



FERNANDA STARK DE ALMEIDA DELGADO

**POTENCIAL DE LINHAGENS ELITE DE FEIJÃO DO TIPO
COMERCIAL CARIOCA**

LAVRAS - MG

2021

FERNANDA STARK DE ALMEIDA DELGADO

**POTENCIAL DE LINHAGENS ELITE DE FEIJÃO DO TIPO
COMERCIAL CARIOCA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Vinícius Quintão Carneiro.

Orientador

Prof. Dr. Tiago de Souza Marçal

Coorientador

LAVRAS – MG

2021

FERNANDA STARK DE ALMEIDA DELGADO

**POTENCIAL DE LINHAGENS ELITE DE FEIJÃO DO TIPO
COMERCIAL CARIOCA**

**POTENTIAL OF ELITE COMMON BEAN LINES OF THE “CARIOCA”
COMMERCIAL TYPE**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 18 de novembro de 2020.

Dr. Vinícius Quintão Carneiro UFLA
Dr. Tiago de Souza Marçal UFLA
Dra. Elaine Aparecida de Souza UFLA

Prof. Dr. Vinícius Quintão Carneiro.

Orientador

LAVRAS – MG

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Thelmer e Tânia, por todo amor, apoio, companheirismo e ensinamentos.

À minha irmã, Nathalia, pelo amor, ajuda e companheirismo.

Ao meu namorado, Francisco, pelo companheirismo, carinho, amor e ajuda em todos os desafios.

Aos meus amigos, por toda a parceria ao longo deste caminho.

Aos meus professores, em especial meu orientador Prof. Dr. Vinícius Quintão Carneiro, pelo profissionalismo, pela orientação, atenção e ajuda.

Aos meus colegas do grupo do Feijão, por todo apoio, parceria e ensinamentos.

A Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Biologia e setor de Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade em realizar esse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio.

Aos funcionários e técnicos da Universidade Federal de Lavras, por toda ajuda e contribuição para a realização deste trabalho.

Ao Núcleo de Estudos em Genética e Melhoramento de Plantas (GEN) e Núcleo de Estudos em Sementes (NESEM), por todo o crescimento e ensinamentos.

Aos meus familiares, por todo apoio e amor.

E a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

RESUMO

O Brasil é o principal produtor e consumidor de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), em especial do tipo comercial carioca, que representa cerca de 70% da produção do País. Deste modo, é imprescindível que os programas de melhoramento nacionais desenvolvam linhagens de feijão desse tipo comercial que atendam os interesses dos produtores e também dos consumidores. Este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de linhagens elite de feijão-comum do tipo comercial carioca, desenvolvidas pelo programa de melhoramento da Universidade Federal de Lavras, a fim de selecionar algumas para compor o ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) no Estado de Minas Gerais. Com este intuito, avaliou-se 31 linhagens de feijão carioca e cinco testemunhas quanto a produtividade de grãos, aspecto comercial dos grãos, arquitetura de plantas e resistência aos patógenos de ocorrência natural no campo. Foram conduzidos três experimentos no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da UFLA nas safras “seca” e “águas” de 2020 e “seca” de 2021. O delineamento adotado em todos os experimentos foi de blocos casualizados com três repetições e parcelas de duas linhas de quatro metros. Foram realizadas análises individuais e conjunta de variância para os caracteres avaliados, assim como um teste de Scott-Knott para comparação das médias das linhagens. Diferenças significativas foram detectadas entre as médias das linhagens para todos os caracteres e, portanto, foi possível identificar linhagens superiores para a maioria dos caracteres avaliados. As linhagens MAXVIII – 65, MAXVIII-101 e CXVII-6 e UFLA 2019-20 se destacaram para os principais caracteres de importância agrônômica, ou seja, tem potencial para compor o próximo ensaio de VCU. Entretanto, nenhuma apresentou simultaneamente todos os fenótipos de interesse, o que justifica a recombinação destas com o intuito de originar novas linhagens superiores.

Palavras chave: Melhoramento Genético, *Phaseolus vulgaris* L., seleção, ensaio multi ambientes.

ABSTRACT

Brazil is the main producer and consumer of common bean (*Phaseolus vulgaris L.*), especially the commercial type “carioca”, which represents about 70% of the country's production. Thus, it is essential that national breeding programs develop bean lines that meet the interests of producers and consumers alike. This work aims to evaluate the potential of elite lines of common bean of “carioca” commercial type, developed by the breeding program of the Federal University of Lavras, in order to select some to compose the Cultivation Value and Use (VCU) trial in the state of Minas Gerais. For this purpose, 31 “carioca” bean lines and five controls were evaluated for grain yield, grain appearance, plant architecture and resistance to naturally occurring pathogens in the field. Three experiments were carried out at UFLA's Center for Scientific and Technological Development in Agriculture in the 2020 “águas”, 2020 “seca” and 2021 “seca” seasons. The design adopted in all experiments was random blocks with three replicates consisting of plots of two lines of four meters. Individual and joint analyzes of variance were performed for the evaluated traits. A Scott-Knott test was also performed to compare the means of the lines. Significant differences were detected between the means of the lines for all traits and, therefore, it was possible to identify superior lines for most of the evaluated traits. Lines MAXVIII – 65, MAXVIII-101, CXVII-6 and UFLA 2019-20 stood out for the main agronomic importance traits, that is, they have the potential to be part of the next VCU trial. However, none presented all the phenotypes of interest simultaneously, which justifies the recombination of these in order to originate new superior lineages.

Keywords: Breeding, *Phaseolus vulgaris L.*, selection, multi-environment test.

Sumário

RESUMO	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1. A cultura do feijoeiro no Brasil.....	8
2.2 Melhoria do Feijoeiro.....	10
2.3 Emprego da Seleção Recorrente no Melhoria do Feijoeiro	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Material Genético e Condução dos Experimentos	15
3.2 Caracteres Avaliados.....	16
3.3 Análises Estatísticas	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5. CONCLUSÃO	34
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das espécies mais importantes para alimentação humana, pois é fonte de proteínas, vitaminas, fibra alimentar e minerais (BLAIR, 2013; BROUGHTON et al., 2003). Em especial, essa cultura tem uma importância alimentar grande no Brasil, pois constitui a base da alimentação nacional, apresentando um consumo per capita (15 kg/hab/ano) elevado (EMBRAPA ARROZ e FEIJÃO, 2019). Além disso, o cultivo do feijoeiro também é responsável pela geração de emprego durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, que pode ser cultivada em até três safras no ano (GUIMARÃES; DE SOUZA, 2019; HOLTZ et al., 2018).

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão comum (FAO, 2008). Entretanto, a média nacional de produtividade da cultura é 1.498 kg.ha⁻¹, valor considerado baixo quando comparado com cultivos irrigados, nos quais é possível alcançar valores superiores a 3000 kg.ha⁻¹ (EMBRAPA ARROZ e FEIJÃO, 2021). O feijão do tipo comercial carioca é preferido em todo o território nacional, cerca de 70% de todo o consumo é deste grupo comercial (CARNEIRO et al., 2012). Devido a essa maior preferência, os programas de melhoramento de feijão do país dedicam-se, especialmente, ao desenvolvimento de novas cultivares desse tipo (MELO et al., 2006; CARNEIRO et al., 2012).

No registro nacional de cultivares do Ministério da Agricultura e Agropecuária (MAPA) estão registradas mais de uma centena de cultivares de feijão carioca (MAPA, 2021). O Estado de Minas Gerais, que é o segundo maior produtor da cultura, dispõe dos Programas de Melhoramento das Universidades Federais de Lavras e de Viçosa. Esses programas se dedicam ao desenvolvimento de novas cultivares que atendam as demandas dos produtores e dos consumidores, e têm alcançado sucesso nesta atividade. As cultivares BRSMG Madrepérola (CARNEIRO et al., 2012), BRSMG Uai (RAMALHO et al., 2016), BRSMG Amuleto, BRSMG Zape (MAPA, 2021), entre outras, são exemplos disso. Apesar do grande número de cultivares registradas ainda há demanda por linhagens deste tipo comercial que apresentem elevada produtividade e qualidade comercial dos grãos, arquitetura ereta de plantas que permita a mecanização da colheita, e resistência aos principais patógenos que acometem a cultura.

A qualidade comercial dos grãos é fator decisivo na aceitação das novas cultivares de feijão carioca. Uma das principais demandas dos produtores e dos consumidores é que as novas cultivares apresentem coloração mais clara e escurecimento tardio do tegumento dos grãos. Feijões com tegumentos escurecidos são associados a grãos velhos e de difícil cozimento, que

por sua vez possuem baixo valor comercial. Outra demanda dos produtores de feijão carioca é que as cultivares apresentem plantas com arquitetura ereta que facilite a colheita mecanizada. Cultivares como BRSMG Uai (RAMALHO et al., 2016) e BRS Estilo (MELO et al., 2010) destacam-se quanto a este fenótipo. Entretanto, poucas são aquelas que agregam arquitetura ereta de plantas e grãos claros com escurecimento tardio.

Uma das principais estratégias empregadas no melhoramento do feijão carioca é a seleção recorrente. Essa é frequentemente adotada pelo programa de melhoramento de feijão da UFLA no desenvolvimento de linhagens de feijão carioca (AMARO et al., 2007; COSTA et al., 2019; RAMALHO et al., 2005; REZENDE et al., 2014; SILVA et al., 2007; SILVA et al., 2010). A avaliação preliminar dessas linhagens em diferentes ambientes, com o intuito da seleção das melhores para compor o VCU, é essencial. Assim é possível identificar aquelas que possuem ampla adaptabilidade e estabilidade de produção sob diferentes condições de cultivo. Tal particularidade aliada a elevada qualidade comercial dos grãos, arquitetura ereta de plantas e resistência a patógenos aumenta as chances dessas serem recomendadas. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de linhagens elite de feijão carioca, desenvolvidas pelo programa de melhoramento da Universidade Federal de Lavras, afim de selecionar algumas para compor o ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) no Estado de Minas Gerais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A cultura do feijoeiro no Brasil

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) possui uma importância que ultrapassa o aspecto econômico, por seu papel como elemento fundamental de segurança alimentar, nutricional e cultural na culinária de diversos países, sobretudo nos países em desenvolvimento da América do Sul, América Central e sudoeste da África. O feijão representa uma das principais fontes de proteína, vitaminas (por exemplo, A, C, tiamina e folato), fibra alimentar e minerais biologicamente importantes como o Ca, Mg, K, Cu, Fe, Mg e Zn (BLAIR, 2013; BROUGHTON et al., 2003). Além disso, os seus grãos apresentam alto teor de lisina, um aminoácido essencial deficiente no arroz. Esse cereal, por sua vez, é rico em aminoácidos sulfurados, e a complementariedade entre os dois alimentos forma a base da alimentação brasileira (BLAIR et al., 2009; DE RON et al., 2016; PETRY et al., 2015; DI PRADO et al., 2019). Apesar de se observar uma redução no consumo de feijão nos últimos anos no país, o

consumo per capita do brasileiro segue flutuando em torno de 15 kg/hab/ano, que ainda é considerado elevado (BORÉM; CARNEIRO, 2006; WANDER; CHAVES, 2011).

O Brasil é o maior produtor e consumidor de feijão comum no Mundo. Esta cultura tem grande potencial produtivo e importância no país pois pode ser cultivada em praticamente todo o território nacional. Comparando-se a área plantada em 1985 com a de 2020 houve uma redução considerável. No entanto, a produção se manteve crescente, com 2,37 milhões de toneladas produzidas na safra 2019/2020 (EMBRAPA ARROZ e FEIJÃO, 2021). Isso se deve ao incremento da produtividade de grãos, que passou de 514 kg.ha⁻¹ em 1985 para 1498 kg.ha⁻¹ em 2020 (EMBRAPA ARROZ e FEIJÃO, 2021). Contudo, há relatos de produtores brasileiros que alcançam produtividades superiores a 3000 kg.ha⁻¹ (GUIMARÃES; DE SOUZA, 2019; HOLTZ et al., 2018). No cenário nacional os Estados que representam a maior produção são o Paraná, seguido por Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia, os quais representam cerca de 68% do total produzido no país (CONAB, 2020).

O estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor nacional de feijão no Brasil. Na safra 2020/2021, foram produzidas 553,4 mil toneladas em uma área de 315,2 mil ha, com produtividade média de 1755 kg.ha⁻¹ (EMBRAPA ARROZ e FEIJÃO, 2021). A maior produção de feijão comum do tipo carioca no Estado concentra-se nas Regiões Noroeste, Sul, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (SILVA e WANDER, 2018). O plantio nessas regiões é realizado em grande escala, com emprego de altos níveis de tecnologia e insumos nas lavouras. Dentre elas, a adoção de irrigação por aspersão via pivô central, que favorece o cultivo do feijoeiro na terceira safra e permite a inserção da cultura em sistema de plantio direto, em rotações e sucessões de cultura (SILVA e WANDER, 2018). Tais fatores fazem com que o feijão se torne uma cultura competitiva e atraia grandes investimentos em infraestrutura e maquinário (SILVA e WANDER, 2018).

O cultivo do feijoeiro no Brasil é comumente realizado durante todo o ano. De forma geral, a produção concentra-se em três safras bem definidas: a primeira safra, ou “safra das águas”, (semeadura entre outubro e novembro), a “safra da seca” ou de segunda época, (semeadura entre fevereiro e março) e a terceira safra, também chamada de safra de “outono-inverno”, (semeadura entre os meses de abril e julho) (BARBOSA; GONZAGA, 2012). Na safra de “outono-inverno”, é necessário fazer o uso da irrigação, dado as condições climáticas de baixa precipitação.

Grande parte da produção brasileira é realizada por agricultores familiares, voltado principalmente para a subsistência com baixo uso de insumos externos, que, conseqüentemente,

resulta em uma produtividade média baixa, cerca de 1498 kg.ha⁻¹ (EMBRAPA ARROZ e FEIJÃO, 2021). No outro segmento estão os empresários rurais que adotam altos níveis de tecnologia, como irrigação e controle eficiente de pragas e doenças (ASSUNÇÃO et al., 2017; GUIMARÃES; DE SOUZA, 2019; HOLTZ et al., 2018; PAULA JÚNIOR et al., 2010; SILVA e WANDER, 2013). Nessas áreas a produtividade média pode exceder os 3000 kg.ha⁻¹ (BORÉM; CARNEIRO, 2015; HOLTZ et al., 2018).

Diferentes tipos de feijão comum são cultivados no Brasil e podem ser classificados pelo seu tipo comercial em branco, preto e cores (carioca, vermelho, jalo, mulatinho, roxo e rosinha) (BALDONI; TEIXEIRA; SANTOS, 2002; VIEIRA et al., 2005; SOUZA et al., 2013). O feijão carioca é o mais consumido e produzido em todo o território nacional e representa 70% da produção. Devido a esta maior preferência pelo tipo carioca, a maior parte dos programas de melhoramento de feijão do país visam principalmente o desenvolvimento de novas cultivares desse tipo comercial (BOTELHO et al., 2010; COSTA et al., 2010; CUNHA et al., 2005; MELO et al., 2006; RAMALHO et al., 2005a; SILVA et al., 2007). Os outros tipos comerciais são consumidos de forma regional. Nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul e leste do Paraná, Rio de Janeiro, sudeste de Minas Gerais e sul do Espírito Santo o feijão preto é preferido pelos consumidores, já o feijão vermelho é majoritariamente consumido na Zona da Mata em Minas Gerais (FERREIRA et al., 2010).

2.2 Melhoramento do Feijoeiro

As principais estratégias de melhoramento utilizadas na cultura do feijoeiro se enquadram em três categorias: a introdução de linhagens superiores desenvolvidas pelos programas de melhoramento do país ou do exterior; a utilização da variabilidade natural disponível no material em uso pelos agricultores; e uso de variabilidade oriunda de cruzamentos artificiais (hibridação) (RAMALHO et al., 1993).

A hibridação é a principal estratégia no melhoramento de plantas, e tem como objetivo reunir alelos favoráveis que estão distribuídos em diferentes genitores. O seu emprego é rotina nos programas de melhoramento de feijão e tem sido a principal fonte de novas linhagens do feijoeiro (VIEIRA et al., 2005; MELO et al., 2006; ROCHA, 2008; COUTO et al., 2008). Na condução de um programa de melhoramento por hibridação, deve-se dar atenção às seguintes etapas: escolha dos genitores, realização dos cruzamentos e obtenção das populações segregantes e a escolha do método de condução destas populações.

A utilização de algum critério na escolha dos genitores é indispensável para se melhorar a eficiência do programa de hibridação. Quando o caráter de seleção é qualitativo, a escolha dos genitores é facilitada. Uma estratégia utilizada pelos melhoristas de plantas nesta condição é o retrocruzamento. Vários exemplos de sucesso são relatados na literatura visando a resistência à doenças na cultura do feijoeiro (AZALTE-MARIN et al., 2005; COSTA et al., 2007; SINGH; SCHWARTZ, 2010). Exemplo de sucesso é o trabalho conduzido por Costa et al. (2007), no Programa de Melhoramento do Feijoeiro do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO), da Universidade Federal de Viçosa, com emprego da piramidação de alelos de resistência à antracnose, ferrugem e mancha angular em linhagens de feijão dos tipos comerciais carioca, vermelho e preto. A cultivar BRS Pioneiro desenvolvida por este instituto foi obtida pelo método dos retrocruzamentos com auxílio de marcadores moleculares para identificar plantas resistentes. Essa cultivar apresenta resistência a vários isolados de antracnose e ferrugem (MOREIRA et al., 2005).

Quando se trata de caráter quantitativo, esta escolha de genitores é mais difícil. O desempenho *per se*, a diversidade genética dos potenciais genitores e os cruzamentos dialélicos são exemplos de metodologias que podem ser utilizadas para esta finalidade (CRUZ et al., 2012; RAMALHO et al., 2012). Para o feijoeiro, em que há grande exigência quanto ao tipo de grão, têm-se limitações em utilizar linhagens muito divergentes nos cruzamentos. Neste caso, a população irá segregar para muito genes, inclusive para os relacionados ao grão, e dificilmente será possível obter linhagens que acumulem todos os alelos favoráveis para esse caráter (RAMALHO et al., 1993).

Uma vez escolhidos os genitores, estes devem ser cruzados para obtenção das populações segregantes. Existem algumas maneiras de se promover os cruzamentos (simples, duplo, triplo e múltiplo) e a escolha da melhor opção nem sempre é de fácil decisão. Os cruzamentos são, em geral, realizados entre genitores cujas características de interesse são complementares e necessárias para solucionar os problemas que ocorrem em uma determinada região. A grande dificuldade no melhoramento de plantas autógamas é encontrar dois genitores que reúnam todos os fenótipos de interesse. Assim, a alternativa seria os cruzamentos múltiplos. Porém, há restrições quanto à utilização deste tipo de cruzamento, pois quanto maior o número de genitores envolvidos na obtenção da população, maior será o número de ciclos de cruzamentos necessários, e maior deve ser o tamanho da população F₁. Carneiro et al. (2002), ao avaliar diferentes tipos de cruzamentos de feijão, destacaram que quando os melhoristas têm objetivos bem definidos e condições de avaliar as populações segregantes para identificar as de

melhor potencial, o emprego de cruzamentos simples e duplos é mais vantajoso que a utilização de cruzamentos múltiplos, já que estes demandariam mais trabalho e tempo para obtenção da população.

O passo seguinte após a hibridação é conduzir as populações segregantes à homozigose. Para isso, existem diferentes métodos, e a escolha de qual deve ser usado está ligada a fatores ambientais, eficiência, natureza da herança do caráter sob seleção e disponibilidade de infraestrutura (RAPOSO et al., 2000). Esses métodos são agrupados em duas categorias, aqueles que não separam as fases de endogamia e seleção, ou seja, os métodos genealógicos e massal. E aqueles que separam essas duas fases, isto é, a seleção só é iniciada após a maioria dos locos estarem em homozigose, são eles os métodos bulk, bulk dentro de progênes e o single seed descent (SSD) ou single pod descent (SPD). Moreira et al. (2010) destaca que os métodos de condução de populações segregantes mais empregados pelos programas de melhoramento do feijoeiro são o genealógico, bulk e SPD. Entretanto, observa-se que em programas de seleção recorrente o método do bulk dentro de progênes tem sido extensivamente empregado para obtenção de linhagens (PIRES et al., 2014; LEMOS et al., 2020).

A etapa final de um programa de melhoramento é a avaliação das linhagens desenvolvidas por esse em ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Esses são realizados com o objetivo de obter o valor agrônômico de linhagens candidatas a cultivares em condições de cultivo. Os experimentos são então conduzidos de acordo com normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, que determinam que as linhagens devem ser avaliadas em pelo menos três locais distintos, durante pelo menos dois anos nas três safras de cultivo. Para a realização de ensaios VCU em Minas Gerais foi firmado um convênio entre os principais programas de melhoramento de feijão do estado: Embrapa, UFV, UFLA e Epamig. Os ensaios são conduzidos por dois anos nas respectivas regiões de cada programa, com linhagens provenientes destas instituições. Várias cultivares já foram recomendadas para o estado de Minas Gerais por este convênio. Exemplos são BRSMG Amuleto, BRSMG Uai, BRSMG Madrepérola, BRSMG Talismã, BRSMG Majestoso, entre outras.

Observa-se que nem sempre é possível associar na intensidade desejada, em uma única cultivar, as expressões fenotípicas dos caracteres em seleção, visando solucionar os problemas de uma única vez. Esse fato evidencia que o melhoramento deve ser realizado por etapas. Nesse caso, a alternativa seria promover a seleção recorrente, ou seja, ciclos sucessivos de seleção e intercruzamento dos melhores indivíduos ou das melhores famílias (GERALDI, 2005).

2.3 Emprego da Seleção Recorrente no Melhoramento do Feijoeiro

A maioria dos caracteres de importância para o melhoramento de plantas apresentam herança quantitativa. Assim, para se obter sucesso com a seleção faz-se necessário que o melhoramento seja realizado por etapas, ou seja, em vários ciclos seletivos (RAMALHO et al., 2012; BORÉM e MIRANDA, 2013). Além disso, devido ao sistema de reprodução das espécies autógamas, com as sucessivas autofecundações, há o isolamento das progênes e dos indivíduos dentro das progênes, não sendo possível aproveitar os alelos que estão em diferentes indivíduos, a não ser pelo intercruzamento entre eles (RAMALHO et al., 2012).

Vários são os argumentos para se empregar a seleção recorrente no melhoramento visando caracteres quantitativos (FOUILLOUX e BANNEROT, 1988; BERNARDO, 2010; RAMALHO et al., 2001 e GERALDI, 2005). Entre estes argumentos estão a obtenção de maior variabilidade genética obtidos dos intercruzamentos; a oportunidade para a ocorrência de recombinações devido aos intercruzamentos sucessivos; o aumento das frequências dos alelos favoráveis devido ao processo repetitivo de seleção, recombinação e a facilidade para incorporação de novos genitores na população.

A seleção recorrente consiste em um processo cíclico de melhoramento que envolve basicamente três etapas: obtenção da população base, avaliação e seleção a nível de indivíduo ou de progênes e a recombinação dos melhores. Trata-se de um sistema dinâmico que visa aumentar gradativamente a frequência de alelos favoráveis na população para um ou mais caracteres de interesse agrônômico sem perda da variabilidade genética. É um método de acúmulo de vantagens, visto que a cada ciclo os indivíduos superiores são recombinados (RAMALHO et al., 2001; GERALDI, 2005).

A primeira etapa da seleção recorrente consiste na obtenção da população base, que garante o sucesso em curto, médio e longo prazo. Nesta etapa, os genitores são escolhidos de forma que se associe alta média e a maior variabilidade genética possível (RAMALHO et al., 2012). Assim, devem ser escolhidas como genitores do programa de seleção recorrente linhagens e, ou, cultivares mais adaptadas às condições de cultivo e de diferentes origens. Linhagens pouco adaptadas podem aumentar a variabilidade, porém reduzem a média populacional.

A segunda etapa é a avaliação e seleção dos melhores indivíduos/progênes a serem utilizados na recombinação. A seleção pode ser realizada de duas maneiras: no âmbito de indivíduo, também denominada seleção fenotípica ou massal; e seleção no âmbito de progênes, na qual se utiliza a população estruturada em progênes endogâmicas (RAMALHO et al., 2012).

Para caracteres com herdabilidade alta a seleção pode ser realizada visualmente, ou seja, realiza-se a seleção fenotípica individual. A seleção recorrente fenotípica tem sido utilizada para alguns caracteres em plantas autógamas, como resistência à antracnose (COSTA et al., 2019), resistência à mancha-angular (ARANTES et al., 2010; AMARO et al., 2007, NAY et al., 2019), arquitetura de plantas (PIRES et al., 2014) e para precocidade (SILVA; RAMALHO; ABREU, 2007). Entretanto, a seleção recorrente fenotípica por ser baseada exclusivamente no fenótipo dos indivíduos da população, essa nem sempre é efetiva. Para caracteres quantitativos, como a produtividade de grãos, a seleção visual tem se mostrado ineficiente (PATIÑO e SINGH, 1988).

A seleção recorrente baseada na avaliação de progênies permite que o melhorista realize a seleção baseada em avaliações realizadas em experimentos com repetições, conduzidos em diferentes ambientes. Essa estratégia tem sido usada para alguns caracteres na cultura do feijoeiro, como a produtividade e aspecto de grão (MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008; RAMALHO; ABREU; SANTOS, 2005; SILVA et al., 2010), precocidade, aspecto de grão e produtividade (REZENDE JÚNIOR et al., 2016), resistência à mofo branco (LEITE et al., 2016); arquitetura de plantas (ANJOS et al., 2018), produtividade, arquitetura e aspecto de grão para o tipo vermelho (FREITAS et al., 2012; MELO et al., 2016; MENEZES JÚNIOR et al., 2008; MENEZES JÚNIOR, 2011).

A última etapa da seleção recorrente consiste na recombinação dos melhores indivíduos/progênies. Existem alguns esquemas de cruzamentos para esta etapa como, por exemplo os dialelos circulantes, em que os genitores participam em pelo menos dois cruzamentos, o que reduz o número de cruzamentos a serem efetuados. Uma alternativa que tem sido utilizada com sucesso no feijoeiro é a metodologia proposta por Bearzoti (1997).

Para o feijoeiro, a seleção recorrente tem sido empregada com sucesso, visando o melhoramento para vários caracteres. Ramalho et al. (2005) ao avaliar a eficiência do quarto ciclo programa de SR visando a obtenção de linhagens de feijão com alta produtividade e aspecto comercial de grãos observou um progresso genético anual de 5,7% e 10,5%, respectivamente. Silva et al. (2010) ao avaliar a eficiência do oitavo ciclo programa de SR visando a obtenção de linhagens de feijão com alta produtividade observou um progresso genético de 3,3% por ciclo.

Após oito ciclos de seleção recorrente fenotípica visando resistência a mancha angular no melhoramento do feijoeiro da UFLA, Arantes et al. (2010) obtiveram ganhos satisfatórios para resistência a esta doença. Amaro et al. (2007), ao avaliar cinco ciclos de seleção recorrente

visando à resistência à mancha angular, obtiveram estimativa de ganho de 6,4% por ciclo e uma resposta indireta na produção de grãos de 8,9%. Mesmo após 18 ciclos de seleção recorrente do programa da UFLA, a seleção tem sido eficiente, com progresso para resistência à mancha angular de 1,35% e a resposta na produtividade de grãos de 0,88% por ciclo, em condições de incidência natural da doença (MIRANDA et al., 2019).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material Experimental e Condução dos Experimentos

Um total de 35 linhagens de feijão do tipo comercial carioca foram avaliadas em três experimentos conduzidos no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situado a 919 metros de altitude, 21°14' de latitude Sul e 45° de longitude Oeste. Dentre estas, 31 são linhagens elite do programa de melhoramento da UFLA e quatro são as testemunhas BRS Pérola, BRSMG Talismã, Carioca e Carioca MG (TABELA 1). O delineamento adotado para os experimentos foi de blocos casualizados com três repetições e parcelas de duas linhas de quatro metros, espaçamento de 0,60m entre linhas e 0,20m entre plantas.

Tabela 1- Linhagens elite do programa de melhoramento da UFLA e testemunhas avaliadas nos experimentos conduzidos nas safras “seca” e “águas” de 2020 e “seca” de 2021.

ID	LINHAGEM	OBJETIVO DO PROGRAMA DE MELHOERAMENTO
1	UFLA 2017-1	
2	UFLA 2017-2	
3	UFLA 2017-3	
4	UFLA 2017-4	
5	UFLA 2017-9	
6	UFLA 2017-6	
7	UFLA 2017-8	
8	UFLA 2019-13	ASPECTO DOS GRÃOS ¹
9	UFLA 2019-14	
10	UFLA 2019-15	
11	UFLA 2019-16	
12	UFLA 2019-17	
13	UFLA 2019-8	
14	UFLA 2019-19	
15	UFLA 2019-20	
16	CXVII-1	
17	CXVII-6	
18	CXVII-8	PRODUTIVIDADE DE GRÃOS ²

19	CXVII-12	
20	CXVII-14	
21	CXVII-20	
22	CXVII-24	
23	CXVII-29	
<hr/>		
24	MAXVIII-101	
25	MAXVIII-24	
26	MAXVIII-91	
27	MAXVIII-32	
28	MAXVIII-94	MANCHA ANGULAR ³
29	MAXVIII-65	
30	MAXVIII-119	
31	MAXVIII-60	
<hr/>		
32	BRSMG TALISMÃ	
33	CARIOCA	
34	BRS PEROLA	TESTEMUNHA
35	CARIOCA MG	

¹: Cruzamentos envolvendo a cultivar BRSMG Madrepérola; ²: Programa de seleção recorrente da UFLA visando produtividade de grãos; ³: Programa de seleção recorrente da UFLA visando resistência a *Pseudocercospora griseola*, agente causador da mancha angular.

Os experimentos foram conduzidos nas safras “seca” e “águas” de 2020 e “seca” de 2021. Na safra “seca” de 2020 as linhagens foram avaliadas quanto a produtividade de grãos (kg.ha⁻¹), porte, acamamento, altura média do dossel, severidade de mancha angular e crestamento bacteriano, e coloração de grãos após a colheita, 60 e 90 dias após a primeira avaliação. Já na safra “águas” de 2020 foram avaliados somente produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) e coloração de grãos após a colheita, 60 e 90 dias após a primeira avaliação, enquanto que na safra “seca” de 2021 foram avaliados além destes caracteres a severidade de crestamento bacteriano, o aspecto de grãos e a massa de 100 grãos.

3.2 Caracteres Avaliados

- I. Produtividade:** massa em gramas das duas linhas da parcela e extrapolados para kg.ha⁻¹ ;
- II. Altura média do dossel:** Coletou-se a altura de três pontos aleatórios na parcela com uma fita métrica e foi determinada a média desses valores.
- III. Porte:** O porte foi avaliado por meio de uma escala de notas de 1 a 9 (Melo et al., 2009), conforme tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Características consideradas na avaliação do porte das plantas segundo Melo et al. (2009).

Comprimento das Guias	
Guias	Comprimento
Guias curtas	< de 20cm
Guias Intermediárias	20 a 60 cm
Guias longas	> 60 cm
Altura da extremidade da vagem em relação ao solo	
Vagens	Altura
Vagens altas	> 15 cm
Vagens intermediárias	10 a 15 cm
Vagens baixas	< 10 cm
Ângulo de inserção das ramificações primárias	
Ramificações	Ângulo
Ramificações muito fechadas	< 10 graus
Ramificações fechadas	10 a 30 graus
Ramificações intermediárias	31 a 50 graus
Ramificações abertas	51 a 70 graus
Ramificações muito abertas	71 a 90 graus

Tabela 3 - Critérios de avaliação da escala de notas utilizada para porte segundo Melo et al. (2009).

Nota	Especificação
1	Guias curtas, vagens altas e ramificações muito fechadas
2	Guias curtas, vagens altas e ramificações fechadas
3	Guias curtas, vagens intermediárias e ramificações fechadas
4	Guias curtas, vagens intermediárias e ramificações intermediárias
5	Guias curtas, vagens baixas e ramificações intermediárias ou guias curtas, vagens baixas e ramificações abertas
6	Guias intermediárias, vagens baixas e ramificações abertas
7	Guias intermediárias, vagens baixas e ramificações muito abertas
8	Guias longas, vagens baixas e ramificações muito abertas
9	Trepador

IV. Acamamento: A avaliação foi realizada por meio da escala de notas de 1 a 9 (Melo et al., 2009) conforme a tabela 4.

Tabela 4 - Escala de notas utilizada na avaliação de acamamento conforme Melo et al. (2009).

Nota	Descrição (% de plantas acamadas)
1	0%;
2	1 a 10%;
3	11 a 20%;
4	21 a 40%;
5	41 a 60%;
6	61 a 70%;
7	71 a 80%;
8	81 a 90%;
9	91 a 100%;

V. Arquitetura de plantas: a arquitetura de plantas foi avaliada utilizando uma escala descritiva, variando de 1 a 9 (TABELA 2), proposta por Collicchio et al. (1997):

Tabela 5 - Escala de notas utilizada na avaliação da arquitetura de planta, conforme Collicchio et al. (1997).

Nota	Especificação
1	Hábito I ou II, planta ereta uma haste e inserção alta das primeiras vagens
2	Hábito I ou II, planta ereta, com uma guia curta
3	Hábito I ou II, planta ereta, com algumas ramificações
4	Hábito I ou II, planta ereta, com algumas guias longas
5	Hábito II ou III, planta ereta, com muitas ramificações e tendência à prostrada
6	Hábito II ou III, planta semiereta, pouco prostrada
7	Hábito III, planta semiereta, pouco prostrada
8	Hábito III, prostrada
9	Hábito III, planta com internódios longos, muito prostrada

VI. Severidade de mancha-angular: a severidade de mancha-angular foi avaliada utilizando uma escala com nove graus, proposta por Pastor-Corrales e Jara (1995), conforme descrita a seguir: 1- plantas sem sintomas de doenças; 2- presença de até 3% de lesões; 3- presença de até 5% de lesões foliares, sem esporulação do patógeno; 4- presença de lesões esporuladas cobrindo 10% da área foliar; 5- presença de várias lesões esporuladas entre 2 e 3 mm, cobrindo 10-15% da área foliar; 6- presença de numerosas lesões esporuladas, maiores que 3 mm, cobrindo entre 15-20% da área foliar; 7- presença de numerosas lesões esporuladas, maiores que 3 mm, cobrindo entre 20-25% da área foliar, 8- presença de numerosas lesões esporuladas, maiores que 3 mm, que cobrem entre 25-30% da área foliar; e 9- sintomas severos da doença, resultando em queda prematura de folhas e morte da planta.

VII. Severidade de Crestamento Bacteriano Comum: a severidade de crestamento bacteriano comum foi avaliada em campo (ocorrência natural do patógeno *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*), utilizando-se a escala de notas, conforme proposto por Schoonhoven & Pastor Corrales (1987), com notas também variando de 1 a 9, sendo: 1- sem sintomas visíveis, 3- Aproximadamente 2% da superfície foliar coberta com poucas e pequenas lesões. As vagens geralmente não apresentam lesões. 5- Aproximadamente 5% da superfície foliar ficam cobertas com pequenas lesões que começam a coalescer e em alguns casos são cercadas por um halo amarelo resultando em manchas menores. Lesões nas vagens são pequenas e não são coalescentes. 7- Aproximadamente 10% da superfície foliar ficam com médias e grandes lesões acompanhadas pelo halo amarelo e necrose. Lesões nas vagens são grandes e coalescentes e, frequentemente, mostram exsudatos bacteriano. 9- Mais que 25% da superfície foliar com grande coalescência e, geralmente, lesões necróticas resultando na desfolhação. Lesões nas vagens coalescentes e por extensivas áreas, exibindo abundante exsudação bacteriana e, às vezes, causa a má formação e aborto das vagens.

VIII. Coloração dos grãos: a avaliação foi realizada com base na análise de imagens de uma amostra de 100 grãos de cada parcela. Foram obtidas imagens de cada parcela em três momentos: após a colheita, 60 dias após a primeira avaliação e 90 dias após a primeira avaliação, conforme Silva (2021). As imagens da safra “seca” de 2020 foram capturadas no Laboratório de Imagens (LAS-UFLA) do Setor de Sementes do Departamento de

Agricultura da Universidade Federal de Lavras, por meio do equipamento GroundEye®, modelo S800. Já as imagens da safra “águas” de 2020 foram obtidas com uma câmera digital Canon EOS 60D, em um estúdio fotográfico adaptado no Laboratório de Fenômica do Departamento de Biologia. Foi determinado, por meio de análises computacionais, o valor de pixel mais frequente dos tegumentos dos grãos no canal L (luminosidade) no sistema de cor Lab. As análises de imagens foram realizadas com emprego da biblioteca OPENCV da linguagem Python.

IX. Aspecto de grãos: foi avaliado segundo a escala de notas que varia de 1 a 5, conforme Ramalho et al. (1998) (TABELA 6).

Tabela 6 - Descrição da escala de notas utilizada para avaliação de aspecto dos grãos.

Nota	Descrição
1	Típico grão Carioca: cor creme com estrias marrom-claras, fundo claro, sem halo, peso médio de 100 sementes de 22 a 24g, grãos não achatados;
2	Grão tipo Carioca com deficiência em uma das características mencionadas no padrão;
3	Grão tipo Carioca com deficiência em duas das características mencionadas no padrão;
4	Grão tipo Carioca com deficiência em três características mencionadas no padrão;
5	Grão creme com estrias marrom-escuras, fundo escuro, com halo, peso médio de 100 sementes menor que 22g, grãos achatados.

X. Massa de 100 grãos: Mediu-se com uma balança de precisão a massa em gramas de uma amostra contendo 100 grãos de cada parcela.

3.3 Análises Estatísticas

Os dados dos experimentos de avaliação das linhagens quanto as características mensuradas foram submetidos à análise individual de variância. Foi adotado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + l_i + b_j + e_{ij}$$

no qual: Y_{ij} é o valor observado na parcela que recebeu a linhagem i no bloco j ; μ é a média (constante) associada a todas observações; l_i é o efeito fixo da linhagem i ; b_j é o efeito

aleatório do bloco j ; e_{ij} é o erro aleatório experimental associado à observação Y_{ij} . Para os caracteres cujo o efeito de linhagem foi significativo, foi utilizado um teste de Scott –Knott (1974) para comparar as médias das linhagens avaliadas.

No intuito de avaliar a coloração e o escurecimento do tegumento dos grãos das linhagens e também a interação linhagens por épocas de avaliação foi realizada uma análise conjunta de variância para cada um dos experimentos das safras “seca” e “águas” de 2020, conforme o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + B/E_{jk} + l_i + E_k + l_i x E_k + e_{ijk},$$

em que, Y_{ijk} é o valor observado na parcela que recebeu a linhagem i no bloco j da época k ; μ é a média associada a todas observações; B/E_{jk} é o efeito aleatório aninhado do bloco j na época k ; l_i é o efeito fixo da linhagem i ; E_k é o efeito fixo da época k ; $l_i x E_k$ é o efeito fixo da interação da linhagem i com a época k ; e_{ijk} é o erro aleatório experimental associado à observação Y_{ij} . As médias das linhagens tanto a nível de experimento quanto a nível de média de experimentos foram submetidas a um teste de Scott –Knott (1974).

Os dados de produtividade de grãos nos três experimentos foram submetidos a análise conjunta de variância conforme o seguinte modelo:

$$Y_{ijm} = \mu + b/a_{jm} + l_i + a_m + l_i x a_m + e_{ijm},$$

em que, Y_{ijm} é o valor observado na parcela que recebeu a linhagem i no bloco m do ambiente m ; μ é a média associada a todas observações; b/a_{jm} é o efeito aleatório aninhado do bloco j no ambiente m ; l_i é o efeito fixo da linhagem i ; A_m é o efeito fixo do ambiente m ; $l_i x A_m$ é o efeito fixo da interação da linhagem i com o ambiente m ; e_{ijm} é o erro aleatório experimental associado à observação Y_{ijm} . Para os efeitos que foram significativos nesta análise foi realizado o teste de Scott -Knott (1974).

Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software genes (CRUZ, 2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises individuais de variância revelaram efeito de linhagens significativo ($P < 0,01$) para todas as características em todos os experimentos (TABELAS 7, 8 e 9). Tal fato evidencia que pelo menos uma das linhagens difere das demais para estes caracteres nos experimentos. Na safra “seca” de 2020, os coeficientes de variação oscilaram de 1,95% a 26,76% (TABELA 7), enquanto que na safra “águas” de 2020 (TABELA 8), os valores de CV variaram de 1,85% a 17,39%. Já na safra “seca” de 2021 foram obtidos CVs entre 5,10% e 19,86% (TABELA 9).

Os valores de coeficiente de variação encontrados para a maioria dos caracteres não ultrapassaram 20%. As exceções foram os caracteres de porte e acamamento, na safra “seca” de 2020, que apresentaram valores de 24,64% e 26,76% (TABELA 5), respectivamente. Entretanto, os CVs obtidos para todos os caracteres estão dentro dos padrões relatados na literatura para a cultura do feijoeiro (ANJOS et al., 2018; MENEZES JÚNIOR et al., 2016). Além disso, a maioria deles foi inferior ao CV máximo (25%) permitido pelo MAPA nos ensaios de VCU (BRASIL, 2006), o que configura uma boa precisão experimental.

Destacam-se os baixos valores de CV obtidos para as avaliações de imagens da coloração do tegumento dos grãos, em ambas as safras avaliadas, o que realça a elevada precisão desta avaliação. Silva (2021) relata que a avaliação por imagens da coloração dos grãos reduz cerca de quatro vezes o valor de CV, se comparado com a avaliação tradicional, que é realizada com a escala de notas proposta por Silva et al. (2007). Portanto, o emprego de imagens para avaliação da coloração e escurecimento do tegumento dos grãos tem se demonstrado mais precisa do que a avaliação convencional, a qual é comumente empregada nos programas de melhoramento.

Tabela 7 - Resumo da análise individual de variância da avaliação das linhagens na safra “seca” 2020 quanto a produtividade de grãos em kg.ha⁻¹ (Prod.), porte, altura média do dossel (Altura), acamamento (Acam.), severidade de mancha angular (M.A.), severidade de crestamento bacteriano (C.B.), e coloração de grãos após a colheita (MP0), 60 (MP60) e 90 dias após a primeira avaliação (MP90).

F.V.	G.L.	Q.M								
		Prod.	Porte	Altura	Acam.	M.A.	C.B.	MP0	MP60	MP90
Blocos	2	609693,28	3,84	27,01	1,44	0,47	0,49	19,78	48,86	14,93
Trat.	34	317470,56**	7,16**	71,67**	6,02**	9,73**	3,02**	621,81**	753,24**	871,89**
Resíduo	68	151838,33	1,34	13,77	2,12	0,58	0,89	10,8	20,64	19,36
Média	-	2067,90	4,70	50,49	5,45	3,88	5,53	168,18	160,79	160,20
CV(%)	-	18,84	24,64	7,35	26,76	19,72	17,02	1,95	2,83	2,75
Limite Inferior	-	1240,28	2,70	43,30	2,70	2,00	3,70	113,30	110,00	109,00
Limite superior	-	2752,78	8,00	60,60	8,00	7,00	7,70	180,00	178,70	176,00

*e ** Significativo, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; F.V, fonte de variação; G.L., grau de liberdade; Q.M., quadrado médio; MP0: moda dos valores de pixels dos grãos no canal L após a colheita; MP60: moda dos valores de pixels dos grãos no canal L após 60 dias da primeira avaliação; MP90: moda dos valores de pixels dos grãos no canal L após 90 dias da primeira avaliação.

Tabela 8 - Resumo da análise individual de variância da avaliação das linhagens na safra “águas” de 2020 quanto a produtividade de grãos em kg.ha⁻¹ (Prod.), coloração de grãos após a colheita (MP0), 60 (MP60) e 90 dias após a primeira avaliação (MP90).

F.V.	G.L.	Q.M.			
		Prod.	MP0	MP60	MP90
Blocos	2	109213,67	20,87	6,01	94,64
Trat.	34	354818,32**	402,08**	461,51**	533,46**
Resíduo	68	87116,67	17,07	9,24	13,64
Média	-	1697,34	164,18	163,96	161,63
CV(%)	-	17,39	2,52	1,85	2,28
Limite inferior	-	815,28	129,70	131,30	129,70
Limite superior	-	2244,44	179,70	180,70	178,70

*e ** Significativo, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; F.V, fonte de variação; G.L., grau de liberdade; Q.M., quadrado médio; MP0: moda dos valores de pixels dos grãos no canal L após a colheita; MP60: moda dos valores de pixels dos grãos no canal L após 60 dias da primeira avaliação; MP90: moda dos valores de pixels dos grãos no canal L após 90 dias da primeira avaliação.

Tabela 9 - Resumo da análise individual de variância da avaliação das linhagens na safra “seca” de 2021 quanto a produtividade de grãos em kg.ha⁻¹ (Prod.), arquitetura de plantas (Arq.), severidade de crestamento bacteriano (C.B.), aspecto de grãos (Asp. Grãos) e massa de 100 grãos em gramas (M. 100 G).

F.V.	G.L.	Q.M.				
		Prod.	Arq.	C.B.	Asp. Grãos	M. 100 G
Blocos	2	592795,93	1,84	5,60	0,38	9,91
Trat.	34	178180,0**	6,31**	2,19**	2,18**	11,23**
Resíduo	68	78632,17	0,97	0,83	0,11	2,11
Média	-	1412,04	5,45	6,43	2,61	28,46
CV(%)	-	19,86	18,04	14,13	12,76	5,10
Limite inferior	-	841,67	3,00	5,00	1,17	24,56
Limite superior	-	1843,05	8,67	8,34	5,00	31,94

*e ** Significativo, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; F.V, fonte de variação; G.L., grau de liberdade; Q.M., quadrado médio.

A busca por linhagens com plantas adaptadas a colheita mecanizada é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento do feijoeiro. Neste trabalho na safra “seca” de 2020, o grupo com altura média do dossel mais elevada foi composto por 10 linhagens e a cultivar Carioca MG (TABELA 10). As linhagens com melhor porte foram alocadas no grupo com notas inferiores a 4,3. Neste grupo foram alocadas 18 linhagens e a cultivar Carioca MG. Já quanto ao acamamento, foram alocadas 17 linhagens e a cultivar Carioca MG no grupo com

nota para este caráter inferior a 5,3, que é o grupo com menores notas. Tais resultados evidenciam o sucesso no desenvolvimento de linhagens adaptadas a colheita mecanizada. Pires et al. (2014) em trabalho desenvolvido pelo programa de melhoramento do feijoeiro da UFLA observou que o programa de seleção recorrente massal para porte ereto obteve um progresso genético de 1,62% por ciclo para o caráter porte, evidenciando a possibilidade de sucesso com a seleção para essa característica. Outro exemplo de sucesso foi o desenvolvimento da cultivar BRSMG Uai (RAMALHO et al., 2016) que possui plantas adaptadas a colheita mecanizada. Cultivar esta obtida do programa de seleção recorrente descrito por Pires et al. (2014). As linhagens deste trabalho com a sigla UFLA 2019 foram obtidas do cruzamento entre BRSMG Uai e BRSMG Madrepérola, cujo o objetivo seria obter linhagens com elevada qualidade comercial dos grãos e arquitetura ereta de plantas.

Na safra “seca” de 2021, foi observado que o grupo com melhor arquitetura de plantas foi composto por 14 linhagens e a cultivar Carioca MG. Grupo este com notas para este caráter inferiores a 4,7. Portanto, observou-se nas safras “seca” de 2020 e seca de “2021” linhagens com potencial similar a cultivar Carioca MG, que é a testemunha referência quanto a caracteres relacionados a arquitetura de plantas, ou seja, foi possível observar linhagens adaptadas a colheita mecanizada. Destaca-se as linhagens MAXVIII-65, CXVII-6, MAXVIII-60 e UFLA 2017-6 que apresentaram notas de porte, acamamento e arquitetura de plantas igual ou inferior a 4.

Tabela 10 - Média das linhagens quanto altura média do dossel (Altura), porte, acamamento (Acam.) na safra “seca” de 2020 e arquitetura de plantas (Arq.) na safra “seca” de 2021.

Linhagens	“Seca” 2020			“Seca” 2021
	Altura	Porte	Acam.	Arq.
MAXVIII-65	60,6 a	2,7 a	3,3 a	3,7 a
CXVII-6	59,4 a	2,7 a	3,0 a	3,7 a
MAXVIII-101	58,9 a	2,7 a	4,3 a	3,0 a
MAXVIII-91	57,2 a	3,3 a	5,0 a	4,3 a
MAXVIII-60	56,7 a	3,3 a	4,0 a	3,3 a
CARIOCA MG	56,1 a	3,3 a	4,7 a	4,3 a
UFLA 2019-20	55,6 a	3,3 a	4,3 a	4,3 a
UFLA 2017-2	55,6 a	3,0 a	3,0 a	4,7 a
UFLA 2019-17	55,0 a	3,7 a	5,0 a	5,3 b
MAXVIII-24	55,0 a	3,3 a	4,3 a	4,0 a
CXVII-8	53,9 a	5,0 b	7,0 b	4,3 a
UFLA 2017-6	51,7 b	2,7 a	2,7 a	4,0 a

CXVII-24	51,1	b	4,0	a	5,0	a	5,0	b
MAXVIII-119	50,6	b	4,0	a	4,0	a	4,7	a
UFLA 2017-9	50,6	b	4,7	a	5,3	a	5,3	b
UFLA 2019-19	50,0	b	5,7	b	6,7	b	5,7	b
UFLA 2017-4	50,0	b	3,3	a	4,3	a	4,3	a
UFLA 2019-15	49,4	b	3,3	a	4,3	a	6,7	c
CXVII-14	49,4	b	5,7	b	6,7	b	4,7	a
CXVII-20	49,4	b	5,3	b	6,0	b	5,7	b
CXVII-29	48,9	b	5,7	b	5,7	b	6,0	c
BRS PEROLA	48,3	b	7,0	c	7,0	b	7,3	d
UFLA 2019-13	47,8	b	4,0	a	5,3	a	6,0	c
BRSMG TALISMA	47,8	b	6,0	b	6,7	b	5,3	b
CXVII-1	47,2	b	6,7	c	6,3	b	7,0	c
MAXVIII-32	46,7	b	4,3	a	6,3	b	4,3	a
MAXVIII-94	46,7	b	5,0	b	5,7	b	5,7	b
UFLA 2019-14	46,1	b	4,3	a	5,7	b	6,7	c
CXVII-12	46,1	b	5,3	b	5,7	b	5,7	b
UFLA 2019-8	45,0	b	7,0	c	6,3	b	6,3	c
UFLA 2017-8	45,0	b	8,0	c	8,0	b	7,3	d
UFLA 2017-1	44,4	b	5,7	b	7,0	b	7,3	d
UFLA 2017-3	44,4	b	6,3	b	7,0	b	8,7	d
UFLA 2019-16	43,3	b	6,3	b	7,0	b	8,0	d
CARIOCA	43,3	b	7,7	c	8,0	b	8,0	d

Linhagens com letras iguais na coluna são alocados no mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Todas as linhagens alocadas no grupo com menores notas médias para severidade de mancha angular obtiveram valores médios inferiores a 3 (TABELA 11), e, portanto, podem ser consideradas resistentes a *P. griseola*. Cerca de 53% dos genótipos pertencentes a esse grupo são oriundas do programa de seleção recorrente visando resistência a mancha angular, conduzido na Universidade Federal de Lavras, o que justifica a grande proporção de médias baixas para essa característica. Os programas de melhoramento de feijão têm grande interesse em obter cultivares resistentes a esse patógeno, pois ele está amplamente presente no campo e gera grandes prejuízos às lavouras. Diversos estudos já comprovaram a eficiência deste programa de seleção recorrente visando resistência a mancha angular, como observado por Miranda et al. (2019) que constataram um progresso genético por ciclo de 1,35%, ao avaliar progênies do programa de seleção recorrente da UFLA visando resistência a esse patógeno.

Os experimentos conduzidos na “seca” de 2020 e de 2021 apresentaram elevada incidência de crestamento bacteriano no campo. As médias destes experimentos quanto a severidade desta doença foram de 5,53 e 6,43. Além disso, as notas das linhagens quanto a este caráter foram superiores a 3,7 e 5,0 na safra “seca” de 2020 e de 2021 (TABELA 11), o que

revela que todas as linhagens e testemunhas avaliadas não são resistentes ao crestamento bacteriano. Portanto, verifica-se a necessidade de se conduzir um programa de melhoramento visando a resistência a esta doença. Duncan et al. (2007) e Melo et al. (2019) observaram sucesso da seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro visando resistência ao crestamento bacteriano.

Tabela 11 - Média das linhagens quanto a severidade de mancha angular (M.A.) e crestamento bacteriano (C.B.0.) na safra “seca” de 2020 e crestamento bacteriano (C.B.1.) na safra “seca” de 2021.

Linhagem	“Seca” 2020		“Seca” 2021
	M.A.	C.B.0.	C.B.1.
CXVII-6	2,0 a	5,0 b	6,3 a
CXVII-29	2,0 a	5,3 b	7,0 b
MAXVIII-101	2,0 a	5,7 b	6,0 a
MAXVIII-32	2,0 a	5,7 b	5,3 a
MAXVIII-94	2,0 a	5,3 b	5,3 a
MAXVIII-65	2,0 a	4,0 a	5,3 a
MAXVIII-60	2,0 a	5,0 b	6,0 a
UFLA 2019-20	2,3 a	7,3 c	8,3 c
CXVII-1	2,3 a	5,3 b	6,7 b
CXVII-12	2,3 a	5,7 b	7,0 b
CXVII-14	2,3 a	5,3 b	6,7 b
MAXVIII-24	2,3 a	3,7 a	6,0 a
MAXVIII-119	2,3 a	4,0 a	5,7 a
MAXVIII-91	2,7 a	4,7 a	6,7 b
UFLA 2017-4	2,7 a	4,0 a	8,0 c
CXVII-20	3,0 b	6,3 c	7,0 b
CXVII-24	3,0 b	4,0 a	5,7 a
CXVII-8	3,3 b	5,3 b	5,7 a
BRS PÉROLA	3,3 b	6,0 b	7,7 c
UFLA 2017-3	3,7 b	5,7 b	7,0 b
UFLA 2019-16	4,0 b	7,0 c	6,0 a
UFLA 2017-8	4,3 c	7,7 c	7,7 c
CARIOCA MG	4,3 c	5,7 b	6,7 b
UFLA 2019-8	4,7 c	7,3 c	8,3 c
UFLA 2019-19	5,0 c	6,0 b	6,7 b
UFLA 2017-2	5,7 d	4,3 a	6,0 a
UFLA 2019-17	6,0 d	5,3 b	6,7 b
UFLA 2017-9	6,0 d	7,3 c	6,7 b
CARIOCA	6,0 d	5,7 b	6,7 b
UFLA 2019-15	6,3 d	6,0 b	5,0 a

BRSMG TALISMÃ	6,3 d	6,0 b	5,7 a
UFLA 2019-14	6,7 d	5,0 b	6,3 a
UFLA 2017-6	6,7 d	5,7 b	5,7 a
UFLA 2019-13	7,0 d	5,7 b	5,7 a
UFLA 2017-1	7,0 d	5,7 b	6,0 a

A qualidade comercial dos grãos é determinante para a aceitação de uma nova cultivar. Na safra “seca” de 2021, as linhagens que apresentaram menores notas médias para o aspecto comercial dos grãos foram UFLA 2019-19 e UFLA 2017-8, com médias iguais a 1,17 e 1,33 respectivamente. Valores estes muito próximos a nota 1 que é o ideótipo (TABELA 12). Tais linhagens são oriundas de cruzamentos que envolveram a cultivar BRSMG Madrepérola que é considerada referência quanto ao aspecto dos grãos.

A massa de 100 grãos é outra característica importante relacionada a qualidade comercial. Grãos mais graúdos são preferidos pelos consumidores. Na safra “seca” de 2021, as médias para essa característica variaram de 24,56g a 31,94g (TABELA 12). Observou-se que 17 linhagens foram alocadas no grupo com maiores médias para este caráter. Todas as linhagens deste grupo apresentaram médias superiores 28,59g. Cerca de 29% das linhagens avaliadas apresentaram médias superiores a 30g. As linhagens UFLA 2019-19 e UFLA 2017-8 além de possuírem aspecto comercial dos grãos ideal também apresentam elevada massa de 100 grãos e, portanto, destacaram-se quanto a qualidade comercial.

Tabela 12 – Médias das linhagens na safra da seca 2021 quanto a aspecto de grãos (Asp. Grãos) e massa de 100 grãos em gramas (M. 100 G).

Linhagem	Aspecto dos Grãos	M.100 G
UFLA 2019-19	1,17 a	29,95 a
UFLA 2017-8	1,33 a	29,91 a
UFLA 2019-8	1,67 b	29,66 a
UFLA 2019-20	1,67 b	27,91 b
CXVII- 24	1,67 b	28,67 a
UFLA 2017- 1	1,83 b	26,22 c
UFLA 2017- 3	1,83 b	27,63 b
UFLA 2017- 9	1,83 b	30,31 a
UFLA 2019-13	2,00 b	27,79 b
CXVII-12	2,17 c	29,03 a
MAXVIII-119	2,17 c	26,27 c
UFLA 2017- 4	2,17 c	25,61 c
UFLA 2017- 6	2,17 c	28,07 b
UFLA 2019-14	2,33 c	27,07 b

UFLA 2019-15	2,33 c	27,85 b
UFLA 2017- 2	2,33 c	30,81 a
UFLA 2019-16	2,50 c	26,29 c
UFLA 2019-17	2,50 c	28,59 a
MAXVIII-32	2,50 c	26,55 c
CXVII-8	2,67 c	27,58 b
CXVII- 20	2,67 c	30,89 a
MAXVIII-94	2,67 c	28,26 b
MAXVIII-60	2,67 c	31,01 a
CXVII- 29	2,83 c	31,94 a
CXVII-1	3,00 d	30,91 a
CXVII- 14	3,00 d	29,77 a
CXVII-6	3,25 d	30,04 a
MAXVIII- 24	3,33 d	27,96 b
BRSMG TALISMA	3,47 d	26,33 c
MAXVIII- 101	3,50 d	30,92 a
MAXVIII-91	3,50 d	29,38 a
MAXVIII-65	3,50 d	30,83 a
BRS PEROLA	3,50 d	25,97 c
CARIOCA MG	4,67 e	25,69 c
CARIOCA	5,00 e	24,56 c

Linhagens com letras iguais na coluna são alocados no mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade.

A cor e o escurecimento dos grãos também são importantes critérios quanto a qualidade comercial. Nas análises conjuntas de variância para a cor dos grãos nas três épocas de avaliação em cada safra (“seca” e “águas”) de 2020 foi observado efeito de linhagens significativo (TABELA 13). Na safra “seca” foi constatado efeito significativo para a interação linhagens por épocas de avaliação, enquanto que este efeito não foi significativo na safra “águas”. Dessa forma, para a safra “seca” foi realizado um teste de Scott-Knott para comparar as médias das mesmas linhagens em cada época de avaliação, e também foi realizado o mesmo teste estatístico para comparar as médias das linhagens dentro de cada época de avaliação (TABELA 14). Já para a safra “águas” foi realizado um teste de Scott-Knott para comparar as linhagens na média das três épocas de avaliação (TABELA 14).

Tabela 13 - Resumo da análise conjunta de variância da avaliação quanto a coloração dos grãos das linhagens nas três épocas de armazenamento (após a colheita, 60 e 90 dias) nos experimentos conduzidos nas safras “seca” de 2020 e “águas” 2020.

F.V.	G.L.	Q.M.	
		Seca 2020	Águas 2020
Blocos/Épocas	6	27,8587 ^{ns}	40,5048 ^{**}

Linhagens (L)	34	2175,2704**	1372,2415**
Épocas (E)	2	2076,3167**	208,4984*
LxE	68	35,8380**	12,4036 ^{ns}
Resíduo	204	16,9339	13,3185
Média		163,06	163,26
CV(%)		2,53	2,24

F.V, fonte de variação; GL, grau de liberdade; Q.M., quadrado médio; ** Significativo, a 1% de probabilidade pelo teste F.

Na safra “seca” de 2020, as linhagens mais claras foram alocadas nos grupos com médias superiores a 173, 173 e 172 para MP0, MP60 e MP90, respectivamente. Já na safra “águas” de 2020, as linhagens mais claras na média das três épocas foram alocadas no grupo com valor superior a 174 (TABELA 14). Portanto, pode-se constatar que grãos claros apresentam em média valores no canal L do sistema Lab superiores a 170. De modo geral, as linhagens com grãos mais claros são oriundas de cruzamentos que envolveram a cultivar BRSMG Madrepérola.

Tabela 14 - Médias das linhagens na safra “seca” de 2020 quanto a coloração do tegumento dos grãos após a colheita (MP0), 60 (MP60) e 90 dias (MP90) após a primeira avaliação e média geral das três épocas de avaliação na safra “águas” de 2020.

LINHAGENS	SECA/2020			ÁGUAS/2020
	MP0	MP60	MP90	MP Média
UFLA 2019-20	180,00 A ¹ a ²	176,00 A a	176,00 A a	178,89 a
UFLA 2019-8	180,00 A a	178,67 A a	176,00 A a	178,56 a
UFLA 2017-8	180,00 A a	176,00 A a	176,00 A a	176,00 a
UFLA 2017-1	180,00 A a	176,00 A a	176,00 A a	168,89 b
UFLA 2017-9	178,67 A a	176,00 A a	176,00 A a	179,00 a
UFLA 2019-13	177,33 A a	173,33 A a	176,00 A a	170,89 b
UFLA 2017-3	177,33 A a	176,00 A a	176,00 A a	170,00 b
UFLA 2017-6	176,00 A a	170,67 A b	176,00 A a	176,00 a
UFLA 2019-14	176,00 A a	173,33 A a	176,00 A a	169,11 b
UFLA 2019-19	176,00 A a	173,33 A a	173,33 A a	176,00 a
UFLA 2019-15	176,00 A a	173,33 A a	173,33 A a	174,00 a
CXVII-24	176,00 A a	170,67 A b	173,33 A a	168,22 b
UFLA 2017-2	176,00 A a	170,67 A b	172,67 A a	176,00 a
MAXVIII-91	175,00 A a	160,00 B c	156,33 B c	160,67 c
UFLA 2019-17	173,33 A a	164,00 B c	166,67 B b	168,67 b
CXVII-12	173,33 A a	162,67 B c	164,00 B b	168,44 b
MAXVIII-94	173,33 A a	161,33 B c	158,67 B c	166,67 b
UFLA 2019-16	170,67 A b	168,67 A b	168,00 A b	168,00 b
CXVII-8	170,67 A b	158,00 B c	156,67 B c	158,33 d
CXVII-20	170,67 A b	157,33 B c	151,67 B d	161,67 c
UFLA 2017-4	168,00 A b	168,00 A b	168,00 A b	169,33 b

MAXVIII-24	168,00	A	b	166,67	A	b	164,00	A	b	157,22	d
MAXVIII-119	168,00	A	b	160,00	B	c	161,33	B	c	162,78	c
MAXVIII-60	168,00	A	b	154,67	B	d	154,00	B	d	156,56	d
CXVII-6	168,00	A	b	151,00	B	d	152,67	B	d	154,22	d
CXVII-29	168,00	A	b	153,67	B	d	152,00	B	d	158,00	d
MAXVIII-101	168,00	A	b	151,67	B	d	151,00	B	d	166,56	b
CXVII-14	168,00	A	b	154,67	B	d	151,00	B	d	154,78	d
MAXVIII-32	166,00	A	b	160,50	B	c	156,50	B	c	164,56	c
CXVII-1	162,67	A	b	151,00	B	d	149,33	B	d	156,67	d
MAXVIII-65	160,33	A	b	148,33	B	d	148,67	B	d	152,78	d
BRSMG TALISMÃ	150,67	A	c	148,33	A	d	147,67	A	d	142,11	e
BRS PÉROLA	148,33	A	c	139,00	B	e	134,33	B	e	139,33	e
CARIOCA MG	124,67	A	d	114,00	B	f	109,00	B	f	135,00	f
CARIOCA	113,33	A	e	110,00	A	f	109,00	A	f	130,22	f

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam médias estatisticamente diferentes a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam médias estatisticamente diferentes a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Uma das principais demandas dos produtores de feijão carioca é por cultivares com tegumento claros com escurecimento tardio dos grãos. Ao observar a média de cada linhagem nas três épocas de avaliação na safra “seca” de 2021 pode-se constatar que as linhagens com escurecimento tardio do tegumento dos grãos foram UFLA 2019-20, UFLA 2019-8, UFLA 2017-8, UFLA 2017-1, UFLA 2017-9, UFLA 2019-13, UFLA 2017-3, UFLA 2017-6, UFLA 2019-14, UFLA 2019-19, UFLA 2019-15, CVII-24, UFLA 2017-2, UFLA 2019-16, UFLA 2017-4. As cultivares BRSMG Talismã e Carioca não apresentaram escurecimento ao longo das épocas de avaliação. Entretanto, verificou-se que algumas das linhagens e testemunhas, apesar de não apresentarem escurecimento após o armazenamento, já demonstravam inicialmente tegumento dos grãos mais escuros, como é o caso destas duas cultivares. Portanto, as linhagens que apresentaram grãos claros e com escurecimento tardio foram UFLA 2019-20, UFLA 2019-8, UFLA 2017-8, UFLA 2017-1, UFLA 2017-9, UFLA 2019-13, UFLA 2017-3, UFLA 2017-6, UFLA 2019-14, UFLA 2019-19, UFLA 2019-15, CXVII-24, UFLA 2017-2. Nenhuma das cultivares utilizadas como testemunhas apresentaram tegumento dos grãos claros e escurecimento tardio simultaneamente.

Um aspecto importante foi observado ao comparar as avaliações entre 60 e 90 dias após a primeira avaliação. Constatou-se que na safra “seca” de 2020 todos os valores de MP60 e MP90 de todas as linhagens foram alocadas no mesmo grupo e, portanto, estas avaliações demonstram mesmo comportamento. Tal resultado é um indício de não haver necessidade de

fazer a avaliação de 90 dias, o que reduziria o tempo de armazenamento para avaliação. Entretanto, mais estudos necessitam ser realizados para confirmar tal comportamento.

Nas análises individuais de variância para produtividade de grãos foi observado efeito de linhagens significativo em todos os experimentos (TABELAS 7, 8 E 9). A média dos experimentos foram 2067,90, 1697,34 e 1412,04 nas safras “seca” e “águas” de 2020 e “seca” de 2021, respectivamente. O valor mais baixo da média do experimento conduzido na “seca” de 2021 pode ser explicada pela elevada incidência de crestamento bacteriano que ocorreu nesta safra, na qual a média de severidade da doença foi de 6,43. O efeito da interação linhagens por ambientes não foi significativo na análise conjunta de variância para produtividade de grãos, o que indica que as linhagens se comportaram de forma semelhante nas três safras (TABELA 15). Além disso, foi observado efeito de linhagens significativo nesta análise e, portanto, existe pelo menos uma linhagem com média diferente das demais.

Tabela 15 - Resumo da análise conjunta de variância da avaliação quanto a produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) das linhagens nos experimentos conduzidos nas safras seca e águas de 2020 e seca de 2021.

F.V.	G.L.	Q.M.
Blocos/Ambientes	6	437234,29**
Linhagens (L)	34	565546,33**
Ambientes (A)	2	11354803,60**
LxA	68	142461,27 ^{ns}
Resíduo	204	105862,39
Média	1725,76	
CV(%)	18,85	

F.V, fonte de variação; GL, grau de liberdade; Q.M., quadrado médio; ** Significativo, a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ns: não significativo.

No teste de Scott-Knott para produtividade de grãos, considerando a média das três safras, 16 linhagens e as cultivares BRS Pérola e BRSMG Talismã foram alocadas no grupo com maiores médias quanto a esta característica. Este grupo apresentou médias superiores a $1.740 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (TABELA 16). Ao estimar o progresso genético após oito ciclos de seleção recorrente da UFLA para produtividade de grãos de feijão carioca, Silva et al. (2010) observaram um ganho de 3,1% por ciclo para a característica de produtividade, constatando uma boa eficiência. Essa constatação foi corroborada no presente trabalho, no qual houve predomínio de linhagens oriundas desse programa no grupo com produtividade de grãos mais elevada.

Tabela 16 – Média geral e por safra das linhagens avaliadas quanto a produtividade de grãos (kg/ha) nas safras “seca” e “águas” 2020 e “seca” de 2021.

Tratamentos	Produtividade kg/ha					
	SECA 2020	ÁGUAS 2020	SECA 2021	Média Geral		
CXVII-8	2752,78 a	2226,39 a	1706,94 a	2228,70 a		
CXVII-14	2554,17 a	2244,44 a	1684,72 a	2161,11 a		
CXVII-24	2447,22 a	2019,44 a	1843,05 a	2103,24 a		
BRSMG TALISMA	2155,56 a	2141,67 a	1786,11 a	2027,78 a		
CXVII-29	2459,72 a	2152,78 a	1354,17 b	1988,89 a		
BRS PEROLA	2381,95 a	1905,56 a	1554,17 a	1947,23 a		
CXVII-6	2194,44 a	2244,44 a	1333,33 b	1924,07 a		
MAXVIII-32	2454,17 a	1573,61 b	1731,95 a	1919,91 a		
CXVII-1	2211,11 a	2126,39 a	1361,11 b	1899,54 a		
CXVII-20	2300,00 a	1897,22 a	1487,50 a	1894,91 a		
UFLA 2019-20	2433,33 a	1820,83 a	1366,67 b	1873,61 a		
MAXVIII-65	2291,66 a	1833,33 a	1481,95 a	1868,98 a		
MAXVIII-119	1879,17 b	1973,61 a	1681,95 a	1844,91 a		
MAXVIII-94	2070,84 b	1626,39 b	1744,44 a	1813,89 a		
MAXVIII-101	2018,06 b	1813,89 a	1552,78 a	1794,91 a		
UFLA 2019-8	2255,56 a	1550,00 b	1466,67 a	1757,41 a		
CXVII-12	1859,72 b	1612,50 b	1750,00 a	1740,74 a		
UFLA 2019-13	1738,89 b	1963,89 a	1483,33 a	1728,70 a		
UFLA 2019-19	2484,72 a	1427,78 b	1198,61 b	1703,70 b		
CARIOCA	1973,61 b	1731,94 a	1400,00 b	1701,85 b		
CARIOCA MG	1916,66 b	1940,28 a	1237,50 b	1698,15 b		
MAXVIII-91	2158,33 a	1591,67 b	1241,67 b	1663,89 b		
MAXVIII-24	2215,28 a	1580,56 b	1194,44 b	1663,43 b		
MAXVIII-60	2034,72 b	1515,28 b	1363,89 b	1637,96 b		
UFLA 2019-14	1816,67 b	1541,67 b	1500,00 a	1619,45 b		
UFLA 2019-17	1723,61 b	1780,56 a	1236,11 b	1580,09 b		
UFLA 2017-1	1781,95 b	1547,22 b	1387,50 b	1572,22 b		
UFLA 2017-3	1984,72 b	1219,44 b	1478,89 a	1561,02 b		
UFLA 2017-8	1984,72 b	1316,67 b	1109,38 b	1470,26 b		
UFLA 2019-15	1651,39 b	1438,89 b	1318,05 b	1469,44 b		
UFLA 2017-2	1713,89 b	1361,11 b	1206,25 b	1427,08 b		
UFLA 2017-9	1601,39 b	1309,72 b	1189,58 b	1366,90 b		
UFLA 2017-6	1240,28 b	1440,28 b	1243,05 b	1307,87 b		
UFLA 2019-16	1836,11 b	1122,22 b	891,67 b	1283,33 b		
UFLA 2017-4	1800,00 b	815,28 b	1044,44 b	1219,91 b		

A maioria das linhagens oriundas de cruzamento com a cultivar BRSMG Madrepérola, cujo o objetivo é melhorar a qualidade comercial dos grãos, apresentou nota do aspecto dos grãos inferior a 2,5 (TABELA 12), cor clara e escurecimento tardio do tegumento dos grãos

(TABELA 14). Entretanto, a maioria destas não apresentou desempenho produtivo desejado (TABELA 5). A exceção são as linhagens UFLA 2019-13 e UFLA 2019-20, que foram alocadas no grupo de linhagens com produtividade de grãos mais elevada. Destaca-se esta última linhagem, que além disso, demonstrou apresentar plantas adaptadas a colheita mecanizada e ser resistente a mancha angular.

As linhagens MAXVIII – 65, MAXVIII-101 e CXVII-6 se destacaram por apresentarem elevada produtividade de grãos, plantas adaptadas a colheita mecanizada, resistência a mancha angular e grãos com maior massa de 100 grãos. No entanto, estas linhagens possuem grãos com baixa qualidade comercial devido os tegumentos serem mais escuros. Esse não foi um critério de seleção dos programas de melhoramento de onde vieram tais linhagens, o que justifica essa menor qualidade comercial dos grãos.

Apesar de algumas linhagens se destacarem na avaliação dos experimentos, não foi observada nenhuma linhagem que agregue todos os fenótipos de interesse. Tal objetivo é complexo uma vez que a natureza da herança dos caracteres de importância econômica do feijoeiro é quantitativa. Por isso, os programas de seleção recorrente da UFLA apresentam objetivos específicos. Entretanto, observa-se que estes demonstraram ser muito eficientes para o que foram propostos. Uma estratégia que visa obter linhagens que agregue as vantagens de cada um destes programas é promover a recombinação das melhores linhagens avaliadas de cada um destes, de modo a iniciar um novo programa de seleção recorrente. Assim, seria possível no futuro obter mais linhagens altamente produtivas, adaptadas a colheita mecanizada, com alta qualidade comercial dos grãos e resistentes a mancha angular.

5. CONCLUSÃO

Os programas de seleção recorrente da UFLA demonstraram eficiência na obtenção de linhagens altamente produtivas e resistentes a *Pseudocercospora griseola*, agente causador da mancha angular.

As linhagens MAXVIII – 65, MAXVIII-101 e CXVII-6 se destacaram por apresentarem elevada produtividade de grãos, plantas adaptadas a colheita mecanizada, resistência a mancha angular e grãos com maior massa de 100 grãos.

A linhagem UFLA 2019-20 apresentou elevada produtividade, plantas adaptadas a colheita mecanizada, alta qualidade comercial dos grãos e resistência a mancha angular.

Entretanto, nenhuma linhagem apresentou simultaneamente todos os fenótipos de interesse, o que justifica a recombinação desses com o intuito de originar novas linhagens superiores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. A. S., ANDRADE, D. B., & CARVALHO, M. L. M. Avaliação do vigor de plântulas de cafeeiro utilizando a análise de imagens, Trabalho apresentado no 44º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2018.

ALZATE-MARIN, A. L., CERVIGNI, G. D., MOREIRA, M. A., BARROS, E. G. Seleção assistida por marcadores moleculares visando ao desenvolvimento de plantas resistentes a doenças, com ênfase em feijoeiro e soja. **Fitopatologia brasileira**, v. 30, p. 333-342, 2005.

AMARO G. B.; ABREU A. F. B.; RAMALHO M. A. P.; SILVA F. B. Phenotypic recurrent selection in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with carioca-type grains for resistance to the fungi *Phaeoisariopsis griseola*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 30, p. 584-588, 2007.

ANDRIAZZI, C. V. G., ROCHA, D. K., DE SOUZA, I. C. P., & BICHUETTE, S. A. Evaluation of physiological quality of Corn seeds by GroundEye L800® system. **Revista Agro@ mbiente On-line**, 14, 2020.

ANJOS, R. S. R. D., POERSCH, N. L., BATISTA, L. G., MOURA, L. M., CARNEIRO, J. E. D. S., DIAS, L. A. D. S., & CARNEIRO, P. C. S. Selection for hypocotyl diameter results in genetic gain in common bean plant architecture. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 18(4), 417-425. 2018.

ARANTES, L. O.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M.A.P. Eight cycles of recurrent selection for resistance to angular leaf spot in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 10, n. 4, p. 232-237, 2010.

ARIATI, A. C. **Avaliação do escurecimento do tegumento de genótipos de feijão carioca durante o armazenamento**. 2018. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

BAENZIGER, P. S.; PETERSON, C. J. Genetic variation: its origin and use for breeding self-pollinated species. In: STALKER, H.T. e J.P. MURPHY. **Plant Breeding in the 1990's**. Wallingford, CAB International, p.69-100, 1991.

BALDONI, A. B.; TEIXEIRA, F. F.; DOS SANTOS, J. B. Controle genético de alguns caracteres relacionados à cor da semente de feijão no cruzamento Rosinha X Esal 693. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, p. 1427-1431, 2002.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, p.247, 2012.

BEARZOTI, E. **Simulação de seleção recorrente assistida por marcadores moleculares em espécies autógamas**. Tese (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) -Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. p. 230, 1997.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma, p.390, 2010.

BERNARDO, L. M. **Histórias da luz e das cores**. Porto: Universidade do Porto, Porto, p.101, 2010.

BESPALHOK, F. J. C., GUERRA, E. P. E OLIVEIRA, R. Introdução ao melhoramento de plantas. In F. J. C. Bepalhok, E. P. Guerra e R. Oliveira. **Melhoramento de plantas** (p. 1-9). Curitiba: Editora da UFP. 1999.

BLAIR, M. W., ASTUDILLO, C., GRUSAK, M. A., GRAHAM, R., BEEBE, S. E. Inheritance of seed iron and zinc concentrations in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Molecular Breeding**, v. 23, n. 2, p. 197-207, 2009.

BLAIR M. W., CORTÉS A., PENMETS A. R. V., CARRASQUILLA-GARCIA N., FARMER A., COOK D. Development of high throughput SNP markers for parental polymorphism screening and diversity analysis in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Theor Appl Genet** 126:535–548. 2013.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. Melhoramento de plantas. 4. ed. Viçosa: UFV, p.525, 2005.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T. J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, p. 13-18. 2006.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. Endogamia e Heterose. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: Editora UFV, p. 344-366, 2013.

BORÉM, A. **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, p. 9-15. 2015.

BOTELHO, F. B. S.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; ROSA, H. J. A. Multiline as a strategy to reduce damage caused by *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean. **Journal of Phytopathology**, Online: 28 set. 2010.

BRASIL. Instrução Normativa nº 25 de 23 de agosto de 2006. Anexo I. Requisitos mínimos para determinação do Valor de Cultivo e Uso de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para a inscrição no Registro Nacional de Cultivares. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2006.

BROUGHTON W. J., HERNANDEZ G., BLAIR M.W., BEEBE S. E., GEPTS P, VANDERLEYDEN J. Bean (*Phaseolus* spp.)—model food legumes. **Plant Soil** 252:55–128, 2003.

CARNEIRO, J. E. S.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; GONÇALVES, F. M. A. Breeding potential of single, double and multiple crosses in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 4, p. 515-524, 2002.

CARNEIRO, J. E. S., DA SILVA, L. C., DE PAULA JÚNIOR, T. J., ARAÚJO, G. A. A., CARNEIRO, P. C. S., DEL GIÚDICE, M. P., ... E ABREU, A. de F. B., A. Ouro Vermelho': new red bean cultivar for Minas Gerais, Brazil. **Annual Report-Bean Improvement Cooperative**, v. 49, p. 281, 2006.

CARNEIRO, J.E.S.; ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P.; et al. BRSMG Madrepérola: common bean cultivar with late-darkening Carioca grain. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, 281-284, 2012.

COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 297-304, 1997.

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. v. 7, Safra 2019/2020, n. 4 – Quarto levantamento. p. 1- 104., 2020. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> >. Acesso em: 3 abril 2020.

COSTA, M. R. **Melhoramento de feijões preto e vermelho visando a resistência à antracnose, ferrugem e mancha-angular, com o auxílio de marcadores moleculares**. 2007. 100 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

COSTA, M. R.; TANURE, J. P. M.; ARRUDA, K. M. A.; CARNEIRO, J. E. S.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Development and characterization of common black bean lines resistant to anthracnose, rust and angular leaf spot in Brazil. **Euphytica** Wageningen, v. 176, p. 149-156, 2010.

COSTA, L. C. et al. **Mapeamento de genes de resistência a diferentes isolados de Colletotrichum lindemuthianum e seleção recorrente visando à resistência a antracnose do feijoeiro**. 2019. 109 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

COUTO M. A.; SANTOS J. B.; FERREIRA J. L. Melhoramento do feijoeiro comum com grão tipo carioca, visando resistência à antracnose e à mancha-angular. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1643-1648, 2008.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 4.ed. Viçosa: UFV, p. 514, 2012.

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

CUNHA, W.G.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Selection aiming at upright growth habit common bean with carioca type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, p. 379-386, 2005.

DE RON, A.M. et al. History of the common bean crop: its evolution beyond its areas of origin and domestication. **Arbor Ciencia, Pensamiento y Cultura**, v. 192, n. 779, p. 1–11, 2016.

DI PRADO, P. R. C., FARIA, L. C., SOUZA, T. L. P. O., MELO, L. C., MELO, P. G. S., PEREIRA, H. S. Genetic control and selection of common bean parents and superior segregant populations based on high iron and zinc contents, seed yield and 100-seed weight. **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**. 2019.

DUNCAN, R. W., SINGH, S. P., & GILBERTSON, R. L. The dilemma of recurrent backcrossing for introgressing common bacterial blight resistance in common bean. **ANNUAL REPORT-BEAN IMPROVEMENT COOPERATIVE**. v. 50, p. 105, 2007.

DUNCAN, R. W., SINGH, S. P., & GILBERTSON, R. L. Two cycles of recurrent selection for pyramiding common bacterial blight resistance in common bean. **ANNUAL REPORT-BEAN IMPROVEMENT COOPERATIVE**, v. 50, p. 107, 2007.

EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_69_1162003151646.html>. Acesso em: 24 out. 2021.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Dados conjunturais da produção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil (1985 a 2020): área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2021. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 17/09/2021.

FAO – Food and agriculture organization of the United Nations. FAOSTAT. 2008. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/>>. Acesso em: 01 nov. 2021.

FOUILLOUX, G.; BANNEROT, H. Selection Methods in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GEPTS, P. (Ed). Genetic Resources of *Phaseolus* beans: their maintenance, domestication, evolution, and utilization. Dordrecht: **Kluwer Academic Publishers**, p. 503-541, 1988.

FREITAS, R. M. **Progresso genético de três ciclos de seleção recorrente no melhoramento de feijão vermelho**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia (Produção Vegetal)) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2012.

GERALDI, I. O. Por que realizar seleção recorrente. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Genética e Melhoramento de plantas, p. 1-8, 2005.

GUIMARÃES, E. P.; DE SOUZA, T. L. P. O. Feijão comum: o uso de sementes certificadas na cadeia produtiva. **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2019.

HALLAUER, A. R. Recurrent selection in maize. **Plant Breeding Reviews**, New York, p. 115-179, 1992

HOLTZ, V., SOKOLOWSKI, K. J. O., DE ALENCAR, R. G., JARDIM, C. C. S., MASSOLA, M. P., e OLIVEIRA, D. G. Perdas na colheita mecanizada direta de feijão cultivado em área irrigada por pivô central. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.10, n.1, p.10-19, 2018.

HUNT K. A. The Art of Image Processing with Java. **A K Peters/CRC Press**. 1 ed. 300p, 2010.

JINKS, J. L.; POONI, H.S. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent. **Heredity**. v. 36, p. 253-266, 1976.

LEITE, M. E., DIAS, J. A., SOUZA, D. A. D., ALVES, F. C., PINHEIRO, L. R., & SANTOS, J. B. D. Increasing the resistance of common bean to white mold through recurrent selection. **Scientia Agricola**, 73(1), 71-78, 2016.

LEMOS, R. D. C.; ABREU, Â. D. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Procedures for identification of superior progenies in successive generations of evaluation in common bean. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 1, 2020.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2021. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 26 set. 2021.

MARLES, S.; VANDENBERG, A.; BETT, K. Polyphenol oxidase activity and differential accumulation of polyphenolics in seed coats of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) characterize postharvest color changes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 7049-7056, 2008.

MELO C. L. P.; CARNEIRO J. E. S.; CARNEIRO P. C. S.; CRUZ C. D.; BARROS E. G.; MOREIRA M. A. Linhagens de feijão do cruzamento „Ouro Negro` x `Pérola` com características agrônômicas favoráveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1593-1598, 2006.

MELO, L.C. (Ed.) Procedimentos para condução de ensaios de valor de cultivo e uso em feijoeiro-comum. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 104p, 2009. (Embrapa Arroz e Feijão, Série Documentos, 239).

MELO, L. C., PELOSO, M. J. D., PEREIRA, H. S., FARIA, L. C. D., COSTA, J. G. C. D., DÍAZ, J. L. C., ABREU, Â. D. F. B. BRS Estilo: common bean cultivar with Carioca grain, upright growth and high yield potential. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, p. 377-379, 2010.

MELO, L. C., SILVA, A. C. F., PEREIRA, H. S., MELO, P. G. S., SOUZA, T. L. P. O. Genetic diversity as an additional selection criterion in a carioca common bean recurrent selection program for resistance to common bacterial blight. Embrapa Arroz e Feijão-**Artigo em periódico indexado (ALICE)**. 2019.

MELO, V. L. **Seleção recorrente em feijão vermelho**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N. **Seleção recorrente no melhoramento de feijão vermelho**. 2011. 70 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

MENEZES JÚNIOR, J.A.N.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia**, v. 67, p. 833-838, 2008.

MIRANDA, L. P., ABREU, Â. D. F. B., RAMALHO, M.A.P., SOUZA, E. A. D., CARNEIRO, V.Q. Variabilidade genética após dezoito ciclos de seleção Recorrente para resistência à

mancha angular no Feijoeiro. **XXIII International Symposium in Genetics and Plant Breeding**. 2019.

MOREIRA, M. A., DE BARROS, E. G., CARNEIRO, J. D. S., FALEIRO, F., DE FARIA, L. C., CARNEIRO, G. D. S., DE FARIA, J. C. BRSMG Pioneiro: nova cultivar de feijoeiro comum de grãos tipo carioca com alelos de resistência à antracnose e ferrugem, indicada para o Sul do Brasil. **Embrapa Arroz e Feijão-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2005.

MOREIRA, S. O., SILVA, M. G., RODRIGUES, R., VIANA, A. P., & PEREIRA, M. G. Breeding methods and history of bean cultivars released in CBAB-Crop Breeding and Applied Biotechnology. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 10, 345-350. 2010

NAY, M. M., SOUZA, T. L., RAATZ, B., MUKANKUSI, C. M., GONÇALVES-VIDIGAL, M. C., ABREU, A. F., PASTOR-CORRALES, M. A. A review of angular leaf spot resistance in common bean. **Crop Science**, 2019.

PÁDUA, P. F. Viabilidade da condução de três ciclos de seleção recorrente visando a resistência à *Pseudocercospora griseola* no Feijoeiro. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Lavras, 2017.

PATIÑO, H. & SINGH, S. P. **Respuesta a la selección visual para rendimiento en generaciones F₂ e F₃ em fríjol**, *Phaseolus vulgaris* L. Cali. (Temas actuales em el mejoramiento genético del fríjol comum, CIAT Documento 47), p. 417, 1988.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; TEIXEIRA, H.; CARNEIRO, J. E. S. **Guia técnico: produção de feijão**. Viçosa, MG: EPAMIG. p. 49, 2010.

PEREIRA, R. et al. Aggressiveness of *Pseudocercospora griseola* strains in common bean genotypes and implications for genetic improvement. **Genetics and Molecular Research**. Ribeirão Preto, p. 5044-5053, Maio 2015.

PERINA, E. F. et al. Technological quality of common bean grains obtained in different growing seasons. **Bragantia**, v. 73, n. 1, p.14-22, 2014.

PETRY, N., BOY, E., WIRTH, J. P., HURRELL, R. F. Review: The potential of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) as a vehicle for iron biofortification. **Nutrients** 7, 1144–1173. 2015.

PIMENTEL, A.J.B.; **Seleção de genitores e predição do potencial genético de populações segregantes de trigo**. 34f Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

PIRES L. P. M.; RAMALHO M. A. P.; ABREU A. F. B; FERREIRA M. C. Recurrent mass selection for upright plant architecture in common bean. **Scientia Agricola** 71: 240-243, 2014.

POSSOBOM, M. T. D. F. **Controle genético da coloração do tegumento e da concentração de ferro em sementes de feijão mesoamericano e andino**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, p. 73, 2014.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Ed. da UFG, p. 271, 1993.

RAMALHO, M.A.P. Melhoramento do feijoeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1997, Lavras. **Anais...**Lavras: UFLA, p. 167-196, 1997.

RAMALHO, M.A.P.; PIROLA, L.H.; ABREU, A.F.B. Alternativas na seleção de plantas de feijoeiro com porte ereto e grão tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 33, n. 12, p. 1989-1994, 1998.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. dos. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT. p. 201-230, 2001.

RAMALHO, M. A. P., & LAMBERT, E. D. S. Biometria e o melhoramento de plantas na era da genômica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 3(02). 2004.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 144, p. 23-29, 2005.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da Genética Quantitativa no Melhoramento de Plantas Autógamas**. UFLA. 522p. 2012.

RAMALHO, M. A. P., ABREU, Â. D. F. B., CARNEIRO, J. E. D. S., MELO, L. C., PAULA, T. J. D., PEREIRA, H. S. BRSMG Uai: common bean cultivar with carioca grain type and upright plant architecture. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 16, 261-264. 2016.

RAPOSO, FRANCISLEI VITTI, RAMALHO, MAGNO ANTÔNIO PATTO e ABREU, ANGELA DE FÁTIMA BARBOSA. Comparação de métodos de condução de populações segregantes do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** [online]. 2000, v. 35, n. 10 [Acessado 24 Outubro 2021], pp. 1991-1997. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000001000010>>.

REZENDE, B. A.; ABREU, Â. de F. B.; RAMALHO, M. A. P.; DE SOUZA, E. A. Severity evaluation methods in common bean recurrent selection programme for resistance to angular leaf spot. **Journal of Phytopathology**, v. 162, n. 10, p. 643–649, 2014.

REZENDE JÚNIOR, L. S. **Potencial de populações de feijão carioca para precocidade**. 32 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016.

ROCHA, G. S. **Desempenho produtivo e resistência a patógenos em populações de feijão do tipo carioca**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. p. 63, 2008.

RODRIGUES, L. L. et al. Genetic control of seed coat darkening in common bean cultivars from three market classes. **Crop Science**, v. 59, p. 2046-2054, 2019.

- SABROL, H. Recent studies of image and soft computing techniques for plant disease recognition and classification. **International Journal of Computer Applications**, v. 126, n. 1, p. 44-55, 2015.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.
- SILVA, K. J. D.; FREIRE, C. N. de S.; SOUZA, E. A. de; SARTORATO, A. Variabilidade Patogênica entre Isolados de *Phaeoisariopsis griseola*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., 2007, São Lourenço. **CD-Rom...** São Lourenço: SBMP, 2007.
- SILVA, F. B., RAMALHO, M. A. P., & ABREU, Â. D. F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 42(10), 1437-1442, 2007.
- SILVA, G. S. et al. **Controle genético do escurecimento precoce de grãos de feijão tipo carioca**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, p. 52, 2007.
- SILVA, G. S.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; NUNES, J. A. R. Estimation of genetic progress after eight cycles of recurrent selection for common bean yield. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, n. 4, p.181-351-356, 2010.
- SILVA, L. C. D. **Visão computacional aplicada à avaliação da cor do tegumento em feijão carioca**. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, p.64. 2021.
- SILVA, O. F. D.; WANDER, A. E. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro**. v. 1, n. June, p. 63, 2013.
- SILVA, O. F. da; WANDER, A. E. Caracterização e avaliação econômica do sistema de cultivo de feijão-comum irrigado no Cerrado o caso da cultivar BRS Estilo. **Embrapa Arroz e Feijão-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2018.
- SINGH, SHREE P.; SCHWARTZ, HOWARD F. Breeding common bean for resistance to diseases: a review. **Crop Science**, v. 50, n. 6, p. 2199-2223, 2010.
- SIQUEIRA, B. S. **Desenvolvimento dos fenômenos de escurecimento e endurecimento em feijão carioca: aspectos bioquímicos e tecnológicos**. 2013. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- SOLOMON C.; BRECKON T. **Fundamentos de processamento digital de imagens: uma abordagem pratica com exemplos em Matlab**. 1 ed. Editora LTC. 281p, 2013.
- SULLIVAN, J. G.; BLISS, F. A. Recurrent mass selection for increase seed yield and seed protein percentage in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using a selection index. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, n. 1, p. 42-46, jan. 1993.

VIEIRA, C. **Memórias de meio século de estudos sobre a cultura do feijão**. Viçosa-UFV, Divisão de Gráfica Universitária, p. 214, 2005.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S. Melhoramento do Feijão. In: BORÉM (Ed.), **A. Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFRV, p. 301-391. 2005.

VIEIRA, C., ARAÚJO, G. A. A., CARDOSO, A. A. Triagem de germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em busca de fontes de tolerância à baixa temperatura - II. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 271, p. 337-348, 2000.

WANDER, A. E., CHAVES, M. O. Consumo per capita de feijão no Brasil de 1998 a 2010: uma comparação entre consumo aparente e consumo domiciliar. In **Embrapa Arroz e Feijão- Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2011.

WANDER, A. E.; SILVA, O. F. da. Rentabilidade da produção de feijão no Brasil. In: CAMPOS, S. K.; TORRES, D. A. P.; PONCHIO, A. P. S.; BARROS, G. S. A. de C. **Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos no Brasil**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) p. 135-146, 2001. (O desafio da rentabilidade na produção, v. 2).