

LAÉRCIO DA SILVA REZENDE JÚNIOR

**POTENCIAL DE POPULAÇÕES DE FEIJÃO CARIOCA PARA
PRECOCIDADE**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2016

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

T

R467p
2016 Rezende Júnior, Laércio da Silva, 1986-
Potencial de populações de feijão carioca para precocidade /
Laércio da Silva Rezende Júnior. - Viçosa, MG, 2016.
ix, 32f. : il. ; 29 cm.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.28-32.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Feijão - Melhoramento genético. 3.
Genética vegetal. 4. Feijão - Seleção . I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.652

LAÉRCIO DA SILVA REZENDE JUNIOR

**POTENCIAL DE POPULAÇÕES DE FEIJÃO CARIOCA PARA
PRECOCIDADE**

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

APROVADA: 22 de fevereiro de 2016.



Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)



Laércio Júnio da Silva



Leiri Daiane Barili



José Eustáquio de Souza Carneiro
(Orientador)

Aos meus pais, Laércio e Denise
Às minhas irmãs Natale e Danielle
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

Ao CNPq, à CAPES e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro em todas as atividades de pesquisa do Programa Feijão da UFV.

Ao meu orientador, professor José Eustáquio de Souza Carneiro, pela orientação, dedicação e ensinamentos.

Ao professor Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pela coorientação e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos meus pais Laércio e Denise, pelo amor, pela força, pela confiança e por sempre me desejarem o melhor.

Às minhas irmãs Natale e Danielle, pelo carinho, pela amizade e pelo incentivo.

Aos colegas do Programa Feijão, pelo trabalho em equipe, fundamental para a condução dos experimentos, pela troca de experiências e pelos momentos de descontração.

Aos funcionários da Agronomia e da estação experimental de Coimbra, pela ajuda na condução dos experimentos.

Às secretárias do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela atenção e ajuda.

À todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, e meu crescimento profissional, deixo aqui meu MUITO OBRIGADO.

BIOGRAFIA

LAÉRCIO DA SILVA REZENDE JÚNIOR, filho de Laércio da Silva Rezende e Denise Maria Pinto, nasceu em 25 de Setembro de 1986 em Viçosa, Estado de Minas Gerais.

Em março de 2008, ingressou na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em Agronomia, obtendo o título em agosto de 2014.

Em agosto de 2014, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa-UFV, submetendo-se a defesa de dissertação em Fevereiro de 2016.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Importância da precocidade no feijoeiro	3
2.2. Melhoramento do feijoeiro	4
2.3. Estratégias de melhoramento do feijoeiro	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Local	10
3.2. Análise dialélica e obtenção das populações dos ciclos C_0 e C_1	10
3.3. Avaliação do potencial das populações segregantes – ciclos C_0 e C_1	11
3.4. Potencial de famílias do ciclo C_0	12
3.5. Progresso genético de um ciclo de seleção recorrente	13
4. RESULTADOS	14
4.1. Análise dialélica (potencial de genitores e populações)	14
4.2. Avaliação do potencial das populações segregantes	16
4.3. Potencial de famílias do ciclo C_0	19
4.5. Progresso Genético de um ciclo de seleção recorrente	22
5. DISCUSSÃO	24
6. CONCLUSÕES	27
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

RESUMO

REZENDE JÚNIOR, Laércio da Silva, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2016. **Potencial de populações de feijão carioca para precocidade.** Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Coorientadores: Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Rodrigo de Oliveira Lima.

A maioria das cultivares de feijão recomendadas no Brasil tem ciclo de aproximadamente 90 dias, portanto esta cultura já é considerada de ciclo curto. Contudo, cultivares mais precoces têm tornado-se importantes, especialmente na safra do outono/inverno, quando o feijão é cultivado na entressafra em sucessão às culturas da safra normal e da safrinha. O objetivo geral do trabalho foi estabelecer um programa de seleção recorrente fenotípica visando obter linhagens de feijão de grãos tipo carioca, precoces e com alto potencial de produção. Como objetivos específicos apontam-se: identificar genitores e populações segregantes com potencial para gerar tais linhagens e estimar o progresso genético de um ciclo de seleção recorrente para precocidade, com base no número de dias da emergência ao florescimento (DEF). Para a formação da população base (C_0), visando o programa de seleção recorrente, nove linhagens de feijão foram cruzadas em esquema dialélico parcial (4x5), em que o grupo I foi composto por quatro linhagens precoces e o grupo II por cinco linhagens elites de grãos tipo carioca. As gerações F_1 , F_2 , F_3 e famílias $F_{3:5}$ do ciclo C_0 , bem como as gerações F_2 e F_3 do ciclo C_1 foram avaliadas em Coimbra, MG, no delineamento de blocos casualizados, com três repetições. As características avaliadas foram: dias decorridos da emergência ao florescimento (DEF) e produtividade de grãos (PROD). O progresso genético foi estimado com base na avaliação das populações segregantes, gerações F_2 e F_3 . Com base na análise dialélica, a linhagem Goiano Precoce se destacou para precocidade, enquanto que RP1 e VC33 para produtividade de grãos. A população RP1/Goiano Precoce foi a mais promissora em gerar linhagens precoces, de grãos tipo carioca e alto potencial produtivo. Esta apresentou efeito negativo e significativo de CEC, tem Goiano

Precoce como genitor com CGC de mesma magnitude para DEF e 13,57% de probabilidade de gerar linhagens superiores em rendimento de grãos. O ganho genético com um ciclo de seleção para florescimento precoce foi de 8,20% e 15,23%, quando se considerou as informações das gerações F₂ e F₃, respectivamente. Para produtividade de grãos, o ganho genético foi negativo, indicando que a seleção e recombinação com base na precocidade levaram à redução na produtividade.

ABSTRACT

REZENDE JÚNIOR, Laércio da Silva, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2016. **Potential of carioca bean populations to precocity.** Adviser: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-advisers: Pedro Crescêncio Souza Carneiro and Rodrigo de Oliveira Lima.

Most bean cultivars recommended in Brazil has cycle approximately 90 days, so this culture is already considered short cycle. However, most early cultivars have become important, especially in the autumn/winter season, when the beans are grown in the off season in succession to cultures of normal growing season and off-season. The overall objective was to establish a phenotypic recurrent selection program to obtain bean lines carioca beans, early and high production potential. As specific objectives, identify parents and segregating populations with the potential to generate such lineages and estimate the genetic progress of a recurring cycle of selection for earliness based on the number of days from emergence to flowering (DEF). For the formation of the base population (C_0) targeting the recurrent selection program, nine bean lines were crossed in partial diallel (4×5), in the group I was composed by four early lines and group II by five strains elite beans carioca. F_1 , F_2 , F_3 and families $F_{3:5}$ C_0 cycle as well as the F_2 and F_3 from cycle C_1 were evaluated in Coimbra, MG, in a randomized block design with three replications. The characteristics evaluated were: days elapsed from emergence to flowering (DEF) and grain yield (PROD). Genetic progress has been estimated based on the evaluation of segregating populations, F_2 and F_3 . Based on the diallel analysis, Goiano Precoce line stood out for precocity, while RP1 and VC33 for grain yield. The RP1/Goiano Precoce population was the most promising in generating early strains of carioca type grains and high yield potential. This had a negative and significant effect of CEC, has Goiano Precoce as parent with CGC of the same magnitude for DEF and 13.57% probability of generating superior strains on grain yield. The genetic gain from a selection cycle for early flowering was 8.20% and 15.23%, when it considered the information of F_2 and

F₃, respectively. For grain yield, the genetic gain was negative, indicating that the selection and recombination based on precocity led to a reduction in productivity.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, com produção média de 3,5 milhões de toneladas por ano. De dez brasileiros, sete consomem feijão diariamente. Este grão é típico da culinária brasileira, fonte de proteína vegetal, vitaminas do complexo B e sais minerais, ferro, cálcio e fósforo. O consumo *per capita* chega a 19 quilos de feijão por ano (MAPA, 2015).

A produtividade média de feijão no Brasil é em torno de 1020 kg/ha (Conab, 2016), que é relativamente baixa porque a maioria é pequenos produtores, não utilizam sementes certificadas e aplicam o manejo inadequado na cultura. Porém, em se tratando de grandes produtores, que aplicam alta tecnologia em suas lavouras, essa média é em torno de 2500 kg/ha (Borém et al., 2015).

Dentre os tipos de feijão cultivados no Brasil, o feijão carioca tem grande aceitação, representa 52% da área cultivada e é o preferido pelos consumidores brasileiros, representando aproximadamente 79% do consumo (Incaper, 2010).

No Brasil, a maioria das cultivares no mercado brasileiro possui ciclo de 80 a 90 dias, sendo consideradas como cultivares de ciclo intermediário. Já a precocidade é caracterizada como a capacidade das plantas completarem o ciclo em menos de 70 dias (Costa; Zimmermann, 1988).

Nos últimos anos, os melhoristas vêm buscando desenvolver cultivares precoces. Estas permitem alocar a cultura em intervalos de colheita e semeadura com outras espécies. Isto aumenta a rentabilidade por área cultivada e número de safras por ano, reduz o consumo de água e de energia na irrigação e possibilita o escape em relação aos estresses bióticos e abióticos (Buratto et al., 2007).

Cultivares precoces em condições favoráveis e com chuvas bem distribuídas, produzem menos que as de ciclo normal, mas em determinadas situações apresentam algumas vantagens. No período das águas, o cultivo de precoces minimiza os riscos de coincidir a floração com período de altas temperaturas e a colheita com período chuvoso. Além disso, no cultivo da seca, cultivares precoces podem produzir mais

que as de ciclo normal, quando as chuvas se concentram mais na fase inicial da cultura. Entretanto, cultivares de feijão mais precoces têm maior adequação para o cultivo no outono-inverno (Paula Júnior et al., 2010), quando a gleba fica disponível por um curto período, o qual possibilita seu cultivo.

No mercado ainda são escassas cultivares de ciclo curto, ainda que recentemente algumas cultivares precoces de feijão carioca tenha sido recomendadas. No entanto, estas deixam a desejar quanto à produtividade, aspecto de grãos, e ainda, possuem ciclo relativamente longo, em torno de 75 dias, enquanto que o ideal seria entre 65 e 70 dias. Com isso, existe uma demanda imposta aos programas de melhoramento em gerar cultivares que reúna estes fenótipos.

Na busca de uma maior eficiência no melhoramento de autógamias, tem sido apregoado o uso da seleção recorrente, que é a principal estratégia no melhoramento de espécies alógamas (Helms et al., 1989; Weyhrich et al., 1998). Sua eficiência tem sido comprovada no melhoramento de autógamias, especialmente na cultura do feijão (Ranali, 1996; Singh et al. 1999; Arantes, 2009; Menezes Júnior et al., 2007; Rocha et al., 2013).

Durante o programa de seleção recorrente, é importante estimar o progresso genético em cada ciclo, sendo fundamental para orientar os melhoristas a respeito das estratégias seletivas utilizadas e quais as alternativas que poderiam ser adotadas para ampliar sua eficiência. Diante do exposto, foi realizado o presente trabalho com os seguintes objetivos: estabelecer um programa de seleção recorrente fenotípica com ênfase em precocidade, produtividade e grãos tipo carioca; identificar genitores, populações segregantes e famílias com potencial para gerar linhagens de grãos tipo cariocas e precoces; comparar os resultados da análise dialélica com os da metodologia proposta por Jinks e Pooni (1976); e estimar o progresso genético de um ciclo de seleção recorrente fenotípica para precocidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Importância da precocidade no feijoeiro

O feijão é considerado uma cultura que possui ciclo curto (90 dias), o que possibilita seu cultivo em três safras por ano. A primeira safra é chamada safra das águas, onde o plantio acontece nos meses de agosto a dezembro. Assim é chamada por apresentar altos índices de chuva no plantio e na colheita, podendo prejudicar a qualidade do grão. A segunda safra é chamada safra da seca, onde o plantio ocorre nos meses de janeiro a abril. A maioria dos pequenos produtores planta nesta safra, época em que fazem a colheita do milho e aproveitam o restante da estação chuvosa, onde a cultura receberá chuvas no plantio e na fase de enchimento de grãos. A colheita ocorrerá praticamente sem chuvas, o que contribui para uma melhor qualidade do grão. Por fim, a terceira safra é chamada safra de outono/inverno, onde o plantio ocorre de maio a julho. Esta safra também é conhecida como safra irrigada, por se referir à colheita do feijão irrigado, quando ocorrem as maiores médias de produtividade, porque existe um predomínio de grandes produtores plantando nesta época e por eles utilizarem alta tecnologia (Moraes et al., 2015).

A maioria da produção de feijão vem da primeira e segunda safra, onde a média de produtividade é de 900 kg/ha, sendo relativamente baixa, porém superior em comparação com a década de 1980, que era em torno de 500 kg/ha (Moraes et al., 2015). Esse incremento de produtividade ao longo dos anos se deve ao melhoramento de plantas, seja por práticas fitotécnicas ou por melhoramento genético. Cultivares melhoradas é a alternativa mais barata e eficiente para aumentar a produtividade de grãos. Atualmente, a maioria das cultivares lançadas no mercado é de ciclo normal, sendo que a mais plantada, Pérola, apresenta tipo de grão carioca e alto potencial produtivo. Porém, existem poucas cultivares de ciclo precoce e padrão carioca.

No entanto, destaca-se que cultivares precoces de feijoeiro seria uma boa alternativa para os grandes produtores de soja aumentar a rentabilidade da sua área,

uma vez que tais produtores plantam a soja no início da estação chuvosa, fazem a colheita e o plantio do milho segunda safra. Entre a colheita do milho e o plantio da próxima safra de soja ainda sobra uma janela de três meses, onde seria interessante o plantio de uma cultura de ciclo curto e altamente rentável, como é a do feijão, especialmente nesta época onde não há muita oferta no mercado e o preço é bem satisfatório.

O plantio de cultivares precoces na safra da seca, seria vantajoso, por reduzir o risco de quebra na produtividade dos produtores que não possuem o sistema de irrigação. Como o plantio é feito no final da estação chuvosa, existe o risco de escassez de chuvas, na fase de enchimento de grãos, para as cultivares de ciclo normal, o que seria reduzido com o uso de cultivares ditas precoces por chegarem mais rápido à fase de maturação fisiológica.

Outra justificativa para o uso de cultivares precoces refere-se ao cultivo do feijão irrigado, realizado normalmente de maio a junho, denominado de cultivo de outono-inverno. No sul do estado de Minas Gerais, por exemplo, ocorrem baixas temperaturas a partir do mês de maio, inviabilizando o plantio nessa época. Assim existe a possibilidade de fazer a semeadura após a segunda quinzena de julho, utilizando uma cultivar que possua um ciclo mais curto, permitindo a colheita antes do início das chuvas.

2.2. Melhoramento do feijoeiro

O melhoramento do feijoeiro no Brasil é predominantemente de responsabilidade dos órgãos públicos, podendo-se citar a Universidade Federal de Viçosa, Universidade Federal de Lavras, Embrapa Arroz e Feijão, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais (Epamig), Instituto Agrônomo de Campinas, Instituto Agrônomo do Paraná, Embrapa Clima Temperado, dentre outras (Borém et al., 2015).

Um dos principais objetivos buscados em programas de melhoramento é o aumento da produção de grãos. Para aumento da produtividade, um programa de melhoramento deve considerar a diferença de capacidade produtiva entre os cultivares, levando em conta as diferenças de tamanho de sementes, hábito de crescimento, ciclo de vida e adaptação a ambientes específicos (Singh, 1991). Segundo este autor não seria indicado tentar desenvolver cultivares do tipo I (hábito

de crescimento determinado) com capacidade produtiva das do tipo IV (hábito de crescimento indeterminado), ou o contrário, ou ainda, cultivar precoce com produtividade de cultivares tardias; ou cultivares dos tipos II e III (hábito de crescimento indeterminado) com sementes grandes tão produtivos quanto à equivalentes de sementes pequenas, ou de outra forma, cultivares adaptadas a altas altitudes e a altitudes próximas à linha do Equador. Contudo, devem ser conduzidos programas separados para cada conjunto gênico e seus principais tipos de feijão, ambientes de cultivo e níveis de rendimentos almejados.

Outro objetivo seria a resistência a doenças. Vieira (1988) citou mais de 45 enfermidades de maior ou menor importância, causadas por vírus, bactérias, fungos e nematoides. No Brasil, as mais importantes são a antracnose, a mancha angular, o crestamento bacteriano comum, o mosaico dourado, o mofo branco e a murcha de fusário. Uma vez lançada uma cultivar resistente a um patógeno, essa pode ser resistente a certas raças e suscetíveis a outras, ou até podem surgir novas raças que quebrem essa resistência, exigindo um esforço contínuo dos melhoristas em estar sempre buscando incorporar resistência aos cultivares a serem lançados. O interessante seria promover a resistência horizontal, uma vez que a vertical é facilmente quebrada ao longo do tempo (Sartorato e Rava, 1993).

Visando a colheita mecanizada, alguns programas de melhoramento buscam arquitetura ereta de planta, já que as cultivares presentes no mercado deixam a desejar quanto a essa característica. Por exemplo, o cultivar Pérola, que é a mais plantada no Brasil, apresenta arquitetura semi-ereta, ocasionando grandes perdas na colheita. A busca seria por uma planta que apresentasse o hábito de crescimento do tipo II, isso facilitaria não somente a colheita mecanizada, mas também reduziria o custo de produção com a diminuição da aplicação de fungicidas e inseticidas (Adams, 1982).

Plantas eretas facilitam a ventilação na cultura e, conseqüentemente, há uma redução da umidade no dossel das plantas, diminuindo o ataque de fungos, como por exemplo, o *Sclerotinia sclerotiorum*, agente etiológico da doença denominada mofo-branco, que não possui cultivar resistente lançada no mercado e gera grandes prejuízos na cultura do feijão, sendo problema na maioria das regiões produtoras (Lobo Júnior et al., 2009).

Uma quarta característica, mas não menos importante, é a precocidade. Recentemente foram registradas as cultivares IPR Andorinha (IAPAR, 2013) e IAC Imperador (SRB, 2012), com características de precocidade e produção de grão do tipo carioca. Tais cultivares apresentam um ciclo menor que os de ciclo normal, porém deveriam ser encaixadas como cultivares de ciclo intermediário, por apresentarem um ciclo de aproximadamente 75 dias, o que é relativamente alto, uma vez que é desejável numa cultivar precoce um ciclo de 65 a 70 dias.

A principal característica que vem sendo utilizada pelos melhoristas para avaliar o ciclo é o tempo decorrido da emergência ao florescimento (Ribeiro et al., 2004; Silva et al., 2007). Este caráter apresenta facilidade de ser coletado, possui alta herdabilidade e correlação positiva de elevada magnitude com o ciclo, quando comparado com a maturação fisiológica dos grãos (Santos & Vencovsky, 1985).

2.3. Estratégias de melhoramento do feijoeiro

A introdução de cultivares foi uma das principais estratégias de melhoramento utilizadas no Brasil para a recomendação de novas cultivares de feijão. Porém, seu uso vem se reduzindo pelo surgimento da lei de proteção de cultivares, já que há necessidade de acordo formal entre instituições para que ocorra a introdução de linhagens de outros programas nacionais, e pelo interesse das instituições em recomendar os materiais que desenvolveram (Vieira, 2005).

Um método que originou o tipo comercial carioca mais plantado e mais consumido hoje é o da seleção de linhas puras. Como os agricultores utilizam o grão produzido para plantar a próxima safra, espera-se que haja variabilidade entre as plantas na lavoura, gerada por mutações ou cruzamentos naturais. Este tipo comercial veio de uma planta selecionada visualmente, na localidade de Palmital, no estado de São Paulo. Essa cultivar sobressaiu nos experimentos de competição, especialmente pela sua adaptabilidade, sendo recomendada em 1971, inicialmente para o estado de São Paulo e, posteriormente, para as demais regiões produtoras de feijão do Brasil (Almeida et al., 1971). No início sua aceitação foi lenta pela diferença do tipo de grão, fundo creme com listras marrons. Mais tarde foi considerada como um dos maiores sucessos no Brasil, mudando o direcionamento da maioria dos programas de melhoramento (Ramalho et al., 2015).

Atualmente, a hibridação se destaca como fonte de novas linhagens no melhoramento do feijoeiro, apesar de alguns inconvenientes como a dificuldade de promover os cruzamentos, obtenção de poucas sementes F_1 desses cruzamentos, a escolha de genitores ou da população segregante e o método de condução das populações segregantes. Após a obtenção das populações segregantes, são selecionadas as melhores e conduzidas à homozigose visando obtenção das linhagens (Ramalho et. al., 2015).

Para gerar as populações segregantes a escolha de genitores é uma etapa crucial, pois depende dela o sucesso do programa de melhoramento. Assim, o uso dos cruzamentos dialélicos é de grande valia, pois fornece as estimativas da capacidade geral e específica de combinação, subsidiando assim a seleção de genitores. (Ramalho et al., 2012).

Outra metodologia para escolha de populações segregantes é a proposta por Jinks e Pooni (1976), que leva em consideração a média e a variância da população. Essa metodologia vem sendo utilizada com sucesso no melhoramento do feijoeiro (Carneiro et al., 2002; Rocha et al., 2013). Entretanto, cabe ressaltar que para o uso desse método, faz-se necessário tomar dados de plantas individuais, que podem ser de baixa precisão devido à maior amplitude dos erros associados a esse tipo de medida (Abreu et al., 2002). Em função disso, podemos estimar variâncias genéticas negativas para algumas populações (Rocha et al., 2013; Abreu et al., 2002), evidenciando a existência de viés na estimação dos parâmetros a partir da análise de plantas individuais.

Além dos métodos convencionais de melhoramento de autógamas, uma estratégia também utilizada no melhoramento do feijoeiro é a seleção recorrente. O processo pode ser visualizado como um sistema cíclico e dinâmico que visa aumentar gradativamente a frequência de alelos favoráveis para uma característica quantitativa, sem reduzir a variabilidade genética, por meio de repetidos ciclos de seleção, avaliação e recombinação (Geraldí, 2005).

A maioria das características de importância para o melhoramento de plantas possui distribuição contínua. Além disso, os alelos de interesse estão presentes em genitores diferentes. Um complicador adicional está no fato de que os melhoristas, geralmente, trabalham com mais de uma característica no processo de seleção. Portanto, é praticamente impossível obter uma linhagem que reúna todos os alelos

favoráveis para as características de interesse em apenas uma etapa ou ciclo de seleção. Sendo assim, a seleção recorrente é a principal alternativa no melhoramento (Menezes Júnior et al., 2007).

Fouilloux & Bannerot (1988), Ramalho et al. (2001) e Geraldi (2005) descreveram alguns argumentos para se realizar a seleção recorrente, apontando como vantagens: a obtenção de maior variabilidade genética oriunda dos intercruzamentos; a oportunidade para a ocorrência de recombinações, devido aos intercruzamentos sucessivos; o aumento das frequências dos alelos favoráveis, devido a um processo repetitivo de seleção; e a facilidade para incorporação de germoplasma exótico na população. O processo de seleção recorrente é constituído de três etapas básicas: obtenção de progênies, avaliação, e recombinação das progênies selecionadas para obter o próximo ciclo.

A seleção recorrente pode ser intrapopulacional, quando deseja-se melhorar a população e interpopulacional, quando visa melhorar populações, buscando a heterose entre elas, no caso de alógamas, e no caso de autógamias seria a manutenção da variabilidade na população, também chamada de seleção recorrente recíproca.

Os métodos de seleção recorrente podem ser divididos em dois tipos: seleção recorrente fenotípica e seleção de progênies. A seleção recorrente fenotípica é a do tipo mais simples, onde nenhuma informação do genótipo é utilizada como critério de seleção. A seleção é baseada somente no fenótipo, portanto indicada para características de alta herdabilidade, onde os indivíduos selecionados dentro de uma população com variabilidade serão recombinados antes de começar um novo ciclo de seleção. Na seleção de progênies, estas são avaliadas em experimentos no campo, e as que apresentarem melhor desempenho são selecionadas para serem recombinadas, compondo o próximo ciclo de seleção.

Menezes Júnior et al., 2007 avaliaram três ciclos de seleção recorrente para obtenção de linhagens de feijoeiro que associam alta produtividade, boa arquitetura de planta e tipo comercial de grãos carioca. Obtiveram progresso genético para produtividade de 64,62 kg/ha/ciclo, valor correspondente a 3,13% de ganho, utilizando como unidades de seleção progênies $S_{0:1}$ e $S_{0:2}$. Com relação ao aspecto de grão o progresso genético foi mais expressivo que para produtividade (11,24%). Já para notas de porte, o progresso foi negativo (-5,11%), uma vez que foram selecionadas para as três características ao mesmo tempo. No entanto, as médias das

notas de arquitetura das progênies selecionadas foi 3,46, indicando que podem ser classificadas como de porte ereto, de acordo com a escala (Collicchio, 1997).

Freitas (2012), avaliando três ciclos de seleção recorrente em feijão vermelho, obtiveram progresso genético de 40,05% para produtividade de grãos, 59,21% para resistência à ferrugem, 12,90% para arquitetura de plantas e 12,76% para aspecto de grãos, comprovando a eficiência dessa estratégia no melhoramento do feijoeiro.

Após cinco ciclos de seleção recorrente fenotípica no melhoramento do feijoeiro, Arantes et al. (2013) obtiveram ganhos satisfatórios para resistência à mancha-angular, redundando no desenvolvimento de linhagens com níveis de resistência superiores aos da cultivar Pérola, a mais cultivada no Brasil atualmente. Utilizando essa mesma estratégia, Silva et al. (2007) avaliando cinco ciclos de seleção para precocidade em feijão carioca, concluíram que a seleção recorrente fenotípica foi eficiente em reduzir o número de dias para o florescimento, com progresso de 2,2% ao ano. Verificaram ainda que não houve associação entre o início de florescimento e a produtividade de grãos, indicando que é possível selecionar progênies que apresentam florescimento precoce associado à boa produtividade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

Os experimentos foram conduzidos na estação experimental do Departamento de Fitotecnia da UFV, no município de Coimbra, estado de Minas Gerais, situada a 690m de altitude, 20°45' S de latitude e 42°51' W de longitude.

3.2. Análise dialélica e obtenção das populações dos ciclos C₀ e C_I

Vale et al. (2015) avaliaram 35 linhagens de feijão quanto à precocidade, produtividade e aspecto de grãos carioca, visando selecionar genitores para dar início ao programa de seleção recorrente com ênfase em precocidade. Foram selecionadas quatro linhagens precoces (Goiano Precoce, XAN112, Carioca1070 e Rosinha Precoce), e cinco do tipo carioca de alto potencial produtivo (RP1, VC15, VC33, BRSMG Madrepérola e BRS Estilo). Essas linhagens foram intercruzadas no esquema dialélico parcial, e obtidas as 20 populações segregantes que constituíram a população base (C₀) do programa de seleção recorrente. As sementes da geração F₁ foram semeadas juntamente com os genitores (20 híbridos + 9 genitores) na safra da seca de 2013. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados completos com três repetições. As parcelas foram constituídas por duas linhas de um metro, espaçadas de 0,50 metros, com densidade de 12 sementes por metro.

As variáveis avaliadas foram: o número de dias decorridos da emergência ao florescimento (DEF) e produtividade de grãos (PROD), obtida pelo peso total dos grãos da parcela (g), convertido em kg/ha. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas, conforme Scott Knott (1974). A análise dialélica foi realizada de acordo com o modelo proposto por Griffing (1956), adaptado a dialelo parcial por Geraldi e Miranda Filho (1988). Foi considerado como fixo o efeito de tratamento, e esta fonte de variação foi decomposta em capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC).

O modelo utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + \frac{1}{2}(d_1 + d_2) + g_i + g'_j + s_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} é a média do cruzamento envolvendo o i-ésimo progenitor do grupo I e o j-ésimo progenitor do grupo II;

Y_{i0} é a média do i-ésimo progenitor do grupo I ($i = 0, 1, \dots, p$); Y_{0j} é a média do j-ésimo progenitor do grupo II ($j = 0, 1, \dots, q$);

m : média geral do dialelo;

d_1, d_2 : contrastes envolvendo médias dos grupos I e II e a média geral;

g_i : efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo progenitor do grupo I;

g'_j : efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo progenitor do grupo II;

s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação;

ε_{ij} : erro experimental médio.

Para compor o próximo ciclo de seleção (C_1), foram selecionadas, fenotipicamente, em cada população do ciclo C_0 , 30 plantas que se destacaram quanto à precocidade, ou seja, que apresentaram florescimento precoce. As plantas precoces e com melhor aspecto de grãos foram recombinadas, dando origem as populações do ciclo C_1 . A recombinação baseou-se no esquema de dialelo circulante, conforme proposto por Bearzoti (1997), citado por Ramalho (2001), em que plantas selecionadas de cada população são cruzadas com plantas de duas outras populações.

As análises estatísticas e genético-estatísticas foram processadas com o auxílio do Programa Genes (Cruz, 2013).

3.3. Avaliação do potencial das populações segregantes – ciclos C_0 e C_1

As 20 populações F_3 do ciclo C_0 foram avaliadas na safra da seca de 2014. Em 2015, também na safra da seca, foram avaliadas as populações F_3 do ciclo C_1 . Nesses experimentos foram utilizadas quatro testemunhas (Goiano Precoce, BRSMG Madrepérola, VC15 e Carioca 1070). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições e parcelas de quatro linhas de quatro metros, espaçadas de 0,50 metros, com densidade de 12 sementes por metro.

Em cada experimento foram colhidas as duas linhas centrais de cada parcela, afim de coletar o peso individual de grãos de cada planta e proceder a predição do potencial das populações segregantes, conforme metodologia de Jinks e Pooni (1976). Esta metodologia estima a probabilidade de cada população em originar linhagens que superem um determinado padrão (PSP). Como padrão foi utilizada a cultivar BRSMG Madrepérola, acrescida de 20% na sua produtividade.

Essa probabilidade corresponde à área à direita de um determinado valor de x na abscissa da distribuição normal, calculada utilizando as propriedades de uma distribuição normal padronizada, estimando-se a variável Z pela expressão:

$$Z = (x - m)/s, \text{ em que:}$$

x = média da linhagem padrão (L) que, para produtividade de grãos, foi a da linhagem BRSMG Madrepérola acrescida de 20%;

m = média das linhagens na geração F_{∞} que, em um modelo sem dominância, corresponde à média da geração em estudo (F_{ni}); e

$$s = \text{desvio-padrão fenotípico entre as linhagens } (S = \sqrt{\sigma_{fi}^2}).$$

Para populações avaliadas na geração F_3 , a estimativa da variável Z_i foi calculada pela seguinte fórmula:

$$Z_i = (\bar{L} - \bar{F}_{3i}) / \sqrt{(1.332\hat{\sigma}_{F_{3i}}^2 - 0.332\hat{\sigma}_{E_i}^2)}, \text{ onde:}$$

A variância fenotípica de cada população ($\sigma_{AF_i}^2$) foi estimada com base em dados de plantas individuais coletadas nas duas linhas centrais da parcela. Em seguida, foi obtida a média das variâncias nas diferentes repetições. Como estimativa da variância ambiental, foi utilizada a variância fenotípica obtida na linhagem Goiano Precoce, por se tratar de uma linha pura.

3.4. Potencial de famílias do ciclo C_0

Na fase de recombinação do ciclo C_0 , famílias foram derivadas e multiplicadas chegando à geração $F_{3:5}$. Foram selecionadas 38 famílias de grãos carioca quanto ao aspecto de grão. Estas foram avaliadas em campo utilizando o delineamento de blocos casualizados com três repetições, em que os tratamentos foram formados pelas 38 famílias e duas testemunhas (IPR Andorinha e VC15). As

parcelas foram constituídas de duas linhas de dois metros, espaçadas de 0,50 metros, com densidade de 12 sementes por metro. Tal experimento foi conduzido na safra da seca de 2015.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas às testemunhas pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

3.5. Progresso genético de um ciclo de seleção recorrente

O progresso genético foi obtido utilizando dados das avaliações das populações segregantes (F_2 e F_3) dos ciclos C_0 e C_1 . Em cada ciclo, as 20 populações e as testemunhas Goiano Precoce, BRSMG Madrepérola, VC15 e Carioca 1070 foram avaliadas nas gerações F_2 e F_3 . Em todos os experimentos, adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições e parcelas constituídas de quatro linhas de quatro metros, espaçadas de 0,50 m.

Para cada geração foi efetuada uma análise agrupada, utilizando as testemunhas comuns aos experimentos de cada ciclo dentro da mesma geração. Com as médias das 20 populações F_2 (C_0 e C_1) e F_3 (C_0 e C_1), foi possível estimar o progresso genético para DEF e PROD, após um ciclo de seleção recorrente por meio dos estimadores:

$$PG(\%) = \left(\frac{\bar{X}_G - \bar{X}_{C_0}}{\bar{X}_{C_0}} \right) \times 100$$

Em que: \bar{X}_{C_i} : médias das 20 populações F_2 ou F_3 do ciclo i , e

\bar{X}_{C_0} : médias das 20 populações F_2 ou F_3 do ciclo zero.

4. RESULTADOS

4.1. Análise dialélica (potencial de genitores e populações)

Houve efeito significativo das capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinação para ambas as características avaliadas (Tabela 1), exceto para dias decorridos da emergência ao florescimento (DEF) no grupo II.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância individuais para os caracteres dias da emergência ao florescimento (DEF) e produtividade de grãos (PROD) de nove genitores e 20 F₁'s, avaliados em Coimbra-MG, na safra da seca de 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio (QM)	
		DEF	PROD
Tratamentos	28	46,27**	943408,36**
Grupos	1	484,94**	6529532,87**
CGC I	3	169,11**	1590122,41**
CGC II	4	6,45 ^{ns}	377695,17*
CEC	20	13,87**	680237,50**
Resíduo	56	5,16	144247,14
Média	-	37	2336
CV (%)	-	6	16

^{ns,* e **} não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Para DEF, a linhagem Goiano Precoce (grupo II) se destacou das demais, com valores de CGC negativos e significativos (-3,44) (Tabela 2). As combinações 1 e 14 apresentaram CEC negativa e significativa para DEF, no entanto a mais promissora para extração de linhagens precoces foi a população 1, por apresentar CEC significativa e negativa e envolver um genitor com alta capacidade geral de combinação para o caráter. Essa combinação apresentou DEF de 29 dias, estando inserida no grupo das mais precoces.

Tabela 2 - Capacidade geral de combinação (CGC) dos genitores e específica de combinação (CEC) dos 20 híbridos F₁'s, e médias para dias da emergência ao florescimento (DEF). Safra da seca de 2013, Coimbra-MG.

Genitores/ Populações	Grupo/Pop	CGC	CEC	DEF
RP1	I	-0,27 ^{ns}	-	39a ¹
VC15	I	0,35 ^{ns}	-	36a
VC33	I	-0,27 ^{ns}	-	40a
Madrepérola	I	-0,52 ^{ns}	-	42a
Estilo	I	0,71 ^{ns}	-	37a
Goiano Precoce	II	-3,44 [*]	-	27c
Carioca1070	II	0,44 ^{ns}	-	32b
Rosinha Precoce	II	0,45 ^{ns}	-	31c
XAN112	II	2,5 [*]	-	37a
RP 1/Goiano Precoce	1	-	-5,06 ^{**}	29c
RP 1/XAN112	2	-	0,93 ^{ns}	40a
RP 1/Carioca 1070	3	-	1,04 ^{ns}	38a
RP 1/Rosinha Precoce	4	-	2,04 ^{ns}	39a
VC15/Goiano Precoce	5	-	1,30 ^{ns}	35b
VC15/XAN112	6	-	-0,69 ^{ns}	39a
VC15/Carioca 1070	7	-	1,42 ^{ns}	38a
VC15/Rosinha Precoce	8	-	-0,57 ^{ns}	37a
VC 33/Goiano Precoce	9	-	-0,06 ^{ns}	33b
VC 33/XAN112	10	-	-1,06 ^{ns}	38a
VC 33/Carioca 1070	11	-	-0,95 ^{ns}	36a
VC 33/Rosinha Precoce	12	-	3,04 [*]	40a
Madrepérola/Goiano Precoce	13	-	1,18 ^{ns}	34b
Madrepérola/XAN112	14	-	-3,81 ^{**}	35b
Madrepérola/Carioca 1070	15	-	-0,70 ^{ns}	36a
Madrepérola/Rosinha Precoce	16	-	-0,70 ^{ns}	36a
Estilo/Goiano Precoce	17	-	0,06 ^{ns}	34b
Estilo/XAN112	18	-	0,06 ^{ns}	40a
Estilo/Carioca 1070	19	-	2,04 ^{ns}	40a
Estilo/Rosinha Precoce	20	-	1,04 ^{ns}	39a

^{ns,* e **} não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

¹ Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott, a 1% de probabilidade.

Quanto à produtividade de grãos, a linhagem RP1 (grupo I) foi a única que apresentou CGC positiva e significativa (Tabela 3). Já no grupo II, nenhum genitor se destacou quanto a essa estimativa. Quanto à CEC para produtividade, as combinações híbridas 4, 12 e 13 se destacaram das demais, com estimativas positivas e significativas de CEC. Os híbridos 4 e 12 estão no grupo dos genótipos mais produtivos do experimento. Cabe, ainda, ressaltar que a combinação Rosinha Precoce/RP1 envolve o genitor RP1, que apresentou CGC positiva e significativa para produtividade.

Tabela 3 - Capacidades geral de combinação (CGC) dos genitores e específica de combinação (CEC) dos 20 híbridos F₁'s, e médias para produtividade de grãos (PROD). Safra da seca de 2013, Coimbra-MG.

Genitores/ Populações	Grupo/Pop	CGC	CEC	PROD
RP1	I	115*	-	3021a ¹
VC15	I	85 ^{ns}	-	2421a
VC33	I	-55 ^{ns}	-	2203b
Madrepérola	I	-190*	-	2104b
Estilo	I	45 ^{ns}	-	2412a
Goiano Precoce	II	-358*	-	1949b
Carioca1070	II	125 ^{ns}	-	1645b
Rosinha Precoce	II	65 ^{ns}	-	1797b
XAN112	II	168 ^{ns}	-	1827b
RP 1/Goiano precoce	1	-	-1222**	2232b
RP 1/XAN112	2	-	240 ^{ns}	2733a
RP 1/Carioca 1070	3	-	108 ^{ns}	2558a
RP 1/Rosinha Precoce	4	-	696**	3085a
VC15/Goiano precoce	5	-	394 ^{ns}	2330b
VC15/XAN112	6	-	98 ^{ns}	2561a
VC15/Carioca 1070	7	-	197 ^{ns}	2618a
VC15/Rosinha Precoce	8	-	212 ^{ns}	2572a
VC 33/Goiano precoce	9	-	254 ^{ns}	2045b
VC 33/XAN112	10	-	-192 ^{ns}	2124b
VC 33/Carioca 1070	11	-	195 ^{ns}	2470a
VC 33/Rosinha Precoce	12	-	498**	2712a
Madrepérola/Goiano precoce	13	-	588**	2248b
Madrepérola/XAN112	14	-	119 ^{ns}	2306b
Madrepérola/Carioca 1070	15	-	-173 ^{ns}	1970b
Madrepérola/Rosinha Precoce	16	-	-100 ^{ns}	1982b
Estilo/Goiano precoce	17	-	85 ^{ns}	1985b
Estilo/XAN112	18	-	183 ^{ns}	2609a
Estilo/Carioca 1070	19	-	316 ^{ns}	2700a
Estilo/Rosinha Precoce	20	-	189 ^{ns}	2512a

ns,* e ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

¹ Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott, a 1% de probabilidade.

4.2. Avaliação do potencial das populações segregantes

Houve diferença significativa entre populações para ambas as características avaliadas, exceto para produtividade no C_I (Tabela 4). A fonte de variação testemunhas foi significativa para ambas as características avaliadas nos dois ciclos. Já o contraste populações vs. testemunhas foi significativo somente para DEF no ciclo C₀.

Tabela 4 - Resumo das análises de variância da produtividade de grãos em kg/ha (PROD) e dias da emergência ao florescimento (DEF), referentes à avaliação de 20 populações F₃, dos ciclos C₀ (seca 2014) e C₁ (seca 2015). Coimbra – MG.

Fonte de Variação	GL	QM			
		Ciclo C ₀		Ciclo C ₁	
		PROD	DEF	PROD	DEF
Tratamentos	23	702264,61**	29,00**	575787,65 ^{ns}	21,01**
Populações (Pop)	19	608551,43**	25,99**	457268,56 ^{ns}	19,08**
Testemunhas (Test)	3	1456675,02**	43,56**	1389716,29*	37,89**
Pop vs Test	1	219583,04 ^{ns}	42,71**	267363,22 ^{ns}	5,25 ^{ns}
Erro	46	184103,81	5,45	341960,73	1,94
Média Geral		2665	39	3194	32
Média das Populações		2641	39	3165	32
Média das Testemunhas		2789	37	3330	33
CV (%)		16	6	18	4

^{ns}, *; ** não significativo e significativo pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

O potencial das populações segregantes para extração de linhagens (ciclos C₀ e C₁) foi avaliado usando a metodologia de Jinks e Pooni (1976), a qual estima a probabilidade de uma dada população gerar linhagens que superem um determinado padrão (PSP, em%). Nove das 20 populações do ciclo C₀ (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9) apresentaram PSP superior a 20%, com destaque para as combinações 5, 7, 8 e 9, que além de PSP elevado, apresentaram maior precocidade (Tabela 5). Com relação a DEF, 11 populações (5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 18 e 20) foram agrupadas com a testemunha Goiano Precoce, IAC Imperador e IPR Andorinha, que são consideradas precoces. Para produtividade, 14 populações estão presentes no grupo das testemunhas mais produtivas, que foram IPR Andorinha, IAC Imperador e BRSMG Madrepérola (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias de dias para florescimento (DEF) e produtividade de grãos (PROD), e probabilidade de obtenção de linhagens superiores a cultivar BRSMG Madrepérola em 20% (PSP, em %), de 20 populações F₃ do ciclo C₀ de seleção recorrente, avaliadas na safra da seca de 2014, em Coimbra- MG.

Populações/testemunhas	Pop	DEF	PROD	PSP (%)
VC15/Carioca1070	1	43a ¹	3140a ¹	31,56
RP1/Rosinha Precoce	2	41a	3120a	27,76
RP1/Carioca1070	3	40a	3240a	26,43
VC15/Rosinha Precoce	4	43a	2775a	26,43
Madrepérola/Carioca1070	5	37b	2995a	26,43
VC33/Carioca1070	6	40a	3220a	24,83
VC15/XAN112	7	38b	2751a	22,36
VC33/XAN112	8	38b	3042a	22,06
VC15/Goiano Precoce	9	35b	2379b	20,33
Madrepérola/XAN112	10	37b	2996a	19,77
RP1/XAN112	11	39b	2707a	17,11
RP1/Goiano Precoce	12	44a	2240b	13,57
VC33/Rosinha Precoce	13	38b	2173b	12,92
Madrepérola/Rosinha Precoce	14	37b	2555a	11,9
Madrepérola/Goiano Precoce	15	37b	2186b	11,51
BRS Estilo/XAN112	16	42a	2548a	11,12
BRS Estilo/Rosinha Precoce	17	42a	2622a	11,12
VC33/Goiano Precoce	18	37b	1982b	9,18
BRS Estilo/Carioca1070	19	44a	2561a	8,53
BRS Estilo/Goiano Precoce	20	35b	1581b	2,33
Goiano precoce		32b	1817b	-
IPR Andorinha		39b	2749a	-
IAC Imperador		37b	3305a	-
BRSMG Madrepérola		41a	3283a	-

¹ Médias seguidas da mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott, a 1% de probabilidade.

No ciclo C₁, seis populações (1, 2, 3, 4, 5 e 6) apresentaram PSP superior a 20%, portanto promissoras do ponto de vista de extração de linhagens com alto potencial de produção (Tabela 6). As populações 2 e 3, além de apresentarem maior PSP, se destacaram também pela precocidade, equiparando-se ao Goiano Precoce quanto ao DEF (Tabela 2). Oito combinações (4, 6, 8, 12, 13, 16, 17 e 18) foram agrupadas com as testemunhas precoces IPR Andorinha e IAC Imperador, cultivares estas recomendadas, respectivamente, para os estados do Paraná e São Paulo (Tabela 6).

Tabela 6 - Médias de dias para florescimento (DEF) e produtividade de grãos (PROD), e probabilidade de obtenção de linhagens superiores a cultivar BRSMG Madrepérola em 20% (PSP, em %), de 20 populações F₃ do ciclo C_I de seleção recorrente, avaliadas na safra da seca de 2015, em Coimbra- MG.

População/testemunhas	Pop	DEF	PROD	PSP (%)
Madrepérola/Carioca1070//IAC Imperador	1	33a ¹	3502	27,43
VC33/Rosinha Precoce//BRS Estilo/Goiano Precoce	2	28c	2632	25,14
VC33/Carioca1070//Madrepérola/Rosinha Precoce	3	28c	3311	22,66
Madrepérola/Goiano Precoce//Estilo/ Rosinha Precoce	4	31b	2938	22,06
VC15/Goiano Precoce//VC33/Carioca1070	5	34a	3321	22,06
VC33/Goiano Precoce//Madrepérola/XAN112	6	30b	2471	20,33
VC15/Goiano Precoce//Madrepérola	7	36a	3371	17,62
VC33/XAN112//Madrepérola/Carioca1070	8	31b	3919	17,11
RP1/1090067-18//BRS Estilo/Goiano Precoce	9	29c	2900	16,6
VC15/Carioca1070//VC33/ Rosinha Precoce	10	35a	2998	16,6
VC15/1090067-18//VC33/XAN112	11	36a	3242	16,35
RP1/Goiano Precoce//BRS Estilo/Rosinha Precoce	12	30b	2506	14,46
Madrepérola/Rosinha Precoce//Madrepérola	13	31b	3444	12,71
RP1/1090067-18//VC15/Carioca1070	14	35a	3081	12,51
VC15/1090067-18//IAC Imperador	15	34a	3377	10,93
RP1/Goiano Precoce//VC15/Rosinha Precoce	16	31b	3054	9,68
RP1/Rosinha Precoce//IPR Andorinha	17	31b	3602	9,68
VC15/Rosinha Precoce//Madrepérola/Goiano Precoce	18	31b	3607	7,64
RP1/Rosinha Precoce//VC33/Goiano Precoce	19	29c	2867	4,65
Carioca1070/XAN112//1090067-48/VC33	20	35a	2874	3,64
Goiano Precoce		27c	2400	-
IPR Andorinha		33a	3442	-
IAC Imperador		35a	4037	-
BRSMG Madrepérola		35a	3440	-

¹ Médias seguidas da mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott, a 1% de probabilidade.

4.3. Potencial de famílias do ciclo C₀

Observou-se efeito significativo de famílias ($P < 0,01$) tanto para DEF quanto para produtividade de grãos, evidenciando variabilidade genética na população para os referidos caracteres (Tabela 7). O mesmo foi observado para a fonte de variação testemunhas. Já o contraste Famílias vs. Testemunhas foi significativo somente para produtividade de grãos. A média das testemunhas (4337 kg/ha) foi superior à média das famílias (3768 kg/ha). Contudo, este valor é uma média e não reflete o potencial individual de cada família. Observa-se que as famílias 1 e 2 têm potencial produtivo igual à VC15, testemunha de maior produtividade (Tabela 8). Se compararmos as famílias com a cultivar IAC Andorinha, considerada precoce, verifica-se que as famílias 1 e 2 superaram a referida cultivar e as demais se equipararam à mesma.

Tabela 7 - Resumo das análises de variância para produtividade de grãos (PROD), em kg/ha, e dias para florescimento (DEF), referente à avaliação de famílias F_{3;5} do ciclo C₀. Safra da seca de 2015. Coimbra, MG.

Fonte de Variação	GL	QM	
		DEF	PROD
Tratamentos	39	20,00 ^{**}	1511364,31 ^{**}
Famílias (Fam)	37	16,18 ^{**}	1187479,44 ^{**}
Testemunha (Test)	1	73,64 ^{**}	4838703,10 ^{**}
Fam vs Test.	1	0,68 ^{ns}	3513089,07 ^{**}
Resíduo	80	0,89	184904,13
Média Geral	-	33	3822
Média das Famílias	-	33	3768
Média das Testemunhas	-	33	4337
CV (%)	-	3	11

^{ns,**} não significativo e significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Do total de famílias avaliadas, dez (10, 15, 20, 26, 29, 31, 32, 33, 34 e 36) se destacaram quanto à precocidade, apresentando DEF menor que da cultivar IPR Andorinha. Vale ressaltar que todas essas famílias tiveram produtividade igual à da IPR Andorinha (Tabela 8), portanto promissoras do ponto de vista de extração de linhagens de grãos tipo carioca, precoces e produtivas.

Tabela 8 - Médias do número de dias da emergência ao florescimento (DEF) e de produtividade de grãos (PROD) em Kg ha⁻¹, de 38 famílias do ciclo C₀, avaliadas em Coimbra, MG, na safra da Seca de 2015.

Famílias/Cultivares	Famílias	DEF	PROD
VC15/1090067-18-1	1	38 b ¹	5518 b ¹
VC15/1090067-18-2	2	37 b	4955 b
VC15/Carioca1070-1	3	35a	4609 a
VC15/1090067-18-3	4	37 b	4539 a
VC15/Carioca1070-2	5	35a	4512 a
RP1/1090067-14-1	6	34a	4455 a
VC15/Carioca1070-2	7	33a	4342 a
VC15/1090067-18-4	8	36 b	4339 a
VC33/Carioca1070-1	9	34a	4254 a
Madrepérola/XAN112-1	10	30	4226 a
VC15/1090067-18-5	11	36 b	4191 a
VC33/Carioca1070-2	12	35a	4145 a
VC15/Rosinha Precoce-1	13	36 b	4055 a
VC33/Xan112-1	14	35a	4027 a
VC33/Carioca1070-3	15	29	3918 a
VC33/Carioca1070-4	16	34a	3891 a
VC15/1090067-18-6	17	34a	3870 a
VC33/XAN112-2	18	34a	3782 a
VC33/Carioca1070-5	19	32a	3742 a
VC33/Carioca1070-6	20	31	3736 a
BRS Estilo/Goiano Precoce-1	21	32a	3724 a
BRS Estilo/Rosinha Precoce-1	22	32a	3621 a
VC33/XAN112-3	23	36 b	3600 a
VC33/Rosinha Precoce-1	24	33a	3448 a
VC33/XAN112-4	25	34a	3312 a
RP1/Rosinha Precoce-1	26	30	3267 a
VC33/Rosinha Precoce-2	27	33a	3248 a
VC33/XAN112-5	28	35a	3236 a
RP1/Rosinha Precoce-2	29	30	3206 a
VC33/Rosinha Precoce-3	30	32a	3160 a
BRS Estilo/Rosinha Precoce-2	31	31	3133 a
Madrepérola/Carioca1070-1	32	31	3106 a
VC33/Rosinha Precoce-4	33	31	3092 a
RP1/Rosinha Precoce-3	34	30	3077 a
Madrepérola/XAN112-2	35	32a	3045 a
VC33/Rosinha Precoce-5	36	30	2965 a
VC33/Rosinha Precoce-6	37	33a	2955 a
BRS Estilo/Rosinha Precoce-3	38	33a	2891 a
IAC Andorinha (testemunha)		33a	3667 a
VC15 (testemunha)		38 b	5897 b

¹ Médias seguidas das letras a ou b, na coluna, não diferem, respectivamente, das testemunhas IPR Andorinha (a) ou VC15 (b), pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

4.5. Progresso Genético de um ciclo de seleção recorrente

Como os experimentos de avaliação das populações (gerações F₂ e F₃) dos diferentes ciclos (C₀ e C₁) foram realizados em épocas diferentes, procedeu-se uma análise agrupada por geração de modo a ajustar as médias das populações para que pudessem ser comparados os ciclos. Com base nas análises agrupadas (Tabelas 9 e 10), independente da geração, observou-se efeito significativo da interação Testemunhas x Ciclos somente para DEF. Já o efeito de ciclos foi significativo, tanto para DEF como para produtividade de grãos.

Tabela 9 - Resumo das análises de variância agrupada para produtividade de grãos (PROD), em kg/ha, e dias da emergência ao florescimento (DEF), referentes à avaliação de 20 populações F₂ dos ciclos C₀ e C₁, nas safras das águas de 2013 (C₀) e inverno de 2014 (C₁), em Coimbra – MG.

Fonte de Variação	GL	QM	
		DEF	PROD
Ciclos	1	1179,21 ^{**}	6607235,83 ^{**}
Testemunhas (Test)	2	190,50 ^{**}	80472,05 ^{ns}
Test x Ciclo	2	23,39 [*]	483991,44 ^{ns}
Pop/Ens	38	29,69 ^{**}	745623,10 ^{**}
(Test vs Pop)/ENS	2	95,74 ^{**}	1166266,56 ^{**}
Resíduo	88	7,15	210482,28
Média geral	-	39	3057
Média das Pop C ₀	-	41	3355
Média das Pop C ₁	-	38	2718
Média das testemunhas	-	37	3239
CV (%)	-	7	15

^{ns,* e **} não significativo, significativo pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Nas duas gerações, as populações do ciclo C₁ apresentaram, em média, um menor DEF, evidenciando um ganho genético para esse caráter. Analisando a geração F₂, esse ganho por ciclo foi de 8,2%; na geração F₃ foi de 15,2% (Tabela 11). Já a produtividade de grãos, com base nas populações F₂, reduziu de 3355 (C₀) para 2718 kg/ha (C₁) com um ganho negativo (-18,99%). O mesmo foi observado quando se pautou na geração F₃ (ganho de -16,86%), passando a produtividade de 3127 (C₀) para 2641 kg/ha (C₁). Vale salientar que isso se deve ao fato de que a seleção das plantas para recombinação baseou-se apenas na precocidade.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância agrupada para produtividade de grãos (PROD), em kg/ha, e dias decorridos da emergência ao florescimento (DEF), referentes às 20 populações segregantes F₃ dos C₀ e C₁ e três testemunhas, avaliadas nas safras da seca de 2014 e seca de 2015, em Coimbra – MG.

Fonte de Variação	GL	QM	
		DEF	PROD
Ciclo	1	1733 ^{**}	10646852,81 ^{**}
Testemunhas (Test)	2	13,39 [*]	1637174,33 ^{**}
Test x Ciclo	2	33,17 ^{**}	414792,78 ^{ns}
Pop/Ens	38	23,51 ^{**}	564818,34 ^{**}
(Test vs Pop)/ENS	2	67,46 ^{**}	1028425,53 [*]
Resíduo	88	3,80	266483,91
Média geral	-	35	2916
Média das pop C ₀	-	38	3127
Média das pop C ₁	-	33	2641
Média das testemunhas	-	32	3132
CV (%)	-	6	18

ns,^{*} e ^{**} não significativo, significativo pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 11 - Médias de produtividade de grãos (kg/ha), dias decorridos da emergência ao florescimento (DEF) e progresso genético para o primeiro ciclo de seleção recorrente, com base nessas médias, para as populações F₂ e F₃. Coimbra – MG.

Ciclo/Testemunha	F ₂		F ₃	
	PROD	DEF	PROD	DEF
C ₀	3355	41	3127	38
C ₁	2718	38	2641	33
Goiano Precoce	3106	30	2629	30
BRMS Madrepérola	3283	41	3440	35
Progresso genético (%)				
C ₀ para C ₁	-18,99	-8,20	-16,86	-15,23

5. DISCUSSÃO

No melhoramento de plantas autógamas, uma etapa importante do processo é a escolha dos genitores e obtenção das populações. Para isso, são realizadas avaliações dos possíveis genitores e/ou combinações híbridas de modo a obter estimativas de parâmetros genéticos que subsidiem as decisões a serem tomadas. Nesse contexto, a precisão experimental é de fundamental importância e quando se trata de experimentos em campo, a dificuldade é ainda maior. No presente estudo, foram conduzidos vários experimentos em campo, em que se avaliou 20 combinações híbridas de um dialelo parcial 4x5, as populações F₂ e F₃ dos ciclos C₀ e C₁ e as famílias F_{3:5} derivadas do ciclo C₀. Foram avaliados a produtividade de grãos e o número de dias da emergência ao florescimento (DEF). Os coeficientes de variação experimental variaram de 3 a 7% para DEF e de 11 a 18% para produtividade, caracterizando boa precisão experimental de acordo com estudos realizados a esse respeito por Marques Júnior (1997) e Pimentel Gomes (2000). Além disso, as médias de produtividade foram relativamente altas, variando de 2336 a 3822 kg/ha, indicando que as condições de cultivo foram favoráveis.

De acordo com Abreu et al. (2002), na escolha de populações segregantes, o uso das informações da análise dialélica associada às estimativas de PSP (Jinks e Pooni, 1976), podem contribuir de forma efetiva na identificação das populações mais promissoras para seleção. Nesse estudo, pela análise dialélica, destacou-se a linhagem Goiano Precoce, com estimativa de CGC negativa e significativa para DEF. Isso é indicativo de uma elevada frequência de alelos favoráveis e potencial em cruzamentos visando melhoramento para precocidade. As populações 1 e 14, apresentaram CEC negativa e significativa para a característica DEF (Tabela 2). Entretanto, somente uma delas (população 1) demonstra um maior potencial para derivar linhagens precoces, pois um de seus genitores é a linhagem Goiano Precoce. Cabe salientar que para reduzir DEF devem ser selecionadas populações com CEC negativa e significativa, e que pelo menos um dos genitores apresente CGC negativa

e significativa (Cruz et al., 2012). Esta população, apesar de não ser uma das mais produtivas, apresentou um PSP de 13,57% ou seja, uma probabilidade de gerar linhagens superiores a produtividade da cultivar BRSMG Madrepérola, em 20%.

Quanto à produtividade de grãos, o destaque foi para a população 4, com estimativa de CEC positiva e significativa e um dos genitores (RP1) com CGC significativa e positiva (Tabela 3), demonstrando elevada frequência de alelos favoráveis para essa característica. Esta população também apresentou um dos maiores valores de PSP (Tabela 5), corroborando com as informações da análise dialélica.

Analisando as populações do ciclo C_1 (Tabela 6), verificou-se, com base nas estimativas de PSP, que seis populações F_3 (1, 2, 3, 4, 5 e 6) apresentaram elevada probabilidade em gerar linhagens mais produtivas que a cultivar Madrepérola e duas destas populações (2 e 3) compartilham o grupo dos genótipos mais precoces, no qual está presente também a testemunha Goiano Precoce, evidenciando o potencial dessas populações para derivar linhagens precoces e com alta produtividade. Para as populações do ciclo C_1 não foi possível associar as informações da análise dialélica com a metodologia de Jinks e Pooni (1976) em função da drástica seleção para precocidade praticada no ciclo C_0 e recombinação dessas plantas para obtenção do ciclo C_1 .

Verificou-se a presença de variabilidade entre famílias $F_{3.5}$ do ciclo C_0 para ciclo e produtividade (Tabela 7), indicando a possibilidade de seleção de linhagens promissoras no que se refere ao objetivo do trabalho. As famílias extraídas de dez populações (10, 15, 20, 26, 29, 31, 32, 33, 34 e 36) merecem destaque, pois comparadas à cultivar precoce IPR Andorinha, apresentaram produtividades semelhantes e menores médias para DEF (Tabela 8). Portanto, estas famílias são indicadas para extração de linhagens de grãos tipo carioca, precoces e com potencial produtivo semelhante ou até superior à cultivar IPR Andorinha, padrão de precocidade em feijão do tipo carioca.

Afim de verificar o êxito com programa de seleção recorrente, faz-se necessário estimar o progresso genético entre os ciclos. Avaliando populações F_2 , o progresso genético com um ciclo de seleção recorrente fenotípica para precocidade foi de 8,20% na redução do número de dias para florescimento. Quando se baseou nas populações F_3 esse ganho foi de 15,23%. Para produtividade observou-se que

ocorreu uma redução de 18,99% e 16,86% do ciclo C_0 para C_I , com base na avaliação das gerações F_2 e F_3 , respectivamente. Trabalhos realizados por Vale et al. (2015) e Silva et al. (2007) relatam resultados semelhantes aos obtidos nesse estudo, mostrando que a redução do ciclo da planta implica em plantas menos produtivas. Também, cabe ressaltar, o ganho quatro vezes maior para a característica de florescimento, em relação à estes autores. Contudo, a produção por área pode ser compensada com uma maior população de plantas, no caso de plantas com hábito de crescimento determinado, que tendem a ser mais precoces (Jadoski, 2000; Horn, 2000).

Portanto, reunindo as informações da análise dialélica com as da metodologia Jinks e Pooni (1976), é possível indicar com mais precisão, quais populações são mais promissoras para extração de linhagens superiores quanto a precocidade e produtividade de grãos do tipo carioca, em relação as que estão no mercado, sendo importante para o melhoramento vegetal.

6. CONCLUSÕES

A cultivar Goiano Precoce é a mais promissora para participar como genitor em programas de melhoramento que visam precocidade.

As populações da geração F_3 , RP1/Goiano Precoce, do ciclo C_0 , e VC33/Rosinha Precoce//BRS Estilo/Goiano Precoce e VC33/Carioca1070//Madrepérola/Rosinha Precoce, do ciclo C_1 , apresentam maior potencial para serem exploradas do ponto de vista da precocidade no feijoeiro.

Foram identificadas dez famílias $F_{3,5}$, oriundas das populações do ciclo C_0 , com potencial para extração de linhagens que associam precocidade, grãos do tipo carioca e bom potencial de produção.

A população RP1/Rosinha Precoce se destacou pela potencialidade em gerar linhagens produtivas, tanto pela análise dialélica quanto pela metodologia de Jinks e Pooni, indicando associação entre essas metodologias.

O progresso genético de um ciclo de seleção recorrente para precocidade foi de 8,20 e 15,23%, quando se considerou a avaliação das populações F_2 e F_3 , respectivamente; não foi detectado progresso genético para produtividade de grãos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Prediction of seed-yield potential of common bean populations. **Genetics and Molecular Biology**. v. 25, n. 3, p. 323-327, 2002.

ADAMS, M. W. Plant architecture and yield breeding. **Iowa Statejournal of Research**. v.56, n.3, p.225-254, 1982.

ALMEIDA, L. D'A.; LEITÃO FILHO, H. F.; MIYASAKA, S. Características do feijão carioca, um novo Cultivar. **Bragantia**. v. 30, p.33-38, 1971.

ARANTES, L. O.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; NEVES, A. F. In: Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão. **Ciência e tecnologia na cadeia produtiva do feijão**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008.

ARANTES, L. de O. **Oito ciclos de seleção recorrente visando à resistência à mancha-angular no feijoeiro**. 2009. 54 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

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

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A Culutra. In: **Feijão: do plantio a colheita**. CARNEIRO, J. E. S.; PAULA JÚNIOR T. J.; BORÉM, A. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, Viçosa, 2015, p.9-15.

BURATTO, J. S.; MODA-CIRINO, V.; FONSECA JÚNIOR N. S.; PRETE C. E. C. Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no estado do Paraná. **Semina: ciências agrárias**. v. 28, n. 3, p. 373-380, 2007.

CARNEIRO, J. E. S.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; PAULA JÚNIOR, T. J. BRSMG Madrepérola: common bean cultivar with late-darkening Carioca grain. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v. 12, n. 4, p. 281-284, 2012.

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

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento **5^o Levantamento de Grãos 2015/16**. <<http://www.conab.com/conabweb/>>. Acessado em 14 de janeiro de 2016.

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

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

DUNNETT, C. W. A multiple comparison procedure for comparing Several Treatments with a control. **Journal of the American Statistical Association**. v. 50, n. 272, p. 1096-1121, 1995.

FREITAS, R. M. **Progresso genético de três ciclos de seleção recorrente no melhoramento de feijão vermelho**. 2012. 41 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

GERALDI, I. O.; MIRANDA-FILHO J. B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Brazilian Journal of Genetics**. v. 11, n. 2, p.419-430, 1998.

GERALDI, I. O. Por que realizar seleção recorrente? In: **Simpósio de Atualização em Genética e Melhoramento de Plantas**, 9., 2005, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2005. 97 p.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallell crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**. v. 9, p. 463-493, 1956.

HORN, F. L.; SCHUCH, L. O. B.; SILVEIRA, E. P.; ANTUNES, I. F.; VIEIRA, J. C.; MARCHIORO, G.; MEDEIROS, D. F.; SCHWENGBER, J. E.; Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 35, n. 1, p. 41-46, 2000.

JADOSKI, S. O.; CARLESSO, R.; WOISCHICK, D.; PETRY M. T.; FRIZZO Z. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. II: rendimento de grãos e componentes do rendimento. **Ciencia Rural** [online]. v. 30, n. 4, p. 567-573, 2000.

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.

HELMS, T. C.; HALLAUER, A. R.; SMITH, O. S. Genetic drift and selection evaluated from recurrent selection programs in maize. **Crop Science**. Madison, v. 29, n. 3, p. 602-607, 1989.

IAPAR. Cultivar De Feijão IPR Andorinha. **Folder IPR Andorinha**. 1. ed. Brasília, DF, 2013. 2 p.

Incaper Cultivares. In: POSSE, S. C. P.; SOUZA, E. M. R.; SILVA, G. M.; FASOLO, L. M.; SILVA, M. B.; ROCHA, M. A. M. (ed.) **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central-brasileira**. p. 105-109, 2010.

LOBO JÚNIOR, M.; GERALDINE, A. M.; CARVALHO, D. D. C.; COBUCCI, T. Uso de Cultivares de Feijão Comum com Arquitetura Ereta e Ciclo Precoce para Escape do Mofa-Branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). **Comunicado Técnico 182**. Santo Antônio de Goiás, GO, 2009.

MARQUES JÚNIOR, O. G. **Eficiência de experimentos na cultura do feijão**. 1997. 80p. (Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1997.

MAPA. Perfil do feijão no Brasil: **Ministério da Agricultura**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao>>. Acesso em: 10 de Dezembro. 2015.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 4., 2007, São Lourenço. Anais... **São Lourenço: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas**, 2007.

MORAES, A. D.; BRITO, L. M. Aspectos Socioeconômicos. In: **Feijão: do plantio a colheita**. CARNEIRO, J.E.S.; PAULA JÚNIOR T.J.; BORÉM, A. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, Viçosa, 2015, p.16-36.

PAULA JÚNIOR, T. J.; CARNEIRO, J. E. S.; VIEIRA, R. F.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; PELOSO, M. J. D.; TEIXEIRA, H. **Cultivares de feijão-comum para Minas Gerais**. Epamig, 2010, 40p.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.

RAMALHO, M. A. P., ABREU, A. F. B., SANTOS, J. B., NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Editora da UFLA, 2012. Vol. 1, 522p.

RAMALHO, M. P. A.; ABREU, A. F. B. Obtenção de Cultivares. In: **Feijão: do plantio à colheita**. 1 ed. Viçosa: Editora UFV, 2015, cap. 5, p. 96-114.

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

RANALLI, P. Phenotypic recurrent selection in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) based on performance of S2 progenies. **Euphytica**. v.87, p.127-132, 1996.

RIBEIRO, N. D.; HOFFMANN JUNIOR, L.; POSSEBON, S. B. Variabilidade genética para ciclo em feijão dos grupos preto e carioca. **Revista Brasileira de Agrociência**. v. 10, n. 1, p. 19-29, 2004.

ROCHA, G. S.; CARNEIRO, J. E. S.; REZENDE JÚNIOR, L. S.; SILVA, V. M. P.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; CARNEIRO, P. C. S.; CECON, P. R. Effect of environments on the estimated genetic potential of segregating common bean populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v. 1, p. 241-248, 2013.

PETERNELLI, L. A.; BORÉM, A. Hibridação em Feijão. In: BORÉM, A. (Ed.) **Hibridação Artificial de Plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 269-294.

SANTOS, J.B.; VENCOVSKY, R. Controle genético do início do florescimento em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 20, n.7, p. 841-845, 1985.

SARTORATO, A.; RAVA, C.A. Determinação da resistência parcial do feijoeiro comum a *Isariopsis griseola*. Anais, **4ª Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão**. Londrina PR. 1993.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**. Raleigh, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.

SINGH, S.P.; TERÁN, H.; MUÑOZ, C.G.; TAKEGAMI, J.C. Two cycles of recurrent selection for seed yield in common bean. **Crop Science**. v.39, p.391-397, 1999.

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.

SINGH, S. Breeding for seed yield. In: SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. Common Beans: Research For Crop Improvement. Wallingford: **Cab International**, 1991, 980p.

SRB. IAC apresenta nova variedade de feijão precoce. **Sociedade Rural Brasileira**. Disponível em: <http://www.srb.org.br/noticias/article.php?article_id=5472>. Acesso em: 14 de dez. 2015.

VALE, N. M.; BARILI, L. D.; OLIVEIRA, H. M.; CARNEIRO, J. E. S.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, F. L. Escolha de genitores quanto à precocidade e produtividade de feijão tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 50, n. 2 p.141 -148, 2015.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S.; Melhoria do Feijão. In: **Melhoramento de espécies cultivadas**. BORÉM, A. (Ed.) Editora UFV, Viçosa, 2005.

VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 1988. Vol. 1. 231p.

WEYHRICH, R. A.; LAMKEY, K. R.; HALLAUER, A. R. Responses to seven methods of recurrent selection in the BS11 maize population. **Crop Science**. v. 38, n. 2, p. 308-321, 1998.