

**IGOR GONÇALVES DE PAULA**

**MELHORAMENTO DA ARQUITETURA DO FELJOEIRO VISANDO COLHEITA  
MECANIZADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro

Coorientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

P324m Paula, Igor Gonçalves de, 1993-  
2021 Melhoramento da arquitetura do feijoeiro visando colheita  
mecanizada / Igor Gonçalves de Paula. – Viçosa, MG, 2021.  
1 dissertação eletrônica (59 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 44-48.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.134>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Feijão - Melhoramento genético. 2. Feijão - Seleção.  
3. Genética quantitativa. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em  
Genética e Melhoramento. II. Título.

CDD 22. ed. 635.6522

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fátima Alves CRB6/2578

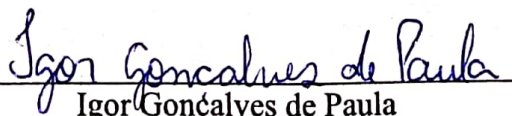
IGOR GONÇALVES DE PAULA


**MELHORAMENTO DA ARQUITETURA DO FEIJOEIRO VISANDO COLHEITA  
MECANIZADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 29 de julho de 2021.

Assentimento:

  
Igor Gonçalves de Paula  
Autor

  
José Eustáquio de Souza Carneiro  
Orientador

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me concedido a vida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pela oportunidade da realização do mestrado.

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais, Gildemar e Penha, por todo apoio, carinho, compreensão durante estes anos e por sempre me auxiliarem nas tomadas de decisão.

Ao meu irmão, Ramon por ser um espelho de pessoa para mim e também por ser um companheiro de profissão.

A Sáhira por todo amor, companheirismo e paciência nos momentos mais difíceis durante este período. Por estar sempre ao meu lado na hora de tomar as decisões mais difíceis.

Ao professor José Eustáquio, pela orientação, por todos ensinamentos e por me introduzir à pesquisa científica durante a graduação.

Ao professor Pedro, pela coorientação, paciência, e transmissão dos ensinamentos durante esta jornada, sendo exemplo do profissional da educação.

Ao professor Tiago, pela coorientação, ensinamentos, auxílio na coleta e desenvolvimento dos dados desta pesquisa, além do companheirismo e momentos de descontração.

Ao mestre Felipe Salvador por colaborar na elaboração do projeto de pesquisa, além de auxiliar na coleta, desenvolvimento e interpretação dos dados deste trabalho.

A todos os companheiros do Programa Feijão durante todos estes anos como membro deste incrível grupo. Destaque para Ramon, Micheli, Naine, Vinícius Q., Vinícius L., Lisandra, Adérico, João Romero, Michel, Rafael dos Anjos, Fabíola, Tiago e Felipe, que foram partes importantes da minha formação como profissional.

Aos funcionários da Estação Experimental de Coimbra (Sebastião, Carlinhos, Douglas, Potoca, Beto, Nilson, Fonseca e Pereira) e ao técnico Gilberto, pela ajuda imensurável na condução dos experimentos e pela amizade.

A minha prima/irmã, amiga e parceira de profissão Carla, por todo companheirismo e paciência para me ouvir, além de uma grande influência na minha vida.

A todos meus amigos e familiares que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

## RESUMO

PAULA, Igor Gonçalves de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2021. **Melhoramento da arquitetura do feijoeiro visando colheita mecanizada.** Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Coorientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

O objetivo com este trabalho foi predizer o potencial de populações segregantes do ciclo  $C_2$  do programa de seleção recorrente da Universidade Federal de Viçosa (UFV) visando o melhoramento do porte de feijão carioca, bem como identificar progênies endogâmicas mais promissoras tanto para recombinação como para extração de linhagens. O material genético utilizado neste trabalho constituiu-se de 20 populações  $F_2$  do ciclo  $C_2$  e progênies  $F_{2:3}$  e  $F_{2:4}$  derivadas destas populações. Na geração  $F_2$ , as 20 populações foram avaliadas juntamente com cinco testemunhas na safra das águas de 2018, em delineamento de blocos casualizados, com três repetições e parcelas de quatro linhas de quatro metros. Foram avaliados a produtividade de grãos e o diâmetro do hipocótilo (DH) em nível de planta, utilizando uma das linhas centrais da parcela. O potencial de produção das populações foi avaliado com base na metodologia de Jinks e Pooni (1976). As 40 plantas de maior DH, dentro de cada população foram selecionadas e delas derivadas progênies. As 800 progênies  $F_{2:3}$  e cinco testemunhas foram avaliadas na safra da seca de 2019, utilizando o delineamento de blocos aumentados. Com base nos dados de arquitetura de plantas (ARQ), produtividade (PROD) e aspecto comercial de grãos (AG), foram selecionadas 11 progênies de maior potencial com base no índice da distância genótipo-ideótipo (DGI). Em seguida, na safra das águas de 2019, as 220 progênies  $F_{2:4}$  selecionadas foram avaliadas no delineamento em látice triplo, quanto aos mesmos caracteres avaliados em  $F_{2:3}$ . Foram selecionadas 40 progênies para recombinação, sendo as duas melhores progênies de cada população, com base no índice DGI. Também foram selecionadas as 44 progênies melhores classificadas, independente da população de origem, para extração de linhagens. Seis populações se destacaram, com maior probabilidade de gerar linhagens superiores, segundo a metodologia de Jinks e Pooni. O índice de seleção DGI mostrou-se promissor no processo seletivo. As progênies 169, 130, 93 e 91 se destacaram para a extração de linhagens superiores. Já para a recombinação, os ganhos preditos com as progênies selecionadas foram equilibrados e de grande magnitude para os três caracteres, portanto promissoras para dar continuidade ao programa de seleção recorrente.

Palavras-chave: Melhoramento do feijoeiro. Seleção recorrente. Índice genótipo-ideótipo.

## ABSTRACT

PAULA, Igor Gonçalves de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2021. **Improvement of the plant architecture aiming at mechanized harvesting in common bean.** Advisor: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-advisor: Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

The objective of this work was to predict the potential of segregating populations from the  $C_2$  cycle of the recurrent selection program at the Universidade Federal de Viçosa (UFV), aiming to improve the size of carioca-type beans, as well as to identify the most promising inbred families both for the extraction of lines and for recombination. The genetic material used in this work consisted of 20  $F_2$  populations from the  $C_2$  cycle and  $F_{2:3}$  and  $F_{2:4}$  progenies derived from these populations. In the  $F_2$  generation, the 20 populations were evaluated together with five controls in the 2018 rainy crop season, in a randomized block design, with three replications and plots with four rows of four meters long. Grain yield and hypocotyl diameter (DH) at plant level were evaluated, using one of the central lines of the plot. The production potential of populations was evaluated based on the methodology of Jinks and Pooni (1976). The 40 plants with the highest DH within each population were selected and their families were derived. 800  $F_{2:3}$  families and five controls were evaluated in the 2019 dry crop season, using the augmented block design. Based on plant architecture (ARQ), yield (PROD), and grain commercial aspect (AG) data, 11 progenies with the highest potential were selected based on the genotype-ideotype distance index (DGI). Then, in the 2019 rainy crop season, the 220 selected  $F_{2:4}$  families were evaluated in the triple lattice design for the same characters evaluated in  $F_{2:3}$ . Twenty progeny were selected for recombination, being the best progeny from each population, based on the DGI index. The 44 best-classified families were also selected, regardless of the population of origin, for inbred lines derivation. The DGI selection index proved to be promising in the selection process. Progenies 169, 130, 93 and 91 stood out for the extraction of superior lines. As for recombination, the predicted gains with the selected progenies were balanced and of great magnitude for the three characters, therefore promising to continue the recurrent selection program.

Keywords: Common bean breeding. Recurrent selection. Genotype-ideotype index.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	7
2. OBJETIVOS .....	9
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	10
3.1 A cultura do feijoeiro .....	10
3.2 Porte da planta de feijão .....	11
3.3 Melhoramento genético do feijoeiro .....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	16
4.1 Melhoramento do porte de feijão carioca (programa de seleção recorrente) .....	16
4.2 Potencial de populações segregantes $F_2$ do ciclo $C_2$ .....	18
4.3 Potencial de progênies endogâmicas $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$ .....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
5.1 Avaliação de populações segregantes do ciclo $C_2$ .....	28
5.2 Avaliação de progênies endogâmicas $F_{2:3}$ .....	31
5.3 Avaliação de progênies endogâmicas $F_{2:4}$ .....	33
6. CONCLUSÕES .....	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
8. APÊNDICES .....	49

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão de grãos tipo carioca é o mais cultivado e consumido no Brasil. Entretanto, as cultivares de feijão carioca utilizadas pelos agricultores, ainda deixam a desejar quanto a alguns caracteres de interesse, com destaque para a arquitetura de planta. Plantas de feijoeiro com porte ereto facilitam os tratos culturais; possibilitam a locomoção dos implementos com menos danos às plantas; permitem melhor arejamento na cultura, reduzindo a incidência de algumas doenças como o mofo-branco; reduzem o contato das vagens com o solo úmido, possibilitando a obtenção de grãos de melhor qualidade; e, principalmente, possibilitam a colheita mecanizada com menores perdas (RAMALHO et al., 1998; TEIXEIRA et al., 1999; PIRES et al., 2014; SILVA e WANDER, 2015).

Dentre os principais caracteres envolvidos na expressão fenotípica da arquitetura de plantas do feijoeiro estão o hábito de crescimento, o número e ângulo de ramificações, o número e comprimento dos entrenós, a altura da planta, a distribuição das vagens e o diâmetro do hipocótilo (SANTOS e VENCOVSKY, 1986; TEIXEIRA et al., 1999 e MOURA, et al., 2013). Assim, verifica-se que a arquitetura de plantas do feijoeiro é uma característica complexa, governada por muitos genes, o que dificulta o desenvolvimento de linhagens de porte ereto.

No melhoramento visando um conjunto de caracteres, em especial quantitativos, a hibridação tem sido o principal método utilizado pelos melhoristas de feijoeiro, uma vez que os alelos de interesse normalmente estão distribuídos em diferentes genitores. Segundo Ramalho et al. (2012), obter a população base a partir de múltiplos genitores e só depois das plantas atingirem alto grau de homozigose iniciar a etapa de seleção pode não ser uma boa opção. Nesse sentido, destaca-se o uso da seleção recorrente, em que o intercruzamento dos genitores é realizado por etapas, procedendo as hibridações de forma direcionada e simultânea ao processo de seleção (RAMALHO et al., 2012). Com base em ciclos repetitivos de avaliação, seleção e recombinação, esta técnica de melhoramento torna-se eficaz para o aumento da frequência de alelos favoráveis nas populações quanto aos caracteres de interesse (BORÉM et al, 2017).

Alguns trabalhos relatam que a seleção recorrente, baseada na avaliação de progênes e recombinação daquelas de maior potencial, tem sido empregada com sucesso no melhoramento genético do feijoeiro, em especial, para caracteres quantitativos. Em um trabalho com feijão vermelho, após dois ciclos de seleção recorrente, Menezes Júnior et al. (2013) estimaram progresso genético de 7,5% para produtividade de grãos, 7% para aspecto comercial de grão, 33,4% para resistência a ferrugem e 13,2% para resistência a mancha-angular. Também com

base em seleção recorrente, dos Anjos et al. (2018) relatam, em feijão carioca, ganho de 4,93% para arquitetura de plantas, utilizando como variável auxiliar a seleção indireta com base no diâmetro do hipocótilo. Menezes Júnior et al. (2008) e Cunha et al. (2005) obtiveram ganhos expressivos quanto ao caráter arquitetura de planta, com ganhos de 5,11% e 9,09%, respectivamente, utilizando a seleção recorrente.

Uma das etapas mais trabalhosas em um programa de melhoramento de plantas autóгамas é a condução de populações segregantes até a homozigose para a obtenção de linhagens superiores. Assim, avançar apenas aquelas populações mais promissoras é de fundamental importância para otimizar recursos humanos, financeiros e tempo em um programa de melhoramento. A metodologia proposta por Jinks e Pooni (1976), que estima a probabilidade de uma dada população gerar linhagens que superem um determinado padrão, é uma boa alternativa para a avaliação do potencial de populações segregantes ainda em fase inicial, possibilitando o descarte de materiais pouco promissores.

Nos programas de melhoramento, um desafio enfrentado é o desenvolvimento de genótipos superiores que apresentem um conjunto de fenótipos favoráveis. Como forma de auxiliar o processo seletivo, dispõe-se dos índices de seleção. A aplicação de diferentes índices permite combinar múltiplas observações efetuadas nos genótipos avaliados, possibilitando a seleção de fenótipos de interesse com base em um complexo de variáveis de importância econômica.

Na literatura, são descritas várias metodologias no uso de índice de seleção (CRUZ et al., 2012). Como exemplo pode ser citado o índice da distância genótipo-ideótipo. Neste índice é fixado um valor ótimo para cada característica, estabelecendo assim um ideótipo. Para cada genótipo uma distância é calculada em relação a esse ideótipo, sendo essa distância o próprio índice (CARVALHO et al., 2002).

## 2. OBJETIVOS

Dar continuidade ao Programa de Seleção Recorrente da UFV visando o melhoramento do feijão tipo carioca, com ênfase em plantas de porte ereto;

Predizer o potencial de populações segregantes do ciclo C<sub>2</sub> do Programa de Seleção Recorrente;

Identificar progênies endogâmicas do ciclo C<sub>2</sub>, promissoras tanto para recombinação quanto para derivação de linhagens;

Comparar a metodologia de predição do potencial de populações segregantes com os resultados obtidos na avaliação das progênies endogâmicas.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 A cultura do feijoeiro

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a leguminosa com o maior impacto social quando se trata do consumo direto pela população humana, especialmente na África Oriental e na América Latina. No Brasil, o feijão é um dos mais importantes constituintes da dieta da população, por ser reconhecidamente uma excelente fonte proteica, além de possuir bom conteúdo de carboidratos e de ser rico em ferro (BORÉM; CARNEIRO, 2015).

Nestas circunstâncias, o Brasil se enquadra entre os maiores produtores e consumidores de feijão (FAO, 2017), atingindo na safra agrícola de 2019/2020 uma produção de mais de 2,5 milhões de toneladas em uma área plantada de aproximadamente 1,66 milhões de hectares (EMBRAPA, 2020). Contudo, a produção nacional tem se mostrado insuficiente em relação à demanda da população, fazendo-se necessária a importação do grão em algumas ocasiões (MOURA; BRITO, 2015).

Com os investimentos na pesquisa da cultura do feijoeiro, no início dos anos 50, verificou-se um relativo incremento na produção e uma redução significativa da área plantada. Isso se deve ao fato do aumento na produtividade média de grãos, que passou de 500 kg ha<sup>-1</sup> na safra 1985/1986 para aproximadamente 1500 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2019/2020 (EMBRAPA, 2020). Esta produtividade ainda é considerada baixa, tendo em vista que ela pode estar diretamente relacionada com o nível tecnológico dos produtores e também com fatores climáticos, como escassez ou má distribuição das chuvas ao longo do ano. Há relatos de produtores que, com o auxílio de tecnologias como a irrigação, atingem produtividades acima de 3000 kg ha<sup>-1</sup> (BORÉM; CARNEIRO, 2015).

O feijão cultivado no Brasil apresenta grande diversidade para tipos de grão. Considerando a coloração de seu tegumento, podem ser distinguidos em feijão do tipo preto, carioca, vermelho, roxo, mulatinho, rosinha, além de outros. Dentre esses, o mais cultivado é o feijão do tipo carioca. Este é aceito praticamente em todo o país, e corresponde, em média, a 79% dos tipos de feijão consumidos no Brasil (CARNEIRO et al., 2012). No entanto, em detrimento de aspectos culturais e regionais, existe uma variação na preferência do consumo desses grãos.

### 3.2 Porte da planta de feijão

Além da produtividade de grãos, os programas de melhoramento de feijoeiro vêm cada vez mais concentrando esforços na obtenção de genótipos que tenham porte de planta ereto (FARIA et al., 2008; MELO et al., 2010; SILVA et al., 2013a; SILVA et al., 2013b). Segundo Pires et al. (2014), o cultivo de materiais com porte ereto traz inúmeros benefícios aos agricultores, entre eles: i) facilidade no manejo da cultura, principalmente para aqueles que lançam mão de maquinário agrícola; ii) redução de perdas na colheita, além de melhor qualidade dos grãos; iii) menor incidência de patógenos, visto que plantas eretas permitem maior circulação de ar.

Santos et al. (1986) mostram que a o porte do feijoeiro está associada à várias outras características inerentes à planta, como por exemplo o hábito de crescimento (determinado ou indeterminado), o número de nós e o comprimento dos internódios ao longo da haste principal, a intensidade de ramificação lateral e a habilidade trepadora.

Dessa forma, uma escala proposta pelo CIAT (1978) classifica a planta de feijão em quatro tipos (I a IV), podendo apresentar subdivisões. O tipo I possui hábito de crescimento determinado; gemas terminais reprodutivas no caule principal e nos ramos; e nenhuma produção de nó no caule principal após o começo do florescimento, que se inicia na parte superior da planta. Os cultivares do tipo I geralmente florescem e amadurecem durante um período menor do que os outros cultivares, além de serem mais precoces na maioria dos casos.

Plantas do tipo II possuem hábito de crescimento indeterminado; gemas terminais vegetativas no caule principal e nos ramos, além da produção de nós após o início do florescimento; ramos eretos que nascem nos nós inferiores da haste principal; planta ereta com dossel relativamente compacto; e desenvolvimento variável dos ramos dependendo das condições ambientais e do genótipo. Cultivares do tipo II possuem, na maioria das vezes, mais de 12 nós no caule principal, que também são conhecidos como “guias”. O número de hastes laterais é ligeiramente maior do que o do tipo I.

Nas plantas do tipo III, também existem gemas terminais vegetativas no caule principal e nos ramos, onde ocorre produção de nós depois que começa o florescimento; porém, neste caso, a ramificação é relativamente forte, com número variável de ramos prostrados oriundos de nós inferiores; a planta é prostrada a ponto de se espalhar; o desenvolvimento dos ramos é extremamente variável, com alguma tendência de trepar em certas condições, mas geralmente

com fraca capacidade trepadora; e o florescimento, normalmente, inicia-se na parte inferior da planta.

Já as plantas do tipo IV são aquelas com grande capacidade trepadora. Também são classificadas como sendo de hábito indeterminado e com produção de gemas terminais vegetativas na haste principal e nos ramos; possuem forte produção de nós no caule principal, após o início do florescimento; ramos pouco desenvolvidos e tendência forte de trepar em suportes, o que faz necessário o tutoramento das plantas para a máxima produção; florescimento se dá da parte inferior para a superior da planta. Nos cultivares deste tipo, o período de florescimento é o mais amplo, possibilitando a ocorrência de plantas com flores se abrindo e também com vagens se formando.

A tendência é que os programas de melhoramento do feijoeiro busquem cultivares produtivas e de porte ereto. Dessa forma, plantas do tipo II são as mais desejáveis, uma vez que estas permitem o emprego de tecnologias que facilitem os tratos culturais, além de viabilizarem a colheita mecânica e seus benefícios já anteriormente citados.

Uma estratégia que tem sido amplamente utilizada pelos programas de melhoramento para avaliar a arquitetura de plantas de feijão é a escala de notas, que são atribuídas visualmente, observando-se a parcela como um todo. Ramalho et al. (1998) sugerem uma escala de notas que se baseia no número de hastes e ramificações, além da presença e do tamanho de guias. Porém, quando se faz necessária a avaliação de plantas individuais, atividade corriqueira em programas de melhoramento, essa estratégia torna-se ineficaz e morosa.

Informações sobre o controle genético da arquitetura de planta no feijoeiro são de extrema importância. Os caracteres morfológicos responsáveis pelo porte da planta são poligênicos e estão associados a outras características de importância agrônômica, o que muito dificulta o processo de seleção para tipo de planta. Nesse contexto, Moura et al. (2013) avaliaram linhagens de feijoeiro e estudaram as relações de causa e efeito de caracteres relacionados à arquitetura de plantas com a nota atribuída às parcelas. Uma análise de trilha foi feita pelos autores, que evidenciaram que o diâmetro do hipocótilo estava fortemente relacionado à nota de arquitetura, além de possuir alta acurácia, facilidade e precisão de mensuração. Em um estudo realizado por Silva et al. (2013a), foi possível relatar que genes de efeito aditivo estão associados ao controle da nota de arquitetura e também do diâmetro do hipocótilo. Além disso, os autores concluíram que a avaliação utilizando o diâmetro do hipocótilo permite uma maior herdabilidade (no sentido amplo) e menor coeficiente de variação

experimental, quando comparado à utilização da escala de notas, o que evidencia a eficácia de um método de avaliação sobre o outro.

### **3.3 Melhoramento genético do feijoeiro**

As cultivares de feijão-comum atualmente utilizadas pelos produtores deixam a desejar em pelo menos um dos caracteres mais importantes no feijoeiro, seja na produtividade de grãos, aspecto comercial dos grãos, arquitetura de planta ou resistência aos patógenos que causam danos à cultura. Assim, os esforços dos programas de melhoramento concentram-se em avaliar simultaneamente estes caracteres, na tentativa de obter linhagens superiores que contemplem todos eles (FARIA et al., 2013; BARILI et al., 2016).

Além da importância da arquitetura da planta de feijoeiro já citada anteriormente, o aspecto do grão é um caráter de muita relevância, principalmente quando se trata de feijão do tipo carioca. No caso deste tipo de grão, o consumidor é exigente, optando por grãos que possuam tegumento de fundo bege e listras marrons, ambos com tonalidade clara (CARNEIRO et al., 2012). Além disso, os produtores associam a cor escura dos grãos com o tempo de armazenamento desde a colheita, e também com o tempo elevado na cocção (SILVA et al., 2008).

A ideia principal em um programa de melhoramento é combinar fenótipos superiores para as características de interesse da cultura a fim de se obter linhagens promissoras. Porém, os melhoristas se deparam com muitas dificuldades e desafios na etapa de seleção, pelo fato de a maioria dos caracteres de interesse econômico das culturas ser controlados por vários genes, além da grande influência do ambiente em suas expressões (CUNHA et al., 2005). Para contornar esse problema a seleção não deve ser baseada no próprio indivíduo, mas sim na avaliação de suas progênes (BERNARDO, 2010). Além do mais, os genes que controlam os fenótipos favoráveis dessas diferentes características de interesse não se encontram em um único genitor (SILVA et al., 2013b), sendo, muitas vezes, necessária a seleção e inclusão de vários genitores nos blocos de cruzamentos para a formação da população segregante. Dessa forma, reduz-se a probabilidade de obtenção cultivares que reúnam todos os caracteres simultaneamente com apenas um ciclo de recombinação e seleção.

Nesse contexto, uma estratégia eficiente é a utilização da seleção recorrente. Segundo Borém et al. (2017), seleção recorrente é qualquer sistema que tem o propósito de aumentar gradualmente a frequência de alelos favoráveis para caracteres quantitativos, através de

repetidos ciclos de recombinação e seleção, porém, sem reduzir a variabilidade genética da população. Essa técnica de melhoramento cíclica, apesar de ser realizada em etapas – i) obtenção de progênies; ii) avaliação de progênies e identificação das superiores; e iii) recombinação das progênies superiores para formar a geração seguinte – ela permite, no caso de plantas autógamas, a extração de linhagens superiores a cada ciclo de seleção e em tempo comparável às demais técnicas que envolvem hibridação (RAMALHO et al., 2012), que é, atualmente, a estratégia de melhoramento mais utilizada para obtenção de novos cultivares na cultura do feijoeiro (RAMALHO; ABREU, 2015).

Em programas de seleção recorrente é recomendado que o progresso genético entre um ciclo seletivo e outro seja estimado. Dessa forma, é possível inferir sobre a estratégia de seleção adotada e, portanto, verificar sua eficiência e fazer ajustes para o ciclo subsequente (RAMALHO et al., 2012). O progresso genético é estimado mais facilmente em plantas alógamas, uma vez que o equilíbrio de Hardy-Weinberg é atingido após cada etapa de recombinação, condição esta que não modifica as frequências alélicas e genotípicas. Por outro lado, em plantas autógamas a recombinação não ocorre aleatoriamente e, conseqüentemente, o equilíbrio não é atingido. Neste caso, diversas metodologias são empregadas para estimar o progresso genético em plantas autógamas, como o uso de progênies  $S_2$  e  $S_3$  escolhidas em função de maior produtividade (SINGH et al., 1999; RANALLI, 1996); a comparação de progênies  $S_{1:2}$  extraídas simultaneamente em populações de vários ciclos de seleção (SILVA et al., 2007); e a utilização das melhores linhagens identificadas nos diferentes ciclos (RAMALHO et al., 2006).

A seleção recorrente tem se demonstrado uma estratégia eficiente no melhoramento de espécies autógamas, como arroz (RANGEL et al., 2002) e trigo (GIL et al., 2003). Na cultura do feijão, especialmente no melhoramento do feijão-carioca, vários trabalhos obtiveram resultados favoráveis com o uso da seleção recorrente (RAMALHO et al., 2006; SILVA et al., 2007).

Estimativas do progresso genético com a seleção recorrente visando à produtividade de grãos no feijoeiro são relativamente frequentes na literatura (RANALLI, 1996; BARRON et al., 1999; SINGH et al., 1999; RAMALHO et al., 2006). Resultados expressivos de progresso genético para a arquitetura de plantas também tem sido obtidos em trabalhos com feijoeiro. Cunha et al. (2005) estimaram um ganho genético de 9,09% para o caráter ao avaliar cinco gerações de progênies endogâmicas. Em outro trabalho, Menezes Júnior et al. (2008) estimaram

o progresso genético de três ciclos de seleção recorrente de feijão do tipo carioca. Observou-se um ganho de 5,11% para arquitetura de plantas.

Anjos et al. (2018) relatam, em feijão carioca, ganho de 4,93% para arquitetura de plantas ao avaliar 20 populações segregantes em dois ciclos de seleção recorrente fenotípica, utilizando como variável auxiliar a seleção indireta com base no diâmetro do hipocótilo.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Estabelecimento do programa de seleção recorrente no melhoramento do porte do feijão carioca

O programa de seleção recorrente de feijão carioca com ênfase no porte ereto de plantas, em curso na UFV, teve início com Silva (2013), ocasião em que foi estabelecido um programa de seleção recorrente fenotípica, tendo como base o diâmetro do hipocótilo (DH) das plantas. Para isso, foi avaliado um dialelo parcial 6x8, composto por 14 genitores. Dos 48 cruzamentos obtidos, Poersh (2013) selecionou as 20 populações mais promissoras (Tabela 1), com base na capacidade geral e capacidade específica de combinação para os caracteres diâmetro do hipocótilo, arquitetura de plantas e produtividade de grãos que, então, foram utilizadas como população base (ciclo C<sub>0</sub>) deste programa.

**Tabela 1.** Genitores envolvidos nos cruzamentos que deram origem às 20 populações segregantes do ciclo zero (C<sub>0</sub>) do programa de seleção recorrente de feijão carioca da UFV (POERSCH, 2013).

População	Genealogia
1	BRS Valente / BRSMG Madrepérola
2	BRS Supremo / L2 <sup>2</sup>
3	BRS Supremo / L3
4	BRS Horizonte / VC6
5	BRS Horizonte / BRSMG Madrepérola
6	BRS Horizonte / L1 <sup>1</sup>
7	BRS Horizonte / L3 <sup>3</sup>
8	CNFC 9466 / VC6
9	CNFC 9466 / BRSMG Madrepérola
10	A805 / BRSMG Majestoso
11	A805 / BRSMG Madrepérola
12	A805 / L2
13	A805 / L3
14	A170 / VC6
15	A170 / BRSMG Madrepérola
16	A170 / L2
17	A170 / L3
18	A525 / BRSMG Majestoso
19	A525 / L1
20	A525 / L2

<sup>1</sup> Linhagem proveniente do cruzamento UTF 0013 / Rudá-R

<sup>2</sup> Linhagem proveniente do cruzamento GEN 12-2 / Rudá-R

<sup>3</sup> Linhagem proveniente do cruzamento CNFC 9437 / Rudá-R

Os dados individuais (diâmetro do hipocótilo e produção de grãos) de aproximadamente 200 plantas por população foram mensurados. Logo, Anjos (2015) selecionou as quatro plantas F<sub>2</sub> de maior DH, que por sua vez foram utilizadas como unidade de recombinação. Posteriormente, as plantas F<sub>3</sub> obtidas foram recombinadas seguindo o esquema proposto por Bearzoti (1997). Neste esquema, os pares de cruzamentos foram designados conforme um dialelo circulante, onde cada genitor participou de dois cruzamentos. As sementes F<sub>1</sub> oriundas destes cruzamentos foram multiplicadas dando origem às populações F<sub>2</sub> do ciclo um (Tabela 2).

**Tabela 2.** Genealogia das 20 populações segregantes do ciclo um (C<sub>1</sub>) do programa de seleção recorrente de feijão carioca da UFV (POERSCH, 2013).

<b>População</b>	<b>Genealogia</b>
1	BRS Valente / BRSMG Madrepérola // BRS Horizonte / L1 <sup>1</sup>
2	BRS Supremo / L2 <sup>2</sup> // BRS Horizonte / L3 <sup>3</sup>
3	BRS Supremo / L3 // CNFC 9466 / VC6
4	BRS Horizonte / VC6 // CNFC 9466 / BRSMG Madrepérola
5	BRS Horizonte / BRSMG Madrepérola // A805 / BRSMG Majestoso
6	BRS Horizonte / L1 // A805 / BRSMG Madrepérola
7	BRS Horizonte / L3 // A805 / L2
8	CNFC 9466 / VC6 // A805 / L3
9	CNFC 9466 / BRSMG Madrepérola // A170 / VC6
10	A805 / BRSMG Majestoso // A170 / BRSMG Madrepérola
11	A805 / BRSMG Madrepérola // A170 / L2
12	A805 / L2 // A170 / L3
13	A805 / L3 // A525 / BRSMG Majestoso
14	A170 / VC6 // A525 / L1
15	A170 / BRSMG Madrepérola // A525 / L2
16	A170 / L2 // BRS Valente / BRSMG Madrepérola
17	A170 / L3 // BRS Supremo / L2
18	A525 / BRSMG Majestoso // BRS Supremo / L3
19	A525 / L1 // BRS Horizonte / VC6
20	A525 / L2 // BRS Horizonte / BRSMG Madrepérola

<sup>1</sup> Linhagem proveniente do cruzamento UTF 0013 / Rudá-R

<sup>2</sup> Linhagem proveniente do cruzamento GEN 12-2 / Rudá-R

<sup>3</sup> Linhagem proveniente do cruzamento CNFC 9437 / Rudá-R

Visando melhorar simultaneamente os caracteres arquitetura de plantas, produtividade e aspecto comercial dos grãos, Salvador (2018) selecionou 19 plantas com maior diâmetro do hipocótilo em cada uma das 20 populações segregantes F<sub>2</sub> do ciclo C<sub>1</sub> e suas progênes avaliadas

por duas gerações ( $F_{2:3}$  e  $F_{2:4}$ ). Em ambos os experimentos, procedeu-se avaliação em nível de parcela para arquitetura de planta, produtividade de grãos e aspecto comercial de grãos.

Este mesmo autor, a partir das médias BLUP's de cada população, selecionou as duas progênes de maior potencial em cada uma das 20 populações, de forma que uma igual proporção de sementes destas foi misturada para representar cada população na recombinação. Contudo, com o intuito de diminuir a participação de progênes de populações com baixa frequência de alelos favoráveis para os caracteres de interesse na recombinação, três populações de baixo potencial não participaram do bloco de cruzamento, sendo substituídas por progênes superiores do programa de seleção recorrente para a resistência à murcha-de-fusário, também em desenvolvimento na UFV.

A recombinação não seguiu o esquema proposto por Bearzoti (1997), uma vez que optou-se por incluir 10 novos genitores nos cruzamentos: BRSMG Uai, BRS Estilo, Cometa, Campos Gerais, Alvorada, Bem-te-vi, CNFCMG 126M, RPC VII-I, CNFCMG 198D, CNFCMG 134M. Cada um desses novos genitores foram cruzados com duas progênes do ciclo anterior, conforme esquema apresentado na Tabela 3. Assim, constitui-se material genético do presente trabalho, as populações  $F_2$  do ciclo  $C_2$  deste programa e as progênes  $F_{2:3}$  e  $F_{2:4}$  derivadas de cada uma das populações.

**Tabela 3.** Esquema de cruzamentos para obtenção da população do ciclo  $C_2$

<b>População</b>		<b>Genitor incluído</b>		<b>População</b>
4	x	BRSMG Uai	x	7
1	x	BRS Estilo	x	2
11	x	Cometa	x	15 = Fus005*
5	x	Campos Gerais	x	6
13	x	Alvorada	x	8
16	x	Bem-te-vi	x	9
12	x	CNFCMG 126M	x	17 = Fus124*
3	x	RPC VII-I	x	20
14	x	CNFCMG 198D	x	19
18 = Fus69*	x	CNFCMG 134M	x	10

\*Populações substituídas por progênes superiores do programa de seleção recorrente para a resistência à fusariose.

#### 4.2 Potencial de populações segregantes $F_2$ do ciclo $C_2$

Após a multiplicação das sementes  $F_1$ , foi realizado um experimento com as populações segregantes oriundas de 20 cruzamentos que constituíram a população do ciclo  $C_2$  (Tabela 4).

O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão de Coimbra (UEPE Coimbra), do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa, no município de Coimbra-MG (20°49' S, 42°45' W e 720,0 metros de altitude), na safra das águas de 2018. Como testemunhas foram utilizadas as cultivares Peróla, BRSMG Madreperóla, BRSMG Uai, BRS Valente e BRS Estilo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições, e parcelas de quatro linhas de quatro metros, espaçadas de 0,5m. Foi

utilizada como área útil as duas fileiras centrais da parcela, sendo que uma delas foi trilhada para a obtenção da produção em nível de parcela, enquanto a outra foi utilizada para a avaliação de plantas individuais.

Em nível de parcela, a produtividade de grãos foi avaliada após a colheita da linha, trilha, retirada de impurezas, pesagem dos grãos obtidos por parcela e conversão para quilogramas por hectare (kg ha<sup>-1</sup>). Os dados foram submetidos à análise de variância, segundo o modelo apresentado a seguir, considerando os efeitos da média, genótipo e blocos como fixos e o erro como aleatório:

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

onde:

$Y_{ij}$ : observação referente à  $i$ -ésimo genótipo ( $i = 1, 2, \dots, 20$ ), no  $j$ -ésimo bloco ( $j = 1, 2, 3$ );

$\mu$ : média geral do experimento;

$g_i$ : efeito fixo do genótipo  $i$ ;

$b_j$ : efeito aleatório do bloco  $j$ , sendo  $b_j \sim N(0, \sigma_b^2)$ ;

$e_{ij}$ : erro aleatório associado a observação  $Y_{ij}$ , sendo  $e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$ .

Foi obtida a estimativa da acurácia seletiva ( $r_j$ ), calculada pela seguinte expressão:

$$r_j = \sqrt{1 - \frac{1}{\frac{QMG}{QMR}}}$$

sendo QMG e QMR o quadrado médio de genótipo e o quadrado médio de resíduo, respectivamente.

Aproximadamente 200 plantas dentro de cada tratamento, incluindo as testemunhas, foram avaliadas individualmente quanto a produção por planta e diâmetro do hipocótilo (DH), medido com um paquímetro digital à um centímetro abaixo do nó cotiledonar.

**Tabela 4.** Relação dos cruzamentos que constituíram a população do ciclo C<sub>2</sub> do programa de seleção recorrente de feijão carioca da UFV com ênfase em plantas de porte ereto.

<b>Cruz.</b>	<b>Genealogia</b>	<b>Pop.</b>
636	BRS Uai / 504 - (BRS Uai /// BRS Horizonte / VC6 // CNFC 9466 / BRSMG Madrepérola)	1
637	BRS Uai / 507 - (BRS Uai /// BRS Horizonte / L3// A805 / L2)	2
638	BRS Estilo / 501 - (BRS Estilo /// BRS Valente / BRSMG Madrepérola // BRS Horizonte / L1)	3
639	BRS Estilo / 502 - (BRS Estilo /// BRS Supremo / L2 // BRS Horizonte / L3)	4
640	Cometa / 511 - (Cometa /// A805 / BRSMG Madrepérola // A170 / L2)	5
641	Cometa / Tratamento 5 Exp K Inverno 2016 (Cometa /// Fus005)	6
642	Campos Gerais / 505 (Campos Gerais /// BRS Horizonte / BRSMG Madrepérola // A805 / BRSMG Majestoso)	7
643	Campos Gerais / 506 (Campos Gerais /// BRS Horizonte / L1 // A805 / BRSMG Madrepérola)	8
644	Alvorada / 513 - (Alvorada /// A805 / L3 // A525 / BRSMG Majestoso)	9
645	Alvorada / 508 - (Alvorada /// CNFC 9466 / VC6 // A805 / L3)	10
646	Bem-te-vi / 516 - (Bem-te-vi /// A170 / L2 // BRS Valente / BRSMG Madrepérola)	11
647	Bem-te-vi / 509 - (Bem-te-vi /// CNFC 9466 / BRSMG Madrepérola // A170 / VC6)	12
648	CNFCMG 126M / 512 - (CNFCMG 126M /// A805 / L2 // A170 / L3)	13
649	CNFCMG 126M / Tratamento 124 Exp K Inverno 2016 - (CNFCMG 126M /// Fus124)	14
650	RPC VII-I / 503 - (RPC VII-I /// BRS Supremo / L3 // CNFC 9466 / VC6)	15
651	RPC VII-I / 520 - (RPC VII-I /// A525 / L2 // BRS Horizonte / BRSMG Madrepérola)	16
652	CNFCMG 198D / 514 - (CNFCMG 198D /// A170 / VC6 // A525 / L1)	17
653	CNFCMG 198D / 519 - (CNFCMG 198D /// A525 / L1 // BRS Horizonte / VC6)	18
654	CNFCMG 134M / Tratamento 69 Exp K Inverno 2016 - (CNFCMG 134M /// Fus069)	19
655	CNFCMG 134M / 510 - (CNFCMG 134M /// A805 / BRSMG Majestoso // A170 / BRSMG Madrepérola)	20

Estes dados foram utilizados para a estimação do potencial das populações segregantes quanto a probabilidade de extração de linhagens superiores, que foi obtida de acordo com a metodologia proposta por Jinks e Pooni (1976). Nesta metodologia, os valores fenotípicos de caracteres quantitativos de linhagens na geração  $F_{\infty}$ , oriundas de cruzamentos biparentais homozigóticos, seguem uma distribuição normal. Dessa forma, é possível estimar a probabilidade que a população sob avaliação possui em originar linhagens superiores a um determinado padrão em  $F_{\infty}$ , tomando como base a média e variância desta população. Essa probabilidade, que corresponde à área à direita de um determinado valor de  $x$  na abscissa da distribuição normal padronizada, é calculada estimando a variável  $Z$  pela expressão:

$$Z = \frac{(x - m)}{s}$$

em que:

$x$  = média da linhagem-padrão;

$m$  = média das linhagens na geração infinito ( $F_{\infty}$ ), que corresponde à média de qualquer outra geração em um modelo sem dominância;

$s$  = desvio padrão fenotípico entre as linhagens.

Para uma população  $i$ , na geração  $F_2$ , a variável  $Z$  é estimada a partir da expressão:

$$Z_i = \frac{\bar{L} - \bar{F}_{2i}}{\sqrt{2\hat{\sigma}_{F2i}^2 - \hat{\sigma}_E^2}}$$

em que:

$\bar{L}$  = média da linhagem padrão acrescida em 20% nos seus valores;

$\bar{F}_{2i}$  = média da população  $i$  na geração  $F_2$ , que corresponde à média das linhagens obtidas na ausência de seleção na geração  $F_{\infty}$ ;

$\hat{\sigma}_{F2i}^2$  = variância fenotípica da população  $i$  na geração  $F_2$ , obtida pela média aritmética das variâncias dos tratamentos nas três repetições;

$\hat{\sigma}_E^2$  = variância ambiental, estimada considerando que esta seja semelhante à variância ambiental entre plantas dentro da testemunha de menor variância.

Os caracteres considerados foram o diâmetro do hipocótilo e a produtividade de grãos por planta. As testemunhas utilizadas como padrão para os respectivos caracteres foram as cultivares Pérola e BRS Estilo. As médias das testemunhas utilizadas como padrão foram acrescidas em 20% nos seus valores ( $\bar{L}$ ). Assim, as populações foram classificadas quanto à probabilidade de extração de linhagens superiores para cada característica individualmente.

Em cada população, as plantas foram ranqueadas de acordo com os maiores valores de DH, sendo selecionadas as 40 de maior média da característica e de bom aspecto comercial de grãos, totalizando 800 progênies F<sub>2:3</sub>.

### 4.3 Avaliação de progênies F<sub>2:3</sub> e F<sub>2:4</sub>

As 800 progênies F<sub>2:3</sub> foram avaliadas em experimento de blocos aumentados na UEPE Coimbra, na safra da seca de 2019. As testemunhas utilizadas foram: BRSMG Zape, Peróla, BRSMG Madreperóla, BRSMG Uai e BRS Estilo. As parcelas foram constituídas de uma linha de um metro, espaçadas de 0,5 m. Os caracteres avaliados foram: produtividade de grãos, arquitetura de planta e aspecto comercial de grãos.

A produtividade de grãos foi avaliada após a colheita, trilha, retirada de impurezas, pesagem dos grãos obtidos por parcela e conversão para quilogramas por hectare (kg ha<sup>-1</sup>). Para a avaliação da arquitetura de plantas, adotou-se uma escala de notas sugerida por Collichio (1995), conforme apresentado na Tabela 5.

**Tabela 5.** Descrição da escala de notas de arquitetura de plantas, adaptada de Collichio (1995)

Nota	Descrição
1	Planta do tipo II, com uma haste e alta inserção das primeiras vagens
2	Planta do tipo II, ereta e com algumas ramificações
3	Planta do tipo III, semi-ereta e com muitas ramificações e tendência a prostrar
4	Planta do tipo III, medianamente prostrada
5	Planta do tipo III, com internódios longos e muito prostrada

O aspecto comercial dos grãos foi avaliado por meio de escala de notas (Tabela 6), conforme proposto por Ramalho (1998).

**Tabela 6.** Descrição da escala de notas de aspecto de grãos, adaptada de Ramalho (1998)

Nota	Descrição
1	Típico grão carioca, cor creme com estrias marrom-claras, fundo claro, sem halo, grãos não achatados
2	Grãos do tipo carioca com deficiência em uma característica referente ao padrão
3	Grãos do tipo carioca com deficiência em duas características referente ao padrão
4	Grãos do tipo carioca com deficiência em três características referente ao padrão
5	Grãos fora do padrão do tipo carioca

Os dados de arquitetura de plantas, produtividade de grãos e aspecto comercial de grãos das 800 progênies e das cinco testemunhas foram submetidos à análise de variância individual, de acordo com o seguinte modelo estatístico, que considera a média como efeito fixo e os efeitos de genótipo, blocos e o erro como aleatórios:

$$Y_{ij} = m + g_i + b_j + e_{ij}$$

em que:

$Y_{ij}$ : observação referente à  $i$ -ésimo genótipo ( $i = 1, 2, \dots, 805$ ), no  $j$ -ésimo bloco ( $j = 1, 2, \dots, 16$ );

$\mu$ : média geral do experimento;

$g_i$ : efeito aleatório do genótipo  $i$ , sendo  $g_i \sim N(0, \sigma_g^2)$ ;

$b_j$ : efeito aleatório do bloco  $j$ , sendo  $b_j \sim N(0, \sigma_b^2)$ ;

$e_{ij}$ : erro aleatório associado a observação  $Y_{ij}$ , sendo  $e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$

A partir dos dados fenotípicos das progênies foram selecionadas as 11 de maior potencial dentro de cada população, utilizando o índice de seleção distância genótipo-ideótipo (DGI) (CARVALHO et al., 2002). Este índice fixa um valor ótimo para cada característica, estabelecendo-se um ideótipo. Calcula-se uma distância entre o genótipo em avaliação e o ideótipo, com base na diferença entre a média de cada característica e o valor atribuído ao genótipo. Portanto, tem-se:

$X_{ij}$  = valor fenotípico médio do  $i$ -ésimo genótipo em relação à  $j$ -ésima característica;

$Y_{ij}$  = valor fenotípico médio transformado;

$C_j$  = constante relativa à depreciação da média do genótipo, por não estar dentro dos padrões desejados pelo melhorista;

$LI_j$  = limite inferior a ser apresentado pelo genótipo, relativo à característica j, conforme o padrão desejado pelo melhorista;

$LS_j$  = limite superior a ser apresentado pelo genótipo; e

$VO_j$  = valor ótimo a ser apresentado pelo genótipo, sob seleção.

Se  $LI_j \leq X_{ij} \leq LS_j$ , então  $Y_{ij} = X_{ij}$ .

Se  $X_{ij} < LI_j$ ,  $Y_{ij} = X_{ij} + VO_j - LI_j - C_j$ .

Se  $X_{ij} > LS_j$ ,  $Y_{ij} = X_{ij} + VO_j - LS_j + C_j$ .

Para este caso, adotou-se que  $C_j = LS_j - LI_j$ . O valor  $C_j$  garante que qualquer valor de  $X_{ij}$  dentro do intervalo de variação em torno do ótimo resultará em um valor  $Y_{ij}$  com magnitude próxima do valor ótimo ( $VO_j$ ), ao contrário dos valores de  $X_{ij}$  fora desse intervalo. Dessa forma, transforma-se  $X_{ij}$  para garantir a depreciação dos valores fenotípicos que se encontram fora do intervalo tomado como ótimo.

Em relação à definição do ideótipo, considerou-se como valor ótimo a menor média observada, tanto para arquitetura de planta como para aspecto comercial de grãos, já que quanto menor a nota, mais favorável é esse fenótipo. Já para produtividade, a maior média observada foi considerada como valor ótimo.

Os limites superiores e inferiores foram definidos com base nos maiores e menores valores, respectivamente, observados para cada característica no experimento. Além disso, foram atribuídos pesos econômicos iguais para os três caracteres (Tabela 7).

**Tabela 7.** Peso econômico, valor ótimo, limite inferior e limite superior dos caracteres avaliados utilizados no índice de seleção para progênies  $F_{2:3}$ .

Caráter	Peso	Valor ótimo	Limite inferior	Limite superior
Arquitetura de planta	1	1,5	1,5	3,75
Aspecto comercial de grãos	1	1	1	4,5
Produtividade (kg/ha)	1	5580	1368	5580

As 220 progênies endogâmicas  $F_{2:4}$  selecionadas foram avaliadas em experimento com repetição conduzido na safra das águas de 2019. Para isso, foi utilizado um delineamento de látice triplo 15 x 15, no qual foram adicionadas mais cinco testemunhas (as mesmas utilizadas na geração  $F_{2:3}$ ). Nesse experimento a parcela foi constituída de duas linhas de dois metros, espaçadas de 0,5m.

Assim como no experimento anterior, dados de produtividade foram tomados após os procedimentos de pós-colheita, também com balança de precisão. As notas de arquitetura de planta e aspecto comercial de grãos foram tomadas utilizando as mesmas escalas anteriormente descritas.

Para análise destes dados foi adotado o modelo, considerando os efeitos da média e da repetição como fixos e os efeitos de genótipo, blocos e do erro como aleatórios, conforme a seguir:

$$Y_{ijk} = m + g_i + r_j + (r/b)_{k(j)} + e_{ijk}$$

em que:

$Y_{ij}$ : observação referente ao  $i$ -ésimo genótipo ( $i = 1, 2, \dots, 225$ ), no  $k$ -ésimo bloco ( $k = 1, 2, \dots, 45$ ), dentro da  $j$ -ésima repetição ( $j = 1, 2, 3$ );

$\mu$ : média geral do experimento;

$g_i$ : efeito aleatório do genótipo  $i$ , sendo  $g_i \sim N(0, \sigma_g^2)$

$r_j$ : efeito fixo da repetição  $j$ ;

$(r/b)_{k(j)}$ : efeito aleatório do bloco  $k$  dentro da repetição  $j$ , sendo  $(r/b)_{k(j)} \sim N(0, \sigma_{(r/b)}^2)$

$e_{ij}$ : erro aleatório associado a observação  $Y_{ijk}$ , sendo  $e_{ijk} \sim N(0, \sigma_e^2)$ .

Para ambos os experimentos de avaliação de famílias foram obtidas as estimativas da acurácia seletiva ( $r_j$ ) de acordo com a equação já descrita anteriormente. Já o coeficiente de variação experimental, para os caracteres arquitetura de planta e aspecto comercial de grãos, foi estimado de acordo com a expressão proposta por Anjos et al. (2019), de forma que o viés associado a utilização de escala de notas para avaliação seja eliminado:

$$CV = \frac{100 * \sqrt{QMR}}{|\bar{X}_0 - u|}$$

em que QMR é o quadrado médio do resíduo;

$\bar{X}_0$  é a média geral das pontuações da característica;

$u$  é o valor numérico da pontuação atribuída ao fenótipo indesejável. Para produtividade de grãos, o coeficiente de variação experimental foi estimado desconsiderando  $u$ , visto que essa característica não é avaliada por escala de notas.

A partir dos resultados obtidos e de acordo com o índice DGI, independente da população de origem, foram selecionadas as melhores progênies visando a extração de linhagens superiores quanto aos caracteres arquitetura de plantas, produtividade e aspecto comercial de grãos.

De maneira semelhante ao ensaio de progênies  $F_{2:3}$ , o valor ótimo, além dos limites superiores e inferiores foram definidos a partir dos dados obtidos do experimento (Tabela 8).

**Tabela 8.** Peso econômico, valor ótimo, limite inferior e limite superior dos caracteres avaliados utilizados no índice de seleção para progênies  $F_{2:4}$ .

Caráter	Peso	Valor ótimo	Limite inferior	Limite superior
Arquitetura de planta	1	1,91	1,91	4,25
Aspecto comercial de grãos	1	1,58	1,58	3,66
Produtividade (kg/ha)	1	4470	1268	4470

Simultaneamente, foram selecionadas as duas progênies de maior potencial dentro de cada população visando a recombinação das mesmas para dar continuidade ao próximo ciclo de seleção. Uma igual proporção de sementes das duas progênies será misturada para representar a população. Foram previstas as estimativas dos ganhos diretos com a seleção em valor absoluto (GS) e porcentagem (GS%), para o caráter produtividade de grãos, de acordo com as seguintes expressões:

$$GS = h^2 * (\bar{X}_S - \bar{X}_0)$$

$$GS(\%) = \frac{h^2 * (\bar{X}_S - \bar{X}_0)}{\bar{X}_0} * 100$$

em que:

$\bar{X}_S$  é a média aritmética da característica das linhagens selecionadas;

$\bar{X}_0$  é a média aritmética da característica para todas as linhagens;

$h^2$  é a herdabilidade da característica.

Contudo, para o cálculo da estimativa do ganho com a seleção em porcentagem (GS%) dos caracteres arquitetura de planta e aspecto comercial de grãos foi utilizado um estimador apropriado, a fim de evitar um viés associado a utilização de escala de notas para avaliação, proposto Anjos et al. (2019), dado pela expressão seguinte:

$$GS(\%) = \frac{h_i^2 * (\bar{X}_S - \bar{X}_0)}{|\bar{X}_0 - u|} * 100$$

sendo  $\mu$  a nota dada ao fenótipo indesejado (maior nota).

As análises estatísticas foram feitas usando os recursos computacionais do software Genes (CRUZ, 2013).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Avaliação de populações segregantes do ciclo C<sub>2</sub>

Pela análise de variância (Tabela 9), observou-se efeito significativo de tratamentos para o caráter produtividade de grãos, à 1% de probabilidade. Porém, ao analisar o desdobramento desta fonte de variação constata-se que tanto as populações quanto as testemunhas não tiveram efeito significativo. Contudo, houve efeito significativo do contraste (Pop. vs Test.), o que torna possível afirmar que as médias não se diferiram dentro dos grupos, mas sim entre eles, sendo que a média das populações foi superior a das testemunhas. Tal resultado evidencia o potencial das populações avaliadas para a extração de linhagens com produtividade de grãos superiores às cultivares utilizadas como testemunhas no presente trabalho.

**Tabela 9.** Resumo da análise de variância individual da produtividade de grãos, em kg ha<sup>-1</sup> (PROD), referente à avaliação das populações F<sub>2</sub> do ciclo C<sub>2</sub>, na safra das águas de 2018.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio
		PROD
Blocos	2	1210724,9497
Tratamentos	24	651660,7261 **
Populações	19	276126,7685 <sup>ns</sup>
Testemunhas	4	342636,2373 <sup>ns</sup>
Pop. vs Test.	1	9022903,8725 **
Resíduo	48	171835,9767
Total	74	
Média geral		2414,3080
Média populações		2587,7333
Média testemunhas		1720,6066
C.V. Experimental (%)		17,1693
Variância fenotípica		92042,2561
Variância ambiental		57278,6589
Variância genotípica		34763,5973
Herdabilidade		37,7692
C.V.Genético (%)		0,7205
Razão CVg/CVe		0,4498
Acurácia		0,6146

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo, significativos, a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Ao analisar a Tabela 9, observa-se que a estimativa do coeficiente de variação residual (C<sub>Ve</sub>) situou-se abaixo de 18%, evidenciando boa precisão experimental para o caráter em questão. O valor obtido é inferior àquele indicado como máximo (25%) pelo Ministério da Agricultura para os ensaios de valor de cultivo e uso na cultura do feijoeiro (BRASIL, 2006). Já a relação CV<sub>g</sub>/C<sub>Ve</sub> indica a proporção da variação genética em relação à variação residual. De acordo com Resende e Duarte (2007), valores de CV<sub>g</sub>/C<sub>Ve</sub> acima de 0,45, em experimentos com três repetições, apresentam acurácia seletiva superior a 60%. Isso foi observado no presente trabalho, uma vez que os valores de CV<sub>g</sub>/C<sub>Ve</sub> e acurácia seletiva foram de 45% e 61%, respectivamente. Estes valores indicam precisão de seleção moderada na seleção em nível de média das populações. (RESENDE; DUARTE, 2007).

De forma geral, as populações apresentaram alta média de produtividade de grãos (2588 kg ha<sup>-1</sup>), sendo esta superior à média das testemunhas (1721 kg ha<sup>-1</sup>), incluindo a cultivar Pérola, variedade mais plantada nacionalmente, devido a sua elevada produtividade e qualidade comercial dos grãos (Tabela 10). Vale destacar o desempenho da população 1, com média de produtividade de 3070 kg ha<sup>-1</sup>. Tal média é corriqueiramente atingida em condições de produção irrigada, como nos estados de Goiás e Distrito Federal, na qual favorece melhor desempenho da cultura (CONAB, 2020).

**Tabela 10.** Médias de produtividade de grãos, em kg ha<sup>-1</sup> (PROD) das 20 populações F<sub>2</sub> do ciclo C<sub>2</sub>, avaliadas na safra das águas de 2018, em Coimbra-MG.

População	Variância Genotípica	Média PROD		
1	19,7690	<b>3070</b>		<b>e</b>
2	10,9850	<b>3053</b>		<b>e</b>
8	22,6230	<b>2965</b>		<b>e</b>
20	30,6780	<b>2896</b>	<b>b</b>	<b>e</b>
15	10,5880	<b>2876</b>	<b>b</b>	<b>e</b>
4	27,9920	<b>2874</b>	<b>b</b>	<b>e</b>
10	21,7240	<b>2744</b>	<b>b c</b>	<b>e</b>
19	15,3910	<b>2662</b>	<b>b c</b>	<b>e</b>
18	7,0530	<b>2606</b>	<b>b c d</b>	<b>e</b>
3	13,5410	<b>2576</b>	<b>b c d</b>	<b>e</b>
17	14,2470	<b>2517</b>	<b>b c d</b>	<b>e</b>
7	23,0000	<b>2504</b>	<b>b c d</b>	<b>e</b>
5	18,0240	<b>2489</b>	<b>b c d</b>	<b>e</b>

12	16,8970	<b>2418</b>	<b>b c d e</b>
16	7,5100	<b>2416</b>	<b>b c d e</b>
14	8,4310	<b>2367</b>	<b>b c d e</b>
6	18,3060	<b>2327</b>	<b>b c d e</b>
11	16,1770	<b>2247</b>	<b>b c d e</b>
13	7,1590	<b>2187</b>	<b>a b c d e</b>
9	9,5920	<b>1961</b>	<b>a b c d e</b>
<b>Testemunha</b>			
BRS Valente		<b>1208</b>	<b>a</b>
BRS Estilo		<b>1908</b>	<b>b</b>
BRSMG Madrepérola		<b>1784</b>	<b>c</b>
Pérola		<b>1606</b>	<b>d</b>
BRS Uai		<b>2097</b>	<b>e</b>

Médias seguidas pela letra “a” na coluna não difere da testemunha BRS Valente, pela letra “b” não difere da BRS Estilo, “c” não difere da BRSMG Madrepérola, “d” não difere da Pérola e “e”, não difere da BRSMG Uai (Dunnett à 5%).

As 20 populações segregantes foram ordenadas de forma decrescente em acordo com seus respectivos valores de probabilidade de superar o padrão (PSP). Para o caráter produção de grãos, os valores de PSP variaram 42,47% a 64,43%, indicando altas probabilidades de se extrair linhagens com maior potencial produtivo que a cultivar Pérola. As populações que se destacaram foram as de número 20, 8, 1, 2 e 19, com valores de PSP superiores a 62%, as quais apresentaram as maiores médias fenotípicas para o caráter (Tabela 11).

**Tabela 11.** Probabilidade de superar o padrão em 20% (PSP) das 20 populações segregantes F<sub>2</sub>, do ciclo C<sub>2</sub>, em relação às testemunhas Pérola e BRS Estilo, considerando os caracteres produção de grãos (PROD) e diâmetro do hipocótilo (DH), respectivamente.

Pop	PROD				DH				
	Média (g/planta)	V.F. <sup>1</sup>	V.G.	PSP (%)	Pop	Média (mm)	V.F. <sup>1</sup>	V.G.	PSP (%)
20	12,298	46,315	30,678	64,43	5	5,481	0,659	0,175	44,04
8	11,910	38,261	22,623	64,06	2	5,383	0,666	0,182	40,13
1	11,661	35,407	19,769	63,68	18	5,367	0,720	0,236	39,74
2	11,061	26,622	10,985	62,55	19	5,321	0,869	0,385	39,74
19	11,192	31,028	15,391	62,17	1	5,323	0,777	0,293	38,97
7	11,426	38,638	23,000	61,79	10	5,260	0,721	0,237	35,94
4	11,399	43,629	27,992	61,03	3	5,289	0,626	0,142	35,57
16	10,632	23,147	7,510	61,03	20	5,213	0,837	0,353	35,57
15	10,457	26,226	10,588	59,10	8	5,291	0,595	0,112	34,83

5	10,212	33,661	18,024	56,36	11	5,288	0,605	0,121	34,83
10	10,226	37,361	21,724	55,96	16	5,272	0,605	0,121	34,09
3	9,913	29,178	13,541	55,17	7	5,178	0,760	0,276	33,36
17	9,947	29,884	14,247	55,17	17	5,120	0,815	0,332	32,28
12	9,517	32,535	16,897	52,39	4	5,024	0,979	0,495	31,21
6	9,419	33,943	18,306	51,99	12	5,058	0,804	0,320	29,81
18	9,128	22,690	7,053	50,40	15	5,080	0,589	0,105	26,11
11	8,611	31,814	16,177	47,21	13	5,017	0,573	0,089	22,97
9	8,385	25,229	9,592	45,22	9	4,853	0,709	0,225	21,48
14	8,268	24,069	8,431	44,43	6	4,925	0,550	0,066	18,94
13	8,053	22,796	7,159	42,47	14	4,543	0,652	0,169	11,90
Variância ambiental (BRS Valente)				15,637	Variância ambiental (Pérola)				0,484
Média da testemunha padrão				7,560	Média da testemunha padrão				4,681

Para o caráter diâmetro do hipocótilo, as probabilidades variaram de 11,90% a 44,04%, com destaque para as populações 5, 2, 18, 19 e 1, que apresentaram probabilidades de superar o padrão (BRS Estilo) próximas à 40% (Tabela 11). É importante salientar que o DH é um caráter que pode ser mensurado de forma precisa e com boa acurácia, além de auxiliar na seleção indireta de plantas com porte ereto, uma vez que já foi verificada sua elevada associação de causa e efeito com a arquitetura da planta de feijoeiro (Moura et al., 2013).

Ao se considerar as 10 populações com maior potencial de extração de linhagens pela metodologia Jinks e Pooni, observa-se que seis (2, 8, 1, 20, 19 e 5) foram coincidentes para os caracteres PROD e DH, simultaneamente (Tabela 11). Isso deixa claro que boa parte das populações avaliadas possuem grande potencial para seguir em um programa de melhoramento com foco em ganhos de produtividade de grãos e arquitetura de plantas. Esses resultados corroboram com os observados por Paula (2016) e Silva et al. (2009), que relataram o sucesso em obter genótipos com boa arquitetura de plantas, aliado a alto potencial de produção.

## 5.2 Avaliação de progênies endogâmicas F<sub>2:3</sub>

Pela análise de variância (Tabela 12), observou-se efeito significativo de progênies para os caracteres ARQ e AG. A significância dessas fontes de variação indica a existência de variabilidade genética entre as 800 progênies estudadas para ambas características, implicando em uma maior eficiência com a seleção, também mostrada pelos seus valores de acurácia moderada (0,6694) e

alta (0,8725), respectivamente, conforme Resende e Duarte (2007). Os valores dos coeficientes de variação residual destes caracteres também indicam uma boa precisão experimental. Neste caso, o valor do CVe foi de aproximadamente 10 % para arquitetura de planta e 11% para nota de grãos. Tais estimativas estão de acordo com os valores relatados na literatura para experimentos desta natureza com a cultura do feijoeiro (Marques Junior et al., 1997).

**Tabela 12.** Resumo da análise de variância individual da arquitetura de plantas (ARQ), aspecto de grãos (AG) e produtividade de grãos (PROD), em kg ha<sup>-1</sup>, referente à avaliação de progênies F<sub>2:3</sub> do ciclo C<sub>2</sub>, na safra da seca de 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		ARQ	AG	PROD
Blocos	15	0,8706	0,7606	3273824,2706
Progênies (Aj.)	804	0,1100 **	0,3434 **	447402,3570 <sup>ns</sup>
Resíduo	60	0,0607	0,0820	424979,8885
<b>Total</b>	<b>879</b>			
Média geral		2,6006	2,5864	3604,8689
Média (progênies)		2,5941	2,6131	3616,0923
Média (testemunhas)		2,6656	2,3187	3492,6350
C.V. Geral (%)		10,2667	11,8652	18,0840
C.V. Progênies (%)		10,2390	11,9982	18,0279
C.V. Testemunhas (%)		10,5529	10,6809	18,6651
Variância genotípica		0,0624	0,2979	95949,1500
Variância fenotípica		0,1230	0,3800	520929,0385
Variância ambiental		0,0607	0,0820	424979,8885
Herdabilidade		0,5068	0,7841	0,1842
C.V. Genético (%)		10,3796	22,8684	8,5661
Acurácia		0,6694	0,8725	0,2239

<sup>ns</sup> e \*\*: não significativo e significativos a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Contudo, para o caráter produtividade de grãos, não se observou efeito significativo das progênies avaliadas (Tabela 12). Tal resultado pode estar associado à baixa precisão na estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos quando se faz uso do delineamento de blocos aumentados. Esta ineficiência pode ainda ser maior quando se avalia um caráter de herdabilidade reduzida como produtividade de grãos (PATIÑO; SINGH, 1989; SILVA et al., 1994). Observa-se na tabela 12 que o CVe foi de aproximadamente 18%, indicando precisão experimental média para este caráter. Além disso, o valor da acurácia seletiva foi de 0,2239, também considerada baixa para experimentos com feijoeiro.

É importante salientar que a utilização do delineamento de blocos aumentados se faz necessária quando há um grande número de genótipos a serem avaliados e/ou quando há limitação de material genético e área experimental. No caso deste trabalho, foram avaliadas 800 progênes e dispúnhamos de sementes produzidas por uma planta, na maioria dos casos insuficientes para fazer repetições dos tratamentos. Souza et al. (2000) constatou que o emprego do delineamento de blocos aumentados torna-se mais eficiente quando se aplica uma intensidade de seleção mais branda.

Para a seleção das melhores progênes a serem avaliadas na próxima geração foi utilizado o índice DGI, que considerou todos os caracteres avaliados no experimento simultaneamente. Vale destacar que a produtividade de grãos foi considerada neste índice apesar de seu efeito não significativo, muito devido à importância deste caráter para predizer o potencial de uma população em gerar genótipos promissores tanto para extração de linhagens quanto para a recombinação.

Na definição do ideótipo, optou-se por valores ótimos a menor média observada tanto para o caráter arquitetura de planta quanto para aspecto de grãos. Para produtividade a maior média observada foi considerada como valor ótimo. Além disso, foram também definidos os limites inferiores e superiores a serem considerados no índice, que, neste caso, foram tomados com base nos maiores e menores valores, respectivamente, encontrados no experimento. É importante salientar que foram atribuídos os mesmos valores de peso econômico para os três caracteres (uma unidade).

Foram selecionadas as 11 melhores progênes dentro de cada população de acordo com o índice DGI, totalizando 220 progênes avaliadas na geração F<sub>2:4</sub>. O desempenho destas pode ser observado no APÊNDICE A.

### 5.3 Avaliação de progênes endogâmicas F<sub>2:4</sub>

Na tabela 13 são apresentados os resumos das análises de variância para os caracteres ARQ, AG e PROD avaliados nas 220 progênes F<sub>2:4</sub>.

**Tabela 13.** Resumo das análises individuais de variância para arquitetura de plantas (ARQ), aspecto de grãos (AG) e produtividade de grãos (PROD), em kg ha<sup>-1</sup>, referente à avaliação de progênes F<sub>2:4</sub> do ciclo C<sub>2</sub>, na safra das águas de 2020.

Fonte de Variação	Quadrado Médio		
	G.L.	ARQ	AG

Repetições	2	3,7645	0,0959	21609405,8461
Bloco/Rep (Aj.)	42	0,3086	0,1865	501189,8879
Tratamentos (Aj.)	224	0,7374**	0,4649 **	1137924,2523 **
Progênes (Aj.)	219	0,7227**	0,4610 **	1126460,6913 **
Pop1	10	0,5668 *	0,6299 **	367617,8210 *
Pop2	10	0,7926 **	0,5227 **	1001969,5190 **
Pop3	10	0,6966 **	0,2826 *	643940,5048 **
Pop4	10	0,8621 **	0,2270 <sup>ns</sup>	898428,5005 **
Pop5	10	0,2418 <sup>ns</sup>	0,2678 *	731189,4673 **
Pop6	10	0,3863 *	0,2937 *	967456,4972 **
Pop7	10	0,2267 <sup>ns</sup>	0,1983 <sup>ns</sup>	1387099,7325 **
Pop8	10	0,9280 **	0,2327 *	324108,4581 *
Pop9	10	0,7070 **	0,4000 **	114458,8051 <sup>ns</sup>
Pop10	10	1,2496 **	0,3335 **	699555,5950 **
Pop11	10	0,7946 **	0,7519 **	332865,3235 *
Pop12	10	0,4412 *	0,1450 <sup>ns</sup>	215090,8284 <sup>ns</sup>
Pop13	10	0,6983 **	0,2285 <sup>ns</sup>	1302113,3569 **
Pop14	10	0,1639 <sup>ns</sup>	0,2614 *	913587,5172 **
Pop15	10	0,8674 **	0,9526 **	714073,0120 **
Pop16	10	0,6536 **	0,0961 <sup>ns</sup>	1387220,6181 **
Pop17	10	0,4609 *	0,4335 **	501016,3319 **
Pop18	10	0,4402 *	0,1773 <sup>ns</sup>	703999,0564 **
Pop19	10	0,1830 <sup>ns</sup>	0,5046 **	850010,2524 **
Pop20	10	0,3592 <sup>ns</sup>	0,3337 **	934510,4281 **
Entre pop	19	2,1615 **	1,4853 **	5094303,9547 **
Testemunhas	4	1,1296 **	0,6910 **	2044901,6618 **
Prog. vs. Test.	1	2,4011 **	0,4278 **	20534,4694 <sup>ns</sup>
Erro efetivo	406	0,2032	0,1254	164323,9760
Eficiência do látice		101,8750	101,69762	113,69691
Média geral		3,1637	2,5196	2912,0713
Média (progênes)		3,1547	2,5234	2912,9028
Média (testemunhas)		3,5593	2,3525	2875,4852
Variância genotípica		0,1781	0,1132	324533,4254
Variância fenotípica		0,2458	0,155	379308,0841
Herdabilidade média		0,7244	0,7302	0,8556
C.V. Experimental (%)		24,5511	14,2779	13,9203
C.V. Genético (%)		22,9795	13,5625	19,5627
Acurácia		0,8478	0,8532	0,9242

ns, \*\* e \*: não significativo, significativos, a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

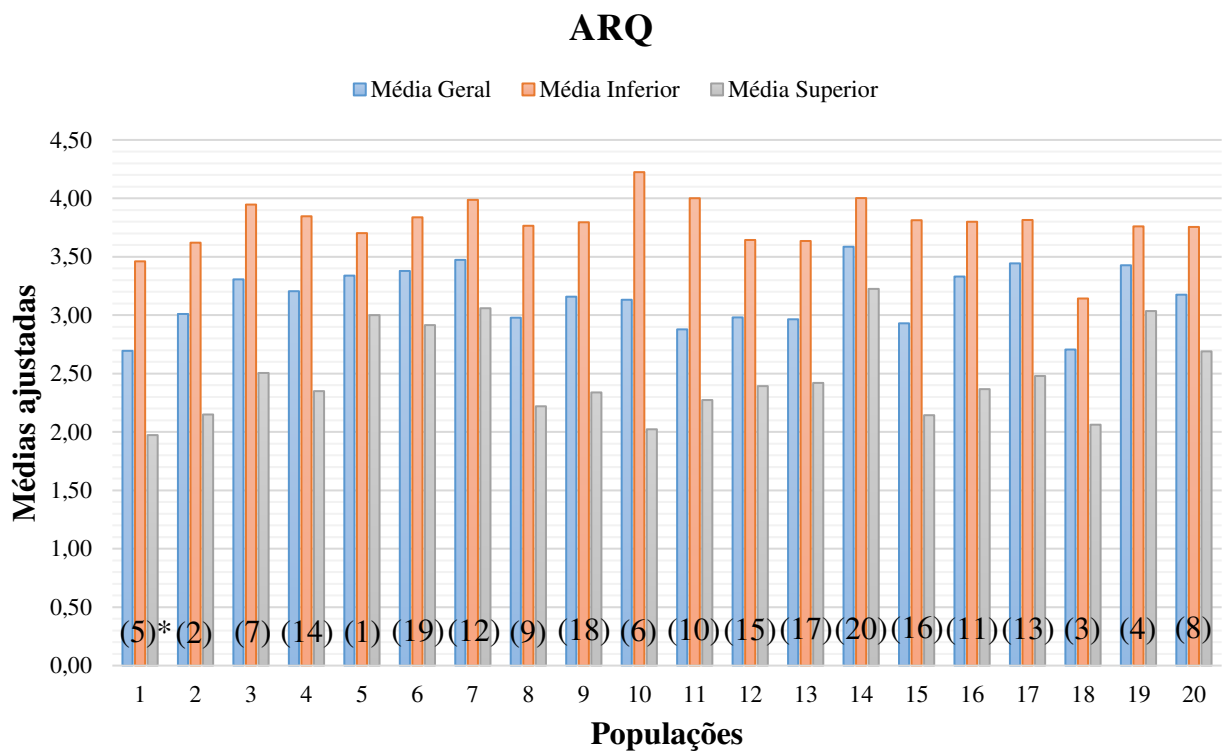
As estimativas dos coeficientes de variação experimental (CVe) situaram-se abaixo de 15% para produtividade de grãos e aspecto de grãos, evidenciando boa precisão experimental para ambos os caracteres (Tabela 13). Para arquitetura de planta o valor foi de 24%. Os valores de CVg/CVe foram de grande magnitude para os três caracteres, corroborando com acurácias seletivas de 85% para ARQ e NG, e 92% para PROD. Esses números indicam a grande possibilidade de se obter ganhos com a seleção das melhores progênies. Tais estimativas estão de acordo com os valores relatados na literatura (MARQUES JÚNIOR et al., 1997; RESENDE; DUARTE, 2007), conforme já citado anteriormente.

Verificou-se efeito significativo de progênies para os três caracteres avaliados, o que evidencia diferença significativa entre médias (Tabela 13). Ao se desdobrar o efeito de progênies em efeitos de progênies dentro de populações (baseados na média das 11 progênies), constata-se que houve efeito significativo para a grande maioria delas, para os três caracteres. No contraste (Prog. x Test.), observou-se efeito significativo para ARQ, com média das progênies superior à média das testemunhas, o que indica o potencial destas progênies na obtenção de genótipos com arquitetura de planta mais ereta em relação à aquelas cultivares já plantadas no país. É importante salientar que 80% das progênies avaliadas tiveram médias similar à cultivar BRS Estilo, testemunha de menor nota de ARQ (2,55), além de um genótipo referência quando se trata de porte.

Para AG, o contraste (Prog. x Test.) também foi significativo, porém a média das progênies foi menor que a média das testemunhas (Tabela 13). Apesar disso, foi detectado que mais da metade das progênies avaliadas possuem média estatisticamente similar a cultivar BRSMG Madrepérola (1,69), considerada padrão no quesito qualidade comercial de grãos carioca (APÊNDICE B).

No entanto, para o caráter PROD o contraste (Prog. x Test.) foi não significativo, evidenciando o potencial das progênies avaliadas em obter genótipos com desempenho produtivo similar as testemunhas utilizadas nesta geração (Tabela 13). Vale destacar que foram incluídos 10 novos genitores no programa de seleção recorrente, e que, na sua maioria, possuem alto potencial produtivo. Das 220 progênies avaliadas, 103 tiveram médias de produção similar à cultivar BRSMG Zape (3994 kg ha<sup>-1</sup>), recentemente recomendada no estado de Minas Gerais. Três progênies (28, 3 e 203) se destacaram, com produtividade acima de 4000 kg ha<sup>-1</sup> bem superior à média de produtividade de feijão irrigado.

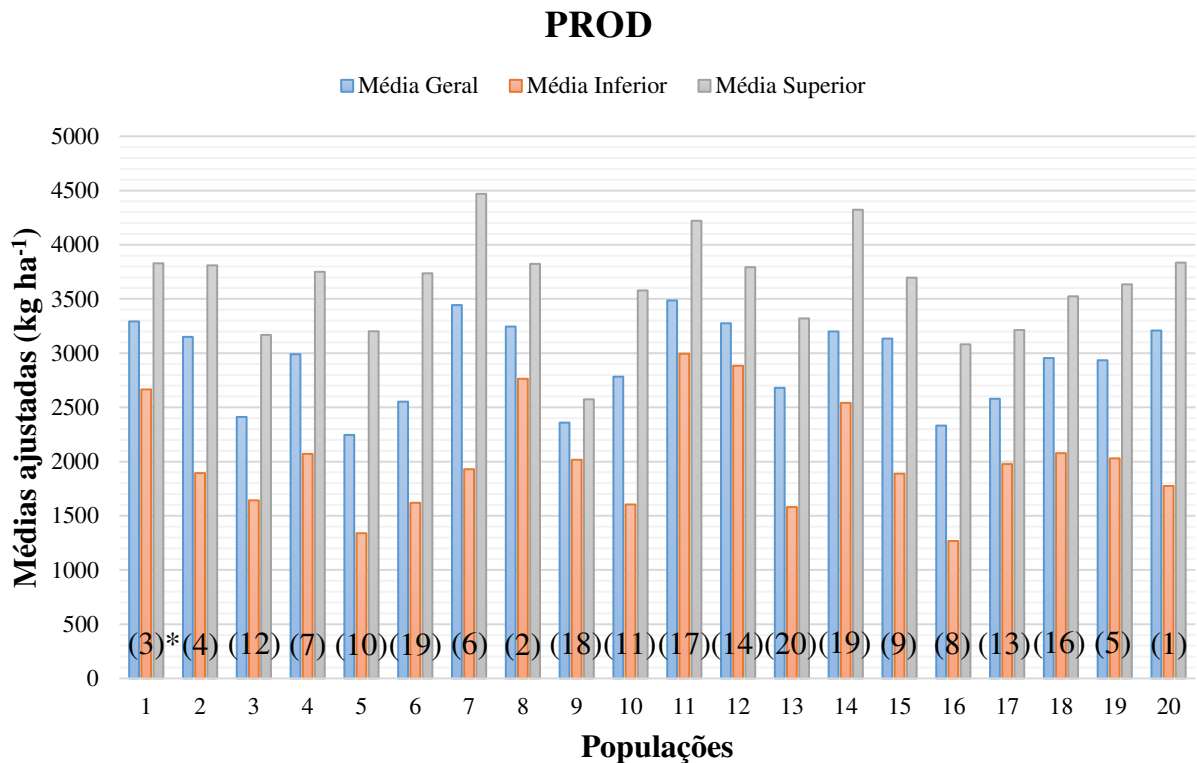
Ao avaliarmos a geração F<sub>2:4</sub> em nível de população podemos observar o bom desempenho das populações 18, 1, 2 e 11 para o caráter ARQ (Figura 1). Estas se destacam por apresentarem altas médias fenotípicas além de limites superiores de grande magnitude, evidenciando o potencial para derivação de linhagens com boa arquitetura de planta. Esse resultado corrobora com a predição do potencial das populações realizada na geração F<sub>2</sub>, uma vez que as quatro populações destacadas anteriormente correspondem, respectivamente, às 3<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 10<sup>a</sup> posições do ranking obtido por meio da metodologia de Jinks e Pooni (Tabela 11).



**Figura 1.** Média geral, média inferior e média superior das progênies F<sub>2:4</sub> em nível de população para o caráter arquitetura de plantas (ARQ), na safra da seca de 2020. \*Valores entre parênteses referem-se à posição da população no ranking obtido pela metodologia de Jinks e Pooni, de acordo com o valor de PSP, na safra das águas de 2018

Para o caráter produtividade de grãos a população 7 destaca-se pelo seu ótimo desempenho (Figura 2). A média geral observada foi de 3443 kg ha<sup>-1</sup>, além limite superior próximo à 4500 kg ha<sup>-1</sup>, o que permite a extração de materiais altamente produtivos. Além disso, verifica-se que esta população ocupou a 6<sup>a</sup> posição no ranking das mais promissoras para este caráter na geração F<sub>2</sub>.

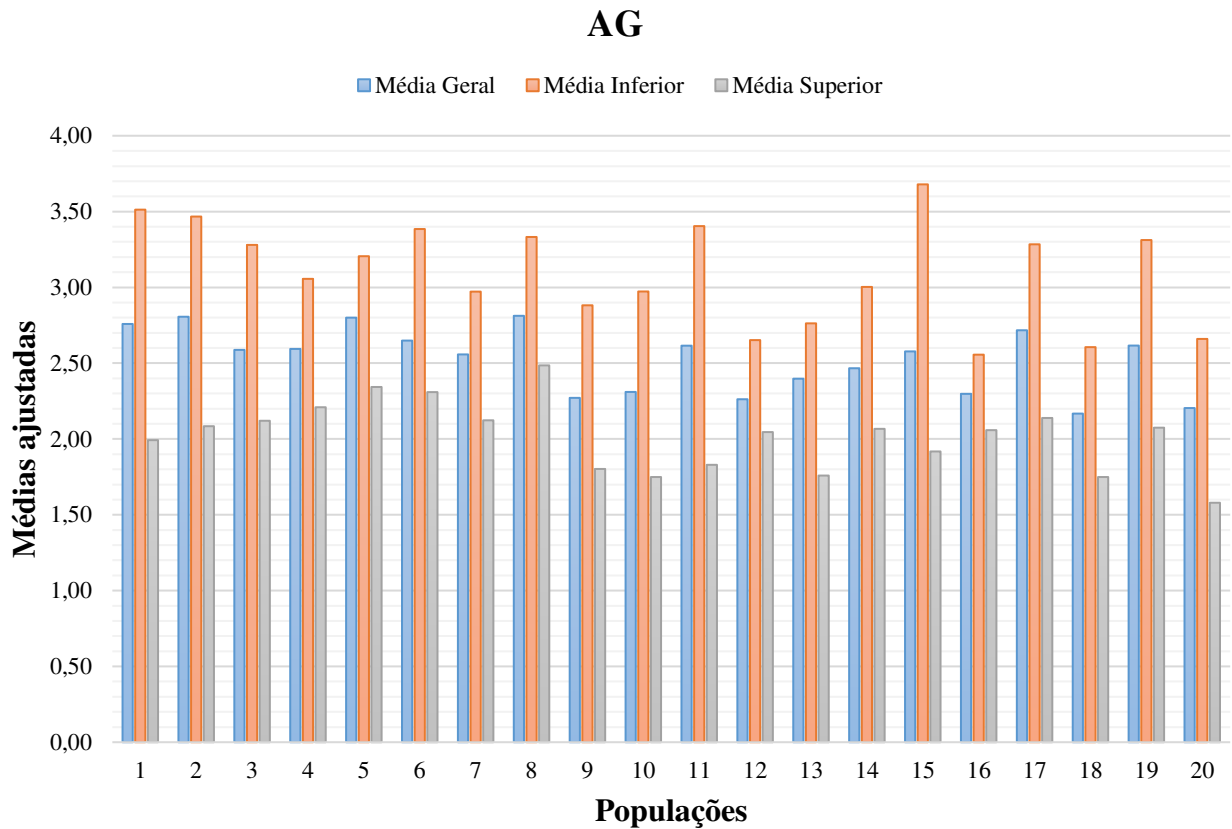
Por outro lado, a metodologia de Jinks e Pooni (1976) não se mostrou eficiente em relação a população 11, que por sua vez, não foi bem classificada no ranking (17ª posição), apesar de apresentar ótimo potencial produtivo. Esta população merece destaque por ser a mais produtiva ( $3486 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e possuir limite superior elevado para produtividade de grãos ( $4221 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Vale ressaltar o bom desempenho das populações 1 e 8, com valores de médias e limites superiores de grandes magnitudes, corroborando, desta vez, com o ranking estabelecido (3ª e 2ª posições, respectivamente).



**Figura 2.** Média geral, média inferior e média superior das progênes  $F_{2:4}$  à nível de população para o caráter produtividade de grãos (PROD), em  $\text{kg ha}^{-1}$ , na safra da seca de 2020. \*Valores entre parênteses referem-se à posição da população no ranking obtido pela metodologia de Jinks e Pooni (1976), de acordo com o valor de PSP, na safra das águas de 2018.

Ao analisar a Figura 3, verifica-se o grande potencial das populações 20 e 18 para derivar linhagens com bom aspecto comercial de grãos. Ambas populações apresentaram as maiores

médias fenotípicas e também os maiores valores de limites superiores para o caráter em questão (Figura 3).



**Figura 3.** Média geral, média inferior e média superior das progênies  $F_{2:4}$  à nível de população para o caráter aspecto de grãos (AG), na safra da seca de 2020.

A seleção das melhores progênies tanto para a extração de linhagens quanto para a recombinação e geração do próximo ciclo de seleção foi realizada utilizando-se novamente o índice DGI. O estabelecimento dos limites superiores e inferiores, bem como os valores ótimos e pesos econômicos, seguiu o mesmo padrão da safra anterior.

Com a finalidade de derivar linhagens, as 44 progênies de melhor desempenho de acordo com o índice e, independente da população de origem, são apresentadas na Tabela 14. Observa-se que as populações 12, 18, 11 e 20 foram as que contribuíram com as melhores progênies, com um total de 25 progênies. É importante ressaltar que, dessas quatro populações, apenas a 20 foi identificada como promissora na metodologia do Jinks e Pooni (1976), considerando PROD e DH,

simultaneamente. Tal fato pode ser explicado pela inclusão do AG no índice de seleção e sua não inclusão no estudo de potencial de populações na geração F<sub>2</sub>.

**Tabela 14.** Média de arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e produtividade de grãos (PROD), em kg ha<sup>-1</sup> das 44 melhores progênes, independente da população, classificadas de acordo com o índice de distância genótipo-ideótipo

PROG	POP	CLASSIF.	ARQ	AG	PROD
169	18	1	2,17 b	1,75 b de	3524 c e
130	11	2	2,42 b	1,83 ab de	3425 a c e
93	12	3	2,42 b	2,08 ab de	3539 c e
91	18	4	2,08 b	2,00 ab de	3269 abc e
95	20	5	2,92 abc e	1,58 b de	3835 c e
55	13	6	2,50 ab	1,75 b de	3092 abc e
89	20	7	2,67 abc	2,08 ab de	3458 a c e
176	8	8	2,25 b	2,50 abcde	3823 c e
34	12	9	2,75 abc e	2,08 ab de	3403 a c e
115	20	10	2,83 abc e	1,92 ab de	3323 a c e
114	18	11	2,58 ab	1,92 ab de	3044 abc e
219	4	12	2,58 ab	2,25 abcde	3360 a c e
79	1	13	2,17 b	2,25 abcde	3104 abc e
199	15	14	2,33 b	1,92 ab de	2856 abcd
138	4	15	2,33 b	2,58 abc e	3751 c e
121	10	16	2,75 abc e	2,33 abcde	3578 c e
97	18	17	2,83 abc e	2,00 ab de	3218 abc e
197	11	18	2,75 abc e	2,00 ab de	3125 abc e
154	15	19	2,75 abc e	2,33 abcde	3522 c e
203	11	20	3,25 abcde	2,08 ab de	4221 c e
147	16	21	2,33 b	2,08 ab de	2855 abcd
64	18	22	2,58 ab	2,33 abcde	3263 abc e
148	1	23	3,00 abc e	2,00 ab de	3330 a c e
9	12	24	2,67 abc	2,17 abcde	3104 abc e
42	2	25	2,17 b	2,67 abc e	3547 c e
7	18	26	2,42 b	2,58 abc e	3461 a c e
205	12	27	2,83 abc e	2,25 abcde	3258 abc e
83	4	28	3,08 abc e	2,25 abcde	3656 c e
37	12	29	3,00 abc e	2,42 abcde	3793 c e
211	12	30	3,08 abc e	2,08 ab de	3343 a c e
158	11	31	2,25 b	2,75 abc e	3677 c e

31	10	32	2,08 b	1,75 b de	2420 ab d
56	20	33	2,83 abc e	1,92 ab de	2803 abcd
217	15	34	3,00 abc e	2,25 abcde	3252 abc e
207	11	35	2,92 abc e	2,42 abcde	3400 a c e
225	19	36	3,17 abcde	2,25 abcde	3503 c e
182	20	37	3,25 abcde	2,08 ab de	3424 a c e
186	13	38	2,42 b	2,50 abcde	3041 abc e
104	12	39	2,58 ab	2,67 abc e	3491 a c e
21	13	40	2,67 abc	2,42 abcde	3038 abc e
156	10	41	2,83 abc e	2,08 ab de	2820 abcd
84	7	42	3,25 abcde	2,42 abcde	3999 c e
19	11	43	2,67 abc	2,75 abc e	3761 c e
122	18	44	2,83 abc e	2,25 abcde	2949 abcd
Pérola			3,57 a	2,66 a	2537 a
BRS Estilo			2,55 b	2,32 b	2309 b
BRSMG Uai			3,70 c	2,94 c	3481 c
BRSMG Madrepérola			4,21 d	1,69 d	2056 d
BRSMG Zape			3,77 e	2,16 e	3994 e

Médias seguidas pela letra “a” na coluna não difere da testemunha Pérola, pela letra “b” não diferem da BRS Estilo, “c” não difere da BRSMG Uai, “d” não difere da BRSMG Madrepérola e “e”, não diferem da BRSMG Zape (Dunnett, 5%).

A etapa de recombinação de progênies é essencial em um programa de seleção recorrente, uma vez que ela permite o início de um novo ciclo de seleção. Neste trabalho, optou-se por selecionar as duas melhores progênies de cada uma das 20 populações segregantes, com base no índice DGI (Tabela 15), de modo que suas sementes sejam misturadas em igual proporção para a obtenção de uma única progênie, que represente cada população.

**Tabela 15.** Média de arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e produtividade de grãos (PROD), em kg ha<sup>-1</sup> das duas melhores progênies dentro de cada população, classificadas de acordo com o índice DGI.

Progênie	População	ARQ	AG	PROD
79	1	2,17	2,25	3104
148	1	3,00	2,00	3330
42	2	2,17	2,67	3547
111	2	3,58	2,08	3737
216	3	3,00	2,58	3168
198	3	2,67	2,42	2314
219	4	2,58	2,25	3360
138	4	2,33	2,58	3751

193	5	3,33	2,33	2578
86	5	3,08	3,00	3202
35	6	3,42	2,42	3736
192	6	2,92	2,42	2662
84	7	3,25	2,42	3999
1	7	3,08	2,58	3707
176	8	2,25	2,50	3823
209	8	2,17	2,75	3305
150	9	2,75	2,00	2574
190	9	3,08	2,08	2568
121	10	2,75	2,33	3578
31	10	2,08	1,75	2420
130	11	2,42	1,83	3425
197	11	2,75	2,00	3125
93	12	2,42	2,08	3539
34	12	2,75	2,08	3403
55	13	2,50	1,75	3092
186	13	2,42	2,50	3041
110	14	3,25	2,08	3298
50	14	3,42	2,08	3450
199	15	2,33	1,92	2856
154	15	2,75	2,33	3522
147	16	2,33	2,08	2855
75	16	3,17	2,33	3071
180	17	3,42	2,42	3213
136	17	3,50	2,42	2782
169	18	2,17	1,75	3524
91	18	2,08	2,00	3269
225	19	3,17	2,25	3503
2	19	3,33	2,50	3635
95	20	2,92	1,58	3835
89	20	2,67	2,08	3458

---

Foram calculados os ganhos diretos em valor absoluto e porcentagem com a seleção das duas melhores progênies de cada população, visando a recombinação para os caracteres produtividade de grãos, arquitetura de planta e aspecto comercial de grãos. Os resultados estão representados na Tabela 16.

**Tabela 16.** Estimativas dos ganhos preditos obtidos pela seleção das duas melhores progênes de cada população para recombinação, de acordo com o índice de distância genótipo-ideótipo para os caracteres arquitetura de plantas (ARQ), aspecto de grãos (AG) e produtividade de grãos (PROD), em kg ha<sup>-1</sup>, na safra das águas de 2020.

Caráter/Parâmetro	$h^2$	$\bar{X}_0$	$\bar{X}_S$	GS	GS (%)
ARQ	0,7244	3,15	2,78	-0,27	14,48
AG	0,7302	2,52	2,23	-0,21	8,45
PROD	0,8556	2907,90	3258,97	300,37	10,17

As estimativas de ganhos preditos foram de 14,48% para arquitetura de plantas, 8,45% para aspecto de grãos e 10,17% para produtividade (Tabela 16). Estes valores são considerados de grande magnitude quando se trata de melhoramento de feijoeiro. Assim como na seleção anteriormente realizada, esses resultados indicam a eficiência do índice DGI em proporcionar ganhos equilibrados para os vários caracteres sob seleção, sendo esta uma ferramenta promissora no processo seletivo.

## 7. CONCLUSÕES

Ao avaliar o potencial das populações para a extração de linhagens pela metodologia Jinks e Pooni, observou-se que seis (2, 8, 1, 20, 19 e 5) se destacaram para os caracteres PROD e DH, simultaneamente. Contudo, ao se proceder com as avaliações das progênes endogâmicas verificou-se que, destas, apenas a população 20 se mostrou promissora, contribuindo com cinco progênes selecionadas para a extração de linhagens.

Com o auxílio do índice de seleção de distância genótipo-ideótipo foi possível identificar progênes endogâmicas que associam alto potencial produtivo, além de porte ereto de planta e bom aspecto comercial de grãos. As progênes 169, 130, 93 e 91 se destacaram para a extração de linhagens superiores. Já para a recombinação, os ganhos preditos com as progênes selecionadas de acordo com índice foram equilibrados e de grande magnitude quando se trata de feijoeiro, portanto promissoras para dar continuidade ao programa de seleção recorrente.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, R. S. R. et al. Selection for hypocotyl diameter results in genetic gain in common bean plant architecture. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, n. 4, p. 417-425, 2018.
- ANJOS, R. S. R. **Seleção recorrente fenotípica pelo diâmetro do hipocótilo no melhoramento da arquitetura do feijoeiro**. 2015. 63 f. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.
- ANJOS, R. S. R. et al. New proposals to estimate unbiased selection gain and coefficient of variation in traits evaluated using score scales. **Crop Science**, v. 59, n. 3, p. 937-944, 2019.
- BARILI, L. D. et al. Genetic progress resulting from forty-three years of breeding of the carioca common bean in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 3, p. 1-11, 2016.
- BARRON, J. E. et al. Response to selection for seed yield and nitrogen (N<sub>2</sub>) fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Field Crops Research**, v. 62, n. 2, p. 119-128, 1999.
- BEARZOTI, E. **Simulação de seleção recorrente assistida por marcadores moleculares em espécies autógamas**. 1997. 230 f. Tese (Doutorado em agronomia - Genética e melhoramento de plantas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury, MN: Stemma Press, 2010. 390p.
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: CARNEIRO, J. E. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. p. 9-15.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. Seleção Recorrente. In: BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. p. 296-322.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares – RNC**. Anexo I. Brasília: MAPA, 2006.
- CARNEIRO, J. E. S. et al. BRSMG Madrepérola: Common bean cultivar with late-darkening Carioca grain. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, n. 4, p. 281-284, 2012.
- CARVALHO, C. G. P. et al. Selection based on distances from ideotype. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, n. 2, p. 171-178, 2002.
- CIAT. **Annual Report 1977**, Cali, 83p. 1978.

COLLICCHIO, E. **Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos**. 1995. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Série histórica de safras**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S.; **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético: volume 1**. 4. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2012. 514p.

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**, v. 5, p. 379-386, 2005.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de feijão comum (Phaseolus vulgaris L.) e caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp) no Brasil (1985 a 2019): área, produção e rendimento**. 2020. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

FARIA, L. C. et al. BRS Cometa: A carioca common bean cultivar with erect growth habit. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, n. 2, p. 167-169, 2008.

FARIA, L. C. et al. Genetic progress during 22 years of improvement of carioca-type common bean in Brazil. **Field Crops Research**, v. 142, p. 68-74, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. **Faostat. Countries by commodity**. Disponível em: <[http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity)>. Acesso em 15 de julho de 2021.

GIL, S. P. et al. Spike changes associated to six cycles of recurrent selection in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Agriscientia**, v. 20, p. 95-98, 2003.

JINKS, J. L.; POONI, H. S. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent. **Heredity**, v. 36, n. 2, p. 253-266, 1976.

MARQUES JÚNIOR, O. G. **Eficiência de experimentos com a cultura do feijão**. 1997. 180 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

MELO, L. C. et al. BRS Estilo - common bean cultivar with carioca grain, upright growth and high yield potential. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, n. 4, p. 377-379, 2010.

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

MENEZES JÚNIOR, J. A. N. et al. Two cycles of recurrent selection in red bean breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, n. 1, p. 41-48, 2013.

MOURA, A. D.; BRITO, L. M. Aspectos socioeconômicos. In: CARNEIRO, J. E. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. p. 16-36.

MOURA, M. M. et al. Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 4, p. 417-425, 2013.

PATIÑO, H.; SINGH, S. P. Visual selection for seed yield in the F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> generations of nine common bean crosses. **Bean Improvement Cooperative Annual Report**, East Lansing, v. 32, p. 79-80, 1989.

PAULA, R. G. **Modelos mistos na avaliação do potencial genético de populações e progênes de feijoeiro**. 2016. 46 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

PIRES, L. P. M. et al. Recurrent mass selection for upright plant architecture in common bean. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 3, p. 240-243, 2014.

POERSCH, N. L. **Diâmetro do hipocótilo como caráter auxiliar no melhoramento da arquitetura do feijoeiro**. 2013. 40 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2012. 522p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. **Euphytica**, v. 144, n. 1-2, p. 23-29, 2006.

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**, v. 33, n. 12, p. 1989-1994, 1998.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Obtenção de cultivares. In: CARNEIRO, J. E. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. p. 9-15.

RANALLI, P. et al. Comparison of earl generation yield testing and a single seed descent procedure in two bean (*Phaseolus vulgaris* L) crosses. **Journal of Genetics and Breeding**, v. 50, n. 2, p. 103-108, 1996.

RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P.; ZIMMERMANN, F. J. P. Grain yield in three recurrent selection cycles in the CAN-IRAT 4 irrigated rice population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, n. 3, p. 369-373, 2002.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 182-194, 2007.

SALVADOR, F. V. **Seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro: otimização das etapas de seleção e recombinação de progênies**. 2018. 74 f. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L.; VIEIRA, R. F.; PINHEIRO, L. R. Botânica. In: CARNEIRO, J. E. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM. A. **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. p. 37-66.

SANTOS, J. B.; VENCOVSKY, R. Controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 9, p. 957-963, 1986.

SILVA, V. M. P. et al. Genetic improvement of plant architecture in the common bean. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 123, p. 3093-3102, 2013.

SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1647-1652, 2009.

SILVA, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1437-1442, 2007.

SILVA, G. S. et al. Genetic control of early grain darkening of carioca common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, p. 299-304, 2008.

SILVA, H. D.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; MARTINS, L. A. Efeito da seleção visual para produtividade de grãos em populações segregantes do feijoeiro. II. Seleção entre progênies. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 181-185, 1994.

SILVA, J. G.; WANDER, A. E. Colheita do feijão. In: CARNEIRO, J. E. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM. A. **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. p. 327-355.

SILVA, V. M. P. E et al. Genetic potential of common bean parents for plant architecture improvement. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 3, p. 167-175, 2013b.

SILVA, V. M. P. et al. Genetic improvement of plant architecture in the common bean. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 123, p. 3093-3102, 2013a.

SINGH, S. P. et al. Two cycles of recurrent selection for seed yield in common bean. **Crop Science**, v. 39, n. 2, p. 391-397, 1999.

SOUZA, E. A.; GERALDI, I. O.; RAMALHO, M. A. P. Alternativas experimentais na avaliação de progênies em programas de melhoramento genético do feijoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 9, p. 1765-1771, 2000.

TEIXEIRA, F. F. et al. Genetic control of plant architecture in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Genetics and Molecular Biology**, v. 22, n. 4, p. 577-582, 1999.

## 9. APÊNDICES

**APÊNDICE A** - Média de arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e produtividade de grãos (PROD), em kg ha<sup>-1</sup> das 11 melhores progênie dentro de cada população segregante, classificadas de acordo com o índice de distância genótipo-ideótipo.

Progênie	População	ARQ	AG	PROD
790	1	1,5	2,5	4414
146	1	1,5	3,0	5270
531	1	2,0	3,0	4076
349	1	2,0	3,0	3935
780	1	2,2	3,0	4457
764	1	1,7	3,5	3671
676	1	2,5	2,5	3767
482	1	2,5	3,0	4620
405	1	1,5	4,0	4208
684	1	2,2	3,0	3621
586	1	2,5	3,0	4257
272	2	2,0	2,0	4985
170	2	2,0	3,0	4941
529	2	2,2	2,0	4003
122	2	2,2	2,5	4627
597	2	2,0	2,0	2813
781	2	2,5	2,5	4428
96	2	2,0	3,0	3401
352	2	2,2	3,0	3977
138	2	2,0	3,5	4243
22	2	2,2	2,5	3236
318	2	2,2	3,0	3688
131	3	2,5	1,5	5268
588	3	2,2	2,5	4466
348	3	2,5	2,0	4438
280	3	2,5	2,0	4228
181	3	2,2	3,0	4462
324	3	2,5	2,0	3748
738	3	2,5	2,5	4341
436	3	2,7	2,0	4948
446	3	2,2	3,0	4048
768	3	2,5	2,5	4124
417	3	2,5	2,5	3931
150	4	2,5	2,0	4420
619	4	2,2	3,0	4431
650	4	2,2	2,5	3587

444	4	2,5	2,5	4352
554	4	2,5	2,5	4198
682	4	2,5	2,0	3363
450	4	2,2	3,0	3578
230	4	2,5	2,5	3635
690	4	2,7	2,5	4725
258	4	2,5	3,0	3943
342	4	2,5	2,5	3223
291	5	2,2	2,5	4408
259	5	2,2	2,5	3917
473	5	2,5	2,0	3891
338	5	2,0	2,5	3096
647	5	2,5	2,5	4354
182	5	2,5	2,0	3690
778	5	2,2	2,5	3416
319	5	2,5	2,5	4201
36	5	2,5	2,5	4191
621	5	2,5	2,5	4144
431	5	2,2	3,0	3946
195	6	2,0	2,5	3856
657	6	2,2	2,5	4649
159	6	2,5	2,0	4771
537	6	2,2	2,5	3976
565	6	2,0	3,5	4883
403	6	2,5	2,5	4133
757	6	2,5	2,5	4126
429	6	2,2	2,0	2946
633	6	2,2	2,5	3216
143	6	2,2	3,0	3650
620	6	2,2	3,0	3321
206	7	2,0	2,5	4605
361	7	2,0	3,0	4489
570	7	2,5	1,5	4321
548	7	2,2	3,0	5122
357	7	2,2	2,5	3803
653	7	2,5	2,5	4663
173	7	2,5	2,5	4615
440	7	2,0	3,0	3694
269	7	2,5	2,0	3544
710	7	2,7	2,0	4436
731	7	2,5	2,5	3495
277	8	2,0	3,0	4113

7	8	2,2	2,5	3431
638	8	2,5	2,5	4061
242	8	2,2	3,0	3842
727	8	2,0	3,0	3202
467	8	2,5	3,0	4816
125	8	2,5	2,5	3729
222	8	2,2	3,0	3621
156	8	2,2	3,5	4600
613	8	2,7	2,5	4738
26	8	2,0	3,5	3731
692	9	2,0	2,0	4691
301	9	2,2	1,5	5014
441	9	2,0	2,0	3421
115	9	2,0	3,0	5031
541	9	2,2	2,0	3845
600	9	2,2	1,5	3290
596	9	2,5	1,5	3941
223	9	2,2	2,0	3440
186	9	2,5	2,0	4088
141	9	2,5	2,5	4913
161	9	2,5	2,5	4866
200	10	2,0	2,0	5347
545	10	2,2	1,5	4406
503	10	2,5	1,5	4336
561	10	2,5	1,5	4248
721	10	2,5	2,5	5389
618	10	2,5	2,0	4206
334	10	2,2	2,5	3769
127	10	2,0	3,5	4898
221	10	2,5	2,5	3946
625	10	2,5	2,0	3412
701	10	2,5	2,5	3879
612	11	2,2	2,5	4711
756	11	2,0	2,5	3831
299	11	2,0	2,5	3784
220	11	2,0	2,5	3610
113	11	2,0	2,5	3519
310	11	2,2	1,0	3274
292	11	2,2	2,5	4091
137	11	2,0	2,5	3408
278	11	2,0	2,5	3301
152	11	2,2	3,0	3729

513	11	2,7	2,0	4200
315	12	1,7	2,0	3217
30	12	1,7	2,0	3194
401	12	2,0	2,0	3542
415	12	2,2	2,5	3766
418	12	2,0	2,5	3130
309	12	2,2	2,0	3206
204	12	2,5	2,0	3754
784	12	2,5	2,5	4064
194	12	2,2	2,0	2841
323	12	2,2	2,5	3062
602	12	2,5	3,0	4470
97	13	1,7	2,5	4086
678	13	2,2	2,0	4583
201	13	2,0	2,0	3461
745	13	2,5	1,5	4416
787	13	2,0	2,5	3540
528	13	2,5	1,5	3823
442	13	2,0	3,0	3842
364	13	2,2	2,5	3746
254	13	2,5	1,5	3607
511	13	2,5	2,0	3857
184	13	2,5	2,5	4308
281	14	2,2	2,0	3635
437	14	2,5	2,0	4277
95	14	2,5	2,5	5010
404	14	2,5	2,0	4107
668	14	2,5	2,5	4153
307	14	2,5	2,0	3538
169	14	2,5	2,5	4046
102	14	2,7	2,0	4456
67	14	2,5	2,5	3754
655	14	2,5	2,5	3733
712	14	2,5	2,5	3716
425	15	2,2	2,0	4203
295	15	2,2	2,5	5047
466	15	2,2	2,5	4813
666	15	2,0	3,0	4677
341	15	2,5	2,0	4533
160	15	2,5	2,0	4314
793	15	2,2	2,5	3880
346	15	2,5	2,0	4201

130	15	2,0	2,0	2916
535	15	2,5	2,0	3946
260	15	2,2	2,5	3624
283	16	2,2	2,5	4098
532	16	2,5	2,0	4018
375	16	2,2	2,5	3718
256	16	1,7	3,0	3239
255	16	2,0	2,5	3081
607	16	2,5	2,0	3777
587	16	2,5	1,5	3362
180	16	2,5	1,5	3338
229	16	2,2	2,5	3355
397	16	2,5	2,5	484
605	16	2,7	2,0	4031
285	17	2,2	2,0	3606
347	17	2,0	2,5	3436
724	17	2,0	2,5	3126
300	17	2,2	2,0	3187
49	17	2,5	2,5	3938
791	17	2,2	2,5	3195
289	17	2,2	2,5	3127
320	17	2,5	2,5	3622
92	17	2,5	2,5	3513
183	17	2,7	2,0	3656
452	17	2,7	2,5	4178
530	18	2,0	1,5	4765
109	18	2,0	2,5	4294
782	18	2,2	2,0	4275
54	18	2,2	2,0	4231
129	18	2,2	2,5	5181
459	18	2,2	2,5	4885
679	18	2,2	2,0	4006
516	18	2,5	1,5	4550
483	18	2,5	1,5	4521
328	18	2,2	2,0	3885
628	18	2,2	2,0	3645
458	19	2,2	2,5	4702
622	19	2,5	2,0	4902
205	19	2,5	1,5	4190
796	19	2,5	2,0	4432
680	19	2,5	2,5	4744
153	19	2,5	2,0	3968

786	19	2,5	2,0	3901
336	19	2,5	2,5	3958
350	19	2,0	2,5	2764
386	19	2,5	2,5	3858
646	19	2,5	2,5	3626
107	20	2,2	2,5	5579
448	20	1,7	3,0	4075
795	20	2,2	2,5	4627
252	20	2,0	2,5	3759
487	20	2,5	2,0	4622
64	20	2,5	1,5	3951
60	20	2,2	2,5	3742
233	20	2,2	2,0	3293
576	20	2,5	2,0	3966
145	20	2,5	2,5	4624
114	20	2,5	2,5	4508

**APÊNDICE B** - Média de arquitetura de planta (ARQ), aspecto de grãos (AG) e produtividade de grãos (PROD), em kg ha<sup>-1</sup> das 220 progênies F<sub>2:4</sub> do ciclo C<sub>2</sub> avaliadas da safra da seca de 2020.

ARQ				AG				PROD			
TRAT	POP	MÉDIA		TRAT	POP	MÉDIA		TRAT	POP	MÉDIA	
149	1	1,97	b	95	20	1,58	b de	28	7	4470	e
31	10	2,02	b	31	10	1,75	b de	3	14	4323	ce
91	18	2,06	b	169	18	1,75	b de	203	11	4221	ce
79	1	2,14	b	55	13	1,76	b de	84	7	3999	ce
80	15	2,14	b	141	9	1,80	b de	46	7	3893	ce
42	2	2,15	b	130	11	1,83	ab de	123	14	3842	ce
169	18	2,15	b	56	20	1,89	ab de	95	20	3835	ce
176	8	2,22	b	199	15	1,92	ab de	11	1	3829	ce
209	8	2,22	b	114	18	1,93	ab de	176	8	3823	ce
30	2	2,26	b	115	20	1,96	ab de	63	2	3810	ce
70	10	2,27	b	150	9	1,97	ab de	189	20	3801	ce
5	11	2,27	b	159	18	1,97	ab de	37	12	3793	ce
158	11	2,29	b	185	10	1,98	ab de	19	11	3761	ce
58	15	2,29	b	148	1	1,99	ab de	138	4	3751	ce
199	15	2,30	b	133	9	2,00	ab de	111	2	3737	ce
133	9	2,34	b	197	11	2,00	ab de	35	6	3736	ce
138	4	2,35	b	201	12	2,05	ab de	26	1	3714	ce
147	16	2,37	b	97	18	2,05	ab de	1	7	3707	ce
108	8	2,38	b	166	20	2,05	ab de	134	8	3697	ce

120	1	2,38	b	156	10	2,05	ab de	80	15	3696	c e
93	12	2,39	b	91	18	2,06	ab de	158	11	3677	c e
7	18	2,39	b	163	16	2,06	ab de	83	4	3656	c e
119	13	2,42	b	50	14	2,07	ab de	124	7	3647	c e
186	13	2,42	b	110	14	2,07	ab de	2	19	3635	c e
200	1	2,45	b	135	19	2,07	ab de	120	1	3619	c e
215	2	2,46	b	190	9	2,07	ab de	127	19	3594	c e
130	11	2,47	b	212	9	2,08	ab de	157	7	3591	c e
196	17	2,48	b	132	15	2,08	ab de	121	10	3578	c e
94	3	2,51	ab	111	2	2,08	ab de	77	11	3554	c e
165	4	2,51	ab	147	16	2,09	ab de	42	2	3547	c e
55	13	2,52	ab	34	12	2,09	ab de	5	11	3546	c e
219	4	2,52	ab	211	12	2,09	ab de	93	12	3539	c e
114	18	2,54	ab	93	12	2,09	ab de	167	2	3533	c e
117	8	2,58	ab	89	20	2,10	abcde	214	15	3530	c e
202	9	2,58	ab	202	9	2,10	abcde	169	18	3524	c e
64	18	2,59	ab	182	20	2,11	abcde	154	15	3522	c e
104	12	2,64	abc	224	13	2,11	abcde	225	19	3503	c e
9	12	2,64	abc	45	3	2,12	abcde	104	12	3491	a c e
87	1	2,67	abc	81	7	2,12	abcde	113	2	3464	a c e
198	3	2,68	abc	203	11	2,13	abcde	7	18	3461	a c e
21	13	2,69	abc	76	12	2,13	abcde	89	20	3458	a c e
26	1	2,69	abc	164	17	2,14	abcde	50	14	3450	a c e
19	11	2,69	abc	12	16	2,14	abcde	142	4	3434	a c e
89	20	2,69	abc	194	10	2,16	abcde	208	19	3427	a c e
77	11	2,71	abc e	9	12	2,17	abcde	130	11	3425	a c e
150	9	2,72	abc e	145	16	2,19	abcde	182	20	3424	a c e
224	13	2,73	abc e	10	15	2,20	abcde	178	11	3403	a c e
34	12	2,74	abc e	3	14	2,20	abcde	34	12	3403	a c e
121	10	2,74	abc e	49	17	2,20	abcde	207	11	3400	a c e
184	13	2,76	abc e	222	4	2,21	abcde	39	1	3394	a c e
154	15	2,77	abc e	101	13	2,21	abcde	100	14	3382	a c e
197	11	2,80	abc e	153	16	2,21	abcde	131	8	3372	a c e
44	15	2,80	abc e	66	18	2,22	abcde	219	4	3360	a c e
205	12	2,82	abc e	152	9	2,23	abcde	57	8	3354	a c e
51	11	2,82	abc e	217	15	2,23	abcde	211	12	3343	a c e
115	20	2,82	abc e	122	18	2,24	abcde	177	7	3336	a c e
156	10	2,83	abc e	205	12	2,24	abcde	126	7	3334	a c e
56	20	2,85	abc e	65	14	2,25	abcde	148	1	3330	a c e
97	18	2,86	abc e	225	19	2,25	abcde	115	20	3323	a c e
18	16	2,86	abc e	175	10	2,25	abcde	52	15	3322	a c e
39	1	2,88	abc e	143	16	2,26	abcde	119	13	3320	a c e

122	18	2,88	abc e	219	4	2,26	abcde	36	1	3317	a c e
192	6	2,91	abc e	171	1	2,27	abcde	53	20	3316	a c e
103	13	2,92	abc e	72	19	2,28	abcde	209	8	3305	a c e
207	11	2,93	abc e	28	7	2,29	abcde	110	14	3298	a c e
57	8	2,94	abc e	82	12	2,29	abcde	140	7	3295	a c e
63	2	2,94	abc e	79	1	2,29	abcde	166	20	3289	a c e
189	20	2,95	abc e	64	18	2,31	abcde	112	14	3285	a c e
95	20	2,95	abc e	85	6	2,31	abcde	73	13	3276	a c e
66	18	2,96	abc e	75	16	2,31	abcde	220	8	3272	abc e
217	15	2,96	abc e	83	4	2,32	abcde	91	18	3269	abc e
144	9	2,96	abc e	121	10	2,32	abcde	161	2	3266	abc e
12	16	2,97	abc e	46	7	2,32	abcde	149	1	3264	abc e
216	3	2,97	abc e	127	19	2,33	abcde	64	18	3263	abc e
37	12	2,97	abc e	154	15	2,33	abcde	205	12	3258	abc e
74	10	2,98	abc e	105	18	2,34	abcde	217	15	3252	abc e
36	1	2,99	abc e	69	5	2,34	abcde	10	15	3244	abc e
11	1	3,00	abc e	193	5	2,35	abcde	51	11	3241	abc e
139	5	3,00	abc e	195	6	2,35	abcde	58	15	3233	abc e
52	15	3,01	abc e	213	9	2,35	abcde	97	18	3218	abc e
195	6	3,01	abc e	109	19	2,36	abcde	98	2	3215	abc e
148	1	3,01	abc e	62	4	2,37	abcde	180	17	3213	abc e
67	5	3,03	abc e	44	15	2,37	abcde	86	5	3202	abc e
106	5	3,03	abc e	181	10	2,38	abcde	33	8	3190	abc e
221	9	3,03	abc e	116	20	2,38	abcde	216	3	3168	abc e
43	2	3,03	abc e	24	18	2,38	abcde	23	20	3158	abc e
208	19	3,03	abc e	192	6	2,39	abcde	185	10	3137	abc e
211	12	3,04	abc e	174	3	2,40	abcde	82	12	3131	abc e
86	5	3,04	abc e	207	11	2,40	abcde	197	11	3125	abc e
128	6	3,04	abc e	140	7	2,41	abcde	13	20	3113	abc e
1	7	3,06	abc e	35	6	2,41	abcde	87	1	3112	abc e
204	4	3,06	abc e	21	13	2,42	abcde	79	1	3104	abc e
24	18	3,08	abc e	180	17	2,42	abcde	9	12	3104	abc e
40	6	3,08	abc e	191	3	2,43	abcde	6	6	3100	abc e
85	6	3,10	abc e	23	20	2,44	abcde	55	13	3092	abc e
190	9	3,10	abc e	136	17	2,44	abcde	108	8	3086	abc e
191	3	3,10	abc e	37	12	2,44	abcde	145	16	3081	abc e
223	8	3,11	abc e	100	14	2,45	abcde	75	16	3071	abc e
105	18	3,11	abc e	32	10	2,45	abcde	201	12	3064	abc e
157	7	3,12	abc e	107	3	2,45	abcde	146	8	3047	abc e
83	4	3,12	abc e	214	15	2,45	abcde	114	18	3044	abc e
161	2	3,12	abc e	198	3	2,46	abcde	186	13	3041	abc e
159	18	3,14	abcde	184	13	2,46	abcde	21	13	3038	abc e

118	17	3,15	abcde	15	16	2,46	abcde	204	4	3031	abc
225	19	3,15	abcde	84	7	2,46	abcde	76	12	3024	abc
47	3	3,17	abcde	162	14	2,47	abcde	62	4	3021	abc
210	3	3,18	abcde	73	13	2,47	abcde	162	14	3010	abcd
129	19	3,18	abcde	47	3	2,47	abcde	44	15	2996	abcd
76	12	3,20	abcde	54	5	2,47	abcde	102	11	2995	abcd
75	16	3,20	abcde	176	8	2,49	abcde	118	17	2974	abcd
131	8	3,20	abcde	2	19	2,49	abcde	184	13	2974	abcd
88	12	3,21	abcde	74	10	2,49	abcde	107	3	2970	abcd
8	17	3,21	abcde	25	16	2,50	abcde	122	18	2949	abcd
167	2	3,21	abcde	51	11	2,50	abcde	132	15	2938	abcd
90	5	3,21	abcde	18	16	2,50	abcde	61	19	2926	abcd
110	14	3,22	abcde	186	13	2,50	abcde	32	10	2919	abcd
53	20	3,23	abcde	103	13	2,51	abcde	70	10	2916	abcd
96	16	3,23	abcde	161	2	2,51	abcde	71	17	2902	abcd
84	7	3,23	abcde	131	8	2,52	abcde	92	13	2892	abcd
173	15	3,25	abcde	53	20	2,54	abc e	128	6	2892	abcd
98	2	3,25	abcde	13	20	2,54	abc e	194	10	2888	abcd
182	20	3,28	abcde	96	16	2,56	abc e	88	12	2884	abcd
185	10	3,28	abcde	167	2	2,56	abc e	165	4	2880	abcd
203	11	3,29	abcde	113	2	2,56	abc e	200	1	2870	abcd
48	19	3,30	abcde	128	6	2,57	abc e	43	2	2863	abcd
25	16	3,30	abcde	216	3	2,57	abc e	196	17	2862	abcd
33	8	3,32	abcde	36	1	2,58	abc e	199	15	2856	abcd
65	14	3,33	abcde	17	13	2,58	abc e	147	16	2855	abcd
41	14	3,33	abcde	92	13	2,59	abc e	181	10	2827	abcd
193	5	3,33	abcde	138	4	2,60	abc e	156	10	2820	abcd
2	19	3,35	abcde	52	15	2,60	abc e	56	20	2803	abcd
170	4	3,35	abcde	7	18	2,61	abc e	24	18	2798	abcd
177	7	3,35	abcde	168	14	2,61	abc e	223	8	2787	abcd
92	13	3,37	abcde	160	6	2,62	abc e	135	19	2787	abcd
146	8	3,37	abcde	208	19	2,62	abc e	136	17	2782	abcd
32	10	3,38	abcde	188	10	2,62	abc e	103	13	2772	abcd
166	20	3,38	abcde	1	7	2,62	abc e	170	4	2766	abcd
194	10	3,39	abcde	134	8	2,62	abc e	117	8	2763	abcd
178	11	3,39	abcde	223	8	2,63	abc e	159	18	2763	abcd
214	15	3,40	abcde	104	12	2,63	abc e	175	10	2760	abcd
212	9	3,41	abcde	59	14	2,65	abc e	48	19	2753	abcd
35	6	3,42	abcde	206	6	2,65	abc e	222	4	2749	abcd
180	17	3,42	abcde	210	3	2,65	abc e	74	10	2744	abcd
179	17	3,44	abcde	88	12	2,65	abc e	59	14	2741	abcd
13	20	3,45	abcde	165	4	2,66	abc e	137	3	2735	abcd

50	14	3,45	abcde	189	20	2,66	abc e	139	5	2716	abcd
140	7	3,45	abcde	38	4	2,66	abc e	30	2	2704	abcd
62	4	3,46	abcde	41	14	2,67	abc e	143	16	2688	abcd
171	1	3,46	abcde	179	17	2,67	abc e	12	16	2678	abcd
61	19	3,47	abcde	42	2	2,67	abc e	99	7	2676	abcd
72	19	3,48	abcde	67	5	2,68	abc e	168	14	2666	abcd
136	17	3,49	abcde	124	7	2,68	abc e	171	1	2665	abcd
213	9	3,49	abcde	177	7	2,69	abc e	192	6	2662	abcd
10	15	3,50	abcde	123	14	2,70	abc e	65	14	2659	abcd
201	12	3,50	abcde	137	3	2,71	abc e	179	17	2654	abcd
124	7	3,52	abcde	6	6	2,72	abc e	163	16	2641	abcd
73	13	3,52	abcde	158	11	2,72	abc e	215	2	2621	abcd
111	2	3,53	abcde	43	2	2,73	abc e	153	16	2603	abcd
113	2	3,53	abcde	142	4	2,73	abc e	183	6	2597	abcd
218	9	3,53	abcde	221	9	2,73	abc e	16	19	2595	abcd
46	7	3,54	abcde	178	11	2,74	abc e	160	6	2583	abcd
28	7	3,54	abcde	39	1	2,75	abc e	94	3	2578	abcd
16	19	3,55	abcde	146	8	2,75	abc e	193	5	2578	abcd
183	6	3,55	abcde	204	4	2,75	abc e	150	9	2574	abcd
187	5	3,56	abcde	209	8	2,75	abc e	190	9	2568	abcd
3	14	3,57	abcde	119	13	2,76	abc e	72	19	2543	abcd
23	20	3,57	abcde	218	9	2,77	abc e	210	3	2542	abcd
181	10	3,59	abcde	172	17	2,77	abc e	41	14	2541	abcd
112	14	3,59	abcde	19	11	2,77	abc e	144	9	2523	abcd
4	5	3,60	abcde	33	8	2,78	abc e	212	9	2513	ab d
49	17	3,60	abcde	99	7	2,78	abc e	129	19	2488	ab d
54	5	3,60	abcde	98	2	2,78	abc e	125	17	2478	ab d
6	6	3,61	abcde	117	8	2,79	abc e	152	9	2443	ab d
69	5	3,61	abcde	126	7	2,79	abc e	206	6	2441	ab d
60	2	3,62	abcde	120	1	2,81	abc e	31	10	2420	ab d
29	3	3,62	abcde	27	5	2,82	abc e	47	3	2404	ab d
101	13	3,63	a cde	8	17	2,83	abc e	218	9	2397	ab d
17	13	3,63	a cde	200	1	2,84	abc e	191	3	2355	ab d
107	3	3,64	a cde	183	6	2,84	abc e	106	5	2351	ab d
143	16	3,64	a cde	87	1	2,87	abc e	141	9	2322	ab d
82	12	3,64	a cde	187	5	2,88	abc e	221	9	2321	ab d
222	4	3,64	a cde	144	9	2,88	abc e	198	3	2314	ab d
38	4	3,66	a cde	151	6	2,89	abc e	90	5	2304	ab d
220	8	3,66	a cde	63	2	2,91	abc e	164	17	2294	ab d
126	7	3,66	a cde	170	4	2,92	abc e	40	6	2246	ab d
135	19	3,69	a cde	94	3	2,93	abc e	187	5	2238	ab d
59	14	3,69	a cde	90	5	2,96	abc e	202	9	2218	ab d

137	3	3,70	a cde	125	17	2,97	abc e	14	4	2171	ab d
27	5	3,70	a cde	157	7	2,97	abc e	195	6	2163	ab d
71	17	3,72	a cde	70	10	2,97	abc e	54	5	2147	ab d
142	4	3,73	a cde	118	17	2,99	abc e	105	18	2140	ab d
100	14	3,73	a cde	61	19	2,99	abc e	172	17	2132	ab d
168	14	3,73	a cde	112	14	3,00	abc	8	17	2103	ab d
163	16	3,73	a cde	129	19	3,01	abc	66	18	2078	ab d
127	19	3,75	a cde	86	5	3,02	abc	38	4	2071	ab d
175	10	3,75	a cde	4	5	3,03	abc	4	5	2068	ab d
99	7	3,75	a cde	108	8	3,04	abc	133	9	2055	ab d
153	16	3,75	a cde	106	5	3,04	abc	85	6	2038	ab d
125	17	3,75	a cde	14	4	3,06	abc	69	5	2031	ab d
116	20	3,76	a cde	16	19	3,06	abc	109	19	2029	ab d
109	19	3,76	a cde	5	11	3,10	abc	213	9	2016	ab d
134	8	3,77	a cde	215	2	3,13	abc	49	17	1977	ab d
151	6	3,77	a cde	149	1	3,17	a c	174	3	1935	ab d
152	9	3,78	a cde	77	11	3,17	a c	81	7	1929	ab d
162	14	3,79	a cde	71	17	3,17	a c	101	13	1913	ab d
15	16	3,79	a cde	139	5	3,21	a c	60	2	1894	ab d
141	9	3,80	a cde	57	8	3,24	a c	173	15	1888	ab d
145	16	3,80	a cde	80	15	3,24	a c	45	3	1881	ab d
172	17	3,80	a cde	58	15	3,25	a c	116	20	1775	ab d
132	15	3,81	a cde	26	1	3,27	a c	67	5	1728	ab d
164	17	3,81	a cde	29	3	3,28	a c	18	16	1704	ab d
160	6	3,83	a cde	196	17	3,28	a c	29	3	1642	ab d
206	6	3,84	a cde	48	19	3,31	a c	151	6	1620	ab d
14	4	3,85	a cde	220	8	3,33	a c	15	16	1614	ab d
45	3	3,87	a cde	40	6	3,38	a c	188	10	1604	ab d
174	3	3,95	a cde	102	11	3,40	a c	224	13	1581	ab d
81	7	3,99	a cde	60	2	3,47	a c	17	13	1581	ab d
102	11	4,00	a cde	30	2	3,47	a c	96	16	1447	b d
123	14	4,00	a cde	11	1	3,51	c	27	5	1339	d
188	10	4,22	a cde	173	15	3,68	c	25	16	1268	d
Pérola		3,57	a			2,66	a			2537	a
BRS Estilo		2,55	b			2,32	b			2309	b
BRSMG Uai		3,70	c			2,94	c			3481	c
BRSMG Madrepérola		4,21	d			1,69	d			2056	d
BRSMG Zape		3,77	e			2,16	e			3994	e