Quando um agricultor decide por produzir em ambiente rico em biodiversidade,

como é o caso da agricultura orgânica, ele enfrenta um grande desafio que é a obtenção de sementes e/ou propágulos de cultivares mais bem adaptadas às suas condições de cultivo, bem como a falta de orientação técnica adequada à sua realidade (MOREIRA, 2017).

O modelo convencional adotado no Brasil e nos demais países em desenvolvimento a partir do meado do século XX, que visa altas produtividades baseada em monoculturas de grandes áreas, revela que, mesmo quando variedades tradicionais dos agricultores são utilizadas em programas de melhoramento convencionais, as novas variedades desenvolvidas que chegam aos agricultores, muitas vezes podem não atender às necessidades destes. (CECCARELLI et al., 1995; FADDA et al., 2020). Portanto, um dos contrapontos principais entre a agricultura moderna convencional e uma agricultura orgânica sustentável, é o mercado de sementes, cujo foco maior aparenta ser a manipulação genética visando o controle econômico sobre o mercado de sementes. Este modelo se opõe à conservação da diversidade genética e cultural, representada pelas variedades crioulas defendidas por um modelo de controle social da agricultura.

Atualmente, a grande maioria das cultivares disponíveis no mercado é adaptada a uma agricultura dependente de insumos industrializados, sendo que o material genético é melhorado para a agricultura conhecida como convencional e apresenta alta adaptabilidade em diferentes paisagens. Por outro lado, a portaria nº 52, de 15 de março de 2021 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, determina um prazo máximo de cinco anos a partir de março de 2021 para que deixem de ser utilizadas sementes tratadas com insumos não autorizados nos sistemas orgânicos de produção, exceto os tratamentos quarentenários impostos pela autoridade competente (BRASIL, 2021).

Nesta perspectiva, o desenvolvimento e a manutenção de novas cultivares desenvolvidas e produzidas em sistema orgânico poderão garantir ao produtor a independência na produção e utilização deste insumo de acordo com as normas para produção orgânica. Além disso, o agricultor se envolve na construção de uma orientação técnica e metodológica de intervenção não autoritária, pressupondo a realização do diagnóstico de problemas e o planejamento de ações guiadas pela participação social (COELHO, 2014). Deste modo, abre-se caminho para a pesquisa interdisciplinar sobre as sementes crioulas, exercitando a prática investigativa, com a participação efetiva e não só consultiva do agricultor, que vai além de cumprir demandas institucionais (PEREIRA & DAL SOGLIO, 2020).

A conservação dos recursos genéticos e sua variabilidade é considerada uma das questões mais importantes para a sobrevivência da humanidade, pois tais recursos são os principais meios para enfrentar os desafios futuros, tais como, crescimento populacional,

mudanças climáticas e a evolução de pragas e doenças (RAMALHO et al., 2012). O agricultor, que de forma recorrente desenvolve atividades que não necessariamente fazem um enfrentamento aberto ao sistema, mas que podem contribuir para a conservação destes recursos, e sobretudo com sua soberania, vai de encontro a um modo de vida que se enquadra no conceito de resistência cotidiana ou camuflada proposto por Scott (1985), semelhante à resistência velada que se refere Ploeg (2009) (PEREIRA & DAL SOGLIO, 2020).

A permuta genética (do inglês *crossing-over*), corresponde à troca de partes entre cromátides homólogas não irmãs durante o processo de formação dos gametas, é um importante evento genético responsável por ampliar a variabilidade genética existente entre indivíduos da mesma espécie e favorecer o processo de seleção natural ao longo da história evolutiva (RAMALHO et al., 2012). O modelo formal de melhoramento genético de plantas tem o *crossing-over*, muitas vezes, como um evento negativo, pois a seleção feita em áreas sob ótimas condições de cultivo visa a neutralizar a interação genótipo x ambiente, e obter materiais uniformes que facilitem a adoção das demais tecnologias de manejo das lavouras convencionais. Já sob outra perspectiva, o melhoramento genético participativo usa o *crossing-over* a seu favor, trabalha a partir da variabilidade genética ampliada também por este evento, o que permite selecionar genótipos que poderão se sobressair em ambientes específicos, valorizando a interação genótipo x ambiente (CECCARELLI et al., 1995).

É inegável o intenso acúmulo de conhecimentos construídos pelos agricultores familiares e camponeses através do tempo, e isso faz com que estes agricultores sejam os potenciais agentes da manutenção do equilíbrio dos agroecossistemas (COTRIM, 2013). Segundo Pereira & Dal Soglio (2020), quando estes conhecimentos deixam de ser empregados pelas novas gerações de agricultores, que passam a usar um pacote tecnológico não adequado à sua realidade, a agrobiodiversidade de seu território corre grande risco de diminuir, ou até mesmo desaparecer. Entretanto, a construção do conhecimento agroecológico em processos participativos, valorizando conhecimentos populares, envolvendo agricultores e agentes externos às comunidades, membros ou não de instituições formais de pesquisa, garantem a adequação de práticas agrícolas para a manutenção dos modos de vida tradicionais no presente e no futuro, sobretudo para aqueles que podem estar mais vulneráveis no contexto ambiental e climático atual (FADDA et al., 2020; PEREIRA & DAL SOGLIO, 2020). Sendo assim, o processo de construção da ciência compartilhada deve abranger a participação de todas as partes envolvidas, desde a problematização dos desafios, na definição dos objetivos, e não apenas na execução das atividades da pesquisa (COELHO, 2014).

A grande diversidade genética presente nas variedades tradicionais é o resultado de milhares de anos da seleção feita por agricultores. Portanto, a preservação destes materiais, consciente ou inconsciente realizada pelos agricultores, é o resultado da habilidade dos agricultores em selecionar características importantes a partir da diversidade das espécies cultivadas. A importância desta habilidade foi reconhecida pela Convenção da Biodiversidade, como um capital humano imprecindível para a conservação da agrobiodiversidade nas unidades de produção familiares (GYAWALI et al., 2007).

Ceccarelli (2015) comprova que abordagens descentralizadas em programas de melhoramento de plantas, ou seja, naqueles conduzidos nas fazendas pelos próprios agricultores, podem aumentar a eficácia e eficiência destes programas, por promover maior adoção das tecnologias por agricultores que possuem menos recurso financeiro e permite avaliar as interações entre diversidade genética, meio ambiente e o manejo do campo alvo. Além disso, eliminar a necessidade de testes subsequentes nas fazendas e valorizar a preferência dos agricultores. Lammerts van Bueren et al. (2018) ainda destacam a possibilidade do melhoramento participativo estimular a criação de negócios locais de sementes, provavelmente mais “verdes” e mais socialmente responsáveis, que contribuem para a sustentabilidade local e global, e a mitigação dos impactos da agricultura no planeta.

De acordo com Coelho (2014), dentro do universo da extensão rural, o termo “orientações técnicas” é mais adequado a um cenário que busca maior protagonismo do agricultor do que “assistência técnica”, muito utilizado por profissionais das ciências agrárias para se referir a um modelo de extensão rural limitado apenas a indicar o melhor insumo, para a obtenção de resultados imediatos. Esta nova concepção da extensão rural, partindo da orientação e não da assistência, é capaz de promover mudanças mais significativas no processo de produção por modificarem não apenas habilidades manuais, mas também mentalidades, valores, formas de compreensão, de organização social e de capacidades argumentativas, tanto no técnico, quanto no grupo social envolvido (COELHO, 2014).

Neste contexto, vale a pena destacar a importância de o pesquisador se orientar pela concepção de uma etnociência que vai além de um pensamento hegemônico dominante, no qual entende que os agricultores familiares e camponeses precisam ser ensinados a obedecer ao regime tecnológico dominante. Espera-se que o pesquisador saiba ouvir as demandas das comunidades rurais, sendo capaz de aplicar métodos participativos de pesquisa, valorizando as práticas populares, que se tornam cada vez mais eficazes e sustentáveis (PEREIRA & DAL SOGLIO, 2020).

Uma estratégia que vem sendo usada para resgatar a biodiversidade dos agroecossistemas é o melhoramento participativo de cultivos, que visa construir junto aos pequenos agricultores, conhecimentos capazes de produzir genótipos de plantas melhoradas de acordo com o seu ambiente, e que podem aumentar a resiliência de seu sistema de cultivo (FADDA et al., 2020). Uma tática incorporada, de forma eficiente ao melhoramento participativo, é a combinação de germoplasma local com germoplasma de bancos ou coleções de melhoramento. Desta forma, novas cultivares são desenvolvidas utilizando o potencial das variedades locais, mas que sofreram algum processo de erosão genética, aliado a boas características de cultivares melhoradas em ensaios dialélicos (MACHADO, 2020). Estas técnicas vão de encontro à proposta de extensão que valoriza a participação dos diversos atores sociais envolvidos e que criam uma ciência compartilhada voltada para a emancipação humana, onde não só o pesquisador toma decisões sobre o que fazer, mas parte do princípio que o agricultor é dotado de conhecimentos, portanto capaz de identificar os problemas da pesquisa e os métodos mais adequados para a geração e compartilhamento de saberes (COELHO, 2014).

A participação dos agricultores na seleção sob suas próprias condições ambientais e agronômicas não só beneficiará o processo de seleção, mas também acelerará a transferência e adoção de novas variedades sem o envolvimento de mecanismos complexos, burocráticos e muitas vezes ineficientes para liberação de cultivares, certificação de sementes e atividades de extensão (CECCARELLI et al., 1995). As abordagens participativas e descentralizadas de melhoramento de plantas têm se mostrado mais adequadas aos pequenos agricultores de países em desenvolvimento, pois quando a opinião de quem vai usar a tecnologia é levada em consideração, torna-se mais fácil a adoção da tecnologia (MACHADO & MACHADO, 2006).

A autonomia pretendida num trabalho de extensão rural não autoritária exige uma concepção diferenciada do profissional envolvido na ação. Sua formação deve ser baseada na vivência, capaz de superar o formalismo da sala de aula e colocar o estudante em contato com as dinâmicas sociais a partir de vivências horizontais, que possam garantir um encontro entre pessoas capazes, em condições de igualdade, porém com competências e habilidades distintas (COELHO, 2014). As habilidades dos profissionais de ciências agrárias devem se associar ao conhecimento dos agricultores, de maneira que as interações entre técnicos e comunidades rurais se transformem em sistemas de aprendizagem participativa com um papel facilitador (DE BOEF & PINHEIRO, 2007).

Fornecer aos agricultores, produtores de sementes, o suporte dos serviços de extensão mais personalizado, ao mesmo tempo em que se capacita estes agricultores sobre a escolha e seleção do que semear na próxima temporada, promovendo a troca de conhecimentos entre as

partes, também atribui responsabilidades adicionais a eles, que passam a gerenciar pequenos experimentos, incluindo a coleta de dados (FADDA et al., 2020; MACHADO, 2020). Tal fato permite que as variedades tradicionais, crioulas ou locais, possam se tornar modernas e/ou melhoradas, sendo que o inverso também pode ocorrer, desde que não haja inserção de genes de outras espécies. (MACHADO, 2020). Contudo, vale destacar a importância de conduzir os programas de melhoramento genético nas condições mais próximas possíveis das que os descendentes das linhagens melhoradas e selecionadas encontrarão para o seu crescimento e desenvolvimento (RAMALHO et al., 2012).

A crioulização e a recrioulização são processos meticulosos que visam restabelecer a agrobiodiversidade local. Incorporar uma variedade melhorada a um sistema de cultivo tradicional expondo-a a um ambiente incomum a ela, pode torná-la adaptada a este ambiente, gerando assim uma variedade crioula, ou seja, desenvolveu-se um processo de crioulização. Fazer o mesmo processo partindo de variedades crioulas também é possível, e é conhecido como recrioulização. O ambiente, nestes casos, é formado pela soma dos fatores abióticos e bióticos, incluído o agricultor. Quando sementes crioulas ou não, são submetidas a novas pressões de seleção em um novo ambiente, e dá origem a uma nova variedade crioula, ocorre a recrioulização ou crioulização da variedade original, que por sua vez, são ressignificadas e adquirem identidade associada ao ambiente e ao agricultor “guardião” (ANTUNES et al., 2020).

Ao produzir suas próprias sementes, o agricultor pode, mediante um processo de seleção, desenvolver uma nova cultivar mais adaptada ao seu manejo e ao gosto do consumidor, contribuindo para a conservação de variedades crioulas, tornando-se independente da aquisição de sementes no mercado convencional (JOVCHELEVICH, 2011). Além de estarem relacionadas aos aspectos da segurança alimentar, como disponibilidade e acesso à alimentação, as sementes crioulas também estão relacionadas à apropriação dos benefícios econômicos e culturais da biodiversidade pelos povos que fazem parte de um determinado agroecossistema (PEREIRA et al., 2017).

Obter novas cultivares adaptadas às condições de cultivo adotadas pelos agricultores familiares a partir de cruzamentos entre cultivares comerciais ou outros materiais contrastantes, é uma prática permitida pela Lei nacional de sementes (Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, artigo 8, pag. XIII), que também permite multiplicar as sementes destes novos materiais para serem utilizadas nas safras seguintes e/ou trocar com outros agricultores (BRASIL, 2003). Portanto, o uso de sementes adaptadas às condições locais de manejo e mercado, é essencial

para o agricultor agroecológico ter sucesso, autonomia e maior independência de insumos externos.

Uma abordagem mais atual sobre melhoramento genético participativo destaca a importância deste método e das variedades tradicionais para a adaptação às mudanças climáticas (BURKE et al., 2009; VASCONCELOS et al., 2013; MENGISTU et al., 2019; FADDA et al., 2020). FADDA et al. (2020), acreditam que o atual colapso climático pode ser ainda pior que mudanças climáticas ocorridas em outras eras, pois em outros tempos havia grande biodiversidade interespecífica e intraespecífica nos agroecossistemas, e o agricultor selecionava suas sementes safra após safra, o que permitia as plantas se adaptarem gradualmente ao longo do tempo conforme as mudanças ocorridas plantio após plantio. Os sistemas agrícolas atuais, com pouca biodiversidade em extensas áreas, dificultam a recombinação gênica entre as plantas e, conseqüentemente, dificultam as cultivares modernas a se adaptarem, naturalmente, às novas condições climáticas que estão por vir. A adaptação necessária das cultivares em uso, muitas vezes é feita com o uso da engenharia genética, ferramenta que não está disponível a todos agricultores e não é permitida em sistemas orgânicos de produção.

Posto isto, para alcançar o êxito em programas de melhoramento genético participativo, é essencial capacitar agricultores sobre segregação, seleção, hereditariedade, métodos de melhoramento e genética. Sobretudo em seleção de linhagens pelo método populacional modificado e pelo método populacional, estratégias simples de melhoramento, e assim, torná-los conscientes da importância da diversidade nas gerações segregantes para obtenção de futuras linhagens promissoras na região onde vivem (GYAWALI et al., 2007).

2.6 Parâmetros genéticos e fenotípicos

As estimativas dos componentes da variabilidade existente nas populações são de fundamental importância em qualquer programa de melhoramento, principalmente para se estimar, por exemplo, a variabilidade resultante de diferenças genéticas, pois isto permite se conhecer o controle genético do caráter e o potencial da população para a seleção (RAMALHO et al., 2012). O conhecimento de estimativas genéticas é essencial para nortear a tomada de decisão frente à condução de um programa de melhoramento, sobretudo para fins de seleção, pois permite entender a estrutura genética de populações a serem trabalhadas (SANTOS et al., 2018). Além de estimar os parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais, também é importante

compreender o tipo de herança de determinado caráter para auxiliar na sequência do programa de melhoramento (CARVALHO FILHO et al., 2011).

O fenótipo de um indivíduo é determinado pela sua base genética e pela influência do ambiente onde ele se desenvolve. Dessa forma, a variância fenotípica é formada pela variância genotípica em interação com a variância ambiental. Conhecer as variâncias fenotípica, genotípica e ambiental permite quantificar o grau de associação genético e não genético para um determinado caráter. Os programas de melhoramento buscam compreender melhor a variância genética, pois ligados a ela estão os caracteres que serão herdáveis ou não, ou seja, as características que serão expressas nas futuras gerações, independentemente do ambiente onde irão se estabelecer (ALVES, 2020). Portanto, o melhorista deve ser capaz de detectar a ocorrência da variação fenotípica, e identificar sua natureza, se é genética e/ou ambiental (RAMALHO et al., 2012), sendo fundamental para o processo de seleção e para a predição do comportamento das gerações segregantes, e entender a natureza e a magnitude dos efeitos gênicos que controlam um caráter (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Estimar a herdabilidade e a natureza dos genes envolvidos na expressão de caracteres possibilita prever os ganhos genéticos e o potencial da população a ser melhorada e, diante disto, estabelecer as melhores estratégias de melhoramento genético (CUSTÓDIO et al., 2012). A herdabilidade alta ligada a efeitos aditivos pode indicar a possibilidade de sucesso por meio da seleção de genótipos superiores (ALVES, 2020). A herdabilidade no sentido amplo pode ser conceituada como a proporção da variância genotípica que está presente na variância fenotípica (SOUZA, 2006). Já a herdabilidade no sentido restrito é a proporção entre a variância genética aditiva e a variância fenotípica (RAMALHO et al., 2012).

O conhecimento da herança de um caráter é dificultado pela interação alélica em fenótipos heterozigóticos, tal como a influência do ambiente (RAMALHO et al., 2012), mas, estimar a herdabilidade por meio de parâmetros genotípicos, fenotípicos e ambientais, utilizando metodologias estatístico-genéticas, é fundamental para dar sequência a um programa de melhoramento genético. O conhecimento da herança genética dos caracteres de importância agrônoma a serem selecionados permite uma tomada de decisão mais segura quanto aos métodos de melhoramento genético de plantas a serem usados no programa (MARIGUELE, 2008; CARVALHO FILHO et al., 2011; SALA & COSTA, 2016).

Outro complicador em programas de melhoramento de plantas, porém de grande importância para os melhoristas, é a correlação genética conhecida como pleiotropia, que envolve a variação conjunta de duas características. Ela pode ser útil quando os fenótipos associados forem favoráveis, e o melhoramento de um deles contribui simultaneamente com o

melhoramento do outro. Ao passo que, se um fenótipo favorável estiver associado a outros desfavoráveis, o melhoramento do primeiro pode prejudicar os demais (RAMALHO et al., 2012).

Em suma, obter as estimativas da variação fenotípica que ocorrem pela interação genótipos x ambientes por meio de uma análise de variância, é um dos objetivos da maioria dos programas de melhoramento genético de plantas. Isto, pois, por meio destas estimativas, os melhoristas podem conduzir seus trabalhos visando diminuir os efeitos da interação ou até mesmo utilizá-la na obtenção de plantas para condições específicas (RAMALHO et al., 2012).

REFEÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. B.; LEAL, N. R.; RODRIGUES, R.; AMARAL JUNIOR, A. T.; SILVA, D. J. H. Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de hábito de crescimento indeterminado. **Horticultura Brasileira**, Brasília: v. 22, n. 3. Jul-set, 2004. p. 547-552.

ALVES, V. A. C. Análise genética do teor de flavonoides totais e atividade antioxidante em alface. **Dissertação (Mestrado em Biotecnologia)** – Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2020. 76 p.

ANTUNES, I. F., FEIJÓ, C. T., SILVA, P. M., NORONHA, A. D. H., BEVILAQUA, G. A. P., KUBO, R. R. Crioulização, recrioulização e seus efeitos sobre a agrosociobiodiversidade. In PEREIRA, C. P., DAL SOGLIO, F. K. **A Conservação das sementes crioulas: uma visão interdisciplinar da agrobiodiversidade**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Editora da UFRGS, 2020. 558 p.

ARAUJO, L. C. Valor de cultivo e uso (VCU) de linhagens F9-10 de feijão-de-vagem em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci-RJ. **Tese (Doutorado em produção vegetal)** – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2015.

ARAUJO, K. C. Avaliação de linhagens promissoras de feijão-vagem (*phaseolus vulgaris* L.) em Cambuci – RJ para estudo de valor de cultivo e uso. **Dissertação (Mestrado em produção vegetal)** – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2014.

BRANDÃO, R. A. P. Avaliação da qualidade das vagens e sementes de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.), cvs. UEL-1 e AG-274, em função da idade e época de cultivo. 2001. **Tese (Mestrado em Agronomia)** – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2001.

BRASIL. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília - DF, 6 de ago. 2003. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=3518C4A7260B87C65369BE587AED50A8.node2?codteor=216570&filename=LegislacaoCitada+-PL+3477/2004. Acesso em: 19 dez. 2021.

BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília - DF, 23 de dez. 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.831.htm. Acesso em: 12 dez. 2021.

BRASIL. Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei no 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília - DF, 27 de dez. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6323.htm. Acesso em: 12 dez. 2021.

BRASIL. Portaria n° 52, de 15 de março de 2021 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília - DF, 23 de mar. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-52-de-15-de-marco-de-2021-310003720>. Acesso em: 20 dez. 2021.

BURKE, M. B.; LOBELL, D. B.; GUARINO, L. Shifts in African Crop Climates by 2050, and the Implications for Crop Improvement and Genetic Resources Conservation. **Global Environment Change**, v. 19, n. 3, 2009, p. 317–325.

CARVALHO FILHO, J. L. S., GOMES, L. A. A., SILVA, R. R., FERREIRA, S., CARVALHO, R. R. C., MALUF, W. R. Parâmetros populacionais e correlação entre características da resistência a nematóides de galhas em alface. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, 2011, p. 46–51. Disponível em: <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i1a819>. Acesso em: 27 dez. 2021.

CEASA-MG - Centrais de Abastecimento de Minas Gerais S.A. **Informações de Mercado**. 2022. Disponível em: http://minas1.ceasa.mg.gov.br/detec/cst_estado_consolidado/cst_estado_consolidado.php. Acesso em: 23 jan. 2022.

CECCARELLI, S.; GRANDO, S.; BOOTH, R. H. International breeding programmes and resource-poor farmers: Crop improvement in difficult environments. In EYZAGUIRRE, P. & IWANAGA, M. **Participatory plant breeding: Proceedings of a workshop on participatory plant breeding**, 1995, p. 99 – 116.

CECCARELLI, S. Efficiency of Plant Breeding. **Crop Science**, v. 55, 2015, p. 87–97.

COELHO, F. M. **A arte das orientações técnicas no campo: concepções e métodos**. 2. ed. Viçosa, MG: Suprema, 2014. 188 p.

COTRIM, D. S. O estudo da participação na interface dos atores na arena de construção do conhecimento agroecológico. **Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural)** Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. 244 p.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.

CUSTÓDIO, T. N., BALIZA, D. P., CARVALHO, S. P., REZENDE, T. T. Meta-análise para estimativas de herdabilidade de características do desenvolvimento e produção do *Coffea canephora* Pierre. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, 2012, p. 2501-2509. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p2501>. Acesso em: 27 dez. 2021.

DE BOEF, W. S.; PINHEIRO, S. L. G. Um novo profissional na pesquisa de desenvolvimento agrícola participativo. In: DE BOEF, W. S. et al. (org.). **Biodiversidade e agricultores fortalecendo o manejo comunitário**. Porto Alegre: L&PM, 2007, p. 68-77.

FADDA, C., MENGISTU, D. K., KIDANE, Y. G., DELL'ACQUA, M., PÈ, M. E., VAN ETTEN, J. Integrating conventional and participatory crop improvement for smallholder agriculture using the Seeds for Needs Approach: a review. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 2020.

FERREIRA, A. G. Caracterização morfológica, citogenética e palinológica de genótipos de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) - Fabaceae. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)**. Universidade Estadual paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - SP, 2008. 60 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa - MG: Ed. UFV, 2013, p. 421.

FRANCELINO, F. M. A., GRAVINA, G. A., MANHÃES, C. M. C., CARDOSO, P. M. R., ARAÚJO, L. C. Avaliação de linhagens de feijão-de-vagem para as regiões Norte e Noroeste Fluminense. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 2, 2011. p. 554-562. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1002/574>. Acesso em: 25 jan. 2022.

GOMES, G. R., MORITZ, A., FREIRIA, G. H., FURLAN, F. F. TAKAHASHI, L. S. A. Desempenho produtivo de genótipos de feijão-vagem arbustivo em dois ambientes. **Scientia Agropecuaria**, v. 7 n. 2, 2016, p. 85 – 92. Disponível em: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>. Acesso em: 17 jan. 2022.

GYAWALI, S. STHAPIT, B. K, B., JOSHI, MUDWARI, A., BAJRACHARYA, J. Melhoramento genético participativo e conservação de variedades locais na agricultura familiar. In: DE BOEF, W. S. THIJSSSEN, M. H., OGLIARI, J. B., STHAPIT, B. R. (org.). **Biodiversidade e agricultores fortalecendo o manejo comunitário**. Porto Alegre: L&PM, 2007, p. 104-110.

HAESBAERT, F., SANTOS, D., LÚCIO, A., BENZ, V., ANTONELLO, B., RIBEIRO, A. L. P. Tamanho de amostra para experimentos com feijão-de-vagem em 19 diferentes ambientes. **Ciência Rural**, v. 41, 2011, p. 38-44. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/VPrTyjTJw6nvqqmmxwP5cgJ/?lang=pt>. Acesso em: 17 jan. 2022.

JOVCHELEVICH, P. Melhoramento participativo de abóbora (*Cucurbita moschata* Dusch), sob manejo biodinâmico. **Tese (Doutorado em Agronomia)**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu - SP, 2011. 200 p.

LAMMERTS VAN BUEREN, E. T.; STRUIK, P. C.; VAN EEKEREN, N.; NUIJTEN E. Towards Resilience through Systems-Based Plant Breeding. A Review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, n. 5, 2018.

LIMA FILHO, M. R de. Comportamento de variedades de feijão-de-vagem em relação ao acúmulo de graus dia em Fortaleza-CE. (**Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia**) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

LONDERO, P.M.G., RIBEIRO, N.D., CARGNELUTTI, A. Teores de fibra e rendimento de grãos em populações de feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, 2008, p. 167-173.

MACHADO, A. T. A conservação e o desenvolvimento das sementes crioulas em uma perspectiva interdisciplinar da agrobiodiversidade. In PEREIRA, V. C. DAL SOGLIO, F. K. **A conservação das sementes crioulas: uma visão interdisciplinar da agrobiodiversidade**, 2020, p. 79 – 103.

MACHADO, C. T. T., MACHADO, A. T. **Roteiro para diagnóstico participativo de agrossistemas**: proposta para avaliações com enfoque na agrobiodiversidade e em práticas agroecológicas. Embrapa Cerrados, Planaltina - DF, 2006.

MALUF, W. R., BARBOSA, M. L.; REZENDE, M. R. R.; COSTA, H. S. C.; A cultura do feijão-vagem. **Boletim Técnico de Hortaliças**. Departamento de Agricultura - UFLA, Lavras - MG, v. 1, n. 65, 2002.

MARIGUELE, K. H., MALUF, W. R., GOMES, L. A. A., LOPES, M. J. C., MELO, O. D. Controle genético da qualidade da vagem em cruzamento de Feijão-Vagem x Feijão-Comum. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 1, 2008, p. 47-52. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000100007>. Acesso em: 25 jan. 2022.

MENGISTU, D. K.; KIROS, A. Y.; MOHAMMED, J. N.; TSEHAYE, Y.; FADDA, C. Exploitation of diversity within farmers' durum wheat varieties enhanced the chance of selecting productive, stable and adaptable new varieties to the Local climatic conditions. **Plant Genetic Resources**, v. 17, n. 5, 2019, p. 401 – 411.

MOREIRA, R. M. P., FERREIRA, J. M., TAKAHASHI, L. S. A., VASCONCELOS, M. E. C., GEUS, L. C., BOTTI, L. Potencial agrônomo e divergência genética entre genótipos de feijão-vagem de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, 2009, p. 1051-1060.

MOREIRA, V. R. DA R. Desafios da produção de sementes de hortaliças em associações de agricultores orgânicos e biodinâmicos no sul de Minas Gerais. **Dissertação (Mestrado Profissional em Desenvolvimento Sustentável e Extensão)** Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2017. 121 p.

PACHECO, J. S. Linhagens promissoras de Feijão-Vagem de crescimento indeterminado. **Trabalho de conclusão de curso (Agronomia)**. Campus de Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, Ipameri - GO, 2013.

PEIXOTO, N.; THUNG, M. D. T.; SILVA, L. O.; FARIAS, J. G.; OLIVEIRA, E. B.; BARBEDO, A. S. C.; SANTOS, G. Avaliação de cultivares arbustivas de feijão-vagem, em diferentes ambientes do Estado de Goiás. **Boletim de Pesquisa**, Goiânia: EMATER-GO, 1997. 20 p. (Boletim Técnico).

PEREIRA, V. C. DAL SOGLIO, F. K. A pesquisa interdisciplinar sobre as variedades crioulas e os agricultores: desafios e perspectivas na construção de conhecimentos sobre a agrobiodiversidade. In _____. **A conservação das sementes crioulas: uma visão interdisciplinar da agrobiodiversidade**. 2020, p. 33-50.

PEREIRA, V. C. DAL SOGLIO, F. K. A conservação da agrobiodiversidade: mais além da Biologia da Conservação. In _____. **A conservação das sementes crioulas: uma visão interdisciplinar da agrobiodiversidade**, 2020, p. 51-78.

PEREIRA, V. C.; LÓPEZ, P. A.; DAL SOGLIO, F. K. A Conservação das variedades crioulas para a soberania alimentar de agricultores: análise preliminar de contextos e casos no Brasil e no México. **Holos**, v. 4, 2017, p. 37-55.

- PLOEG, J. D. Van der. Sete teses sobre a agricultura camponesa: In: PETERSEN, P. (org.). **Agricultura familiar camponesa na construção do futuro**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2009, p. 17-31.
- RAMALHO, M. A. P., SANTOS, J. B., PINTO, C. A. B. P., SOUZA, E. A., GONÇALVES, F. M. A., SOUZA, J. C. **Genética na agropecuária**. 5 Ed. ver. Lavras - MG: UFLA, 2012.
- RIBEIRO, N. D. Potencial de aumento da qualidade nutricional do feijão por melhoramento genético. **Semina: de Ciências Agrárias**, v. 31, 2010, p. 1367-1376.
- SALA, F. C.; COSTA, C. P. Melhoramento de alface. In: NICK, C.; BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de Hortaliças**. Viçosa - MG: UFV, 2016.
- SANTOS, E. R., SPEHAR, C. R., CAPONE, A., PEREIRA, P. R. Estimativa de parâmetros de variação genética em progênies F2 de soja e genitores com presença e ausência de lipoxigenases. **Nucleus**, v. 15, n. 1, 2018, p. 61-70. Disponível em <https://doi.org/10.3738/1982.2278.2169>. Acesso em: 27 dez. 2021.
- SCOTT, J. C. **Weapons of the weak: everyday forms of peasant resistance**. New Haven, CT: Yale University Press, 1985.
- SIDRA - **Sistema IBGE de Recuperação Automática**, 2017. Página mantida pelo IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017#horticultura>. Acesso em: 14 dez. 2021.
- SILBERNAGEL M.J. Snap bean breeding. In: BASSETT, M.J. (Ed.). **Breeding vegetable crops**. Westport, Connecticut, The AVI, 1996, p. 243-282.
- SILBERNAGEL M.J.; JANSSEN, W.; DAVIS, J.H.C.; OCA, G.M. Snap bean production in the tropics: implications for genetic improvement. In: _____. **Common beans: research for crop improvement**. Melksham, Wiltshire, UK: Redwood, 1991, p. 835-863.
- SILVA, A. W. B. Obtenção de sementes crioulas em sistemas de produção de base ecológica: uma experiência compartilhada a partir do melhoramento participativo da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* var. *annuum* L.). **Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2021. 201 p.
- SILVA, A. DA; SANTOS, I. DOS; BALBINOT, A. L.; MATEI, G.; OLIVEIRA, P. H. DE. Reação de genótipos de feijão ao crestamento bacteriano comum, avaliado por dois métodos de inoculação **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, 2009. p. 2019-2024.
- SOUZA, M. C. M. S. Variabilidade genética e caracterização agrônômica de progênies de alface tolerantes ao calor. **Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de plantas)**. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife - PE, 2006. 54 p.
- VASCONCELOS, A. C. F.; BONATTI, M.; SCHLINDWEIN, S. L.; D'AGOSTINI, L. R.; HOMEM, L. R.; NELSON, R. Landraces as an adaptation strategy to climate change for smallholders in Santa Catarina, Southern Brazil. **Land Use Policy**, v. 34, 2013, p. 250–254.
- VAVILOV, N. I. Linnaeus species as a system. **Bulletin Applied Botanic Genetic**, v. 26, n. 3, 1931, p. 109-134.

SEGUNDA PARTE

ARTIGO: MELHORAMENTO GENÉTICO PARTICIPATIVO DE FEIJÃO-VAGEM (*Phaseolus vulgaris* L.) PARA CULTIVOS ORGÂNICOS EM MARIA DA FÉ – MINAS GERAIS

Participatory genetic breeding of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for organic crops in Maria da Fé – Minas Gerais

RESUMO

Muito dos materiais genéticos utilizados pelos agricultores orgânicos no Brasil são oriundos de sementes obtidas por meio de melhoramento genético convencional, melhoradas e produzidas para cultivos convencionais, e muitas vezes são tratadas com produtos químicos não permitidos nas lavouras orgânicas. Um programa de melhoramento vegetal realizado de maneira participativa, em parceria entre universidade, agricultores e suas representações, pode ser uma importante alternativa para a obtenção de cultivares mais adaptadas, pois acredita-se que agricultores em parceria com instituições de pesquisa, sejam capazes de selecionar sementes mais adaptadas às suas lavouras, já que a domesticação de diversas espécies de plantas cultivadas passou pelas mãos dos indígenas, povos nativos e agricultores. Este trabalho deu início a um programa de melhoramento genético participativo de feijão-vagem afim de desenvolver cultivares mais adaptadas aos cultivos orgânicos em parceria com agricultores filiados à Associação de Produtores de Agricultura Natural de Maria da Fé – APAN-FÉ, em Maria da Fé, cidade localizada na serra da Mantiqueira, sul de Minas Gerais. Genitores foram escolhidos a partir de cultivares já utilizadas e indicadas pelos agricultores como boas, porém com algumas limitações e características a serem melhoradas para um contexto de agricultura orgânica. Plantas genitoras das cultivares HX3000 e Novirex, e plantas das gerações F1 e F2 deste cruzamento foram usadas para estimar parâmetros genéticos e a possibilidade de ganho com seleção a partir das características desejadas pelos agricultores. As análises dos dados obtidos no estudo de gerações destas plantas, revelam uma herdabilidade relativamente alta para o número de vagens por planta e teor de fibras na vagem. Há predominância de efeitos aditivos, assim como a ocorrência de segregação transgressiva. A estimativa dos ganhos com a seleção foi da ordem de 29%, atributos desejáveis para a seleção de fenótipos superiores. Portanto, estes resultados evidenciam a possibilidade de sucesso do melhoramento participativo de feijão-vagem junto aos agricultores da APAN-FÉ.

Palavras chave: Seleção Participativa; Sementes orgânicas; Variedades Crioulas.

**PARTICIPATORY GENETIC BREEDING OF SNAP BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)
FOR ORGANIC CROPS IN MARIA DA FÉ – MINAS GERAIS**

ABSTRACT

Most of the seeds that certified organic farmers employ in their crops are made from genetic materials developed for conventional farming, and many of them were treated with chemical products that aren't allowed for organic crops. A participatory plant breeding that involves the University, the organic farmers and their representations can be an important alternative for obtaining more adapted cultivars. It is believed that the partnership between farmers and research institutions allows the selection of more suitable varieties for their lands, given that the domestication of many species of cultivated varieties passed by the hands of the indigenous, native people and farmers. This work has started a participatory plant breeding program in partnership with the farmers affiliated to the Maria da Fé's Natural Agriculture Association (APAN-FÉ), located at the Mantiqueira Mountains, south of the Minas Gerais state, to develop more adapted green bean varieties to be used by their organic farmers. The parents were chosen from the cultivars commonly used and suggested by the farmers, who classified them as good, but with a few limitations and characteristics to be enhanced for the organic farming context. Parents of the commercial cultivars HX3000 and Novirex, along with the F1 and F2 generation of their crossing were used to infer over genetic parameters and the possibility of selection gain as of the characteristics desired by the farmers. The analysis of data obtained by studying these plants generations revealed a relatively high heritability for the number of pods per plant and their fiber content. There is a predominance of additive effects and the occurrence of transgressive segregation, desirable attributes for selecting superior genotypes were found, and the estimate of selection gains was about 29%. Therefore, these results evidenced the possibility of a successful participatory plant breeding of green bean with the APAN-Fé farmers.

Keywords: Landraces; Organic seeds; Participatory selection.

1. INTRODUÇÃO

A diversidade genética manejada rotineiramente por agricultores tradicionais e indígenas, a qual se expressa na infinidade de cultivares tradicionais, locais e crioulas, é fruto de um longo e diversificado processo de seleção, melhoramento genético, domesticação e intercâmbio de sementes (MACHADO et al., 2008; PEREIRA & DAL SOGLIO, 2020). Cada ambiente possui sua variedade ótima, do mesmo modo que diferentes agricultores, com diferentes formas e estratégias de sobrevivência, adotam critérios distintos de seleção de suas sementes, o que mostra a importância da participação de agricultores familiares e camponeses na obtenção de variedades crioulas e na construção do conhecimento agroecológico. Portanto, o aperfeiçoamento e compartilhamento destas tecnologias sociais é indispensável para contribuir com a autonomia destes grupos de agricultores, muitas vezes à margem dos sistemas formais de assistência técnica rural (ANTUNES et al, 2020).

Em Maria da Fé, município no sul de Minas Gerais, a Associação de Produtores de Agricultura Natural de Maria da Fé (APAN-FÉ) reúne desde 1998 produtores familiares orgânicos e biodinâmicos que cultivam grande diversidade de espécies vegetais. A APAN-FÉ fornece a região e a centros urbanos hortaliças e frutas orgânicas certificadas pelo Sistema Participativo de Garantia (SPG) Orgânicos Sul de Minas, com destaque para a produção do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L) (MOREIRA, 2017).

Muitas das sementes ou propágulos disponíveis na região não são produzidas no sistema orgânico e/ou não possuem boa adaptação às condições dos plantios agroecológicos. Entretanto, dentre os associados da APAN-FÉ, alguns se destacam pela produção das próprias sementes. Porém, mesmo produzindo suas sementes, estes agricultores relatam problemas com o material genético utilizado, como suscetibilidade a doenças e pragas e sensibilidade ao clima, já que a região apresenta geadas severas e temperaturas muito baixas durante o inverno, e poucos agricultores manejam feijão-vagem sob cultivo protegido (MOREIRA, 2017; SILVA, 2021).

De acordo com Moreira (2017), o feijão-vagem está entre as hortaliças mais cultivadas por um grupo de agricultores membros do SPG – Orgânicos Sul de Minas, e se destaca pelo valor agregado na comercialização e boa produtividade. Porém, estes cultivos agroecológicos possuem grande quantidade de fatores ambientais não controlados artificialmente que influenciam diretamente na produção, e o melhoramento convencional muitas vezes não consegue atender às reais demandas dos agricultores (SILVA et al., 2021).

Neste contexto, a inserção de diversidade genética em sistemas produtivos com objetivo de obter cultivares resistentes, de preferência já adaptadas à região e ao manejo orgânico, é uma

opção de baixo custo e de eficiência comprovada (FADDA et al., 2020). Sendo assim, surgiu a possibilidade de desenvolver um programa de melhoramento genético vegetal de maneira participativa, como alternativa para a obtenção de novos materiais, resistentes e mais adaptados às condições das lavouras agroecológicas de Maria da Fé e região.

O melhoramento genético vegetal participativo envolve nos programas de melhoramento, diferentes categorias de autores das pesquisas, dentre eles, cientistas, extensionistas, agricultores e consumidores. Este modelo de programa permite a seleção direta de fenótipos no ambiente de uso pretendido, explorando a interação do genótipo com o ambiente, escolhendo intencionalmente as variedades que melhor se adaptam ao local ou ao sistema de produção específico (SHELTON & TRACY, 2016).

A principal estratégia do melhoramento vegetal participativo é inserir e explorar a diversidade genética nos agroecossistemas locais, contando com a participação ativa dos agricultores nas principais etapas do programa de melhoramento, desde a definição dos objetivos e prioridades específicas, passando pela avaliação e seleção de germoplasmas, até a multiplicação das sementes (SPERLING et al., 2001). Como consequência, os produtores se tornam coautores da pesquisa e aperfeiçoam a sua capacidade em selecionar e intercambiar suas sementes, sempre visando o que melhor se adapta ao seu ambiente (ALMEKINDERS & ELINGS, 2001). Nesse sentido, Kidane et al. (2019) relatam sobre trabalhos que mostraram ser possível alcançar melhorias significativas em germoplasmas usando alelos encontrados em variedades selecionadas e mantidas por agricultores.

Assim, os objetivos neste trabalho, em parceria com a APAN-FÉ, foram desenvolver linhagens de feijão-vagem de boa qualidade comercial e adaptada aos estresses bióticos e abióticos típicos da região, bem como permitir que os agricultores aprimorassem e se apropriassem de técnicas e práticas em melhoramento genético de plantas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em três etapas, que ocorreram nos sítios de produtores associados a APAN-FÉ, em Maria da Fé e no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT), do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras - UFLA, localizado na Fazenda Palmital, município de Ijaci - MG, (21°09'51" de latitude sul, 44°55'02" de longitude oeste e 833 metros de altitude).

Maria da Fé se localiza na Serra da Mantiqueira, acima de 1.000 m de altitude, a região é caracterizada pela predominância de morros escarpados. A sede do município está a 1.258 m de altitude e o ponto culminante é o Pico da Bandeira, a 1.683 m (IBGE, 2010). O clima de Maria da Fé é classificado como Tropical de Altitude e como Cwb (Oceânico temperado com influência de monções) segundo a classificação climática de Köppen e Geiger (REBOITA et al, 2015). Nos meses de inverno as médias mínimas são: maio de 8,1 °C, junho de 6,5 °C, julho de 6,3 °C e agosto de 7,1 °C. Ocorre em média 12 geadas por ano durante o inverno, tendo maior incidência nos meses de julho, junho e agosto respectivamente. A média anual de precipitação é de 1647,1 mm, com baixa precipitação nos meses de maio à agosto (SAPUCCI et al., 2018; INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET, 2022).

A primeira etapa, em Maria da Fé, foi a aproximação entre os pesquisadores e agricultores para fazer o levantamento do germoplasma de feijão-vagem utilizado pelos agricultores da APAN-FÉ. A partir de tal aproximação foi possível promover a orientação básica dos agricultores envolvidos no projeto, definir o plano de trabalho, assim como a compreensão do território em estudo pelos pesquisadores.

O intercâmbio entre parceiros de associação em conversas durante visitas guiadas os plantios dos agricultores serviram de referência para a escolha dos genitores de feijão-vagem para dar início ao programa de melhoramento e a sondagem de temas a serem tratados em visitas e dias de campo posteriores. Com base neste levantamento, as cultivares mais promissoras, segundo os agricultores, foram utilizadas como genitores, em cruzamentos para obtenção das populações segregantes.

Além das visitas guiadas dos pesquisadores, dois dias de campo e a implantação de uma unidade de observação em Maria da Fé, foram realizados como práticas metodológicas para provocar a construção do conhecimento compartilhado em atividades técnicas relacionadas ao melhoramento genético vegetal. Estas atividades abordaram os temas cruzamento entre os genitores contrastantes, heterose, populações segregantes e seleção de plantas superiores.

No primeiro dia de campo foram discutidos aspectos relacionados à reprodução e ao controle de polinização de diferentes espécies de hortaliças (Cucurbitáceas, Solanáceas, Brássicas e Leguminosas) com maior ênfase em feijão-vagem. Foram apresentadas aos agricultores, na prática, as diferenças entre a morfologia floral entre as plantas e as diferenças sexuais entre os órgãos reprodutivos vegetais, promovendo uma discussão sobre as diferenças entre espécies alógamas e autógamias, como elas se reproduzem e as implicações na condução das populações segregantes derivadas de cruzamentos entre cultivares contrastantes.

O segundo dia de campo, consistiu na implantação de uma unidade de observação que foi instalada no sítio de um dos agricultores parceiros. Esta prática foi denominada pelos próprios agricultores de “Canteiro da diversidade genética” e usou plantas de alface (*Lactuca sativa* L.). A opção pelo uso didático da alface foi por causa do ciclo curto das plantas desta espécie e pela disponibilidade de material genético suficiente para a atividade no banco de sementes do CDTT – UFLA.

Três semanas antes do dia de campo, os pesquisadores forneceram mudas de alface aos agricultores, que as plantaram em um mesmo canteiro. Dentre as mudas de alface havia plantas da geração F₂ e progênies F_{2:5}, oriundas do cruzamento entre as cultivares “Salinas 88” e “Colorado”, juntamente com mudas de ambos genitores. As cultivares de alface foram escolhidas por apresentarem algumas características contrastantes, sendo a “Salinas 88” do tipo americana, com folhas de coloração verde escuro e a “Colorado”, do tipo crespa, com folhas de coloração roxa. No dia marcado para o encontro entre agricultores e técnicos, inicialmente foi feita uma discussão teórica e, em seguida, os agricultores caminharam em torno do “Canteiro da diversidade” a fim de comprovar a existência da variabilidade genética dentre e entre as progênies e dar maior subsídio a compreensão dos temas abordados.

Uma decisão importante que deve ser tomada de forma criteriosa é a escolha dos genitores. Essa escolha depende dos caracteres a ser melhorados, do tipo da herança e da fonte de germoplasma disponível (BALDISSERA et al., 2014). De forma dialógica, foram escolhidos três materiais genéticos como genitores para a condução do programa de melhoramento participativo de feijão-vagem em Maria da Fé, as cultivares HX3000/Seminis©, Novirex e Garonesa.

A cultivar HX3000, da empresa Seminis© vem sendo plantada por agricultores da APAN-FÉ há mais de 10 anos, inclusive para a obtenção de sementes (DA FONSECA RIBEIRO, 2017). Apresenta crescimento indeterminado, suas flores e sementes são brancas e as vagens são do tipo “macarrão” (seção transversal redonda).

A cultivar Novirex também é plantada em Maria da Fé há alguns anos a partir de sementes produzidas pelos próprios agricultores, é de origem francesa, apresenta crescimento determinado, flores roxas, grãos pretos e as vagens são do tipo “macarrão” (PINTO et al., 2001). Paula Junior et al. (1998), descreve a Novirex com resistência moderada à ferrugem (raças Ua-3 e Ua-4 de *Uromyces appendiculatus*); resistência à raça 69 e reação intermediária à raça 81 de *Phaeoisariopsis griseola*, fungo causador da mancha-angular; e resistência à antracnose (raças 64; 65; 69; 73 e 87 de *Colletotrichum lindemuthianum*).

A cultivar Garonesa, também chamada de Garrolesa, é uma cultivar tradicional plantada na região há muitos anos e suas sementes são comumente trocadas entre os agricultores locais. Ela apresenta crescimento indeterminado, flores brancas, sementes marrons e as vagens são do tipo “manteiga” (seção transversal achatada).

Após a escolha dos genitores, a segunda etapa foi o cruzamento entre eles, foram realizados em casas de vegetação do CDTT da UFPA, da seguinte forma: HX3000 x Garonesa; HX3000 x Novirex; Garonesa x Novirex, para obtenção da geração F₁ de cada um dos cruzamentos. Após a obtenção das sementes F₁ de cada cruzamento, as mesmas foram semeadas para obtenção de sementes F₂.

A princípio, apenas um cruzamento dentre os três foi submetido às análises de gerações (HX3000 x Novirex), pois em um primeiro momento foi possível obter sementes F₁ e F₂ em quantidades suficientes para um experimento, apenas do cruzamento HX3000 x Novirex e ambos os genitores apresentam boas características morfológicas das vagens. Daí a hipótese de se obter avanços mais significativos em adaptabilidade e produtividade, sem comprometer a qualidade das vagens das futuras gerações.

A etapa seguinte foi conduzir um experimento com a população segregante e os genitores no CDTT da UFPA, para estudar o controle genético das características dos novos genótipos obtidos na geração F₂ do cruzamento “HX3000” x “Novirex”, a fim de selecionar fenótipos com boas características de produção e, sobretudo, qualidade das vagens. As características avaliadas foram o número de vagens por planta (NV), produção total das vagens por planta (PTV) em gramas, produtividade de vagens em toneladas por hectare (PV), peso médio das vagens por planta (PMV) em gramas, comprimento médio das vagens por planta (CMV) em centímetros e teor de fibra não solúvel das vagens por planta (TF) expresso em porcentagem (%) em relação ao peso fresco das vagens. Foram utilizadas dez plantas de cada um dos genitores, das cultivares HX3000 e Novirex, e da geração F₁(HX3000 x Novirex), além de 269 plantas da geração F₂(HX3000 x Novirex), sendo cada planta uma repetição do delineamento experimental.

O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, em ambiente protegido, até a época de colheita das vagens. Ocorreram sete colheitas entre os meses de dezembro de 2019 e janeiro de 2020, para obtenção dos dados. As vagens colhidas foram contadas, pesadas e medidas. Durante a colheita, observou-se o hábito de crescimento das plantas F₂ de forma que permitiu classificá-las quanto a esta característica em determinado ou indeterminado.

O comprimento da vagem foi obtido pela medida longitudinal entre a base e o ápice da vagem. A extração de fibras não solúveis das vagens seguiu o método proposto por Rodrigues et al. (1998), também utilizado por Mariguele et al. (2008), que consiste em triturar por 1 minuto em liquidificador, três vagens frescas de cada planta, peneirar as amostras em peneiras de 30 mesh e lava-las em água corrente. As fibras restantes após a filtragem, são secas em estufa de circulação forçada de ar até peso constante, que foi expresso em porcentagem em relação ao peso fresco das vagens.

O *software* GENES versão 1990.2019.51 (CRUZ, 2013) foi usado para analisar os dados obtidos. Fez-se a análise de gerações (P1, P2, F1 e F2) a partir dos seguintes parâmetros genéticos: médias das populações, estimativas da variância ambiental ($\sigma_{m(F2)}^2$), variância fenotípica ($\sigma_{f(F2)}^2$), variância genotípica ($\sigma_{g(F2)}^2$), herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) ao nível das médias da geração F2, grau médio de dominância (k_m), médias dos efeitos aditivos (a), médias dos desvios de dominância (d) e o ganho por seleção (ΔG), baseando-se nas fórmulas apresentadas na Figura 1.

Sementes da geração F₂ oriundas dos três cruzamentos (HX3000 x Garonesa, HX3000 x Novirex e Garonesa x Novirex), e sementes da geração F₃ do cruzamento HX3000 x Novirex selecionadas a partir do experimento conduzido no CDTT da UFLA foram entregues aos agricultores da APAN-FÉ, os quais seguem conduzindo experimentações com as próximas gerações e selecionando as plantas de interesse, visando à obtenção de novas cultivares de forma participativa *in situ*.

Foram coletadas sementes das plantas F₂ do experimento realizado no CDTT da UFLA, e a partir dos resultados de uma seleção de 20% das plantas superiores para cada característica realizada pelo *software* GENES, fez-se uma seleção de fenótipos superiores para duas ou mais características estudadas. As sementes F₃ das plantas selecionadas formaram um “*bulk*” de sementes e foram plantadas em dois sítios em Maria da Fé para que os agricultores continuem a selecionar materiais promissores de acordo com a própria perspectiva, sendo está a terceira etapa deste trabalho.

Figura 1 – Quadro com as fórmulas utilizadas para estimativa dos parâmetros genéticos.

Parâmetro genético	Fórmula
Média do Genitor 1 – \bar{P}_1	$\bar{P}_1 = \frac{\sum P_1}{n}$
Média do Genitor 2 – \bar{P}_2	$\bar{P}_2 = \frac{\sum P_2}{n}$
Média da geração F ₁ – \bar{F}_1	$\bar{F}_1 = \frac{\sum F_1}{n}$
Média da geração F ₂ – \bar{F}_2	$\bar{F}_2 = \frac{\sum F_2}{n}$
Variância fenotípica – $\sigma_{f(F_2)}^2$	$\sigma_{f(F_2)}^2 = \sigma_{F_2}^2 = \frac{\sum (F_2 - \bar{F}_2)^2}{n - 1}$
Variância genotípica – $\sigma_{g(F_2)}^2$	$\sigma_{g(F_2)}^2 = \sigma_{f(F_2)}^2 - \sigma_{m(F_2)}^2$
Variância ambiental – $\sigma_{m(F_2)}^2$	$\sigma_{m(F_2)}^2 = \frac{V_{P_1} + V_{P_2} + 2V_{F_1}}{4}$
Herdabilidade no sentido amplo – h_a^2	$h_a^2 = \frac{\sigma_{g(F_2)}^2}{\sigma_{f(F_2)}^2} = \frac{\sigma_{g(F_2)}^2}{\sigma_{g(F_2)}^2 + \sigma_{m(F_2)}^2}$
Grau médio de dominância baseado em médias – k_m	$K_m = \frac{2\bar{F}_1 - (\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{\bar{P}_1 + \bar{P}_2}$
Ganho por seleção – ΔG (%)	$\Delta G (\%) = \frac{\Delta G}{\bar{x}_0}$
Medida dos efeitos aditivos – $[a]$	$\hat{a} = \bar{P}_{F_2} - 1/2 \bar{P}_1 + 1/2 \bar{P}_2$
Medida dos desvios de dominância – $[d]$	$\hat{d} = \bar{F}_1 - 1/2 \bar{P}_1 + 1/2 \bar{P}_2$

Fonte: Do autor (2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Usando como base as metodologias participativas utilizadas, as principais características apontadas pelos agricultores, que levaram à escolha dos três genitores foram as seguintes: “A cultivar HX3000 é muito produtiva e bem aceita comercialmente, mas pouco tolerante a frio e a doenças”. “A Novirex, é precoce e de crescimento determinado, requer menos mão de obra que as demais e permite poucas colheitas. Suas vagens são bem aceitas comercialmente, tolera temperaturas menores, e adoecem menos”, portanto tem uma maior janela de plantio. “Apesar de não precisar amarrar (tutoramento), o intervalo entre colheitas tem que ser menor, pois passam muito rápido do ponto ideal de colheita”, o que indica ser mais fibrosa. “A cultivar tradicional Garonesa é menos aceita comercialmente, vendida por preços mais baixos, porém apresenta boa adaptabilidade ao local e menor incidência de doenças mesmo no início dos períodos frios”.

A partir dos encontros realizados com agricultores da APAN-FÉ foi possível discutir e apresentar conhecimentos básicos a respeito de sistema de reprodução vegetal, a diferença no comportamento de populações alógamas e autógamias, e liberação (resgate) de variabilidade genética oriunda do cruzamento entre as cultivares contrastantes. Foram apresentadas práticas de hibridação controlada entre cultivares de feijão-vagem nos campos de produção, onde os agricultores e agricultoras parceiros do projeto tiveram a oportunidade de realizar os cruzamentos.

No Dia de campo “Canteiro da diversidade genética”, os produtores puderam comprovar visualmente a existência de variabilidade genética comparando o fenótipo das plantas da geração F_2 . Também perceberam a possibilidade de seleção para uniformização das características desejáveis ao longo dos ciclos de autofecundação, avaliando o fenótipo de plantas de progênies $F_{2.5}$, comparadas com as plantas da geração F_2 .

O hábito de crescimento é uma característica contrastante entre os genitores, sendo a HX3000 de crescimento indeterminado e Novirex de crescimento determinado. A observação do hábito de crescimento das plantas F_2 permitiu confirmar que a característica é monogênica, com dominância do hábito indeterminado, pois do total de 269 plantas avaliadas, 179 apresentaram crescimento indeterminado e 98 crescimento determinado, resultando em uma relação próxima de 2:1, segregação esperada, neste caso (RAMALHO et al., 2012). Rodrigues et al. (1998), também detectaram efeitos de dominância para altura de planta ao analisar efeitos gênicos atuantes em dialelo envolvendo cinco genitores de hábito determinado.

Por conseguinte, Mariguele et al. (2008), estudando o controle genético da qualidade da vagem em cruzamento de feijão-vagem e feijão-comum, avaliaram o comprimento, formato e teor de fibra das vagens e concluíram que há alelos dominantes que tendem a aumentar o comprimento da vagem, mas há também alelos dominantes que atuam para diminuir o comprimento.

Os resultados das análises de gerações (CRUZ, 2013) do cruzamento ‘HX3000’ x ‘Novirex’ (Tabela 1), revelaram que a cultivar HX3000 apresenta médias das características relacionadas à produção, número de vagens por planta (NV), produção total das vagens por planta (PTV) em gramas e produtividade de vagens (PV), superiores. Isso provavelmente se deve ao fato de a cultivar HX3000 ser de crescimento indeterminado e a Novirex de crescimento determinado (GOMES et al., 2016).

Tabela 1 - Médias do número de vagens (NV); Produção total de vagens por planta (PTV); produtividade de vagens (PV); peso médio de vagem (PMV); comprimento médio de vagem (CMV); e teor de fibra não solúvel das vagens (TF) em plantas de feijão-vagem das cultivares HX3000 e Novirex, e populações F₁ (HX3000 x Novirex) e F₂ (HX3000 x Novirex). UFLA, Lavras, MG. 2022.

Populações	NV	PTV(g)	PV(t ha ⁻¹)	PMV(g)	CMV(cm)	TF(%)
HX3000	105,9	1024,2	20,48	9,63	17,25	1,65
Novirex	45,2	312	6,24	6,85	18,01	3,88
Média dos parentais	75,55	668,1	13,36	8,24	17,63	2,76
F ₁	153,3	942	18,96	5,91	15	3,12
F ₂	117,18	782,55	15,68	6,69	16,1	2,71

Fonte: Do autor (2022).

Quanto às características relacionadas à qualidade das vagens, verifica-se que a cultivar HX3000 apresenta vagens de melhor qualidade, com menor teor de fibras (TF) não solúvel. Já em relação à característica de comprimento médio das vagens por planta (CMV), as vagens de ambos genitores apresentaram médias semelhantes. O menor teor de fibras (TF) não solúveis é uma característica usada para selecionar cultivares de feijão-vagem, pois as vagens que se apresentam mais macias são também aquelas mais apreciadas pelos consumidores. Esta é

também, segundo Francelino et al. (2011), uma característica que se mantém estável em gerações mais avançadas, já que não sofre influência do ambiente.

A compreensão dos parâmetros genéticos é de grande importância para se conhecer a estrutura genética da população e fazer a inferência da variância genética da mesma. Para realização destes estudos, é importante que se utilizem genitores contrastantes para as diversas características a serem estudadas. Este é um requisito necessário para a obtenção de dados que permitam estimativas de parâmetros genéticos consistentes (BALDISSERA et al., 2014).

De acordo com as médias observadas neste estudo (Tabela 1), à exceção da característica de CMV, cujas médias dos genitores foram bastante semelhantes, para as outras características, o genitor HX3000 apresentou médias que foram superiores às do genitor Novirex em 28,87% para peso médio das vagens por planta (PMV), e 69,54% superior para PTV e PV. Para a característica de TF, esta diferença foi de 57,47% menor para HX3000. Estes valores indicam uma superioridade da cultivar HX3000 em termos de produção e de qualidade de vagens, além de darem um suporte para a realização do estudo.

A média apresentada pela geração F_1 para a característica NV foi superior à média do genitor que apresentou maior valor, a cultivar HX3000. Neste caso, verifica-se a ocorrência de uma interação alélica que resultou no efeito de sobre dominância. A sobre dominância é interessante e pode ser utilizada com vantagens quando o objetivo é o desenvolvimento de cultivares híbridas, por outro lado, quando se trabalha com o objetivo de desenvolvimento de linhagens puras, como é o caso do feijão-vagem, o efeito aditivo tem maior importância. Já para as características de PTV, PV e TF os valores apresentados pela geração F_1 foram superiores às médias dos genitores, e inferiores para as características PMV, CMV (Tabela 1). Neste caso, valores médios da geração F_1 que se situam entre o valor da média dos genitores e o valor de cada um dos genitores indicam a possível ocorrência de dominância parcial do(s) alelo(s) relacionado(s) às características PTV, PV e TF. Desse modo, Silva et al. (2004), destacam que a existência de variabilidade para características *Phaseolus vulgaris* L., resultante da ação de efeitos gênicos aditivos e não aditivos, evidenciam a possibilidade de obtenção de novas cultivares fixadas ou híbridas.

Os valores médios apresentados pelas plantas da geração F_2 também foram superiores às médias dos genitores para as características NV, PTV, PV, embora o PTV e PV sejam inferiores aos valores destas características na cultivar HX3000 (Tabela 1). Mesmo os valores de PMV e CMV em F_2 sendo ligeiramente inferiores aos apresentados pelos parentais, as características então dentro do padrão comercial para o produto (CEAGESP, 2012). A média do TF das plantas F_2 foi inferior à média dos genitores e das plantas F_1 , o que sugere que a

seleção de plantas com vagens menos fibrosas e com boas características produtivas podem ser selecionadas em futuras gerações. Tal resultado vai de encontro com o obtido por Londero et al. (2006) que obtiveram ganho de seleção com característica de teor de fibra em plantas F₂ em populações segregantes de *Phaseolus vulgaris* L, porém visando obter incremento no teor de fibras dos frutos para a produção de grãos.

Em estudos realizados por Francelino et al. (2011), e Krause et al. (2012), consideraram que entre os fenótipos estudados, os que apresentam menor teor de fibras nas vagens são de melhor qualidade para consumo *in natura*. Deste modo, fazer uma seleção prévia de materiais que conciliam boa produtividade e baixo teor de fibras pode servir de base para a seleção de materiais *in situ*, pois, ao iniciar a seleção a partir de plantas F₂, produtivas e com vagens de boa qualidade comercial, as futuras seleções em gerações mais avançadas, realizadas pelos agricultores em seus próprios sítios, passam a ser orientadas a encontrar plantas mais adaptadas ao ambiente, ou seja, mais resistentes aos estresses bióticos e abióticos das lavouras foco do programa de melhoramento (FADDA et al., 2020).

Consciente de que as características que sofrem menor influência ambiental apresentam maiores valores de herdabilidade, e da influência direta que a herdabilidade exerce sobre a variância genotípica a ser herdada mediante o processo de seleção. Comparar estes parâmetros para as características avaliadas permite indicar qual caráter quando avaliado possibilita maior obtenção de indivíduos superiores quando submetidos a uma seleção fenotípica (BALDISSERA et al., 2014).

Ao estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos em plantas de feijão-vagem das populações F₁, F₂ e dos genitores HX3000 e Novirex (Tabela 2), constatou-se que o PMV e NV, dentre as características relacionadas à produção das plantas, foram as que apresentaram maior herdabilidade no sentido amplo, $h_a^2 = 43,93\%$ para PMV e $h_a^2 = 41\%$ para NV. Isso sugere que estes caracteres sofreram menor influência do ambiente que os demais referentes à produtividade, sendo PV com $h_a^2 = 16,55\%$ e PTV com $h_a^2 = 10,93\%$ (Tabela 2).

O NV é uma característica quantitativa com herdabilidade no sentido amplo considerada alta, e que se usada como parâmetro para seleção de fenótipos em um mesmo local, demonstra maior chance de sucesso que PV e PTV, sendo as duas últimas características influenciadas diretamente pelo PMV, outra característica que apresenta alta herdabilidade (Tabela 2). Gomes et al. (2016), comparando genótipos de feijão-vagem iguais em diferentes ambientes, percebeu diferença na quantidade de vagens produzidas (NV) para o mesmo genótipo em locais diferentes e sob diferentes regimes hídrico. Isto ocorre devido a grande maioria das

características quantitativas serem de natureza poligênica e muito influenciadas pelo ambiente (RAMALHO et al., 2012).

Tabela 2 - Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para as características de feijão-vagem relacionadas à produção; número de vagens (NV), produção total de vagens (PTV), produtividade de vagens (PV), peso médio de vagem (PMV), e características relacionadas à qualidade das vagens; comprimento de vagem (CMV) e teor de fibra não solúvel das vagens (TF), nas cultivares HX3000, Novirex e nas populações F1 (HX3000 x Novirex) e F2 (HX3000 x Novirex) UFLA, Lavras, MG. 2022.

Parâmetros	NV	PTV	PV(t há ⁻¹)	PMV(g)	CMV(cm)	TF(%)
Variância fenotípica - $\sigma_{F(F2)}^2$	3.905,14	202.517,87	84,45	2,54	5,21	2,01
Variância ambiental - $\sigma_{m(F2)}^2$	2.300,69	180.384,65	70,47	1,43	1,20	1,06
Variância genotípica - $\sigma_{g(F2)}^2$	1.604,45	22.133,22	13,98	1,12	4,01	0,95
Herdabilidade no sentido amplo - h_a^2	41,08%	10,93%	16,55%	43,93%	77,01%	47,20%
Grau médio de dominância - k_m	2,56	0,77	0,78	-1,68	6,90	-0,32
Ganho por seleção - ΔG	30,67%	8,80%	17,03%	16,09%	15,29%	34,65%
Medida dos efeitos aditivos - [a]	30,35	356,10	7,12	1,39	-0,38	-1,12
Medida dos desvios de dominância - [d]	77,75	273,90	5,6	-2,33	-2,62	0,36

Fonte: Do autor (2022).

No caso apresentado por Gomes et al. (2016), no qual plantas de mesmo genótipo apresentaram NV com diferenças significativas quando cultivadas em diferentes locais. Os autores sugerem que as plantas do ambiente submetido a maior estresse hídrico deixaram de produzir novas flores para priorizar a nutrição dos frutos já em formação. A característica que apresentou maior herdabilidade foi o CMV ($h_a^2 = 77\%$), seguida do TF ($h_a^2 = 47,2\%$), ambos valores considerados altos, assim como a herdabilidade do PMV ($h_a^2 = 43,93\%$). Estes valores revelam que as características CMV, TF e PMV, referentes à qualidade das vagens, sofrem menos influência do ambiente para se expressarem no fenótipo, e sugere a possibilidade de ganhos com a seleção baseada nestes caracteres. Da mesma forma, Krause et al. (2012) sugerem que CMV, TF e PMV podem ser usados como parâmetros fenotípicos de seleção em populações de *Phaseolus vulgaris* L., com grande chance de ganhos, a depender do potencial da população estudada e dos atributos dos frutos que se deseja melhorar.

Ao estimar os graus médios de dominância (k_m) das características PTV, PV e TF, verifica-se pequenas magnitudes, da ordem de 0,77 para PTV; 0,78 para PV e 0,32 para TF, ou seja, os efeitos aditivos são mais significativos. Os efeitos aditivos são desejáveis em programas de melhoramento genético, pois são herdados, e permitem a fixação dos genes durante a seleção de determinadas características, o que facilita os ganhos com a seleção de genótipos (ALVES, 2020).

Os valores dos graus médios de dominância estimados para CMV, NV e PMV foram mais altos, da ordem de 6,9 para CMV; 2,56 para NV e -1,68 para PMV, e indica a existência de sobredominância, o que leva à heterose, mas que no caso de seleção em *Phaseolus vulgaris* L., uma espécie autógama em que os programas de melhoramento genético visam o desenvolvimento de linhagens puras, os efeitos de dominância e/ou sobredominância não tem muita relevância em gerações mais avançadas, pois não serão herdados e dificilmente serão detectados ao longo do processo de seleção (BALDISSERA et al., 2014).

Os efeitos aditivos, juntamente com a herdabilidade alta para a característica NV ($h_a^2 = 41\%$) e TF ($h_a^2 = 47,2\%$), permitem antever a possibilidade de se obter linhagens superiores, a partir de plantas selecionadas com base nestas características (Tabela 2). Resultado semelhante ao apresentado por Krause et al. (2012), que também constatou a predominância de efeitos gênicos aditivos para CMV, TF e altura de planta. Em outro estudo, Silva et al. (2004), sugerem que o NV e o CMV são resultantes de efeitos gênicos aditivos, bem como a característica de PMV.

Desta forma, os maiores valores obtidos para ganho de seleção nos caracteres TF ($\Delta G = 34,65\%$) e NV ($\Delta G = 30,67\%$), confirmam tais características como mais promissoras para serem usadas como referência em um processo de seleção em um mesmo campo de cultivo. Apesar do valor alto para herdabilidade no sentido amplo para o CMV ($h_a^2 = 77,01\%$), esta característica não revela elevado ganho com seleção ($\Delta G = 15,29\%$), pois os genitores foram selecionados com base nas boas características visuais das vagens, e o CMV são semelhantes e com pouca variabilidade entre as populações estudadas.

A seleção de 20% dos fenótipos superiores para cada característica feitas pelo aplicativo GENES (CRUZ, 2013), permitiu selecionar 19 fenótipos que apresentaram boa produtividade e bons atributos nas vagens, sendo quatro deles de crescimento determinado. Com estas sementes F₃ selecionadas, formou-se um *bulk* de sementes selecionadas que foram plantadas em dois sítios em Maria da Fé para que os agricultores continuem o processo de seleção.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vale destacar a importância da integração entre agricultores e pesquisadores, e entre universidade e sociedade para a eficiência desta pesquisa, pois valorizou as potencialidades de cada ator do trabalho, visando sempre superar as dificuldades um do outro. Esta complementariedade ficou evidente nas etapas de cruzamentos entre cultivares (hibridações) e na seleção *in-situ*.

As hibridações foram onde os agricultores apresentaram maior dificuldades, visto que é uma etapa que exige bastante treinamento, principalmente por se trabalhar com flores pequenas e delicadas. Porém, estas hibridações foram realizadas por alunos do curso de Pós-graduação em Agronomia da UFLA, e fizeram parte da formação destes profissionais. Estes alunos tiveram a oportunidade de colocar em prática conhecimentos adquiridos em sala de aula em uma pesquisa com e para a sociedade, contribuindo para superar os desafios do melhoramento participativo durante sua qualificação profissional.

Por outro lado, como já foi destacado ao longo do trabalho, o maior desafio do pesquisador/melhorista é selecionar cultivares que atendam às necessidades de cada agricultor. Já os agricultores possuem facilidade de selecionar as melhores plantas para seus sítios, pois eles conhecem melhor que ninguém o agroecossistema onde produz. Portanto, são as pessoas mais indicadas para direcionar as pesquisas em seleções de cultivares para ambientes específicos.

Figura 2 – Agricultores e pesquisadores durante um dia de campo em Maria da Fé - MG.



Fonte: Do autor (2022).

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos junto aos agricultores valorizam suas experiências e os encorajam na busca por conhecimentos técnicos e científicos sobre melhoramento de plantas, conhecimentos antes visto por eles como exclusivos de grandes empresas ou instituições de pesquisa.

É possível inferir que os produtores poderão ter sucesso com a seleção a ser realizada, mediante o melhoramento genético participativo, para a obtenção de nova cultivar de polinização aberta de feijão-vagem.

Há variabilidade genética para a característica de teor de fibra não solúvel das vagens em plantas F_2 (HX3000 x Novirex), e esta característica apresenta alta herdabilidade, permitindo que seja explorada pelos agricultores no processo de seleção participativa visando a obtenção de uma nova cultivar de feijão-vagem, com melhor produtividade e qualidade de frutos, portanto mais valorizada comercialmente.

Há possibilidade de seleção de uma nova cultivar de feijão-vagem adaptada às condições de cultivo em sistema orgânico, possibilitando ampliar o período de plantio desta hortaliça em Maria da Fé.

AGRADECIMENTOS

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

Agradecemos à CAPES pela concessão da bolsa de doutorado, ao CNPq pelo apoio financeiro à realização do trabalho, à Universidade Federal de Lavras pela disponibilidade do corpo docente e da estrutura física para realização de parte do trabalho e, em especial, à APAN-FÉ que inspirou a pesquisa, nos abriu as suas portas em uma acolhida hospitaleira típica dos agricultores do sul de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEKINDERS, C. J. M., ELINGS, A. Collaboration of farmers and breeders: Participatory crop improvement in perspective. **Euphytica**, v. 122, n. 3, 2001, p. 425-438.
- ALVES, V. A. C. Análise genética do teor de flavonoides totais e atividade antioxidante em alface. **Dissertação (Mestrado em Biotecnologia)** – Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas - MG, 2020. 76 p.
- ANTUNES, I. F., FEIJÓ, C. T., SILVA, P. M., NORONHA, A. D. H., BEVILAQUA, G. A. P., KUBO, R. R. Crioulização, recrioulização e seus efeitos sobre a agrosociobiodiversidade. In PEREIRA, C. P., DAL SOGLIO, F. K. **A Conservação das sementes crioulas: uma visão interdisciplinar da agrobiodiversidade**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Editora da UFRGS, 2020. 558 p.
- BALDISSERA, J. N. da C., VALENTINI, G., COAN, M. M. D., GUIDOLIN, A. F., COIMBRA, J. L. M. Fatores genéticos relacionados com a herança em populações de plantas autógamas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 13, n. 2, 2014, p. 181-189. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5632>. Acesso em: 25 jan. 2022.
- CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo, Centro de Qualidade em Horticultura. **N842 - Normas de Classificação: Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura**, São Paulo - SP, v. 10, n. 1, 2012. 6 p. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/vagem.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2022.
- CRUZ, C. D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. Maringá - SC. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, 2013, p. 271-276.
- DA FONSECA RIBEIRO, C. O. Congelamento, resfriamento e conservação de sementes de abóbora (*Cucurbita moschata* Dusch), feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) obtidas de manejo biodinâmico. **Dissertação (Mestrado em agricultura orgânica)** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2017. 72 p.
- FADDA, C., MENGISTU, D. K., KIDANE, Y. G., DELL'ACQUA, M., PÈ, M. E., VAN ETTEN, J. Integrating conventional and participatory crop improvement for smallholder agriculture using the Seeds for Needs Approach: a review. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 2020.
- FRANCELINO, F. M. A., GRAVINA, G. A., MANHÃES, C. M. C., CARDOSO, P. M. R., ARAÚJO, L. C. Avaliação de linhagens de feijão-de-vagem para as regiões Norte e Noroeste Fluminense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, 2011, p. 554-562. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1002/574>. Acesso em: 25 jan. 2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e estados: Mariada Fé: dados 2010**. Rio de Janeiro: Ed. IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/maria-da-fe.html>. Acesso em: 10 mar. 2022.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas do Brasil 1981-2010**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 10 mar. 2022.

KRAUSE, W., RODRIGUES, R., LEAL, N. R. Capacidade combinatória para características agronômicas em feijão-de-vagem. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, 2012, p. 522-531.

LONDERO, P. M. G., RIBEIRO, N. D., CARGNELUTTI FILHO, A., RODRIGUES, J. DE A., ANTUNES, I. F. Herdabilidade dos teores de fibra alimentar e rendimento de grãos em populações de feijoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, n. 1, 2006, p. 51-58. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000100008>. Acesso em: 25 jan. 2022.

MACHADO, A. T., SANTILLI, J., MAGALHÃES, R. **A agrobiodiversidade com enfoque agroecológico: implicações conceituais e jurídicas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Técnica, 2008. 98 p.

MARIGUELE, K. H., MALUF, W. R., GOMES, L. A. A., LOPES, M. J. C., MELO, O. D. Controle genético da qualidade da vagem em cruzamento de Feijão-Vagem x Feijão-Comum. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 1, 2008. p. 47-52. Disponível em <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000100007>. Acesso em: 25 jan. 2022.

MOREIRA, V. R. DA R. Desafios da produção de sementes de hortaliças em associações de agricultores orgânicos e biodinâmicos no sul de Minas Gerais. **Dissertação (Mestrado Profissional em Desenvolvimento Sustentável e Extensão)** Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2017. 121 p.

PAULA JUNIOR, T. J., PINTO, C. M. F., SILVA, M. B., NIETSCHE, S., CARVALHO, G. A., FALEIRO, F. G. Resistência de genótipos de feijão-vagem à antracnose, mancha-angular e ferrugem. Viçosa - MG. **Ceres**, v. 45, n. 258, 1998, p. 171-181.

PEREIRA, C. P., DAL SOGLIO, F. K. A conservação da agrobiodiversidade: mais além da Biologia da Conservação. In _____. **A Conservação das sementes crioulas: uma visão interdisciplinar da agrobiodiversidade**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, Editora da UFRGS, 2020. 558 p.

PINTO, C. M. F., VIEIRA, R. F., VIEIRA, C., CALDAS, M. T. Idade de colheita do feijão-vagem anão cultivar Novirex. **Horticultura Brasileira**. v. 19, n. 2. 2001, p. 163-167. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362001000200015>. Acesso em: 16 jan. 2022.

RAMALHO, M. A. P., SANTOS, J. B., PINTO, C. A. B. P., SOUZA, E. A., GONÇALVES, F. M. A., SOUZA, J. C. **Genética na agropecuária**. 5 Ed. ver. Lavras - MG: UFLA, 2012.

REBOITA, M. S., RODRIGUES, M., SILVA, L. F., ALVES, M. A. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais (Climate aspects in Minas Gerais). **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 17, dez. 2015. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/41493>>. Acesso em: 15 mar. 2022. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41493>.

RODRIGUES, R., LEAL, N. R., PEREIRA, M. G. Análise dialética de seis características agronômicas em *Phaseolus vulgaris* L. **Bragantia**, v. 57, 1998, p. 241-250.

SAPUCCI, C., REBOITA, M. S., CARVALHO, V. S. B., MARTINS, F. B. Condições meteorológicas associadas com a ocorrência de geadas na Serra da Mantiqueira, região

sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, ano 14, nov. 2018. Edição especial. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60948/36760>. Acesso em: 10 mar. 2022.

SHELTON, A. C., TRACY, W. F. Participatory plant breeding and organic agriculture: a synergistic model for organic variety development in the United States. **Elementa: Science of the Anthropocene**, Berkeley, v. 4, 2016, p. 1-12.

SILVA, A. W. B. Obtenção de sementes crioulas em sistemas de produção de base ecológica: uma experiência compartilhada a partir do melhoramento participativo da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* var. *annuum* L.). **Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2021. 201 p.

SILVA, M. P., AMARAL JÚNIOR, A. T., RODRIGUES, R., DAHER, R. F., LEAL, N. R., SCHUELTER, A. R. Análise dialética da capacidade combinatória em feijão-de-vagem. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, 2004, p. 277-280.

SILVA, S., DE SOUZA, D. C., ROSADO, R. D. S., GOMES, L. A. A. Caracterização de progênies de alface obtidas por meio do melhoramento genético participativo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 2, 2021, p. 214-222. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/23214>. Acesso em: 22 de jan. 2022.

SPERLING, L., ASHBY, J. A., SMITH, M. E., WELTZIEN, E., MCGUIRE, S. A framework for analyzing participatory plant breeding approaches and results. **Euphytica**, v. 122, n. 3, 2001, p. 439-450.