



MARIANE CRISTINA BIANCHI

**IMPLICAÇÕES DA INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTES NA
SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE SOJA**

**LAVRAS - MG
2018**

MARIANE CRISTINA BIANCHI

**IMPLICAÇÕES DA INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTES NA SELEÇÃO
DE PROGÊNIES DE SOJA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética Quantitativa, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi

LAVRAS - MG

2018

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

Bianchi, Mariane Cristina.

Implicações da interação genótipos por ambientes na seleção de progênies de soja / Mariane Cristina Bianchi. - 2018.

63 p.

Orientador(a): Adriano Teodoro Bruzi.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Glycine max (L) Merril. 2. Herdabilidade realizada. 3.
Interação genótipos por ambientes. I. Bruzi, Adriano Teodoro. . II.
Título.

MARIANE CRISTINA BINCHI

**IMPLICAÇÕES DA INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTES NA SELEÇÃO
DE PROGÊNIES DE SOJA**

**IMPLICATIONS OF GENOTYPES BY ENVIRONMENTS INTERACTION IN
SELECTION OF SOYBEAN PROGENIES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética Quantitativa, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA 24 de julho de 2018.

Dr. Carlos Eduardo Pulcinelli (Souza Cruz)

Dr. Odilon Lemos de Mello Filho (EMBRAPA)

Orientador

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi

LAVRAS - MG

2018

Aos meus pais, Adilson (in memoriam) e Angela, pelo amor, carinho, compreensão, confiança e pela oportunidade que me foi dada.

Com todo amor, respeito, admiração e gratidão,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por sempre me trilhar nos melhores caminhos.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Biologia, pela oportunidade concedida para realização do mestrado.

Aos meus pais, Adilson (in memoriam) e Angela, e minha irmã Marcela, pelo apoio incondicional e valores transmitidos.

Ao meu namorado Igor, pelo amor, dedicação e companheirismo em todos os momentos.

Ao Professor Doutor Adriano Teodoro Bruzi pela orientação, amizade, total disponibilidade e ensinamentos que me acompanharão por toda a vida.

Aos membros da banca pela disponibilidade e contribuições ao trabalho.

A todos os amigos/irmãos da Pesquisa Soja pela maravilhosa convivência e amizade.

Aos funcionários do setor de grandes culturas, em especial Antônio, Edésio e Ezequiel, que não mediram esforços na condução do trabalho.

As minhas colegas de casa, por me apoiarem e darem força em todos os momentos.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa.

Sem vocês esse sonho não seria possível!

RESUMO

A obtenção de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos são essenciais para o sucesso dos programas de melhoramento genético. Parâmetros estimados a partir de somente um ambiente são bastante influenciados pelo efeito da interação, podendo acarretar em erros relacionados à seleção de genótipos superiores. A interação genótipos por ambientes (G x E) na cultura da soja tem sido estudada utilizando principalmente métodos para se avaliar adaptabilidade e estabilidade. Contudo, nas etapas iniciais dos programas de melhoramento, quando se dispõe de progênies segregantes, outras ferramentas podem ser empregadas para se mensurar as implicações da G x E na classificação das progênies superiores. Neste contexto, a herdabilidade realizada, no qual se avalia o desempenho médio das progênies superiores em gerações distintas se perfaz uma alternativa. Ante ao exposto, objetivou-se estudar a implicação da interação G x E (anos agrícolas/ gerações e locais) na identificação de progênies geneticamente superiores; obter as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para caracteres agrônômicos em progênies de soja; selecionar progênies geneticamente superiores visando à obtenção de linhagens. Foram avaliadas progênies F_{3:4} no município de Lavras-MG e Itutinga-MG, no ano agrícola 2016/2017. Adotou-se parcela de 1 linha de 2 metros, com duas repetições, considerando o delineamento látice simples 14 x 14 (194 progênies + 2 parentais). As progênies F_{3:5} foram avaliadas na safra de verão 2017/2018 nos municípios de Lavras-MG, Itutinga-MG e Ijaci-MG. Para as avaliações, adotou-se látice triplo 10 x 10 (98 progênies + 2 parentais), utilizando-se 1 linha de 3 metros. Foram avaliados os caracteres dias para o florescimento, maturação absoluta, altura de inserção do primeiro legume, altura da planta, índice de acamamento e produtividade de grãos. Os dados foram analisados usando a abordagem de modelos mistos. Foram estimados os parâmetros genéticos e fenotípicos, ganho esperado com a seleção, correlação genética, resposta correlacionada, herdabilidade realizada, além da distribuição de frequência das médias ajustadas. As estimativas dos componentes de variância evidenciam a existência de variabilidade entre as progênies possibilitando a seleção de genótipos superiores. Verificou-se efeito da interação G x E para todos os caracteres avaliados, sendo que, a maior parte da interação encontrada se deve a interação do tipo complexa. Todas as progênies avaliadas apresentam bom desempenho agrônômico, com produtividade superior à média nacional. A partir da análise de correlação genotípica foi possível observar estimativas significativas entre o caráter dias para florescimento e os caracteres maturação absoluta, altura de plantas e acamamento, o caráter altura e os caracteres inserção do 1º legume e acamamento, bem como entre os caracteres inserção do 1º legume e acamamento. Existe influência da interação G x E nas estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos em soja. A herdabilidade realizada figura-se como ferramenta para o estudo da interação G x E.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merril. Herdabilidade realizada. Interação genótipos por ambientes.

ABSTRACT

Obtaining estimates of genetic and phenotypic parameters are essential for the success of breeding programs. Parameters estimated from only one environment are strongly influenced by the interaction effect, which may lead to errors related to the selection of superior genotypes. The G x E interaction in the soybean crop has been studied mainly using methods to evaluate adaptability and stability. However, in the initial stages of breeding programs, when segregating progenies are available, other tools can be employed to measure the implications of G x E for the classification of the best genotypes. In this context, the achieved heritability, in which the average performance of the superior progenies in different generations is evaluated, is an alternative. The purpose was to study the implication of the G x E interaction (crop years / generation and different environments) in the identification of genetically superior progenies; to obtain estimates of genetic and phenotypic parameters for agronomic traits in soybean progenies; to select genetically superior progenies in order to obtain lines. F_{3:4} progenies were evaluated in the municipality of Lavras-MG and Itutinga-MG, in the crop season 2016/2017. One line plot of two meters was used, with two replicates, considering the lattice design simple 14 x 14 (194 progenies + 2 parental). F_{3:5} progenies were evaluated in the summer of 2017/2018 in the municipalities of Lavras-MG, Itutinga-MG and Ijaci-MG. For evaluations, a 10x10 triple lattice (98 progenies + 2 parental) was used, using a three meter line. The traits characters for flowering, full maturity, bottom pod height, the plant height, lodging score and grain yield were evaluated. Data were analyzed using the mixed model approach. Genetic and phenotypic parameters, expected gain with selection, genetic correlation, correlated response, heritability, and frequency distribution of the adjusted means were estimated. The estimates of the variance components show the existence of variability among the progenies making possible the selection of superior genotypes. The effect of the genotypes x environments interaction was verified for all evaluated traits, and most of them was complex. All evaluated progenies present good agronomic performance, with higher grain yield. From the analysis of genotypic correlation it was possible to observe significant estimates between the traits days to flowering and the full maturity, plant height and lodging score, height and the traits of the 1st legume and lodging score, as well as between the traits insertion of the 1st legume and lodging score. There is influence of the interaction G x E on the estimates of genetic and phenotypic parameters in soybean. Achieved heritability is a tool to study the G x E interaction.

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill. Achieved heritability. Genotypes by environments interaction.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Melhoramento genético da soja no Brasil.....	10
2.2 Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos na cultura da soja.....	12
2.3 Estratégias de Melhoramento em plantas autógamas: o caso da soja	14
2.4 Interação progênies x ambientes na cultura da soja.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Descrição, localização e condução dos experimentos	20
3.2 Análise dos dados	24
3.3 Estimativa dos componentes genéticos e fenotípicos	25
4 RESULTADOS	28
5 DISCUSSÃO	42
6 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS.....	47
ANEXOS	52

1 INTRODUÇÃO

A obtenção de genótipos superiores a cada ano pode ser considerada como um dos principais desafios dos melhorista de soja, e por isso algumas etapas do programa de melhoramento são fundamentais para que o objetivo final seja alcançado. Dentre elas destacam-se a escolha de parentais/genitores para a realização das hibridações, a identificação das melhores progênes para avanço nas etapas do programa, a avaliação dessas progênes em diferentes locais e anos agrícolas visando mitigar o efeito da interação genótipos por ambientes (G x E), e por fim, a escolha da melhor linhagem a ser lançada no mercado agrícola.

Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, tais como variâncias genéticas e fenotípicas, herdabilidade no sentido amplo e restrito, herdabilidade realizada, correlações genéticas e fenotípicas e ganhos esperado com a seleção, são essenciais para o sucesso dos programas de melhoramento genético, pois estas fundamentam a tomada de decisão do melhorista. Autores destacam a importância de se obter os parâmetros a partir de dados experimentais oriundos de mais de um ambiente (ano, local), pois os parâmetros estimados a partir de somente um ambiente podem ser bastante influenciados pelo efeito da interação G x E, podendo acarretar em erros na tomada de decisão relacionadas à seleção de genótipos.

A interação G x E na cultura da soja tem sido estudada e relatos são encontrados na literatura utilizando principalmente métodos para se avaliar adaptabilidade e estabilidade (SOARES et al., 2015; SILVA et al., 2016; CARVALHO, 2017; GESTEIRA et al., 2018). Contudo, nas etapas iniciais dos programas de melhoramento, quando se dispõe de progênes segregantes outras ferramentas podem ser empregadas para se mensurar as implicações da G x E na classificação das progênes superiores. Neste contexto, a herdabilidade realizada (h^2_R), no qual se avalia o desempenho médio das progênes superiores em gerações distintas se perfaz uma alternativa.

Ante ao acima exposto, realizou-se o presente estudo com o objetivo de: estudar a implicação da interação G x E (anos agrícolas/ gerações e locais) na identificação de progênes geneticamente superiores; obter as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para caracteres agrônômicos em progênes de soja; selecionar progênes geneticamente superiores visando à obtenção de linhagens.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Melhoramento genético da soja no Brasil.

Logo após a introdução da soja na Bahia em 1882, a cultura vem sendo estudada e melhorada para as mais diversas regiões do país. O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) foi o pioneiro no melhoramento da cultura no Brasil, realizando as primeiras avaliações de cultivares introduzidas no ano de 1892. Apesar dos primeiros registros do cultivo da soja datarem de 1914, foi em 1960 que a soja se consolidou como cultura economicamente importante para o Brasil, registrando produção de 1.056 milhão de toneladas (EMBRAPA, 2005). A partir daí, com seu explosivo crescimento, a cultura da soja protagonizou uma revolução socioeconômica e tecnológica no Brasil, tornando o país o segundo maior produtor com uma produção de aproximadamente 117 milhões de toneladas. Durante a década de 70, cultivares obtidas pelo IAC em parceria com a Embrapa, como Doko e IAC-8 foram determinantes para a expansão da soja no Brasil (SEDIYAMA, 2015).

Minas Gerais também é um estado pioneiro no melhoramento da soja no Brasil. Os primeiros trabalhos de avaliação e recomendação de cultivares introduzidas foram realizados ainda em 1920. A cultura mostrou-se promissora para a região, e a Universidade Federal de Viçosa iniciou suas primeiras pesquisas visando o melhoramento da soja na década de 1960 (SEDIYAMA, 2015). Em 1988 foi instituída a Fundação Triângulo de Pesquisa, que em parceria com EPAMIG e a Embrapa lançou em 1998 a cultivar MG/BR 46 Conquista, que ocupou uma área tão vasta que dificilmente outra cultivar obterá feito semelhante (ZITO et al., 2011). Nos últimos anos, a Universidade Federal de Lavras também iniciou seu programa de melhoramento de soja visando obter cultivares precoces e produtivas adaptadas à região sul de Minas Gerais (SOARES et al., 2015; SILVA et al., 2016).

O Estado do Paraná também contribuiu amplamente com o melhoramento genético da soja no Brasil a partir do ano de 1976 com a criação do Centro Nacional de Pesquisa de Soja – CNPSo. Um de seus genótipos amplamente cultivados no cerrado foi a cultivar Doko (UNFRIED; BRAGA, 2011).

Responsável por aproximadamente 30% da soja produzida no Brasil (CONAB, 2018), o estado do Mato Grosso assumiu importante papel no melhoramento genético da cultura nos últimos anos, acompanhando a expansão da soja no centro-oeste brasileiro a partir das décadas de 1970 e 1980. No ano de 1993, foi instituída a Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso – Fundação MT, obtendo diversas cultivares adaptadas à região. A Fundação

MT estabeleceu parceria com a Tropical Melhoramento Genético (TMG), no ano de 2001, intensificando o desenvolvimento de cultivares no estado e tornando-se líder de mercado no Brasil central (FUNDAÇÃO MT, 2016).

Na década de 90 do século passado, o cenário do melhoramento genético da soja no Brasil se transformaria com a entrada das multinacionais no país. Em 1996, a Monsanto iniciou suas atividades com cultivares convencionais. No entanto, a partir de 2005, a principal base genética das cultivares de soja foi a transgênica denominada Roundup Ready RR (MONSANTO, 2018). A rápida adoção dessa tecnologia pelo mundo confirma os avanços obtidos. As primeiras cultivares RR cultivadas comercialmente no Brasil foram procedentes da Argentina. Entre elas, a cultivar Anta foi amplamente utilizada, principalmente em razão de sua precocidade. Posteriormente, outras empresas como Pioneer, Syngenta, Basf e Bayer também implementaram os programas de melhoramento de soja transgênica. Atualmente, a soja transgênica ocupa mais de 90% das áreas cultivadas (CONAB, 2018).

Com o sucesso da tecnologia RR, as empresas de melhoramento genético voltaram seus esforços para a biotecnologia e o lançamento de novos eventos transgênicos. No ano de 2013 foi lançado pela Monsanto a cultivar Intacta RR2 PRO, conferindo além da resistência ao Glifosato, resistência à lagartas, devido a introdução do gene cry1Ac (MONSANTO, 2018). O evento logo teve adesão dos produtores e atualmente diversas empresas tem cultivares em seu portfólio que possuem a tecnologia.

No início de 2016, foi lançada através de uma parceria entre BASF e Embrapa, a primeira cultivar de soja com a tecnologia Cultivance (CV), que confere à soja resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, inibidores da enzima ALS (BASF, 2018). A soja CV é o primeiro cultivo geneticamente modificado inteiramente desenvolvido no Brasil, desde o laboratório até a comercialização, utilizou-se como base a cultivar MG/BR 46 (Conquista). Na safra 16/17, a Bayer Cropscience trouxe ao mercado brasileiro 11 cultivares com a tecnologia Liberty LinkTM que confere resistência ao herbicida Glufosinato de Amônio, sendo mais uma alternativa para o controle de plantas daninhas resistentes (BAYER, 2018).

Uma nova tecnologia que também se propõe a dar auxílio ao controle de plantas daninhas resistentes ou tolerantes ao glifosato é a tecnologia Enlist E3, a qual vem sendo desenvolvida pela Dow AgroScience em parceria com a empresa TM Technologies. Trata-se de uma cultivar de soja que, pela primeira vez combina em um único produto a resistência a três herbicidas distintos: glifosato, Glufosinato e 2, 4-D (FUNDAÇÃO MT, 2016). A proposta da Monsanto para controlar o problema de plantas daninhas de difícil controle é a associação do gene de resistência ao glifosato com um novo gene capaz de degradar o herbicida Dicamba

na planta, tornando-o inativo, e desta forma, conferindo resistência à soja quando o produto for aplicado em pós-emergência (MONSANTO, 2018).

No Brasil, como na maioria dos outros países em que o agronegócio corresponde a uma parcela importante do PIB, a pesquisa na criação e desenvolvimento de novas cultivares é realizada principalmente pela iniciativa privada, utilizando-se das garantias de leis de proteção de cultivares (LPC). Neste sentido, o país possui mais de 15 programas de melhoramento vegetal específicos para soja, oito dos quais concentram mais de 80% do *market share*. Atualmente, mais de 95% da área plantada no país são de OGMs (Organismos Geneticamente Modificados). São nove os OGMs liberados para comércio no Brasil, sendo oito tolerantes a herbicidas e um com dupla ação, de tolerância a herbicida e resistência a insetos (PESKE, 2016).

2.2 Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos na cultura da soja

A estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos, como herdabilidade, correlação genética e fenotípica e ganhos com a seleção, é de grande importância nos programas de melhoramento genético, possibilitando a definição das estratégias a serem utilizadas nas etapas iniciais e avançadas dos programas de melhoramento, permitindo ainda, estudar mecanismos, valores genéticos e variabilidade para um caráter (GRAVINA et al., 2004).

A herdabilidade não é uma estimativa imutável, e nem propriedade apenas da característica, sendo igualmente da população e do ambiente imposto aos indivíduos. Sua estimativa sofre interferência, dentre diversos fatores, pelo efeito ambiental, tipo de propagação da espécie, grau de endogamia e a diversidade da população per se, unidade seletiva (indivíduo ou família), tamanho da amostra avaliada e com a unidade experimental, e finalmente, pela precisão na condução do ensaio e coleta dos dados (BORÉM & MIRANDA, 2013).

Ramalho et al. (2012) conceitua a herdabilidade como a proporção da variância genética presente na variância fenotípica total e destaca que é possível obtê-la de dois tipos: i) a herdabilidade no sentido amplo (h_a^2); ii) a herdabilidade no sentido restrito (h_r^2). A herdabilidade no sentido amplo é definida como a razão da variância genotípica pela variância fenotípica. Já a herdabilidade no sentido restrito, como a razão da variância genética aditiva pela variância fenotípica (RAMALHO, et al., 2012).

Ramalho et al. (2012) também comenta a possibilidade de se obter um terceira estimativa de herdabilidade: iii) herdabilidade realizada (h_R^2); aquela que efetivamente seria utilizada no processo seletivo. Na prática ela pode ser estimada quando se avaliam as mesmas

progênies nas gerações F_i e F_j , e se simula a seleção de uma certa proporção de progênies na F_i e verifica-se o ganho observado com a seleção na geração F_j (RAMALHO, et al., 2012).

O coeficiente de herdabilidade, tanto no sentido amplo como no restrito pode variar de zero a um. Valores iguais a um indicam que as diferenças fenotípicas entre os indivíduos são causadas unicamente por diferenças genéticas entre os mesmos. Já valores iguais a zero indicam que a variabilidade do caráter não é de origem genética, ou seja, não existe correlação alguma entre o valor genético e o valor fenotípico (ALLARD, 1999).

Em situações em que a herdabilidade é alta, a seleção nas gerações iniciais de autofecundação é considerada eficiente. Porém, caso seu valor seja baixo, é necessário que se realize a seleção apenas nas gerações mais avançadas, pois o aumento da homozigose, devido a autofecundação, propicia um incremento na herdabilidade no sentido restrito (FEHR, 1987).

Há essencialmente duas escolas de pensamento sobre a estimativa de herdabilidade. Uma desenvolvida por Sewall Wright e mais popularizada por Li e por Lush, que é fundamentada na análise de correlações e, por extensão, de regressão. Outra desenvolvida por Fisher que se baseia na análise de variância, utilizando-se a correlação intraclasses parental (AMABILE, 2013). A partir de então, surgiram vários métodos para a estimativa da herdabilidade e entre os principais estão: (i) da herdabilidade realizada; (ii) da regressão pai e filho; (iii) dos componentes de variância - sendo mais usual em testes finais de avaliação; (iv) de estimativa indireta da variação de ambiente; e (v) de estimativa por retrocruzamento (BORÉM & MIRANDA, 2013).

Deve-se ter o cuidado ao comparar a estimativa da herdabilidade de uma mesma característica, pois em função da amostragem, repetição e tamanho da parcela, das diferenças populacionais e ambientais, a estimativa pode apresentar grande diferença (VENCOVSKY, 1970). Comparações podem ser feitas desde que as condições experimentais sejam equivalentes (RAMALHO, et al., 2012).

As correlações fenotípicas e genéticas entre os caracteres, também são de grande importância, pois são medidas da interação entre dois caracteres, ou da variação conjunta de duas variáveis (RAMALHO et al., 2012). A correlação mede a intensidade de associação entre duas variáveis, podendo ser positiva, quando ocorre aumento nas duas variáveis, ou negativa em situações que há acréscimo de uma e decréscimo de outra. (ROSSMANN, 2001).

Para o melhorista é de extrema importância conhecer a correlação entre os caracteres, em especial se um dos caracteres for de baixa herdabilidade ou difícil identificação. Assim, caso este caráter esteja correlacionado à um segundo caráter de alta herdabilidade, torna-se

possível a obtenção de progressos mais rápidos no programa de melhoramento (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Dentre as diversas contribuições da genética quantitativa para o melhoramento de plantas, destaca-se a possibilidade de se preverem os ganhos obtidos por determinada estratégia de seleção. Desta forma, é possível traçar estratégias efetivas para o programa de melhoramento, prever o sucesso do esquema de seleção adotado e determinar quais as técnicas de maior eficácia (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Os fatores que mais influenciam de maneira direta ou indireta no ganho obtido por seleção são: intensidade de seleção, propriedades genéticas da população e condições ambientais. O ganho obtido por seleção está diretamente relacionado com o diferencial de seleção, que consiste na diferença entre a média do grupo selecionado e a média da população original. Assim, quanto maior a pressão de seleção, maior será o diferencial de seleção. Porém, caso seja adotado uma pressão de seleção alta existe o risco de redução acentuada da variabilidade genética. Populações mais heterogêneas aumentam as probabilidades de ganho com a seleção, uma vez que este ganho é baseado em diferenças genéticas. O ambiente é outro fator que influi sobre o ganho obtido por seleção, a condução de experimentos mais precisos garante melhores ganhos (ROSSMANN, 2001).

2.3 Estratégias de Melhoramento em plantas autógamas: o caso da soja

Entende-se por plantas autógamas, aquelas que se reproduzem preferencialmente por autofecundação, ou seja, sua frequência de polinização cruzada é inferior a 5% (BORÉM; MIRANDA, 2013). A soja, o feijão, o arroz e o trigo destacam-se como as autógamas mais cultivadas.

Populações de plantas autógamas são endogâmicas. A endogamia consiste no acasalamento de indivíduos aparentados. Seu grau varia em função do tipo de parentesco, sendo a autofecundação a forma mais intensa. Em uma população de plantas autógamas, a cada geração de autofecundação, a frequência do heterozigoto reduz-se à metade e a frequência dos homozigotos acresce na mesma proporção. Portanto, em uma geração F_{∞} espera-se que os indivíduos heterozigotos desapareçam, e que a frequência dos homozigotos dominantes e recessivos corresponda a $\frac{1}{2}$ cada um (RAMALHO et al., 2012).

No melhoramento de plantas autógamas, pode-se adotar métodos que exploram a variabilidade natural (introdução de germoplasma e seleção de linhas puras) e os métodos que ampliam a variabilidade existente (hibridação) (FEHR, 1987; BORÉM, 2009).

A introdução de germoplasma pode propiciar ganhos semelhantes aos de um programa de melhoramento, portanto deve ser considerada como um método de melhoramento (ALLARD, 1999). Este método possui pouca expressão para programas de melhoramentos já consolidados, no entanto, a introdução de germoplasma foi uma ferramenta de extrema importância no passado e continua a desempenhar um importante papel, na identificação de novas espécies e germoplasmas para desenvolvimento de cultivares. A introdução de espécies cultivadas em outras regiões ou países possibilita a recomendação imediata (BORÉM; MIRANDA, 2013). A soja é um clássico exemplo de introdução de germoplasma bem-sucedida. Introduzida na Bahia em 1882, hoje o Brasil, possui mais de 30 milhões de hectares cultivados com a oleaginosa (CONAB, 2018).

Na teoria das linhas puras (JOHANNSEN, 1903), estabeleceu três princípios: existem variações herdáveis e variações causadas pelo ambiente; a seleção só é eficiente se realizada sobre variações herdáveis; a seleção não gera variação. A partir dos trabalhos de Johannsen, define-se *linhas puras* como toda a descendência, por autofecundação, de um único indivíduo homocigoto. Muito embora os métodos que exploram a variabilidade natural tenham propiciado sucesso aos programas de melhoramento da soja, deve-se ressaltar que estas estratégias são limitadas a variação já existente. Considerando as demandas atuais dos produtores seria impossível obter novas cultivares superiores às já existentes (FEHR, 1987). Assim o método da hibridação é o mais importante na cultura da soja (SEDYAMA, 2015).

No método da hibridação três principais etapas devem ser estabelecidas: 1) Escolha dos genitores; 2) Obtenção da população segregante; 3) Condução da população segregante. Para Bernardo (2010) um programa comercial de melhoramento genético da cultura da soja, pode ser resumido conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 Programa Comercial de melhoramento da cultura da soja. Adaptado de Bernardo (2010).

Estação	Atividades
Inverno 1a	<p>(1) Semeio e condução de 200 populações F_2 ou BC_1 (ou seja, geração S_0), obtidas de anos anteriores.</p> <p>(2) Avanço das plantas S_0 para geração S_1 através do método de Descendente de única semente modificado (Single Pod Descent), na qual uma única vagem contendo de 2 a 3 sementes é colhida.</p>
Inverno 1b	<p>(1) Para cada população, as sementes S_1 são semeadas em bulk.</p> <p>(2) As sementes S_2 (autofecundação das plantas S_1) de 200 a 500 plantas, em cada população, são colhidas e armazenadas.</p>
Verão – 1	<p>(1) Avaliação de 70.000 famílias $S_{2,3}$ em 1 ou 2 locais, sem repetição.</p> <p>(2) Seleção das 5000 melhores famílias S_2 com base nos dados de produtividade.</p> <p>(3) As sementes S_3, das melhores famílias S_2, são colhidas e armazenadas.</p>
Verão – 2	<p>(1) Avaliação das 5000 famílias S_3 em ensaios de produtividades realizados em 3 a 5 locais.</p> <p>(2) Seleção das 200 melhores famílias S_3 com base nos dados de produtividade.</p> <p>(3) As sementes S_4, das melhores famílias S_3, são colhidas e armazenadas.</p>

Tabela 1 Continuação

Verão - 3	(1) Avaliação das 200 famílias S ₃ em ensaios de produtividades realizados em 15 a 25 locais. (2) Seleção das melhores famílias S ₄ (ou seja, linhas experimentais) com base nos dados de produtividade.
Inverno	Multiplicação das sementes das famílias linhas experimentais.
Verão – 4	(1) Ensaios de produtividade das linhas experimentais em 20 a 40 locais. (2) Ensaios “On-farm” das linhas experimentais, em parcelas de 150 a 300 m ² , em 20 a 100 locais.
Verão – 5	(1) Ensaios de produtividade das linhas avançadas em 20 a 50 locais. (2) Ensaios “On-farm” linhas avançadas, em parcelas de 150 a 300 m ² , em 30 a 500 locais.
Outono	Lançamento de 0 – 5 linhas como novos cultivares.

Outro método de obtenção da população segregante que vem sendo estudado é a seleção recorrente. Muito embora a seleção recorrente tenha sido proposta para culturas alógamas, esta vem sendo amplamente utilizada no melhoramento de plantas autógamas (GERALDI, 2005; BOTELHO et al., 2007; MENEZES JUNIOR et al., 2008; PIRES et al., 2013). Na cultura da soja não existem relatos da utilização deste método no Brasil. Nos EUA a seleção recorrente foi utilizada visando o incremento do teor de óleo e proteína (SCOTT; KEPHART, 1997; ZHAO et al. 2007). Para a produtividade de grãos a estratégia tem sido adotada quando os melhoristas utilizam germoplasma exótico, isto é, não adaptada (POSADAS et al., 2014).

2.4 Interação progênes x ambientes na cultura da soja

A produtividade de grãos representa o caráter de maior importância econômica no melhoramento genético da soja, sendo o principal critério para a seleção. Assim, melhorias em outros caracteres só se justificam quando estão associados a uma alta produtividade de grãos. De maneira geral os caracteres manipulados pelos melhoristas, como a produtividade de grãos, são denominados quantitativos ou poligênicos. Tais caracteres são controlados por vários genes, cada um com um pequeno efeito sobre o fenótipo, havendo participação de influências ambientais. Dessa forma, o fenótipo (F) a ser obtido será o resultado da ação do genótipo (G) e do ambiente (E), ou seja, $F = G + E$ (RAMALHO et al., 2012).

A seleção e a recomendação de genótipos mais produtivos são objetivos básicos dos programas de melhoramento genético de qualquer espécie cultivada. O processo de seleção é, frequentemente, realizado pelo desempenho dos genótipos em diferentes ambientes (ano, local, época de semeadura). Contudo, a decisão de lançamento de novas cultivares normalmente é dificultada pela ocorrência da interação G x E (CARVALHO et al., 2002).

A resposta dos genótipos às mudanças ambientais é resultante de dois tipos de variações ambientais: previsíveis e imprevisíveis. A primeira inclui todas as condições permanentes do ambiente, que variam de maneira sistemática. Já as imprevisíveis, que são as que mais contribuem para as interações genótipos x anos (G x A) e genótipos x locais (G x L), bem como para as interações mais complexas como a interação tripla genótipos x locais x anos (G x L x A), correspondem às variações dos fatores ambientais, como precipitação, temperatura e outros (ALLARD; BRADSHAW, 1964; FEHR, 1987).

Entende-se por interação G x E o comportamento diferente de genótipos quando cultivados em ambientes distintos. A interação G x E é considerada simples, quando não causa mudanças na classificação dos genótipos em diferentes ambientes, podendo sua recomendação ser de forma mais ampla, visto que esses genótipos se adaptam a uma ampla faixa de ambientes. Já a interação do tipo complexa é quando ocorre a falta de correlação entre medidas de um mesmo genótipo em ambientes distintos, indicando inconsistência da superioridade de genótipos frente a variações ambientais, a qual dificulta recomendações de cultivares com ampla adaptabilidade (CRUZ & REGAZZI, 1994).

Na presença da interação G x E vários caracteres podem ser alterados, afetando diretamente a produtividade de grãos. Logo, a redução na correlação entre fenótipo e o genótipo, devido ao efeito da interação G x E no caráter em estudo, pode subestimar parâmetros como variância genética, herdabilidade e ganho com a seleção (ROCHA; VELLO, 1999).

Diante disto, a interação G x E tem sido um dos principais objetos de estudo nos principais países produtores da cultura da soja, como Estados Unidos (GRINNAN; CARTER; JOHNSON, 2013; NATARAJAN et al., 2016), Brasil (BUENO et al., 2013; CLIDEANA et al., 2014; SOARES et al., 2015; SILVA et al., 2016; RIBEIRO et al., 2017) Argentina (DARDANELLI et al., 2006; CUNIBERTI; HERRERO; CONDE, 2014) e China (LI et al., 2014), visando lidar mais adequadamente com este fenômeno por meio da caracterização dos genótipos quanto à adaptabilidade e estabilidade ao longo dos ambientes, sendo que a quantificação da estabilidade dos genótipos se dá por meio da repetição dos ensaios em mais de um ano agrícola (ALMEIDA et al., 1999).

O termo estabilidade é empregado para se referir à maior ou à menor habilidade de genótipos em se adaptarem às variações ambientais ao longo de anos agrícolas, dentro de um dado local (RAMALHO et al., 2012). Diversos métodos podem ser utilizados na avaliação da estabilidade de cultivares (KANG & GAUCH, 1996; CRUZ, REGAZZI & CARNEIRO, 2012; RAMALHO et al., 2012).

Na cultura da soja, alguns trabalhos foram realizados para estudar a adaptabilidade, estabilidade e interação genótipos por ambientes, evidenciando que o comportamento dos genótipos não foi coincidente nos diferentes ambientes avaliados (CARVALHO et al., 2002; LIMA et al., 2008; VASCONCELOS et al., 2010; MARQUES et al., 2011; BARROS et al., 2012; SILVA et al., 2016; SOARES et al., 2015; GESTEIRA, 2018).

Uma ferramenta que pode ser empregada para quantificar o efeito da interação no comportamento dos genótipos é a herdabilidade realizada (h^2_R). O uso desta ferramenta permite verificar o efeito da interação G x L, G x A, como também a influência da interação G x L x A nas fases iniciais dos programas de melhoramento. No entanto, não vem sendo utilizada na cultura da soja, não sendo reportado nenhum estudo na literatura, o que demonstra a necessidade de estudos envolvendo o emprego da mesma nas análises da interação genótipos x ambientes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição, localização e condução dos experimentos

Foram utilizadas progênies segregantes $F_{3:4}$ e $F_{3:5}$, oriundas do cruzamento P98Y11 RR x BRS FAVORITA RR. O cruzamento foi realizado em casa de vegetação na safra 2013/2014. A hibridação manual seguiu procedimento semelhante ao descrito por Borém et al. (2009). Posteriormente, as sementes da geração F_1 foram multiplicadas na safra de inverno 2014 em casa de vegetação, adotando duas plantas por vaso. A população foi conduzida em Bulk até F_3 , sendo selecionadas 200 plantas/população, na safra de verão 2015/2016, para avaliação das progênies. As plantas foram trilhadas individualmente utilizando debulha manual.

As progênies $F_{3:4}$ foram avaliadas na safra de verão 2016/2017, no município de Lavras - MG no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária - Fazenda Muquém, situada à latitude de 21°14' S, longitude 45°00' W e altitude de 918 m e no município de Itutinga - MG, na Fazenda Milanez, latitude de 21°17'52" S, longitude de 44°39'28" O e altitude de 969 m. Adotou-se parcelas de 1 linha de 2 metros, com duas repetições, considerando o delineamento látice simples 14 x 14 (194 progênies + 2 parentais).

As progênies $F_{3:5}$ foram avaliadas na safra de verão 2017/2018, no município de Lavras - MG no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária - Fazenda Muquém, situada à latitude de 21°14' S, longitude 45°00' W e altitude de 918 m, no município de Itutinga - MG, na Fazenda Milanez, latitude de 21°17'52" S, longitude de 44°39'28" O e altitude de 969 m e no município de Ijaci - MG, no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia em Agropecuária da UFPA - Fazenda Palmital, situada à latitude de 21°09' S, longitude 44°54' W e altitude de 920. Adotou-se parcelas experimentais de 1 linha de 3,0 metros, considerando o delineamento látice triplo 10 x 10 (98 progênies + 2 parentais)

Dados referentes à climatologia dos ambientes experimentais encontram-se nas figuras 1, 2, 3, 4 e 5.

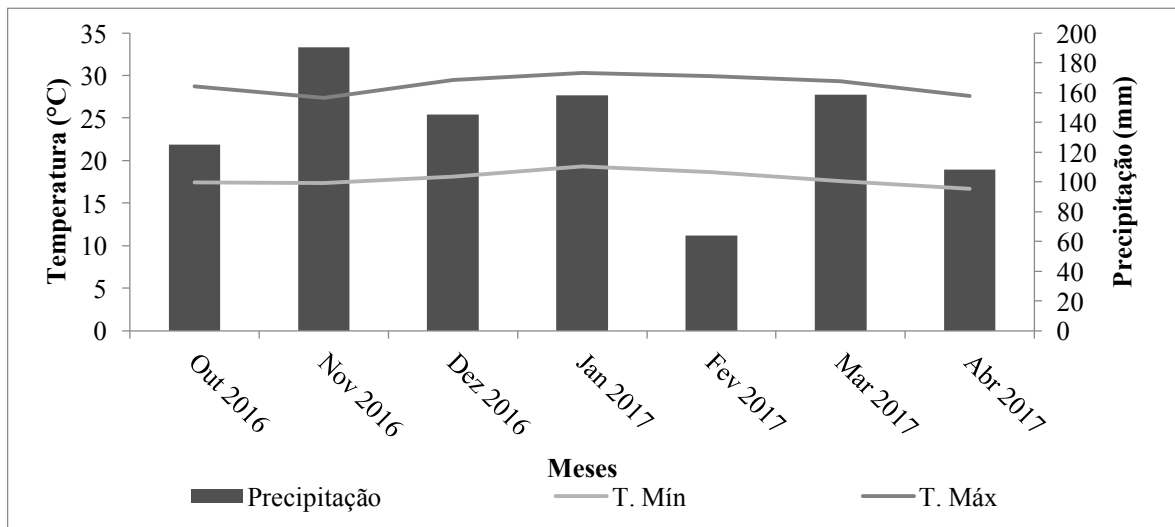


Figura 1 Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima no período de outubro a abril da safra 2016/2017, na cidade de Lavras - MG. Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2018).

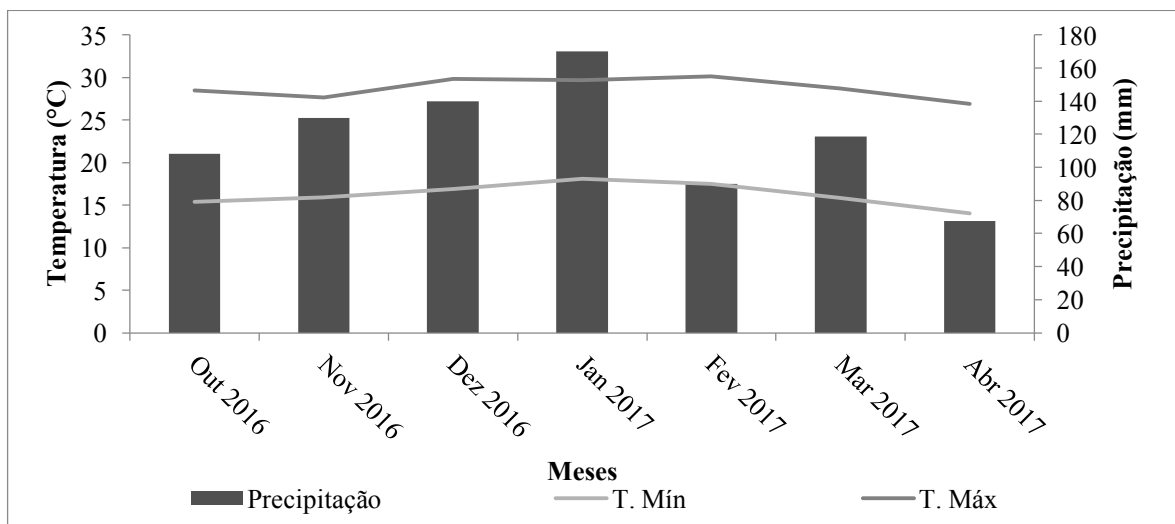


Figura 2 Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima no período de outubro a abril da safra 2016/2017, na cidade de Itutinga - MG. Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2018).

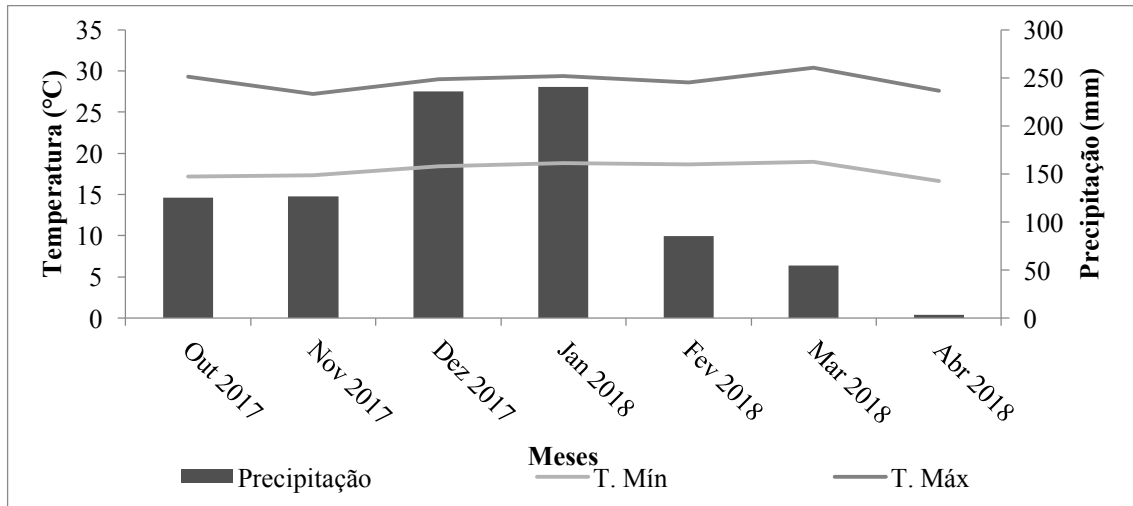


Figura 3 Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima no período de outubro a abril da safra 2017/2018, na cidade de Lavras - MG. Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2018).

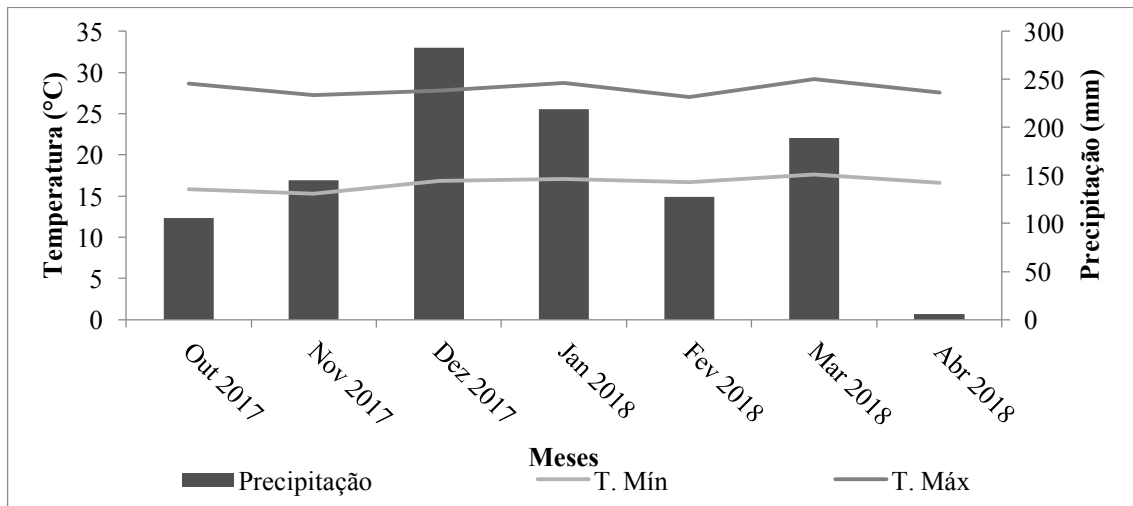


Figura 4 Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima no período de outubro a abril da safra 2017/2018, na cidade de Itutinga - MG. Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2018).

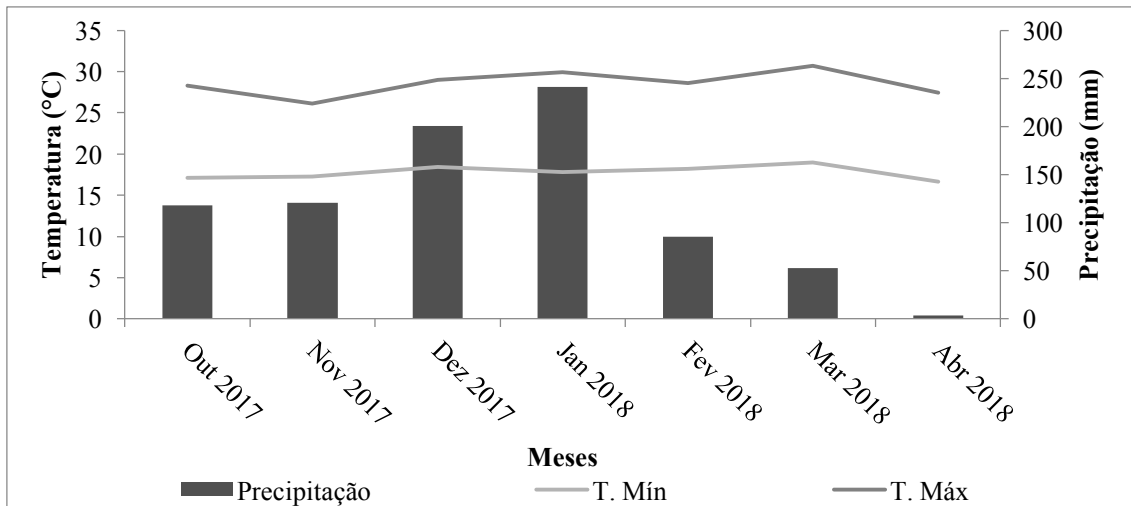


Figura 5 Variações mensais de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima no período de outubro a abril da safra 2017/2018, na cidade de Ijaci - MG. Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2018).

Em todos os ambientes avaliados, adotou-se o sistema de plantio direto, com sulcos de semeadura espaçados em 0,50 m. A semeadura foi realizada na primeira quinzena do mês de novembro, em todos os ambientes de produção. A adubação foi constituída de 350 kg ha⁻¹ do formulado de N-P₂O₅-K₂O (02-30-20), aplicado via sulco. A inoculação, via sulco, foi realizada com as bactérias *Bradyrhizobium japonicum* após a semeadura na dose de 18 mL p. c. kg⁻¹ de semente - estirpes SEMIA 5079 e 5080, contendo 10.8 x 10⁶ UFC/sementes do inoculante Nitragin Cell Tech HC[®] (3x10⁹ UFC/mL), utilizando-se um pulverizador costal motorizado, acoplado a barra com quatro bicos de pulverização XR 11002, aplicando-se volume de calda equivalente a 150 L ha⁻¹.

O controle de pragas na cultura foi realizado de acordo com a necessidade com a utilização de inseticidas com ingrediente ativo Neonicotinóide, Piretróide e Clorpirifós. O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado utilizando-se glifosato na dosagem de 2 L.ha⁻¹.

Foram avaliados os seguintes caracteres:

- Dias para o florescimento: 50% das plantas da parcela apresentando florescimento pleno, estágio R2 segundo a escala FEHR & CAVINESS (1977).
- Maturação absoluta: 90% das plantas da parcela em estágio R8 (maturação absoluta) segundo a escala FEHR & CAVINESS (1977).
- Altura de inserção do primeiro legume: distância do colo da planta até o nó de inserção do primeiro legume, em centímetros, de 5 plantas tomadas aleatoriamente;

- Altura da planta: distância do colo da planta até a extremidade da haste principal, em centímetros, medida em 5 plantas tomadas aleatoriamente;
- Índice de acamamento: avaliado segundo Bernard et al. (1965) com as seguintes notas: nota 1 para todas as plantas eretas, 2 para algumas plantas inclinadas ou ligeiramente acamadas, 3 para todas as plantas moderadamente inclinadas ou 25-50% acamadas, 4 para todas as plantas severamente inclinadas ou 50-80% acamadas e 5 para mais de 80% das plantas acamadas;
- Produtividade de grãos: valor em scs.ha^{-1} após conversão para 13% de umidade.

3.2 Análise dos dados

Os dados foram analisados com o auxílio do software R Development Core Team (2016), via abordagem de modelos mistos (BERNARDO, 2010). Este tipo de abordagem foi desenvolvida para o melhoramento animal, mas vem sendo largamente utilizada no melhoramento vegetal (PIEPHO; MOHRING, 2008), visto que é muito vantajosa quando se tem dados desbalanceados, pois resultam em predições mais confiáveis do que àquelas obtidas pelo método do quadrado mínimo, além de maior eficiência na seleção de genótipos superiores.

Primeiramente, realizou-se a análise individual, para cada um dos ambientes, de acordo com o modelo apresentado abaixo:

$$y_{ijk} = \mu + p_i + r_j + b_{k(j)} + e_{ijkl}$$

em que:

y_{ijk} : observação da parcela que recebeu a progênie i no bloco k dentro da repetição j ;

μ : constante geral associada a todas as observações;

p_i : efeito aleatório da progênie i

r_j : efeito aleatório da repetição j ;

$b_{k(j)}$: efeito aleatório do bloco k dentro da repetição j ;

e_{ijkl} : erro experimental aleatório associado à observação y_{ijk} .

Posteriormente, realizou-se a análise conjunta por ambiente de avaliação, considerando o modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + p_i + r_{j(l)} + b_{k(jl)} + a_l + (ta)_{il} + e_{ijkl}$$

em que:

y_{ijkl} : observação referente a progênie i , na repetição j , no bloco k , no ambiente l ;

μ : constante geral associada a todas as observações;

p_i : efeito aleatório da progênie i ;

$r_{j(l)}$: efeito aleatório da repetição j dentro do ambiente l ;

$b_{k(jl)}$: efeito aleatório bloco k dentro da repetição j no ambiente l ;

a_l : efeito fixo do ambiente l ;

$(ta)_{il}$: efeito aleatório da interação progênie x ambientes;

e_{ijkl} : erro experimental aleatório associado à observação y_{ijkl} .

3.3 Estimativa dos componentes genéticos e fenotípicos

Os componentes da variância foram estimados através do método da máxima verossimilhança residual (REML). Foram estimadas as correlações de ranqueamento de Spearman entre médias BLUPs, a fim de se decompor a variância da interação genótipos x ambientes em parte simples e complexa.

Para aferir a qualidade experimental, foram estimados o coeficiente de variação e a acurácia seletiva. A acurácia seletiva foi determinada pelo seguinte estimador (GEZAN; MUNOZ, 2014):

$$r_{\hat{g}g} = \sqrt{1 - \left(\frac{PEV}{\sigma_G^2} \right)}$$

em que:

PEV : variância do erro de predição dos BLUP;

σ_G^2 : variância genotípica.

As estimativas de coeficiente de variação foram obtidas por:

$$CV = \frac{\sqrt{\sigma_E^2}}{\bar{x}}$$

em que:

σ_E^2 : variância ambiental;

\bar{x} : média.

Com intuito de se obter estimativas da associação entre os caracteres analisados foram feitas as análises de correlações genóticas, de acordo com a expressão:

$$r_{xy} = \frac{Cov_{Gxy}}{\sqrt{\sigma_{Gx}^2 \sigma_{Gy}^2}}$$

em que:

Cov_{Gxy} : estimativa da covariância genotípica entre as variáveis X e Y;

$\sigma_{Gx}^2, \sigma_{Gy}^2$: são estimativas das variâncias genóticas das variáveis X e Y, respectivamente.

As análises de correlações foram realizadas com o aporte do software R Development Core Team (2016). A significância foi verificada pelo teste de Mantel.

As herdabilidades (h^2) em nível de progênie foram obtidas de acordo com o estimador proposto por Piepho e Mohring (2007):

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \frac{\sigma_{GA}^2}{n} + \frac{\sigma_E^2}{nr}}$$

em que:

σ_G^2 : variância genotípica;

σ_{GA}^2 : variância da interação genótipos x ambientes;

σ_E^2 : variância ambiental;

n : número de ambientes;

r : média harmônica no número de repetições.

O ganho genético esperado com a seleção (GS) foi estimado para todos os caracteres a partir do desvio dos valores genotípicos das progênies, em sete intensidades de seleção (1%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30%) (RAMALHO et al., 2012). Visando quantificar o efeito da

interação progênes x locais e progênes x anos agrícolas, como também a influência da interação progênes x ambientes, foram obtidas estimativas da herdabilidade realizada (h_R^2), em sete intensidades de seleção (1%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30%), considerando o seguinte estimador:

$$h_R^2 = \frac{GS/mj}{ds/mi}$$

em que:

h_R^2 : herdabilidade realizada;

GS : ganho com a seleção;

ds : diferencial de seleção;

mi : média das progênes em F_i ;

mj : média das progênes em F_j .

Por seu turno as estimativas de resposta correlacionada (RC%) utilizou-se o estimador:

$$RC_{y/y'}(\%) = \frac{\overline{BLUP_{y/y'}}}{\bar{y}} \times 100$$

em que:

$\overline{BLUP_{y/y'}}$: médias dos BLUP dos genótipos para o caráter y , pela seleção efetuada para o caráter y' ;

\bar{y} : média geral dos genótipos para o caráter y' .

4 RESULTADOS

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para todos os caracteres avaliados, obtidos a partir das progênies $F_{3:4}$ nos ambientes Lavras- MG e Itutinga- MG na safra 2016/2017; e progênies $F_{3:5}$ nos ambientes Lavras- MG, Ijaci- MG e Itutinga- MG na safra 2017/2018, estão apresentadas nas tabelas 1A, 2A, 3A, 4A e 5A presentes no apêndice.

A precisão experimental variou em decorrência dos ambientes e dos caracteres em questão. As estimativas de acurácia dos caracteres que apresentaram variação significativa, assumiram valores entre 63,11% (Acamamento, Itutinga- MG 2017/2018) (Tabela 4A) a 94,72% (Dias para florescimento, Itutinga- MG 2016/2017) (Tabela 2A). O coeficiente de variação ambiental também apresentou variações de acordo com os ambientes e os caracteres avaliados. As estimativas variaram de 2,10% (Maturação absoluta, Itutinga- MG 2017/2018) (Tabela 4A) a 45,29% (Acamamento, Lavras-MG 2016/2017) (Tabela 1A).

As estimativas da herdabilidade indicam qual a proporção da variação observada é devida aos componentes genéticos e não ambientais. Essas estimativas variaram de 0,40 (Acamamento, Itutinga- MG 2017/2018) (Tabela 4A) a 0,90 (Dias para florescimento, Lavras- MG 2016/2017) (Tabela 1A). Por seu turno as estimativas dos componentes de variância associados às progênies comprovam a existência de variabilidade. Todas as estimativas de variâncias genéticas obtidas (Tabelas 1A, 2A, 3A, 4A e 5A), apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança, evidenciando assim a existência de variação genética na observação fenotípica.

Os valores máximos, mínimos, médios e a amplitude das médias BLUP individuais, para todos os caracteres e ambientes avaliados, estão apresentados nas tabelas 8A, 9A, 10A, 11A e 12A, presentes no apêndice. Considerando o caráter produtividade de grãos por exemplo, pode-se observar que as médias variaram de 91,24 scs.ha⁻¹ (Lavras-MG 2016/2017) (Tabela 8A) a 24,94 scs.ha⁻¹ (Ijaci- MG 2017/2018) (Tabela 12A). Para os demais caracteres observou-se também amplitude de variação nas estimativas, contudo, de menor magnitude à observada para o caráter mencionado anteriormente. A variação observada entre as estimativas da média denota o efeito do ambiente, neste caso não só o efeito de local/ano agrícola, como também o efeito de geração (Tabelas 8A, 9A, 10A, 11A e 12A).

Ao se obter estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos considerando apenas um ambiente não é possível de se isolar o componente da interação. Assim, as estimativas da variância genética podem estar super ou subestimadas. Para se isolar o componente da interação é necessário pelo menos dois genótipos e dois ambientes. Logo, no presente trabalho,

procederam-se as análises conjuntas envolvendo os dois ambientes da geração $F_{3:4}$ (Tabela 6A), e os três ambientes da geração $F_{3:5}$ (Tabelas 7A), e também a análise com todos os ambientes/gerações avaliados no presente estudo (Tabela 2). Primeiramente serão comentadas as estimativas conjuntas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para todos os caracteres avaliados, obtidos a partir das progênes $F_{3:4}$ no ano agrícola 2016/2017 e $F_{3:5}$ no ano agrícola 2017/2018.

Para os caracteres que apresentaram variação, as estimativas de acurácia variaram de 50,55% (Produtividade de grãos, progênes $F_{3:4}$, no ano agrícola 2016/2017) (Tabela 6A), a 94,34% (Dias para florescimento, progênes $F_{3:4}$, no ano agrícola 2016/2017) (Tabela 6A). O coeficiente de variação assumiu valores de 2,26% (Maturação absoluta, progênes $F_{3:5}$ no ano agrícola 2017/2018) (Tabela 7A) a 44,42% (Acamamento, progênes $F_{3:4}$, no ano agrícola 2016/2017) (Tabela 6A).

Exceto para os caracteres produtividade de grãos e inserção do primeiro legume, nas progênes $F_{3:5}$ no ano agrícola 2017/2018, as estimativas de variância genética para os demais caracteres apresentaram diferenças significativas (Tabelas 6A e 7A). Também pode-se observar que para o caráter produtividade de grãos, nas progênes $F_{3:4}$, a maior parte da variação observada foi devido ao efeito da interação genótipos x ambientes, já nas progênes $F_{3:5}$, toda variação foi devido ao efeito da interação genótipos x ambientes, sendo que a interação do tipo complexa apresentou maior magnitude (Tabelas 6A e 7A). Para os demais caracteres, o efeito da interação genótipos x ambientes também foi significativo, evidenciando o efeito do ambiente sobre o comportamento das progênes (Tabelas 6A e 7A).

Quanto às estimativas conjuntas das médias BLUP, os valores obtidos para o caráter produtividade de grãos variaram de 80,57 (Progênes $F_{3:4}$, no ano agrícola 2016/2017) (Tabela 13A), a 58,99 scs.ha¹ (Progênes $F_{3:5}$ no ano agrícola 2017/2018) (Tabela 14A). Também é possível observar grande amplitude para os demais caracteres (Tabelas 13A e 14A).

No presente trabalho, também foram obtidas as estimativas conjuntas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para todos os caracteres, a partir das progênes $F_{3:4}$ e $F_{3:5}$ em todos os ambientes avaliados. Estas estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins), e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênes F_{3:4} E F_{3:5}, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$	13,09*	28,85*	23,00*	45,72*	2,64*	0,23*
$\widehat{\sigma}_{GxA}^2$	83,28*	3,96*	1,85*	16,06*	4,78*	0,15*
Simples	(9,50)	-	-	-	-	-
Complexa	(73,78)	-	-	-	-	-
$\widehat{\sigma}_{Ep}^2$	125,44	10,95	13,15	50,43	7,64	0,57
h²	0,33	0,94	0,94	0,86	0,62	0,75
r_{gg}%	48,43	94,55	94,19	87,52	70,53	79,51
CV%	17,36	2,24	5,28	7,74	15,30	36,25

$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$ - variância genética; $\widehat{\sigma}_{GxA}^2$ - variância da interação genótipos x ambientes; $\widehat{\sigma}_{Ep}^2$ - variância ambiental; **h²** - herdabilidade; **r_{gg}%** - acurácia; **CV%** - Coeficiente de variação; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança.

As estimativas da acurácia para a análise conjunta envolvendo todos os ambientes variaram de 48,43% (Produtividade de grãos) a 94,55% (Maturação absoluta). Por seu turno, o coeficiente de variação ambiental variou de 2,24% (Maturação absoluta) a 36,25% (Acamamento) (Tabela 2).

A variância da interação genótipos x ambientes foi expressiva e significativa para todas as características avaliadas, sendo que para o caráter produtividade de grãos a maior parte da interação é explicada pela interação do tipo complexa (Tabela 2). Este fato permite inferir que o comportamento das progênes não foi coincidente nos ambientes avaliados, para os diferentes caracteres. Também é possível inferir que existe diferença significativa entre as progênes, uma vez que as estimativas da variância genética foram diferentes de zero para todos os caracteres na análise conjunta (Tabela 2). A existência da variabilidade pode ser mais uma vez confirmada pelas estimativas da herdabilidade. Este parâmetro variou de 0,33 (Produtividade de grãos) a 0,94 (Maturação absoluta e dias para florescimento) (Tabela 2).

Com a intenção de observar a influência dos ambientes na média das progênes, para o caráter produtividade de grãos, se obteve a predição do efeito de cada ambiente, considerando como ambiente a combinação de local x ano agrícola (Tabela 3).

Tabela 3 Identificação dos locais de condução experimental, dos anos agrícolas, dos ambientes correspondentes e a predição do efeito de cada ambiente em relação a produtividade de grãos (scs.ha⁻¹).

Ano agrícola	Local	Ambiente	Predição do efeito (sca/ha)
2017/18	Lavras	1	-5,07
2017/18	Ijaci	2	-19,57
2017/18	Itutinga	3	5,62
2016/17	Lavras	4	13,36
2016/17	Itutinga	5	5,66

A predição do efeito de cada ambiente evidencia o quanto aquele ambiente afetou a média do caráter. Os valores de magnitude diferente, do efeito de cada ambiente, evidenciam mais uma vez que o comportamento das progênes não foi coincidente nos ambientes avaliados.

As distribuições de frequência, assim como os valores máximos, mínimos, médios e amplitude de variação das médias BLUP conjuntas, para todos os caracteres e ambientes avaliados, estão apresentadas na Figura 6 e Tabela 4, respectivamente.

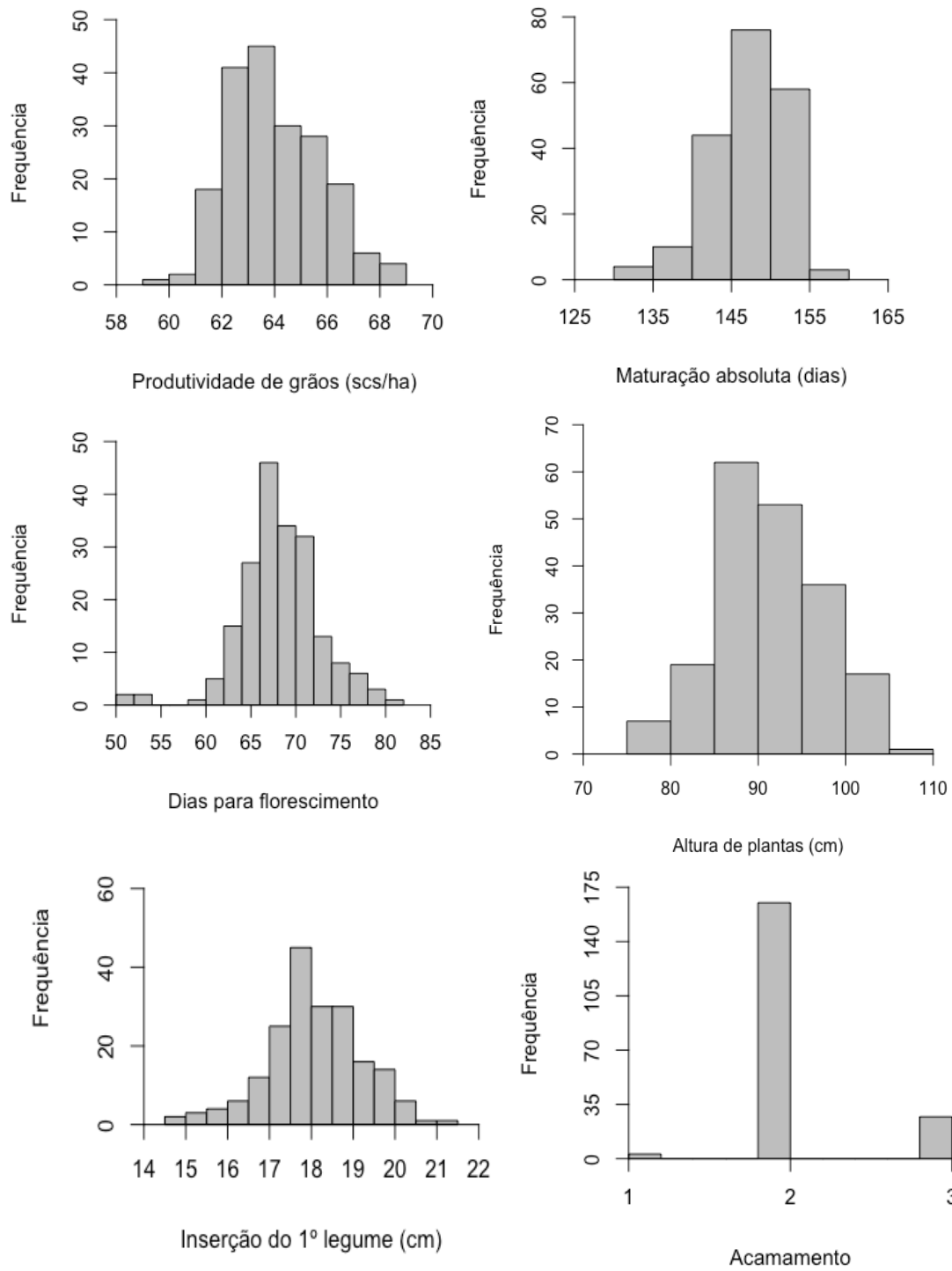


Figura 6 Distribuição de frequência para médias BLUPs conjuntas das progênes $F_{3.4}$ e $F_{3.5}$, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

Tabela 4 Estimativas conjuntas dos valores máximos, mínimos e a amplitude de variação dos caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênes F_{3:4} e F_{3:5}, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
Máximo	69,39	156	82	105,65	21,29	3,00
Mínimo	59,34	130	51	77,53	14,74	1,00
Média	64,50	148	69	91,74	18,07	2,08
Amplitude	10,05	26	31	28,12	6,55	2,00

Assim como as estimativas dos componentes de variância, as distribuições de frequências das médias BLUP reforçam a existência de variabilidade entre as progênes, e denotam também a natureza quantitativa dos caracteres devido à distribuição contínua (Figura 6).

A amplitude para produtividade de grãos foi de 10,05 scs.ha⁻¹ (Tabela 4). Todas as progênes avaliadas apresentaram desempenho superior à média nacional de 52,60 scs.ha⁻¹ (CONAB, 2018). Deve-se destacar que existem progênes que superaram as testemunhas BRS Favorita RR e P98Y11 RR (Tabela 15A).

Para os demais caracteres, em que o objetivo é reduzir a expressão média do caráter, fica evidente a possibilidade de selecionar progênes que atendam a este objetivo, associado ao bom desempenho agrônômico (Tabela 15A; Figura 6).

Para altura de plantas, foi possível observar que as progênes variaram entre 77,53 e 105,65 cm. Para inserção do 1º legume obteve-se variação de 14,74 a 21,29 cm (Tabela 4). As notas de acamamento variaram de 1 a 3 (Tabela 4), sendo que a maioria das progênes obtiveram nota 2 (Tabela 15A; Figura 6).

A partir dos gráficos de valor genotípico e erros associados (Figura 7), é possível verificar que, considerando as 20 melhores progênes, avaliadas nas duas gerações, isto é intensidade de seleção de 20%, exceto para o caráter produtividade, os demais apresentaram valores genotípicos diferentes de zero, ou seja, há possibilidade de sucesso com a seleção.

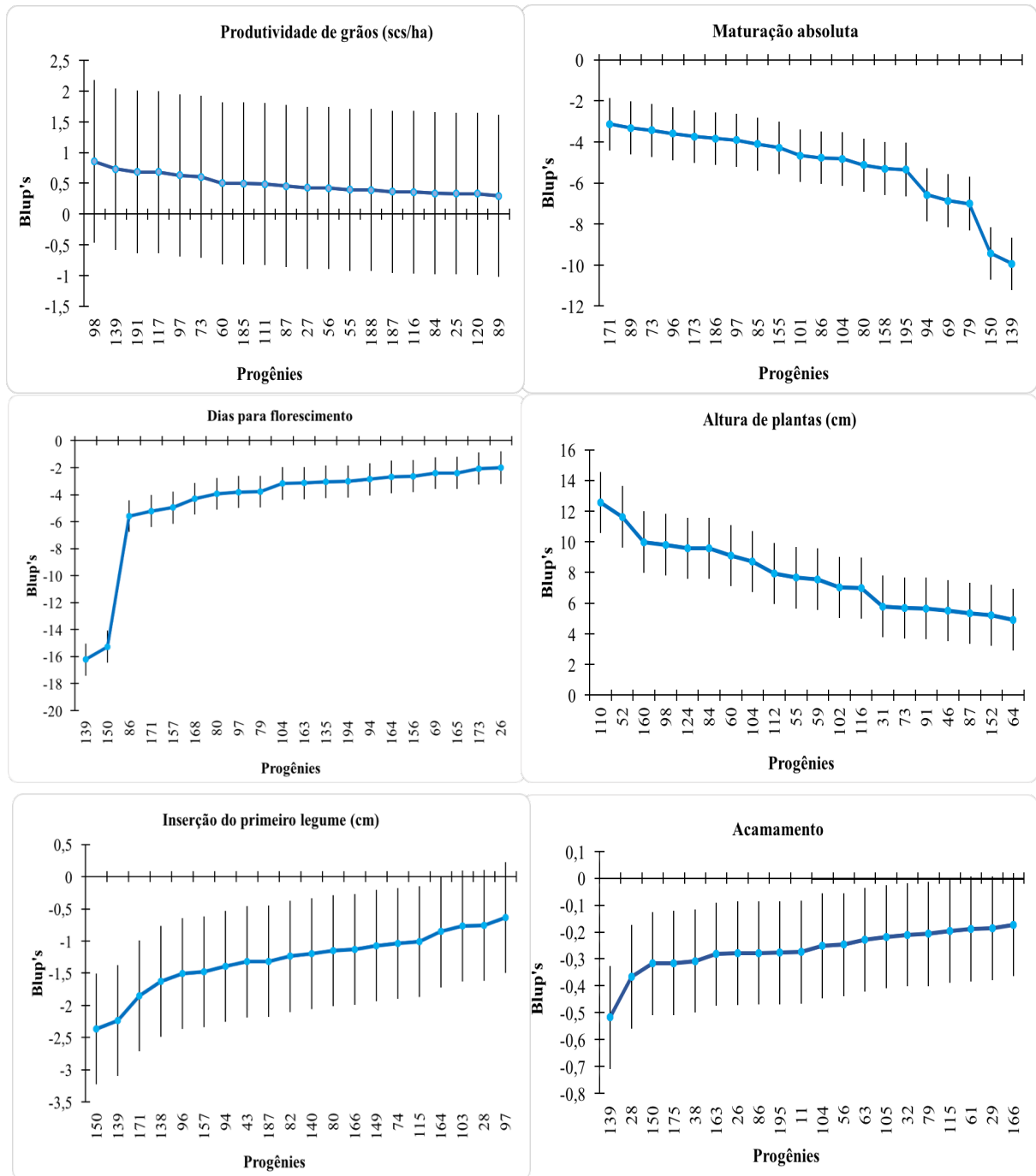


Figura 7 Valores genotípicos (Blup's) e erros associados das 20 melhores progênes avaliadas, nos 5 ambientes, para os caracteres Produtividade de grãos, Maturação absoluta, Dias para o florescimento, Altura de plantas, Inserção do 1º legume e Acamamento.

Dentre os caracteres avaliados, a produtividade de grãos é o mais importante. Tendo este como referência, verificou-se que a progênie 98 foi a de maior destaque (Figura 7). Contudo, deve-se destacar que o valor genotípico associado a este tratamento pode assumir valor igual a zero, isto é, pode ser nulo.

Um dos grandes objetivos do melhoramento da soja é aumentar o potencial produtivo e reduzir a maturação absoluta. É possível verificar que todas as estimativas diferem de zero,

logo, pode-se inferir que é possível obter ganhos com a seleção de progênies que apresentem menor maturação absoluta.

As estimativas de correlação genotípica, para todos os caracteres avaliados, estão apresentadas na tabela 5. A partir da análise de correlação genotípica é possível observar estimativas significativas entre o caráter dias para florescimento e os caracteres maturação absoluta, altura de plantas e acamamento, o caráter altura e os caracteres inserção do 1º legume e acamamento, bem como entre os caracteres inserção do 1º legume e acamamento (Tabela 5).

Tabela 5 Estimativas de correlação genotípica entre progênies para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênies F_{3:4} e F_{3:5}, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

Variáveis	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
Prod.	-	-0,0813	-0,0101	0,1358	-0,0109	0,0346
MA		-	0,5625*	-0,1351	-0,1087	0,0193
DPF			-	0,2193*	0,1023	0,2060*
Alt.				-	0,3906*	0,3022*
Ins.					-	0,2756*
Aca.						-

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Mantel.

Quando se avaliam progênies/linhagens é oportuno obter o ganho com a seleção dos genótipos superiores. Neste trabalho, obteve-se as estimativas considerando a seleção em diferentes intensidades. As estimativas de ganho esperado com a seleção da geração F_{3:4} e F_{3:5}, e as estimativas conjuntas das duas gerações, estão apresentadas nas tabelas 6, 7 e 8, respectivamente.

Tabela 6 Estimativas de ganho esperado com a seleção para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.), em diferentes intensidades de seleção. Dados referentes às progênies F_{3,4}, no ano agrícola 2016/2017.

IS	Prod.	MA	DPF	Alt.	Ins.	Aca
	(scs.ha ⁻¹)	(dias)	(dias)	(cm)	(cm)	
	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%
1%	5,98	-18,40	-16,34	-13,32	-4,44	-0,65
5%	4,89	-14,68	-11,75	-11,36	-3,80	-0,57
10%	4,22	-12,11	-8,77	-10,11	-2,95	-0,54
15%	3,67	-10,37	-7,45	-9,20	-2,48	-0,52
20%	3,30	-9,00	-6,45	-8,28	-1,15	-0,50
25%	3,03	-7,88	-5,77	-7,60	-1,91	-0,47
30%	2,81	-6,94	-5,14	-6,89	-1,72	-0,44

Tabela 7 Estimativas de ganho esperado com a seleção para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.), em diferentes intensidades de seleção. Dados referentes às progênies F_{3,5}, no ano agrícolas 2017/2018.

IS	Prod.	MA	DPF	Alt.	Ins.	Aca
	(scs.ha ⁻¹)	(dias)	(dias)	(cm)	(cm)	
	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%
1%	0,00	-7,59	-16,09	-11,41	0,00	-0,16
5%	0,00	-5,54	-9,67	-9,12	0,00	-0,17
10%	0,00	-4,89	-6,84	-7,73	0,00	-0,19
15%	0,00	-4,39	-5,59	-6,91	0,00	-0,20
20%	0,00	-4,05	-4,81	-6,26	0,00	-0,23
25%	0,00	-3,80	-4,22	-5,72	0,00	-0,27
30%	0,00	-3,51	-3,77	-5,27	0,00	-0,39

Tabela 8 Estimativas de ganho esperado com a seleção para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.), em diferentes intensidades de seleção. Dados referentes às progênies F_{3:4} e F_{3:5}, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

IS	Prod.	MA	DPF	Alt.	Ins.	Aca
	(scs.ha ⁻¹)	(dias)	(dias)	(cm)	(cm)	
	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%
1%	4,61	-28,30	-23,90	-13,46	-3,31	-0,70
5%	3,75	-8,41	-14,83	-11,37	-2,65	-0,55
10%	3,17	-6,53	-10,96	-10,30	-2,14	-0,50
15%	2,87	-5,63	-9,34	-9,30	-1,84	-0,47
20%	2,60	-4,95	-8,09	-8,40	-1,59	-0,44
25%	2,36	-4,43	-7,23	-7,66	-1,41	-0,41
30%	2,15	-3,95	-6,51	-7,01	-1,26	-0,39

As estimativas variaram de acordo com as intensidades de seleção utilizadas. Como esperado, com maior intensidade de seleção, ou seja, quando se selecionou menos indivíduos, obteve-se um maior ganho, porém, com redução da variabilidade (Tabelas 6, 7 e 8). Também é importante ressaltar que o ganho esperado com a seleção para os caracteres maturação absoluta, dias para o florescimento, altura, inserção do 1º legume e acamamento assumem valores negativos, uma vez que a seleção para esses caracteres é realizada no sentido de reduzi-los (Tabelas 6, 7 e 8). Também é importante ressaltar a diferença na magnitude dos valores de ganho esperado com a seleção entre gerações F_{3:4} e F_{3:5}, principalmente para o caráter produtividade de grãos.

As estimativas de resposta correlacionada, apresentadas na tabela 9, permitem avaliar o comportamento das progênies, para os caracteres maturação absoluta e dias para florescimento, quanto a seleção realizada para produtividade de grãos.

Tabela 9 Estimativas de resposta correlacionada para seleção quanto à produtividade de grãos, para os caracteres maturação absoluta (MA) e dias para o florescimento (DPF), em diferentes intensidades de seleção. Dados referentes às progêneses F_{3:4} e F_{3:5}, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

IS	MA (dias)	DPF (dias)
1%	1,12	1,51
5%	0,68	0,46
10%	0,49	0,15
15%	0,01	0,02
20%	-0,19	-0,11
25%	-0,49	-0,21
30%	-0,61	-0,86

A partir dos resultados é possível observar que uma vez selecionadas as progêneses mais produtivas, para as intensidades de seleção de 1 a 15%, ocorreu também aumento nos caracteres em questão, sendo que para as demais intensidades de seleção ocorreu uma diminuição para as mesmas. As estimativas da herdabilidade efetivamente realizada com a seleção, para diferentes intensidades de seleção, considerando as progêneses F_{3:4} e F_{3:5} em Lavras-MG, e posteriormente em Itutinga-MG, estão apresentadas nas tabelas 10 e 11, respectivamente.

Tabela 10 Estimativas da herdabilidade realizada para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.), em diferentes intensidades de seleção. Dados referentes às progêneses F_{3:4} e F_{3:5} em Lavras-MG nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente.

IS	Prod. (scs.ha ⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
1%	-1,77	-0,04	0,05	-0,84	1,91	-0,30
5%	-2,11	-0,05	0,07	-1,07	2,26	-0,38
10%	-2,40	-0,07	0,09	-1,21	2,56	-0,43
15%	-2,67	-0,08	0,10	-1,35	2,82	-0,50
20%	-2,97	-0,09	0,12	-1,52	3,07	-0,58
25%	-3,26	-0,10	0,13	-1,67	3,32	-0,69
30%	-3,59	-0,11	0,14	-1,87	3,64	-0,77

Tabela 11 Estimativas da herdabilidade realizada para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.), em diferentes intensidades de seleção. Dados referentes às progênes F_{3:4} e F_{3:5} em Itutinga-MG nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente.

IS	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
1%	0,06	0,35	-0,01	0,29	0,47	0,56
5%	0,07	0,40	-0,01	0,37	0,54	0,61
10%	0,08	0,50	-0,02	0,44	0,68	0,70
15%	0,09	0,59	-0,02	0,51	0,81	0,79
20%	0,11	0,68	-0,02	0,55	0,90	0,89
25%	0,12	0,78	-0,02	0,60	1,01	1,00
30%	0,13	0,89	-0,03	0,65	1,11	1,10

A interação genótipos x anos / gerações é imprevisível e afeta diretamente os resultados da herdabilidade realizada. A obtenção de estimativas de herdabilidade realizada considerando o mesmo local em diferentes anos agrícolas permite quantificar a influência da interação progênes x anos agrícolas (fatores ambientais imprevisíveis). É evidente que houve alteração na magnitude quando comparados com as estimativas de herdabilidade (h^2) (Tabela 2). Para alguns caracteres o valor é negativo, indicando que este componente é nulo. Contudo é importante destacar que dentro da interação genótipo x anos, também está contido o efeito de geração.

Para fins de se compreender melhor o comportamento dos genótipos frente aos diversos efeitos ambientais, obteve-se também, estimativas de herdabilidade realizada considerando as progênes F_{3:4} nos locais Lavras- MG e Itutinga- MG, no ano agrícola 2016/2017; progênes F_{3:5} nos locais Lavras- MG e Itutinga- MG, no ano agrícola 2017/2018, bem como a análise conjunta considerando todos os ambientes do presente trabalho (Tabelas 12, 13 e 14).

Tabela 12 Estimativas da herdabilidade realizada para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.), em diferentes intensidades de seleção. Dados referentes às progênies F_{3,4} nos locais Lavras- MG e Itutinga- MG no ano agrícola 2016/2017.

IS	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
1%	-0,67	0,24	-0,13	0,96	-0,76	0,35
5%	-0,79	0,30	-0,20	1,22	-0,90	0,44
10%	-0,90	0,37	-0,26	1,38	-1,02	0,51
15%	-1,01	0,44	-0,30	1,55	-1,13	0,59
20%	-1,12	0,50	-0,35	1,74	-1,23	0,68
25%	-1,23	0,56	-0,39	1,91	-1,32	0,78
30%	-1,35	0,64	-0,42	2,14	-1,45	0,90

Tabela 13 Estimativas da herdabilidade realizada para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.), em diferentes intensidades de seleção. Dados referentes às progênies F_{3,5} nos locais Lavras- MG e Itutinga- MG no ano agrícola 2017/2018.

IS	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
1%	0,48	0,99	0,24	2,12	-1,96	0,34
5%	0,56	1,35	0,30	2,35	-2,56	0,60
10%	0,64	1,73	0,37	2,69	-2,92	0,90
15%	0,70	1,98	0,41	3,01	-3,30	1,12
20%	0,75	2,18	0,46	3,28	-3,71	1,37
25%	0,82	2,41	0,51	3,52	-4,15	1,67
30%	0,88	2,71	0,56	3,79	-4,56	1,99

Tabela 14 Estimativas da herdabilidade realizada para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.), em diferentes intensidades de seleção. Dados referentes às progênes F_{3:4} e F_{3:5}, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

IS	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
1%	-3,16	0,10	0,09	-1,03	2,00	-0,04
5%	-3,85	0,12	0,13	-1,23	2,34	-0,04
10%	-4,53	0,15	0,17	-1,36	3,01	-0,04
15%	-5,13	0,17	0,20	-1,50	3,58	-0,05
20%	-5,71	0,20	0,23	-1,66	4,14	-0,07
25%	-6,21	0,22	0,26	-1,83	4,66	-0,09
30%	-6,74	0,25	0,29	-2,00	5,17	-0,11

Ao se considerar o comportamento de um mesmo genótipo, no mesmo ano agrícola, alterando-se apenas o local, evidencia-se o efeito da interação genótipos x locais. Frente aos resultados observados, fica evidente que, os locais alteraram de forma significativa o comportamento das progênes, bem como a magnitude das estimativas (Tabelas 12 e 13).

Considerando-se a análise conjunta, com todos os ambientes do presente trabalho (Tabela 14), pode-se observar que para os caracteres produtividade de grãos, altura de plantas e acamamento as estimativas foram negativas, assumindo-se então herdabilidade nula (Tabela 14). Para os caracteres maturação absoluta e dias para florescimento os valores variaram de 0,10 a 0,25 e 0,09 a 0,29, respectivamente, sendo estes bem menores que os obtidos para a herdabilidade no sentido restrito (Tabela 2). Os resultados evidenciam a atuação da interação em todos os caracteres avaliados.

5 DISCUSSÃO

A precisão experimental é a chave do sucesso de qualquer programa de melhoramento genético vegetal. Isso porque experimentos precisos garantem estimativas mais acuradas e por consequência recomendações mais confiáveis. Portanto, para se obter sucesso na seleção, é de fundamental importância que os experimentos tenham elevada precisão experimental (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012). No presente trabalho a precisão foi aferida por duas estratégias distintas, porém complementares, sendo elas o coeficiente de variação experimental (CVe) e acurácia seletiva (r_{gg}).

A precisão experimental aferida pelo coeficiente de variação é considerada ótima quando inferior a 10%, boa entre 10 a 20%, regular quando de 20 a 30% e ruim quando superior a 30% (PIMENTEL GOMES, 2009). Quando se avalia a precisão pela estimativa da acurácia, o efeito da média é suprimido sendo esta a principal vantagem na adoção desta ferramenta. Estimativas de acurácia são consideradas de grande magnitude quando superiores à 70%, média precisão quando os valores estão compreendidos entre 30% e 70%, e baixa precisão quando valores inferiores à 30% (RESENDE; DUARTE, 2007).

Em todos os ambientes avaliados foi possível observar diferenças na magnitude das estimativas de CV e acurácia. Neste trabalho, o caráter que apresentou maiores valores de CV e menores valores de acurácia foi acamamento. Na estimativa do coeficiente de variação, é esperado maiores valores para atributos com menores médias (SOARES et al., 2015), além disso esse caráter é muito influenciado por fatores ambientais, sendo estas as possíveis explicações para a baixa precisão denotada neste caráter.

Embora seja esperado uma maior precisão experimental nas análises conjuntas, devido ao maior número de repetições (RAMALHO et al., 2012), os valores observados de CV e acurácia se mantiveram próximos nas análises individuais e conjuntas. Uma possível explicação para este fato consiste no tamanho de parcelas adotado. Embora as análises conjuntas possuam mais repetições, foram utilizadas parcelas experimentais de 1,0 m² e 1,5m², nas gerações F_{3:4} e F_{3:5}, respectivamente, devido à disponibilidade de sementes. Valores compreendidos entre 4 e 6m² são indicados como tamanho ótimo de parcela para experimentação com a cultura da soja (GONZÁLEZ, 2013; MARTIN et al., 2005).

Para sucesso nos programas de melhoramento genético de plantas é fundamental a existência de variabilidade genética (BERNARDO, 2010; RAMALHO et al., 2012). Este estudo evidenciou que os componentes da variância genética entre progênies foram

significativos, para a ampla maioria dos caracteres avaliados. Desse modo é possível inferir a existência de variabilidade genética. A amplitude de variação observada entre as médias BLUP, para os caracteres avaliados, também denota a existência de variabilidade. A significância do componente da variância genética e a variabilidade observadas são decorrência da escolha de genitores.

No presente trabalho, utilizou-se para a obtenção da população base o cruzamento biparental entre genótipos elite (BRS Favorita RR x P98Y11 RR), de excelente desempenho agrônomico na região e de *background* genético distinto. A cultivar BRS Favorita RR é uma cultivar de crescimento determinado, grupo de maturidade 7.9 e resistente ao nematoide das galhas. Já a cultivar P98Y11 RR apresenta crescimento determinado, grupo de maturidade 8.1 e resistência ao nematoide do cisto raças 1 e 3. A utilização de genótipos elites e contrastantes como genitores propiciou a existência de variabilidade e bom desempenho agrônomico entre as progênies, permitindo assim sucesso na seleção de indivíduos superiores (BERNARDO, 2010; RAMALHO et al., 2012).

Houve também efeito do ambiente na expressão dos caracteres. No presente estudo foram avaliadas progênies em locais diferentes e também anos agrícolas. Em uma condição como esta espera-se influência dos fatores ambientais previsíveis como também dos imprevisíveis (ALLARD; BRADSHAW, 1964). A variação nos diferentes ambientes fica evidente ao se observar as diferenças entre os dados climatológicos (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5) e a contribuição de cada ambiente para as médias das progênies (Tabela 3). É importante destacar também que a variação ambiental observada no presente trabalho não se deve somente ao efeito ano agrícola/local, mas também ao efeito de geração.

A combinação dos fatores ambientais associados as progênies foi fundamental para a existência da interação G x A, assim é possível inferir que as progênies não apresentaram comportamento coincidente nos distintos ambientes. Grande parte da interação encontrada se deve a interação do tipo complexa o que indica a existência de progênies que se destacaram em ambientes específicos, dificultando a seleção (RAMALHO et al., 2012; CARVALHO, 2017; GESTEIRA et al., 2018).

Através das correlações é possível mensurar o grau de associação entre duas variáveis (BERNARDO, 2010; KEMPTHORNE, 1973). Correlações de grande magnitude para dois caracteres permitem a seleção para uma característica de interesse, principalmente quando esta possui herança complexa, por meio de outra característica correlacionada e de mais fácil mensuração. Esta estratégia é uma alternativa à seleção direta e visa otimizar os ganhos nos programas de melhoramento genético (CARVALHO et al., 2004). A correlação entre dois

caracteres pode ser de natureza fenotípica, genotípica ou ambiental, sendo que somente as correlações genotípicas envolvem uma associação de natureza herdável, sendo estas de maior interesse para o melhoramento e abordadas no presente trabalho (FALCONER; MACKAY, 1996).

A partir da análise de correlação genotípica foi possível observar estimativas significativas entre o caráter dias para florescimento e os caracteres maturação absoluta, altura de plantas e acamamento, o caráter altura e os caracteres inserção do 1º legume e acamamento, bem como entre os caracteres inserção do 1º legume e acamamento (Tabela 5). Correlações compreendidas entre 0,3 e 0,6 são consideradas de média magnitude (CARVALHO et al., 2004). A correlação significativa entre maturação absoluta e dias para o florescimento era esperada, uma vez que os caracteres estão diretamente relacionados. Já as correlações significativas entre dias para florescimento e altura, e inserção do primeiro legume e altura, pode ser explicada pelo fato de genótipos que possuem um maior período vegetativo, tendem a florescer com porte mais elevado, e conseqüentemente terem suas primeiras vagens inseridas mais distantes do solo. As correlações positivas observadas entre o caráter acamamento e os caracteres dias para florescimento, altura e inserção do primeiro legume também eram esperadas, pois plantas mais tardias e mais altas, possuem maior tendência de acamar. Os resultados observados corroboram aos obtidos por Gesteira et al. (2018) com a cultura da soja em Minas Gerais.

Em qualquer estratégia de seleção o atributo de sucesso perfaz-se pela quantificação do ganho esperado com a seleção. Maiores intensidades de seleção, ou seja, quando se selecionou menos indivíduos, obteve-se um maior ganho esperado, uma vez que são selecionados os indivíduos com maior frequência de alelos favoráveis. No entanto, ao se utilizar uma maior intensidade de seleção, há uma redução da variabilidade (AMARAL, 2017).

Realizou-se a resposta correlacionada selecionando as progênies com maior produtividade de grãos e a resposta para os caracteres maturação absoluta e dias para florescimento. A partir dos resultados é possível observar uma pequena variação nas estimativas para os caracteres em questão, sendo que, selecionando as progênies mais produtivas, para as intensidades de seleção de 1 a 15%, ocorreu aumento na expressão dos caracteres, e para as demais intensidades de seleção uma pequena diminuição (Tabela 9). Os parentais utilizados para a obtenção da população são altamente produtivos e tardios, o que justifica as baixas variações da resposta correlacionada.

Visando estudar as implicações da interação G x E o que é mais comumente apregoado na literatura são os métodos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade fenotípica. Contudo,

estas ferramentas estatísticas são recomendadas para estudar a interação em etapas finais dos programas de melhoramento, isto é, poucos genótipos avaliados em diferentes ambientes. Um questionamento que surge então para os melhorista de soja é a influência da interação na estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos em fases iniciais, quando normalmente avalia-se progênes em diferentes locais e anos agrícolas.

Neste contexto, uma alternativa pouco explorada pelos pesquisadores é a obtenção da herdabilidade realizada (h^2_R). No presente trabalho obteve-se estimativas deste parâmetro genético considerando as combinações genótipos x anos/gerações (G x A), genótipos x locais (G x L), e genótipos x locais x anos (G x L x A). Nota-se que as estimativas da h^2_R considerando as diferentes combinações (Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14) assumiram desde valores negativos a valores maiores que 1,00. Estimativas de h^2_R menor ou maior que herdabilidade na geração de referência (Tabela 2) evidenciam o efeito da interação (LIMA, 2010).

Está evidente que a interação influenciou no desempenho das progênes avaliadas, sobretudo quando do efeito da interação G x A. Borém e Miranda (2013) comentam que este fato ocorre com frequência, principalmente quando as localidades estão restritas a uma menor região, como no presente estudo.

Os resultados sugerem então que visando minimizar os efeitos da interação G x E a avaliação de progênes deveria ser realizada no maior número de locais possíveis por ano agrícola, e que na seleção dos melhores genótipos seja considerado também as gerações anteriores com objetivo de minimizar as implicações da interação na classificação das progênes superiores.

6 CONCLUSÃO

As estimativas dos componentes de variância evidenciam a existência de variabilidade entre as progênies possibilitando a seleção de genótipos superiores;

Existe influência da interação G x E nas estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos em soja;

A herdabilidade realizada figura-se como ferramenta para o estudo da interação G x E.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v.4, n.5, p.503- 508, 1964.
- ALLARD, R.W. **Principles of Plant Breeding**. 2^a. ed. New York: John Wiley and Sons. 264p. 1999.
- ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A. de S.; MIRANDA, M.A.C.; CAMPELO, G.J. de A. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro: melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes**. Londrina: EMBRAPA,1999.
- AMABILE, R.F. **Caracterização molecular, morfoagronômica e de qualidade de grãos de genótipos elite de cevada irrigada no Cerrado**, 220p. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, 2013.
- AMARAL, L. O. **Seleção de linhas puras na cultivar de soja BRS Favorita RR**. 46 p. Dissertação de mestrado (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2017.
- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T ; FIDELIS, R. R. ; CAPONE, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, p. 49-58, 2012.
- BASF. **Agricultura**. Brasil, 2018. Disponível em: <<https://www.basf.com/br/pt/products-and-industries/agriculture.html>>. Acesso em: 28 jan. 2018.
- BAYER. **Liberty Link**. Brasil, 2018. Disponível em: <<https://www.agro.bayer.com.br/produtos/liberty-link>>. Acesso em: 28 jan. 2018.
- BERNARD, R. L. et al. **Results of the cooperative uniform soybeans tests**. Washington: USDA, 1965. 134p.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2 Ed., Woodbury, Minnesota: Editora Stemma Press, p.400, 2010.
- BOREM, A. (Org.). **Hibridacao Artificial de Plantas**. 2 Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, v. 1. 625p, 2009.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 6 Ed., Viçosa: Editora UFV, 529p., 2013.
- BOTELHO, F. B. S.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A.de F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1437-1442, 2007.

BUENO, R. D. et al. Genetic parameters and genotype x environment interaction for productivity, oil and protein content in soybean. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 38, p. 4853–4859, 2013.

CARVALHO, C. G. P. de et al. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 989-1000, 2002.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária - UFPel, 141p, 2004.

CARVALHO, J.P.S. **Classificação de cultivares de soja adotando abordagem univariada e multivariada**. 68p. Dissertação de mestrado (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2017.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47(3), 336-343. 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Safra grãos**. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

CUNIBERTI, M.; HERRERO, R.; CONDE, B. **Cultivares de soja superiores en proteína Interacción Genotipo x Ambiente Fertilización**. 2014.

CLIDEANA, M. et al. Interação genótipo-ambiente em soja via análise de componentes principais com múltiplas matrizes de dados component analysis Introdução. p. 104–111, 2014.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária. Cap.3, p.73-101: Correlações genotípica, fenotípica e de ambiente, 1994.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 4º Ed., v.1, Viçosa: UFV, 514p., 2012.

DARDANELLI, J. L. et al. Soybean maturity groups, environments, and their interaction define mega-environments for seed composition in Argentina. **Crop Science**, v. 46, n. 5, p. 1939–1947, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil**, 2005. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em: 19 mai. 2018.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**, Ed. 4. Longmans Green, Harlow, Essex, UK, 464p, 1996.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan Publishing Company, p. 536, 1987.

FEHR, W.R., CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 12p., 1977

FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA AGROPECUÁRIA DO MATO GROSSO. Fundação MT. **Boletim de pesquisa de soja 2015/2016**. Rondonópolis, 492 p. 2016.

GERALDI, I. O. Por que realizar seleção recorrente? In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, p. 1-8, 2005.

GESTEIRA, G. de S. et al. Selection of early soybean inbred lines using multiple index. **Crop Science**, v., p.,2018.

GEZAN; MUNOZ. **Analysis of Experiments using ASReml: with emphasis on breeding trials**. 2014.

GONZÁLEZ, G. G. H. **Estimação do tamanho ótimo de parcelas com aplicação na cultura da soja**. 84 p. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2013.

GRAVINA, G. de A.; MARTINS FILHO, S.; SEDIYAMA, C.S.; CRUZ, C.D. Parâmetros genéticos da resistência da soja a *Cercospora sojina*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.653-659, 2004.

GRINNAN, R.; CARTER, T. E.; JOHNSON, M. T. J. Effects of drought, temperature, herbivory, and genotype on plant-insect interactions in soybean (*Glycine max*). **Arthropod-Plant Interactions**, v. 7, n. 2, p. 201–215, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Banco de Dados **Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 28 maio. 2018.

JOHANNSEN, W. L. **Veber erblichkeit in populationen and in reinem leinem**. Gustav, Jena. 1903.

KANG, M. S.; GAUCH Jr., H. G. Genotype by environment interaction. New York: **CRC Press**, 416 p., 1996.

KEMPTHORNE, O. **An introduction to genetic statistics**. Ames, Iowa: State University Press, 454 p., 1973.

LI, Q. et al. Environmental controls on cultivated soybean phenotypic traits across China. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 192, p. 12–18, 2014.

LIMA, W. F.; PÍPOLO, A. E.; MOREIRA, J. U. V.; CARVALHO, C. G. P.; PRETE, C. E. C.; ARIAS, C. A. A.; OLIVEIRA, M. F.; SOUZA, G. E.; TOLEDO, J. F. F. Interação genótipo- ambiente da soja convencional e transgênica resistente a glifosato, no Estado do Paraná, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 729-736, 2008.

- LIMA, L. K. de.; **Implicações da interação progênes x ambientes no índice de seleção envolvendo alguns caracteres na cultura do feijoeiro**. 74p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2010.
- MARTIN, T. N. et al. Tamanho ótimo de parcela e número de repetições em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência Rural**, Santa Maria, v35, n.2, p.271-276, mar-abr, 2005.
- MARQUES, M. C.; HAMAWAKI, O. T.; SEDIYAMA, T.; BUENO, M. R.; CRUZ, C. D.; REIS, M.S.; NOGUEIRA, A.P.O. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em diferentes épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 27, p. 59-69, 2011.
- MENEZES JÚNIOR, J. Â. N. ; RAMALHO, M. A. P. ; ABREU, A. F. B. Seleção Recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia** (São Paulo), v. 67, p. 833-838, 2008.
- MONSANTO DO BRASIL. **História**. Brasil, 2018. Disponível em: <<http://www.monsanto.com/global/br/quem-somos/pages/historia.aspx>>. Acesso em: 02 fev. 2018.
- NATARAJAN, S. et al. Characterization of Soybean Storage and Allergen Proteins Affected by Environmental and Genetic Factors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, p. acs.jafc.5b05172, 2016.
- PEREIRA, F. C. et al. Implications of the population effect in the selection of soybean progenies. **Plant Breeding**, v.136, p. 679–687, 2017.
- PESKE, S.T. O mercado de sementes no Brasil. **SeedNews**, a. 20, n. 3, mai/jun, 2016. Disponível em: <http://www.seednews.inf.br/_html/site/content/reportagem_capa/imprimir.php?id=263>
- PIEPHO, H. P.; MOHRING, J. Computing Heritability and Selection Response From Unbalanced Plant Breeding Trials. **Genetics**, v. 177 n. 3, p. 1881-1888, 2007.
- PIEPHO, H. P.; MOHRING, J.; MELCHINGER, A. E. BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. **Euphytica**, Wageningen, v. 161, p. 209-228, 2008.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: FEALQ, 15.ed., 451p 2009.
- PIRES, L. P. M. ; RAMALHO, M. A. P. ; ABREU, A. F. B. . Efficiency of phenotypic recurrent selection for plant architecture in common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 56, p. 143, 2013.
- POSADAS L. G. et al. Elit Perfomance for Grain Yield from Unadapted Exotic Soybean Germplasm in Three Cycles of a Recurrent Selection Experiment. **Crop Science**, v. 54, p. 2536-2546, 2014.
- R CORE TEAM (2016), R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for statistical Computinh, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. UFLA. v.1, p. 365, 2012.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RIBEIRO, A. B M. et al. Productive performance of soybean cultivars grown in different plant densities. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 47, n.7, 2017.

ROCHA, M. M.; VELLO, N. A. Interação genótipos e locais para rendimento de grãos de linhagens de soja com diferentes ciclos de maturação. **Bragantia**, v. 58, n. 1, p. 69–81, 1999.

ROSSMANN, H. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população de soja avaliada em quatro anos**. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 91p., 2001.

SEDIYAMA, T. **Melhoramento Genético da Soja**. Editora Mecenaz, Londrina - PR, 352 p, 2015.

SILVA, K.B. ; BRUZI, A.T. ; ZUFFO, A.M. ; ZAMBIAZZI, E.V. ; SOARES, I.O. ; DE REZENDE, P.M. ; FRONZA, V. ; VILELA, G.D.L. ; BOTELHO, F.B.S. ; TEIXEIRA, C.M. ; DE O. COELHO, M.A. . Adaptability and phenotypic stability of soybean cultivars for grain yield and oil content. **Genetics and Molecular Research** , v. 15, p. 1-11, 2016.

SOARES, I.O.; REZENDE, P.M. ; BRUZI, A.T. ; ZAMBIAZZI, E.V. ; ZUFFO, A.M. ; SILVA, K.B. ; GWINNER, R. . Adaptability of soybean cultivars in different crop years. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, p. 8995-9003, 2015.

SCOTT, R. A.; KEPHART, K. D. Selection for yield, protein, and oil in soybean crosses between adapted and introduced parentes. **Field Crops Research**, v. 49, n. 2–3, p. 177-185, 1997.

UNFRIED, J. R.; BRAGA, N. R. Os desafios da soja tropical no Brasil. **Boletim de Pesquisa de Soja**, 2011. Fundação-MT, 2011.

VASCONCELOS, E.S.; REIS, M.S.; CRUZ, C.D.; SEDIYAMA, T.; SCAPIM, C. A. Adaptability and stability of semilate and late maturing soybean genotypes in Minas Gerais state. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 32, n. 3, p. 411-415, 2010.

VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados a cruzamentos dialélicos de variedades**. Tese (Livre Docente) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo- Piracicaba, 112p., 1970.

ZITO, R. K. et al. Tecnologias para o Cerrado mineiro. **Informe agropecuário**, v.32, n. 260, p. 16 a 21, jan-fev, 2011.

ZHAO, S. et al. Study on Quality Improvement Effect and Separate Character of Soybean Male Sterile (MS1) Recurrent Selection Population. **Agricultural Sciences in China**, v. 6, n. 5, p. 545-551, 2007.

ANEXOS

Tabela 1A Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.) Dados referentes às progênies F_{3:4}, no ambiente Lavras- MG 2016/2017.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$	66,32*	36,14*	20,82*	47,10*	7,12*	0,34*
$\widehat{\sigma}_{Ep}^2$	127,14	13,89	10,08	32,78	5,23	0,56
h²	0,51	0,84	0,81	0,74	0,73	0,55
r_{gg}%	70,10	90,54	89,48	85,29	85,03	73,13
CV%	14,46	2,48	4,68	6,35	11,68	45,29

$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$ - variância genética; $\widehat{\sigma}_{Ep}^2$ - variância ambiental; h² - herdabilidade; r_{gg}% - acurácia; CV% - Coeficiente de variação; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança.

Tabela 2A Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênies F_{3:4}, no ambiente Itutinga- MG 2016/2017.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$	81,56*	40,89*	34,41*	97,66*	10,37*	0,57*
$\widehat{\sigma}_{Ep}^2$	213,14	9,73	7,34	62,56	19,48	1,02
h²	0,43	0,89	0,90	0,76	0,52	0,53
r_{gg}%	64,34	93,82	94,72	85,84	70,49	71,74
CV%	20,80	2,13	3,88	7,33	18,37	42,73

$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$ - variância genética; $\widehat{\sigma}_{Ep}^2$ - variância ambiental; h² - herdabilidade; r_{gg}% - acurácia; CV% - Coeficiente de variação; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança.

Tabela 3A Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênes F_{3:5}, no ambiente Lavras- MG 2017/18.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$	104,32*	15,19*	19,59*	42,47*	1,85*	0,19*
$\widehat{\sigma}_{Ep}^2$	79,35	8,99	15,28	62,05	4,59	0,14
h²	0,80	0,84	0,79	0,67	0,55	0,81
r_{gg}%	89,08	90,48	88,43	80,37	73,33	89,12
CV%	14,78	1,99	5,81	9,99	15,96	28,47

$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$ - variância genética; $\widehat{\sigma}_{Ep}^2$ - variância ambiental; h² - herdabilidade; r_{gg}% - acurácia; CV% - Coeficiente de variação; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança.

Tabela 4A Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênes F_{3:5}, no ambiente Itutinga- MG 2017/18.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$	90,94*	4,31*	11,85*	46,51*	7,51*	0,21*
$\widehat{\sigma}_{Ep}^2$	93,11	8,64	12,99	49,95	5,47	0,93
h²	0,75	0,50	0,73	0,74	0,80	0,40
r_{gg}%	84,72	76,46	85,32	85,12	89,22	63,11
CV%	13,58	2,10	5,18	6,16	10,90	27,78

$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$ - variância genética; $\widehat{\sigma}_{Ep}^2$ - variância ambiental; h² - herdabilidade; r_{gg}% - acurácia; CV% - Coeficiente de variação; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança.

Tabela 5A Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênies F_{3:5}, no ambiente Ijaci- MG 2017/18.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$	111,40*	18,19*	14,93*	43,61*	3,93*	0,10*
$\widehat{\sigma}_{Ep}^2$	113,87	14,79	21,53	44,13	2,51	0,13
h²	0,75	0,79	0,68	0,75	0,82	0,70
r_{gg}%	84,48	87,22	80,92	84,47	89,41	83,92
CV%	23,37	2,58	7,09	9,89	13,67	28,20

$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$ - variância genética; $\widehat{\sigma}_{Ep}^2$ - variância ambiental; h² - herdabilidade; r_{gg}% - acurácia; CV% - Coeficiente de variação; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança.

Tabela 6A Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênies F_{3:4}, no ano agrícola 2016/2017.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$	24,66*	36,16*	25,81*	51,14*	4,99*	0,34*
$\widehat{\sigma}_{GxA}^2$	49,46*	2,20*	1,51*	21,06*	3,62*	0,12*
Simplex	(12,64)					
Complexa	(36,82)					
$\widehat{\sigma}_{Ep}^2$	170,52	11,82	8,67	47,33	12,27	0,80
h²	0,27	0,90	0,90	0,70	0,51	0,56
r_{gg}%	50,55	94,19	94,34	82,62	70,25	74,20
CV%	17,63	2,32	4,28	6,95	16,06	44,42

$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$ - variância genética; $\widehat{\sigma}_{GxA}^2$ - variância da interação genótipos x ambientes; $\widehat{\sigma}_{Ep}^2$ - variância ambiental; h² - herdabilidade; r_{gg}% - acurácia; CV% - Coeficiente de variação; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança.

Tabela 7A Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênes F_{3:5}, no ano agrícola 2017/2018.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$	0,00	9,49*	14,82*	28,03*	0,00	0,06*
$\widehat{\sigma}_{GxA}^2$	102,45*	2,91*	0,51	15,80*	4,40*	0,11*
Simplex	(9,43)					
Complexa	(93,02)					
$\widehat{\sigma}_{Ep}^2$	95,75	10,94	16,74	52,55	4,27	0,41
h^2	0,00	0,81	0,88	0,72	0,00	0,41
$r_{gg}\%$	0,00	89,35	93,11	83,51	0,00	63,24
CV%	16,59	2,26	6,07	8,34	13,34	31,71

$\widehat{\sigma}_{Gp}^2$ - variância genética; $\widehat{\sigma}_{GxA}^2$ - variância da interação genótipos x ambientes; $\widehat{\sigma}_{Ep}^2$ - variância ambiental; h^2 - herdabilidade; $r_{gg}\%$ - acurácia; CV% - Coeficiente de variação; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança.

Tabela 8A Estimativas dos valores máximos, mínimos e a amplitude de variação dos caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênes F_{3:4}, no ambiente Lavras- MG 2016/2017.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
Máximo	91,24	161	80	107,16	26,61	3,00
Mínimo	61,21	133	54	76,81	14,54	1,00
Média	77,97	150	68	90,11	19,58	1,65
Amplitude	30,03	28	26	30,35	12,07	2,00

Tabela 9A Estimativas dos valores máximos, mínimos e a amplitude de variação dos caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênies F_{3:4}, no ambiente Itutinga- MG 2016/2017.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
Máximo	85,42	154	84	132,64	30,23	4,00
Mínimo	54,50	127	52	85,49	17,81	2,00
Média	70,20	146	70	107,93	24,03	2,37
Amplitude	30,92	27	32	47,15	12,42	2,00

Tabela 10A Estimativas dos valores máximos, mínimos e a amplitude de variação dos caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênies F_{3:5}, no ambiente Lavras- MG 2017/18.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
Máximo	79,24	156	77	90,51	17,00	4,00
Mínimo	35,52	139	51	69,06	10,86	1,00
Média	60,28	151	67	78,84	13,42	1,32
Amplitude	43,72	17	26	21,45	6,14	3,00

Tabela 11A Estimativas dos valores máximos, mínimos e a amplitude de variação dos caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênies F_{3:5}, no ambiente Itutinga- MG 2017/18.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
Máximo	87,62	143	75	127,82	27,05	4,00
Mínimo	49,29	137	56	98,12	15,64	3,00
Média	71,05	140	70	114,77	21,46	3,47
Amplitude	38,33	6	19	29,70	11,41	1,00

Tabela 12A Estimativas dos valores máximos, mínimos e a amplitude de variação dos caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênes F_{3:5}, no ambiente Ijaci- MG 2017/18.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
Máximo	69,74	158	73	86,03	14,84	3,00
Mínimo	24,94	141	55	55,80	7,51	1,00
Média	45,65	149	65	67,14	11,59	1,28
Amplitude	44,80	17	18	30,23	7,33	2,00

Tabela 13A Estimativas dos valores máximos, mínimos e a amplitude de variação dos caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênes F_{3:4}, no ano agrícola 2016/2017.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
Máximo	80,47	157	83	113,04	26,05	3,00
Mínimo	65,61	129	52	84,74	17,36	1,00
Média	74,08	148	69	99,02	21,81	2,01
Amplitude	14,86	28	31	28,03	8,69	2,00

Tabela 14A Estimativas dos valores máximos, mínimos e a amplitude de variação dos caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênes F_{3:5}, no ano agrícola 2017/2018.

	Prod. (scs.ha⁻¹)	MA (dias)	DPF (dias)	Alt. (cm)	Ins. (cm)	Aca.
Máximo	58,99	151	75	98,33	15,49	3,00
Mínimo	58,99	139	51	76,70	15,49	2,00
Média	58,99	147	67	86,92	15,49	2,02
Amplitude	0,00	12	24	21,63	0,00	1,00

Tabela 15A Tabela de médias conjuntas para os caracteres produtividade de grãos (Prod.), maturação absoluta (MA), dias para o florescimento (DPF), altura de plantas (Alt.), inserção do 1º legume (Ins.) e acamamento (Aca.). Dados referentes às progênies F_{3:4} E F_{3:5}, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

PROGÊNIES	Prod.	MA	DPF	Alt.	Ins.	Aca.
98	69	147	68	102	18	2
139	69	136	51	81	15	1
117	69	148	68	96	18	2
191	69	144	67	90	18	3
97	68	143	64	94	17	2
73	68	143	68	97	19	2
60	68	152	73	101	19	2
185	68	148	69	94	20	2
111	68	147	69	95	20	2
87	68	148	66	97	18	2
27	67	148	66	95	19	2
56	67	152	71	92	18	2
55	67	152	73	99	19	2
188	67	144	68	84	19	2
187	67	151	70	94	16	2
116	67	150	68	99	20	2
84	67	148	67	102	18	2
120	67	145	67	92	18	2
25	67	148	67	87	18	2
72	67	154	69	96	19	2
89	67	144	66	95	20	2
88	67	150	72	97	18	3
85	67	142	69	89	19	2
166	67	147	68	90	17	2
46	67	151	73	97	18	2
164	67	146	65	88	17	2
101	67	142	67	95	19	2
158	67	141	66	91	19	2
180	67	146	66	88	18	2
62	66	154	70	95	17	2
52	66	152	75	104	20	2
119	66	148	70	101	17	2
118	66	146	65	83	18	2
114	66	144	66	92	18	2
75	66	144	67	91	19	2
41	66	147	68	89	17	2
38	66	149	68	89	18	2
50	66	146	67	88	17	2

Tabela 15A Continuação

168	66	144	63	94	19	2
96	66	143	66	94	16	2
58	66	154	71	88	21	2
110	66	149	68	105	18	3
142	66	151	75	93	18	2
175	66	148	66	88	18	2
112	66	150	71	100	18	3
54	66	155	77	95	19	2
26	66	150	65	87	18	2
9	66	151	70	89	20	2
65	66	155	70	95	20	2
28	66	149	67	84	17	2
P98Y11	66	141	64	80	18	2
131	66	154	76	101	18	2
45	66	155	75	98	20	2
FAVORITA	66	145	66	85	19	2
63	66	144	67	87	19	2
57	66	151	68	86	18	2
1	66	147	70	86	18	2
137	66	150	72	88	19	2
124	65	151	71	102	17	2
140	65	150	69	87	17	2
74	65	151	69	95	17	2
156	65	146	65	88	19	2
69	65	140	65	88	19	2
22	65	154	72	87	20	2
171	65	144	62	81	16	2
160	65	145	74	102	18	2
186	65	143	66	83	17	2
148	65	147	65	91	18	2
16	65	151	69	87	17	2
70	65	148	68	88	18	2
23	65	150	70	96	18	2
51	65	154	72	97	18	2
165	65	145	65	88	17	2
86	65	142	62	90	18	2
125	65	154	75	106	20	3
24	65	150	70	94	19	2
173	65	143	65	91	18	2
135	65	146	64	86	19	2
53	65	154	79	93	18	2
7	65	150	70	89	19	2

Tabela 15A Continuação

103	65	146	67	96	17	2
155	65	143	67	91	19	2
99	65	149	67	87	19	2
77	65	155	69	97	18	3
194	65	150	70	92	18	3
143	65	132	62	79	15	2
15	65	156	70	91	18	2
193	65	148	67	84	17	2
162	64	149	63	80	16	2
115	64	145	66	96	17	2
40	64	150	72	90	18	2
30	64	153	71	88	20	2
170	64	149	72	92	17	2
11	64	149	71	87	19	2
133	64	149	67	86	18	2
35	64	146	68	91	17	2
17	64	155	73	83	17	2
2	64	149	72	89	20	2
66	64	149	66	85	18	2
21	64	151	72	91	17	2
90	64	145	69	95	20	2
79	64	139	64	85	18	2
147	64	151	68	89	18	2
169	64	150	63	88	16	2
82	64	148	69	90	17	2
138	64	149	67	90	16	2
68	64	155	72	99	20	2
146	64	152	77	94	19	3
163	64	148	64	88	18	2
152	64	151	71	97	19	2
4	64	152	72	88	18	2
123	64	153	78	101	19	3
134	64	149	66	93	18	2
104	64	142	64	101	18	2
94	64	140	65	94	16	2
105	64	149	68	90	18	2
189	64	137	64	82	17	2
92	64	142	69	102	20	2
34	64	153	72	88	17	2
109	64	145	67	99	19	2
36	64	150	68	81	18	2
67	64	143	69	104	18	2

Tabela 15A Continuação						
12	64	151	70	89	19	2
81	64	142	67	88	18	2
153	64	142	67	89	20	2
37	64	147	66	88	18	2
80	64	142	63	87	17	2
150	64	137	52	84	15	2
19	64	153	71	90	18	2
18	64	154	73	92	19	2
64	64	150	71	97	20	2
59	64	150	69	100	20	2
159	64	143	65	90	17	2
106	63	143	64	90	19	2
61	63	149	68	95	18	2
31	63	152	72	98	18	2
14	63	154	71	89	18	2
174	63	141	67	87	19	2
154	63	142	66	93	18	2
177	63	141	67	88	20	2
132	63	130	53	78	16	2
127	63	149	71	93	18	2
43	63	151	66	84	16	2
33	63	150	69	96	19	3
161	63	141	64	94	19	2
107	63	138	64	98	19	2
32	63	151	71	96	18	2
78	63	151	70	92	17	3
157	63	146	62	86	16	2
49	63	149	68	93	18	2
121	63	155	74	98	19	3
91	63	145	71	98	19	3
76	63	155	80	101	18	2
129	63	147	68	91	17	3
5	63	155	74	94	19	2
141	63	153	76	97	18	2
39	63	149	73	92	18	2
182	63	137	64	83	18	2
130	63	146	69	100	18	2
183	63	147	68	83	18	3
128	63	151	75	102	17	3
100	63	150	72	89	17	3
178	63	147	68	85	19	2
192	63	148	74	97	19	3

Tabela 15A Continuação

83	63	148	71	97	18	3
6	63	154	80	94	18	3
71	63	145	68	88	19	2
151	63	132	53	78	15	2
20	63	149	71	90	18	2
179	63	150	74	92	18	2
145	63	131	61	78	15	1
181	63	156	77	95	18	3
184	63	151	75	91	19	2
95	63	142	69	102	19	3
172	62	144	69	102	19	3
176	62	137	66	79	17	2
13	62	153	73	86	17	2
29	62	151	71	89	18	2
102	62	147	68	99	18	2
167	62	143	67	84	17	2
126	62	148	68	95	18	2
44	62	151	69	91	19	2
149	62	145	67	89	17	2
136	62	148	69	88	18	2
42	62	152	70	88	18	2
3	62	149	69	94	19	2
108	62	150	69	98	18	3
122	62	137	60	87	18	2
47	62	154	68	95	18	2
48	62	151	74	98	18	2
144	62	151	72	90	19	3
190	62	152	77	92	17	3
113	61	150	71	96	18	3
93	61	147	71	97	19	2
8	59	156	77	96	20	2