



**GUILHERME LEITE DIAS VILELA**

**POTENCIAL GENÉTICO DE POPULAÇÕES DE SOJA PARA  
PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E MATURAÇÃO ABSOLUTA**

**LAVRAS - MG  
2019**

**GUILHERME LEITE DIAS VILELA**

**POTENCIAL GENÉTICO DE POPULAÇÕES DE SOJA PARA PRODUTIVIDADE  
DE GRÃOS E MATURAÇÃO ABSOLUTA**

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

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi  
Orientador

Prof. Dr. Pedro Milanez de Rezende  
Coorientador

**LAVRAS - MG  
2019**

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

Vilela, Guilherme Leite Dias.

Potencial genético de populações de soja para produtividade de  
grãos e maturação absoluta / Guilherme Leite Dias Vilela. - 2019.  
49 p. : il.

Orientador(a): Adriano Teodoro Bruzzi.

Coorientador(a): Pedro Milanez de Rezende.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. *Glycine max* (L) Merrill. 2. Estratégias de melhoramento. 3.  
Componentes da média. I. Bruzzi, Adriano Teodoro. II. de Rezende,  
Pedro Milanez. III. Título.

**GUILHERME LEITE DIAS VILELA**

**POTENCIAL GENÉTICO DE POPULAÇÕES DE SOJA PARA PRODUTIVIDADE  
DE GRÃOS E MATURAÇÃO ABSOLUTA**

**GENETIC POTENTIAL OF SOY POPULATIONS FOR GRAIN  
PRODUCTIVITY AND ABSOLUTE MATURATION**

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

APROVADA em 22 de julho de 2019.

Dra. Ângela Barbosa de Fátima Abreu

EMBRAPA

Dr. Carlos Eduardo Pulcinelli

SOUZA CRUZ

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi  
Orientador

Prof. Dr. Pedro Milanez de Rezende  
Coorientador

**LAVRAS - MG  
2019**

*Aos meus pais, Nelson e Ilma, pelo amor, carinho, compreensão, confiança e pela  
oportunidade que me foi dada.*

*Com todo o 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 Agricultura, pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

Aos meus pais, Nelson e Ilma, pelo apoio incondicional e valores transmitidos.

Aos meus tios que sempre me ajudaram em minha formação pessoal e profissional.

À minha namorada Karine, pelo amor, dedicação e companheirismo em todos os momentos.

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

Ao Professor Dr. Pedro Milanez de Rezende, pela coorientação e amizade.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e contribuições no trabalho.

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

Aos funcionários do setor de grandes culturas, que não mediram esforços na condução do trabalho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

A hibridação é o principal método de melhoramento utilizado para ampliar a variabilidade genética na cultura da soja, visando a obtenção de cultivares superiores às já existentes. Com o objetivo de reduzir os custos e o tempo de lançamento de uma nova cultivar, torna-se necessário a utilização de métodos visando identificar as melhores populações segregantes, ainda em gerações precoces. Para isso, o emprego da genética quantitativa tem auxiliado os melhoristas na escolha das melhores populações. As estimativas de  $m + a'$  (contribuição dos locos em homozigose) foram utilizadas com sucesso na identificação e seleção de populações segregantes de feijoeiro, porém, há poucos relatos de sua utilização para a cultura da soja. Assim, torna-se necessário estudos visando a obtenção de informações úteis à seleção de populações ainda em gerações precoces. Diante do exposto, objetivou-se prever o potencial genético de populações segregantes de soja para os caracteres produtividade de grãos e maturação absoluta; estimar parâmetros fenotípicos para os caracteres agronômicos em populações segregantes de soja e; selecionar populações segregantes com melhor valor genético. Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Lavras e Ijaci, na safra 2018/2019. Foram utilizadas 20 populações  $F_3$  e  $F_4$  obtidas através da hibridação de 10 cultivares comerciais de soja. Foi utilizado o delineamento experimental em faixa com três repetições. As parcelas foram constituídas de quatro linhas de cinco metros de comprimento e espaçadas de 0,50 metros entre linhas. Os caracteres agronômicos avaliados foram produtividade de grãos e maturação absoluta e, posteriormente, para a predição do potencial genético das populações segregantes, foram obtidas as estimativas de  $m+a'$ , de cada parcela, através das variáveis produtividades de grãos e maturação absoluta. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância individual e conjunta, com o auxílio do software SISVAR, e as médias obtidas comparadas pelo teste Scott-Knott (1974). As fontes de variação individuais foram significativas para todos os caracteres avaliados, evidenciando diferenças entre as populações segregantes e as gerações dessas populações. As estimativas da Correlação Linear de Pearson para produtividade de grãos e maturação absoluta com seus respectivos  $m+a'$  foram significativas, assumindo valores de 0,66 e 0,90, respectivamente. As estimativas de  $m+a'$  para os caracteres avaliados evidenciam diferenças nas contribuições dos locos em homozigose das populações, possibilitando a seleção de linhagens superiores. As populações oriundas dos cruzamentos FMT1 x FMT2, FMT1 x TMG123RR e CD250RR x BRSMG780RR, apresentam bom potencial para extração de linhagens. A população FMT1 x TMG123RR destaca-se por associar todos os caracteres favoráveis.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L) Merrill. Estratégias de melhoramento. Componentes da média.

## ABSTRACT

Hybridization is the main breeding method used to increase genetic variability in soybean cultivation in order to obtain superior cultivars to existing ones. In order to reduce the costs and release time of a new cultivar, it is necessary to use methods in order to identify the best segregating populations even in early generations. For this, the use of quantitative genetics has helped breeders in choosing the best populations. Estimates of  $m + a'$  (contribution of homozygous loci) were successfully used to identify and select segregating bean populations, but there are only few reports of their use for soybean crop. Thus, studies are necessary to obtain useful information for the selection of populations in quite early generations. Therefore, the objective of this study was to predict the genetic potential of segregating soybean populations for the traits grain yield and absolute maturity; to estimate phenotypic parameters for agronomic traits in soybean segregating populations and to select segregating populations with better genetic value. The experiments were conducted in Lavras and Ijaci municipalities in the 2018/2019 crop. Twenty F3 and F4 populations obtained through hybridization of 10 commercial soybean cultivars were used. The experimental design in band with three replications was used. The plots consisted of four lines five meters long and spaced 0.50 meters between lines. The agronomic traits evaluated were grain yield and absolute maturity, and afterwards, for the prediction of the genetic potential of the segregating populations, the estimates of  $m + a'$ , from each plot were obtained through the variables grain yield and absolute maturity. The data obtained were submitted to individual and joint analysis of variance with the aid of SISVAR software and the averages obtained compared by the Scott-Knott test (1974). The sources of individual variation were significant for all evaluated characters, showing differences between the segregating populations and the generations of these populations. Pearson Linear Correlation estimates for grain yield and absolute maturity with their respective  $m + a'$  were significant, assuming values of 0.66 and 0.90 respectively. Estimates of  $m + a'$  for the evaluated traits show differences in the contributions of the homozygous loci of the populations, allowing the selection of superior strains. Populations from FMT1 x FMT2, FMT1 x TMG123RR and CD250RR x BRSMG780RR crosses have good potential for strains extraction. The FMT1 x TMG123RR population stands out for including all favorable characters.

**Keywords:** Glycine max (L) Merrill. Breeding strategies. Components of the average.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Melhoramento genético da soja .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Métodos de melhoramento aplicados em plantas autógamas.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3</b>	<b>Estratégias para seleção de populações segregantes em plantas autógamas.....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Descrição, localização e condução dos experimentos .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Análise dos dados .....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de domesticação e o melhoramento genético de plantas permitem a seleção de características de interesse visando obter maiores produtividades, além de desenvolver, por meio de seleção e hibridação, cultivares resistentes a várias doenças e pragas. Tendo em vista a importância e destaque da cultura da soja no Brasil, novos desafios para a pesquisa surgem constantemente. Desse modo, a busca por cultivares que associem altas produtividades e menor maturação absoluta são objetivos que compelem os estudos, principalmente no que se refere ao melhoramento genético.

No melhoramento de qualquer espécie autógama, para o desenvolvimento de novas cultivares, existem três principais métodos que podem ser utilizados: introdução de plantas, seleção de linhas puras e a hibridação. A introdução de plantas e a seleção de linhas puras visam a exploração da variabilidade natural existente. A hibridação é o principal método de melhoramento utilizado na cultura da soja para gerar variabilidade. O principal objetivo consiste na associação de fenótipos desejáveis utilizando cruzamentos artificiais para se obter as populações segregantes (RAMALHO et al., 2012).

O sucesso de um programa de melhoramento de plantas autógamas está diretamente associado à escolha criteriosa das populações segregantes a serem utilizadas na seleção. Para isso, é necessário obter informações sobre a média e a variância dessa população. Nesse contexto, a metodologia de Jinks e Pooni (1976), e as estimativas dos componentes da média  $m+a'$  (contribuição dos locos em homozigose) e  $d$  (contribuição dos locos em heterozigose) e da variância, podem se mostrar eficazes para selecionar as melhores progênies (TRILLER, 1994; ABREU; RAMALHO; SANTOS, 2002).

Por seu turno, as estimativas de  $m+a'$  têm algumas vantagens, dentre elas, a facilidade de obtenção e a possibilidade de identificar o híbrido ou população com maior chance de obter boas linhagens na geração  $F_{\infty}$  (VENCOVSKY, 1987; RAMALHO et al., 2012). Além disso, há um menor erro associado a essa estimativa em relação aos componentes da variância, por ser um componente advindo da média. Não há relatos do uso das estimativas de  $m+a'$  a nível de parcela para a cultura da soja, contudo, a utilização desses componentes em programas de melhoramento pode ser promissora, visto que essas informações ainda são pouco utilizadas e podem contribuir para reduzir o tempo e os custos do programa de melhoramento de soja.

Diante do exposto, objetivou-se: prever o potencial genético de populações segregantes de soja para os caracteres produtividade de grãos e maturação absoluta; estimar parâmetros genéticos para os caracteres agronômicos em populações segregantes de soja e;

selecionar populações segregantes associando alta produtividade de grãos e menor número de dias para maturação absoluta.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Melhoramento genético da soja

O melhoramento genético iniciou com a domesticação das plantas a aproximadamente 10.000 anos. Apesar de ter sido um processo demorado foi muito eficaz pela obtenção de plantas via seleção e adaptadas a ambientes completamente diferentes do que elas se originaram, frequentemente com desempenho muito superior ao obtido no local de origem (RAMALHO et al., 2012).

No Brasil, o melhoramento de plantas começou com a introdução de diversas espécies pelos imigrantes no início do século 20, e contribuiu para avanços consideráveis, no entanto, ainda como uma arte (HUNNICUTT, 1924). Embora haja registros históricos que apontam para cultivos experimentais de soja na Bahia já em 1882, a introdução no país tem o ano de 1901 como marco principal, quando começam os cultivos na Estação Agropecuária de Campinas e a distribuição de sementes para produtores paulistas. Em 1914, é oficialmente introduzida no Rio Grande do Sul, estado que apresenta condições climáticas similares as das regiões produtoras nos Estados Unidos (APROSOJA, 2014).

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 – CNPSoja. Um de seus genótipos amplamente cultivados no cerrado foi a cultivar Doko (UNFRIED; BRAGA, 2011).

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 60 (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 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 foi amplamente cultivada em todo o território nacional (ZITO et al., 2011). Desde 2011 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).

Muitos foram os fatores que contribuíram para a expansão da soja no Brasil da região Sul para a região central, associada ao desenvolvimento rápido de tecnologias para suprir a demanda externa (APROSOJA, 2014). Alguns destes fatores podem ser citados como

principais: subsídio à triticultura compondo a sucessão de culturas, alta no mercado internacional, substituição das gorduras animais por óleos vegetais, facilidades na mecanização da cultura, estabelecimento de uma pesquisa bem desenvolvida sobre a cultura, mas, sobretudo, à obtenção de cultivares de soja insensíveis ao fotoperíodo, originando as cultivares denominadas de Período Juvenil Longo (PJL) (EMBRAPA, 2005). O impulso dado pelas cultivares PJL possibilitou expansão das fronteiras agrícolas no Cerrado, bem como a incorporação de novas regiões produtivas, como o MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) (FREITAS, 2011).

A partir de 1990, todo o cenário do melhoramento genético da soja no Brasil se transformaria com a entrada das multinacionais no país. Em 1996, a Monsanto (atualmente Bayer) 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, 2016). As primeiras cultivares RR cultivadas comercialmente no Brasil foram procedentes da Argentina. Entre elas, a cultivar Anta82RR foi amplamente cultivada, principalmente em razão de sua precocidade. Mais tarde, 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, 2017).

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 lançada pela Monsanto, a tecnologia Intacta RR2 PRO, conferindo, além da resistência ao Glifosato, resistência à lagartas, devido a introdução do gene cry1Ac (MONSANTO, 2016). O evento logo teve adesão dos produtores e atualmente diversas empresas tem cultivares em seu portfólio que possuem a tecnologia. Para os próximos anos, as empresas almejam lançar no mercado novas cultivares que associem piramidação de proteínas, além de resistência a novos herbicidas (CTNBIO, 2017).

No início de 2016, foi lançada através de uma parceria entre BASF e Embrapa, a primeira cultivar de soja com a tecnologia Cultivance, que confere à soja resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, inibidores da enzima ALS (BAYER, 2016). Ainda para o ano agrícola 16/17, a Bayer Cropscience disponibilizou em 11 cultivares a tecnologia Liberty Link™. A tecnologia, já comercializada em países como EUA e Canadá, confere resistência ao herbicida Glufosinato de Amônio (BAYER, 2016).

Uma nova tecnologia que também se propõe a dar auxílio ao controle de plantas daninhas resistentes ao glifosato e ao manejo de pragas é a tecnologia Conkesta™ Enlist E3™,

a qual vem sendo desenvolvida pela Corteva agriscience. Trata-se de uma cultivar de soja que além da tolerância aos herbicidas 2,4-D, glifosato e glufosinato, conta com a biotecnologia Bt de maior espectro de controle de lagartas (CORTEVA, 2019).

Com previsão para lançamento comercial no Brasil em 2021, a soja com tecnologia INTACTA 2 XTEND® será a terceira geração de transgênicos trazida pela Bayer ao mercado nacional. Tolerante ao herbicida glifosato, a plataforma trará também uma nova ferramenta para o controle de plantas daninhas: o Dicamba, que oferecerá um amplo controle de plantas daninhas de folhas largas (BAYER, 2018).

Atualmente, o Brasil figura-se como segundo maior produtor mundial de soja, produzindo no ano agrícola 2018/2019, 113,82 milhões de toneladas desse grão (CONAB, 2019). Mato Grosso, estado maior produtor, destaca-se pela segunda maior safra de sua série histórica, de 32,13 milhões de toneladas, apenas 0,5% inferior ao seu recorde, de 32,31 milhões de toneladas, registradas em 2017/18. Em segundo e terceiro lugares estão os estados Rio Grande do Sul com 18,75 milhões de toneladas, e Paraná com 16,37 milhões de toneladas (CONAB, 2019). Em Minas Gerais, a área está estimada em 1,58 milhões de hectares, representando incremento de 4,4% sobre a área da safra anterior, motivado principalmente pelas boas perspectivas de mercado e pelos excelentes resultados alcançados na safra 2017/18. O estado é o sétimo maior produtor, com 5,074 milhões de toneladas segundo o sétimo levantamento da (CONAB, 2019).

Um fator que possibilitou grandes incrementos na produção brasileira, além do melhoramento genético, foi a exploração da safrinha, que se tornou viável graças às boas condições edafoclimáticas encontradas no país. A safrinha constitui-se em uma segunda safra logo após o cultivo de verão e possibilita melhor aproveitamento da área, maior produção, e, conseqüentemente, maiores ganhos econômicos, gerando novas fontes de renda, empregos, e contribuindo para o saldo positivo da balança comercial. Para que isso seja possível, torna-se necessário o emprego de cultivares de soja precoce na safra principal, visando antecipar a colheita, expandindo assim, o período de exploração da safrinha (GESTEIRA et al., 2015).

## **2.2 Métodos de melhoramento aplicados em plantas autógamas**

As espécies trabalhadas pelos melhoristas podem ser agrupadas em função do modo reprodutivo. As denominadas alógamas são aquelas cuja frequência de polinização cruzada é igual ou superior a 95%. As autógamas são aquelas cuja frequência de polinização cruzada é inferior a 5%, como é o caso da soja, trigo, feijão, dentre outras. As intermediárias ou mistas

constituem um terceiro grupo, no qual a porcentagem de polinização cruzada está entre 5% e 95% (RAMALHO et al., 2012).

Populações de plantas autógamas tendem a ser 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  $F_{\infty}$  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 são utilizados métodos que exploram a variabilidade natural (introdução de germoplasma e seleção de linhas puras), e os métodos que ampliam a variabilidade existente, isto é, hibridação com posterior condução das populações segregantes.

Segundo ALLARD (1999), a introdução de germoplasma pode propiciar ganhos semelhantes aos de um programa de melhoramento, portanto, deve ser considerada como um método de melhoramento. 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 de cultivares superiores (BORÉM; MIRANDA, 2013).

Além da introdução de germoplasma, outra estratégia que visa explorar a variabilidade natural é a seleção de linhas puras (JOHANNSEN, 1903). Dentre os principais exemplos de sucesso utilizando o método das linhas puras destaca-se a obtenção da cultivar de café Mundo Novo (CARVALHO et al., 1952) e do feijão carioca (ALMEIDA; FILHO, MIYASAKA, 1971).

Embora as cultivares em plantas autógamas sejam obtidas a partir de linhagens homogêneas, estas tornam-se heterogêneas com o passar do tempo após sucessivos cultivos. Isto se deve ao fato de que as plantas de uma linhagem podem sofrer mistura mecânica, polinização cruzada e/ou mutação (RAMALHO et al., 2012). Nesta condição as cultivares, agora heterogêneas, podem ser utilizadas como fonte de variabilidade natural a ser explorada nos programas de melhoramento. Ainda que grande parte desta variação se perca, é possível realizar a seleção das linhagens a partir da variabilidade que permanece. A existência da

variabilidade na cultivar é essencial para que se tenha sucesso com a seleção de linhagens superiores (RAMALHO et al., 2012).

Segundo Borém, Miranda e Neto (2017), a hibridação é a fusão de gametas geneticamente diferentes, que resulta em indivíduos híbridos heterozigóticos para um ou mais *loci*. Posteriormente, o objetivo do melhoramento é obter indivíduos homozigóticos por sucessivas gerações de autofecundação. Em espécies autógamas, os genitores são cruzados artificialmente.

Após a hibridação, diversos métodos podem ser utilizados para a condução das populações segregantes de plantas autógamas como o Genealógico, Massal, SSD (Single Seed Descent), SPD (Single Pod Descent) e da População (BORÉM; MIRANDA, NETO, 2017).

Neste método, após o cruzamento, as populações segregantes são conduzidas até atingirem um nível satisfatório de homozigose. Posteriormente, as linhagens são avaliadas em vários locais e anos agrícolas, visando a recomendação de novas cultivares (BERNARDO, 2010). O esquema para um programa de melhoramento comercial de soja nos EUA está apresentado na Tabela 1.



Tabela 1 - Programa comercial de melhoramento da cultura da soja.

Estação	Atividades
Inverno 1a	(1) Semeio e condução de 200 populações F <sub>2</sub> ou BC <sub>1</sub> (ou seja, geração S <sub>0</sub> ), obtidas de anos anteriores. (2) Avanço das plantas S <sub>0</sub> para geração S <sub>1</sub> através do método Single Pod Descent, na qual uma única vagem é colhida.
Inverno 1b	(1) Para cada população, as sementes S <sub>1</sub> são semeadas em bulk. (2) As sementes S <sub>2</sub> (autofecundação das plantas S <sub>1</sub> ) de 200 a 500 plantas, em cada população, são colhidas e armazenadas.
Verão - 1	(1) Avaliação de 70.000 famílias S <sub>2</sub> em 1 ou 2 locais, sem repetição. (2) Seleção das 5000 melhores famílias S <sub>2</sub> com base nos dados de produtividade. (3) As sementes S <sub>3</sub> , das melhores famílias S <sub>2</sub> , são colhidas e armazenadas.
Verão - 2	(1) Avaliação das 5000 famílias S <sub>3</sub> em ensaios de produtividades realizados em 3 a 5 locais. (2) Seleção das 200 melhores famílias S <sub>3</sub> com base na produtividade. (3) As sementes S <sub>4</sub> , das melhores famílias S <sub>3</sub> , são colhidas e armazenadas.
Verão - 3	(1) Avaliação das 200 famílias S <sub>3</sub> em ensaios de produtividades realizados em 15 a 25 locais. (2) Seleção das melhores famílias S <sub>4</sub> (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 <sup>2</sup> , 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 <sup>2</sup> , em 30 a 500 locais.
Outono	Lançamento de 0 - 5 linhas como novos cultivares.

Fonte: Adaptado de Bernardo (2010).

O retrocruzamento e a seleção recorrente são estratégias que também são aplicadas ao melhoramento de plantas autógamas. O retrocruzamento é utilizado para a reciclagem de linhagens, incorporação de alelos de resistência, como também transgenia (SEDIYAMA, 2015).

A seleção recorrente é um método cíclico em que as três etapas são conduzidas repetidamente até que a frequência de alelos favoráveis na população atinja níveis satisfatórios. As etapas são: obtenção das progênies, avaliação de progênies e, seleção e recombinação de progênies, e, posteriormente, o processo inicia-se novamente. A população deve apresentar média alta para a maioria dos caracteres de interesse e suficiente variabilidade genética para assegurar continuo progresso nos vários ciclos de seleção (BORÉM; MIRANDA; NETO, 2017).

Muito embora a seleção recorrente tenha sido proposta para culturas alógamas, esta vem sendo amplamente utilizada no melhoramento de plantas autógamas (BOTELHO, 2007; MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008; PIRES; RAMALHO; ABREU, 2013). 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 adaptados (POSADAS et al., 2014).

### 2.3 Estratégias para seleção de populações segregantes em plantas autógamas

Os germoplasmas que os melhoristas dispõem envolvem algumas centenas ou até milhares de linhagens, entretanto, o número de populações que podem ser mensuradas é limitado em função da área disponível e de recursos financeiros e pessoais (RAMALHO et al., 2012).

Com isso, é necessário estabelecer métodos para identificar e selecionar as melhores populações segregantes, economizando tempo e recursos. Esses métodos envolvem duas categorias (BAENZIGER; PETERSON, 1991). Uma envolve procedimentos utilizando informações apenas dos genitores como a média, coeficiente de parentesco e a análise multivariada, visando estimar a divergência genética. Outra envolve o desempenho das progênes oriundas dos cruzamentos, e dentre esses estão os cruzamentos dialélicos, a estimativa de  $m+a'$  e  $d$ , e o método de Jinks e Pooni (1976).

Dentre esses métodos, um dos mais utilizados é o cruzamento dialélico. Contudo, esse método apresenta como grande limitação, o trabalho dispendido na realização das hibridações, especialmente quando estão envolvidos um grande número de pais e se está trabalhando com espécies em que os cruzamentos artificiais são difíceis e com um pequeno número de sementes híbridas por polinização, como é o caso da cultura da soja.

As técnicas multivariadas permitem escolher os genitores para os programas de melhoramento com base na divergência genética entre eles (FERREIRA et al., 1995), esperando-se que os genitores mais divergentes propiciem a obtenção de populações com maior variabilidade. A principal vantagem dessa metodologia é que não há necessidade dos cruzamentos serem realizados *a priori*, pois são avaliados caracteres apenas dos genitores, com os quais são obtidas medidas de divergência (ABREU et al., 2002).

O método de Jinks e Pooni (1976), estima a probabilidade de se encontrar linhagens em uma população que superem um determinado padrão, considerando a média e a variância de uma geração precoce. Essa metodologia foi utilizada com soja (PULCINELLI, 1992; TRILLER, 1994), e feijão (OTUBO et al., 1996; ABREU et al., 2002).

Um outro método que pode ser empregado na escolha de populações segregantes promissoras, a partir de informações das gerações iniciais, é a estimativa de  $m + a'$ , que corresponde à média de todas as possíveis linhagens que podem ser derivadas de um cruzamento e  $d$  é o desvio dos heterozigotos em relação à média (VENCOVSKY, 1987).

Para se utilizar essa estimativa na escolha das populações, o ideal é avaliar duas gerações,  $F_1$  e  $F_2$ , ou  $F_2$  e  $F_3$  em experimentos com repetições. Essas avaliações devem ser o mais precoce possível, para concentrar a atenção nas populações realmente de maior potencial. As avaliações das gerações necessariamente devem ser simultâneas para reduzir o efeito da interação dos genótipos x ambientes na estimativa de  $m + a'$ . O ideal é conduzir experimentos em faixas, colocando como tratamento da parcela, as duas gerações e das subparcelas as populações (RAMALHO et al., 2012).

Considera-se que o desempenho da geração  $F_1$  de uma linhagem ou híbrido é decorrente de  $m + a' + d$ , a geração  $F_2$  é  $m + a' + \frac{1}{2}d$ , a geração  $F_3$  é  $m + a' + \frac{1}{4}d$ , e assim consecutivamente. Desse modo, a contribuição dos locos em homozigose é representada por  $m+a'$  na geração  $F_\infty$ , enquanto o  $d$  é a contribuição dos locos em heterozigose (CRUZ, REGAZZI; CARNEIRO, 2004; BERNARDO, 2010; RAMALHO et al., 2012).

Segundo RAMALHO et al. (2012), usando, por exemplo, as gerações  $F_2$  e  $F_3$ , o fundamento do procedimento, tendo como referência a média das gerações  $F_2$  e  $F_3$  é o seguinte:

$$\bar{F}_2 = m + a' + \frac{1}{2}d \text{ e } \bar{F}_3 = m + a' + \frac{1}{4}d$$

Assim, pode-se obter as estimativas de  $m + a'$  e  $d$  pelas expressões:

$$m + a' = 2\bar{F}_3 - \bar{F}_2 \text{ e } d = 2(\bar{F}_2 - \bar{F}_3)$$

A contribuição dos locos em homozigose é dependente do desempenho das linhagens *per se* e a dos locos em heterozigose depende da divergência entre as linhagens e da existência de dominância no controle do caráter. A estimativa de  $m+a'$  também fornece o potencial de uma população para a extração de linhagens (VENCOVSKY, 1987).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

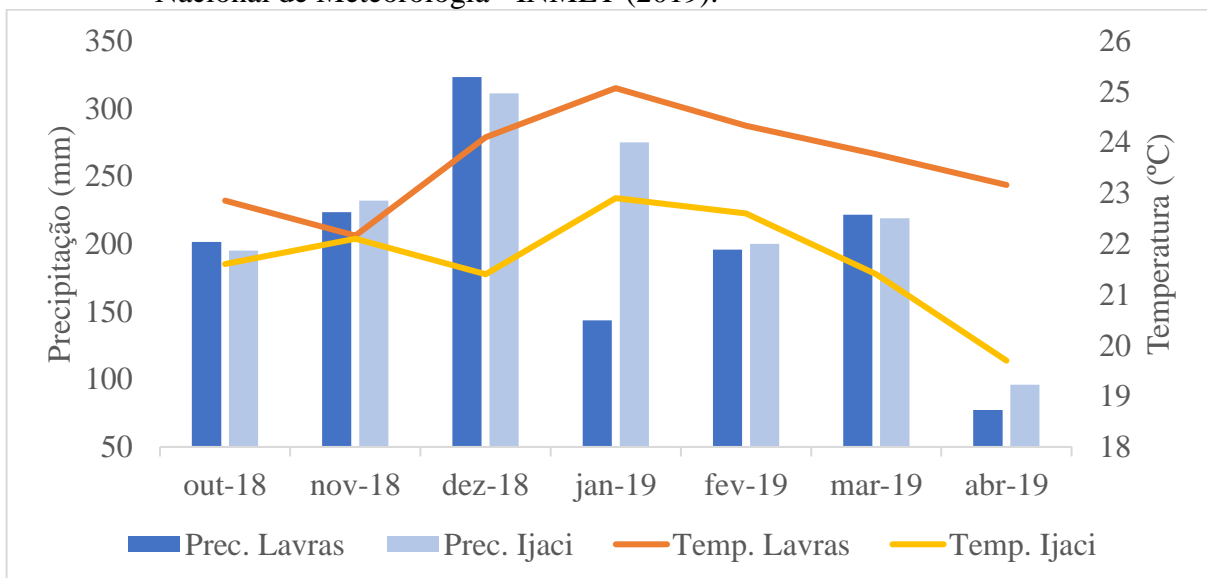
#### 3.1 Descrição, localização e condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola de 2018/2019, no estado de Minas Gerais, nos municípios de Ijaci e Lavras. No município de Ijaci, o experimento foi conduzido no Centro de Transferência de Tecnologia da UFLA, Fazenda Palmital. O município faz divisa com a cidade de Lavras, localiza-se a uma latitude de 21° 9' 24" Sul e longitude 44° 55' 34" Oeste, altitude 833 metros com área de 105, 25 Km<sup>2</sup>. Apresenta clima tropical de altitude e relevo ondulado leve, além de uma precipitação média anual de 1508 mm e temperatura de 20,4°C.

Por seu turno, em Lavras, o experimento foi conduzido no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da UFLA - Fazenda Muquém. Lavras é pertencente à região do Campo das Vertentes, localiza-se à latitude 21° 14' 43" Sul e a uma longitude 44° 59' 59" Oeste, altitude de 919 metros. Seu clima, segundo o IBGE (2016), é classificado como tropical de altitude, relevo dominante ondulado e vegetação natural do cerrado. A precipitação média anual é de 1486 mm e temperatura média de 19,9°C segundo o Climate-Data (2016).

Os dados referentes à climatologia e propriedades químicas do solo dos ambientes experimentais encontram-se na Figura 1 e Tabela 2.

Figura 1 - Variações mensais de precipitação (Prec.) e temperatura média (Temp.) no período de outubro a abril da safra 2018/2019, nas cidades de Ijaci e Lavras - MG. Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2019).



Fonte: INMET (2019).

Tabela 2 - Composição química do solo dos locais de condução do experimento.

Propriedades químicas		Locais	
		Lavras	Ijaci
pH	H <sub>2</sub> O	5.8	6.3
Ca <sup>2+</sup>		3.7	5.0
Mg <sup>2+</sup>		1.0	1.8
Al <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0.1	0.0
H <sup>+</sup> Al <sup>3+</sup>		2.7	2.9
SB		4.1	6.7
P		24.6	28.4
K		96.0	118.0
MO	dag/Kg	2.9	5.4
V	(%)	64.3	69.8

SB – soma de bases; MO – matéria orgânica; V – saturação por bases.

Fonte: Do autor (2019).

Foram utilizadas 20 populações segregantes de soja em duas gerações, F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub>, obtidas da hibridação de 10 genitores (TABELA 3). As características dos genitores utilizados nas hibridações estão apresentadas na Tabela 4. Os cruzamentos foram realizados em casa de vegetação, na safra 2014. As sementes F<sub>1</sub> foram avançadas na safra 2015/2016, também em casa de vegetação. A partir da safra 2016/2017 as populações foram semeadas em parcelas de 4 linhas de 5 metros de comprimento, espaçamento de 0,50 metros entre linhas e densidade de 15 plantas por metro linear. Nessa safra, as sementes F<sub>2</sub> foram semeadas dando origem a geração F<sub>3</sub>. Na safra 2017/2018 foi feito o bulk das sementes F<sub>3</sub> de cada população e, posteriormente, as populações foram semeadas em campo dando origem as sementes F<sub>4</sub>. Para a safra 2018/2019 foi realizado o bulk das sementes F<sub>4</sub>. As gerações F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub> foram semeadas na safra 2018/2019, simultaneamente. O delineamento experimental foi em faixa com três repetições, contendo o fator gerações (F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub>) nas parcelas, e as 20 populações segregantes nas subparcelas.

Nos dois locais avaliados, adotou-se o sistema de plantio direto, com sulcos de semeadura espaçados em 0,50 m. A adubação foi constituída de 350 kg ha<sup>-1</sup> do formulado de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (02-30-20), aplicado via sulco. A inoculação via sulco, foi realizada com as bactérias *Bradyrhizobium japonicum* imediatamente antes da semeadura na dose de 18 mL p. c. kg<sup>-1</sup> de semente - estirpes SEMIA 5079 e 5080, contendo 10.8 x 10<sup>6</sup> UFC/sementes do inoculante Nitragin Cell Tech HC<sup>®</sup> (3x10<sup>9</sup> UFC/mL), utilizando-se a própria semeadora para

abertura dos sulcos, acoplado com sistema de quatro bicos de pulverização XR 11002, posicionados entre os discos de adubo, aplicando-se volume de calda equivalente a 150 L ha<sup>-1</sup>. A semeadura foi realizada manualmente em outubro de 2018, em Lavras, e em novembro de 2018, em Ijaci.

Tabela 3 Híbridagens realizadas e populações obtidas.

População	Cruzamentos
1	BMXForçaRR x BMXPotênciaRR
2	BMXForçaRR x BRSMG780RR
3	BMXPotênciaRR x TMG123RR
4	FMT1 x FMT2
5	BMXPotênciaRR x CD250RR
6	FMT1 x TMG123RR
7	BMXForçaRR x FMT1
8	FMT1 x CD250RR
9	TMGAnta82RR x BMXPotênciaRR
10	CD250RR x BRSMG780RR
11	FMT1 x BRSMG780RR
12	FMT3 x BRSMG780RR
13	VmaxRR x CD250RR
14	VmaxRR x BRSMG780RR
15	TMG123RR x TMGAnta82RR
16	VmaxRR x CD250RR
17	TMGAnta82RR x BMXForçaRR
18	BMXPotênciaRR x FMT2
19	BMXForçaRR x BRSMG780RR
20	TMGAnta82RR x BMXPotênciaRR

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 4 - Características dos genitores utilizados nas hibridações.

Cultivar	Potencial Produtivo	Precocidade	Resistência a Cisto	Resistência a Ferrugem	Tolerância a chuva na colheita
TMGAnta82RR	X		X		
BRSMG780RR	X			X	
CD250RR		X			
FMT1	X	X			
FMT2	X				
FMT3	X				
BMXForçaRR	X	X			
BMXPotênciaRR	X	X			
TMG123RR	X		X		X
VmaxRR	X	X	X		

Fonte: Do autor (2019).

O controle de pragas na cultura foi realizado de acordo com a necessidade da mesma, utilizando-se 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<sup>-1</sup>. O controle de doenças foi realizado a partir do estágio R1 (início do florescimento), utilizando-se fungicidas a base de Azoxistrobina e Pirazol Carboxamida, na dosagem de 0,3 L.ha<sup>-1</sup>, com intervalo de aplicação de 17 dias até o estágio R6 (sementes completamente formadas).

A colheita das sementes em campo foi realizada no estágio R9 (95% das vagens com coloração de vagens maduras). Após a trilha mecânica, as sementes foram separadas das impurezas, com o auxílio de peneiras, sendo acondicionadas em sacos de papel. As sementes com umidade elevada foram expostas ao sol até atingirem o teor de 13%, adequado para o armazenamento.

Foram mensurados os caracteres:

- Maturação absoluta, compreendendo o número de dias desde o plantio até o ponto de colheita, representada por 95% de plantas com vagens maduras.
- Produtividade de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>), obtida com a colheita individual de cada parcela, pesagem e correção para 13% de umidade e extrapolação do valor obtido para um hectare utilizando-se as seguintes expressões:

$$Pc_{13\%} = P \times (100 - U_p\%) \div 87 \quad (1)$$

em que:

$Pc_{13\%}$  = Peso da parcela corrigido para 13% de umidade;

$P$  = Peso da parcela;

$U_p\%$  = Umidade aferida na parcela;

$$Prod (kg. ha^{-1}) = Pc_{13\%} \times ha \div AP \quad (2)$$

em que:

$Prod (kg. ha^{-1})$  = Produtividade de grãos da parcela em quilogramas por hectare ( $kg. ha^{-1}$ );

$Pc_{13\%}$  = Peso da parcela corrigido para 13% de umidade;

$ha$  = Área correspondente a um hectare ( $10.000 m^2$ );

$AP$  = Área da parcela experimental ( $5 m^2$ ).

- c) Posteriormente, estimou-se, por população e por repetição, para os caracteres produtividade de grãos e maturação absoluta, a contribuição dos locos em homozigose ( $m+a'$ ) pelo estimador:

$$\begin{aligned} F_3 &= m + a + \frac{1}{4}d; F_4 = m + a + \frac{1}{8}d \\ m + a &= 2 \times F_4 - F_3 \\ m + a &= \left(2m + 2a + \frac{2}{8}d\right) - \left(m + a + \frac{1}{4}d\right) \\ m + a' &= 2 \times F_4 - F_3 \end{aligned} \quad (3)$$

em que:

$m + a'$  = Contribuição dos locos em homozigose para os caracteres produtividade de grãos e maturação absoluta;

$F_4$  = Produtividade de grãos ou maturação absoluta da parcela na geração  $F_4$ ;

$F_3$  = Produtividade de grãos ou maturação absoluta da parcela na geração  $F_3$ .

### 3.2 Análise dos dados

Os dados de produtividade de grãos, maturação absoluta,  $m+a'$  produtividade de grãos e  $m+a'$  maturação absoluta, foram submetidos à análise de variância com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2011), e as médias comparadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade. A precisão experimental foi analisada pelo coeficiente de variação (CV) (PIMENTEL GOMES, 2009). e por meio da estimativa da acurácia (RESENDE; DUARTE, 2007). Para verificação dos pressupostos da análise de variância foi utilizado o software R Core Team (2016).



Primeiramente, realizou-se a análise individual em faixa, para os caracteres produtividade de grãos e maturação absoluta. Posteriormente, efetuou-se análises para os caracteres  $m+a'$  produtividade e  $m+a'$  maturação absoluta para cada um dos locais e, por fim, uma análise conjunta geral contendo todos os locais de avaliação. Os modelos utilizados nas análises de variância estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Modelos estatísticos adotados para a realização de cada análise.

Análise	Modelo Estatístico
Individual por geração e local	$y_{ijk} = \mu + g_i + b_k + (gb)_{ik} + p_j + (pb)_{jk} + (gp)_{ij} + e_{ijk}$
Individual para $m+a'$	$y_{ik} = \mu + p_j + b_k + e_{ijk}$
Conjunta Geral	$y_{ijkl} = \mu + g_i + b_{k(l)} + l_l + (gl)_{il} + (glb)_{(il)k} + p_j + (pl)_{jl} + plb_{(jl)k} + (gp)_{ij} + (gpl)_{ijl} + e_{(ijl)k}$

$y_{ijk} = y_{ik} = y_{ijkl}$  = valor observado;  $\mu$  = constante associada a todas as observações;  $g_i$  = efeito da geração  $i$ ;  $b_k$  = efeito do bloco  $k$ ;  $(gb)_{ik}$  = erro associado as gerações  $i$  num mesmo bloco  $k$ ;  $p_j$  = efeito da população  $j$ ;  $(pb)_{jk}$  = erro associado as populações  $j$  num mesmo bloco  $k$ ;  $(gp)_{ij}$  = efeito da interação gerações x populações;  $e_{ijk}$  = erro experimental associado a observação  $y_{ijk}$ ;  $b_{k(l)}$  = efeito do bloco  $k$  no local  $l$ ;  $l_l$  = efeito do local  $l$ ;  $(gl)_{il}$  = efeito da interação gerações x locais;  $(glb)_{(il)k}$  = efeito da interação da geração  $i$  no local  $l$  no bloco  $k$ ;  $(pl)_{jl}$  = efeito da interação x populações x locais;  $plb_{(jl)k}$  = efeito da interação da população  $j$  no local  $l$  no bloco  $k$ ;  $(gp)_{ij}$  = efeito da interação gerações x populações;  $(gpl)_{ijl}$  = efeito da interação gerações x populações x locais;  $e_{(ijl)k}$  = efeito da interação gerações x populações no local  $l$  no bloco  $k$ .

Fonte: Do autor (2019).

O coeficiente de variação foi obtido através do seguinte estimador:

$$CV\% = \sqrt{\frac{QM_{erro}}{\mu}} \times 100 \quad (4)$$

em que:

$CV\%$  = Coeficiente de variação (%);

$QM_{erro}$  = Quadrado médio do resíduo;

$\mu$  = Média geral.

A acurácia foi estimada utilizando o estimador apresentado abaixo:

$$r(\%) = \sqrt{1 - \frac{1}{Fc}} \times 100 \quad (5)$$

em que:

$r(\%) = \text{Acurácia} (\%)$

$F_c = \text{Valor de } F \text{ calculado das populações.}$

As análises de correlação linear de Pearson foram realizadas com o aporte do software R Core Team (2016). A significância foi verificada pelo teste de Mantel. As correlações foram entre os caracteres: produtividade de grãos e  $m+a'$  produtividade de grãos; maturação absoluta e  $m+a'$  maturação absoluta.

#### 4 RESULTADOS

O resumo da análise de variância individual e em faixa, para todos os caracteres analisados, obtidos a partir das gerações F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub> nos locais Ijaci e Lavras – MG, na safra 2018/19, estão apresentados nas Tabelas 1A, 2A, 3A e 4A (APÊNDICES). As estimativas de acurácia para a fonte de variação populações, variou de 49,19% para produtividade de grãos (TABELA 1A), a 98,27% para maturação absoluta (TABELA 2A). A precisão experimental aferida pela estimativa do coeficiente de variação (CV) foi de 0,7% (maturação absoluta) a 30,5% (*m+a*' produtividade de grãos), Tabelas 2A e 3A, respectivamente.

O resumo da análise de variância conjunta é apresentado na Tabela 6. Nota-se que, para o caráter produtividade de grãos, todas as fontes de variação foram significativas ( $p \leq 0,05$ ), exceto a interação tripla (G\*P\*L). Para maturação absoluta, somente a interação tripla e as fontes de variação individuais foram significativas. Por seu turno, para os caracteres *m+a*' produtividade de grãos e *m+a*' maturação absoluta, todas as fontes de variação foram significativas. Entretanto, é importante ressaltar, que apesar das interações terem sido significativas, a ênfase será direcionada ao que se obteve na média geral.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância conjunta para os caracteres produtividade de grãos (Prod), maturação absoluta (MA),  $m+a'$  produtividade de grãos ( $m+a'$  Prod) e  $m+a'$  maturação absoluta ( $m+a'$  MA), envolvendo 20 populações segregantes de soja, duas gerações, F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub>, em dois locais, Ijaci e Lavras, MG. Safra 2018/19.

FV	GL	p-valor			
		Prod (kg.ha <sup>-1</sup> )	$m+a'$ Prod	MA (dias)	$m+a'$ MA
Locais (L)	1	0,0002	0,0005	0,0009	0,0000
Blocos/Locais	4	0,2160	0,8163	0,4936	0,0433
Gerações (G)	1	0,0006	-	0,0014	-
G*L	1	0,0443	-	0,0909	-
Erro a	4	-	-	-	-
Populações (P)	19	0,0000	0,0031	0,0000	0,0000
P*L	19	0,0000	0,0171	0,5868	0,0000
Erro b	76	-	-	-	-
G*P	19	0,0040	-	0,2322	-
G*P*L	19	0,0719	-	0,0000	-
Erro c	76	-	-	-	-
CV (%)	-	-	29,5	-	3,57
CV 1 (%)	-	8,4	-	3,2	-
CV 2 (%)	-	15,8	-	2,2	-
CV 3 (%)	-	14,9	-	2,0	-
Fc (Populações)	-	4,03	2,45	57,2	10,07
Acurácia	-	75,19	59,18	98,25	90,07
Média Geral	-	3890,85	4520,71	119,48	114

Fonte: Do autor (2019).

As médias das 20 populações segregantes de soja para produtividade de grãos, maturação absoluta,  $m+a'$  produtividade e  $m+a'$  maturação absoluta, estão apresentadas na Tabela 7. A produtividade de grãos variou de 3227 kg.ha<sup>-1</sup> a 4379 kg.ha<sup>-1</sup>. As populações segregantes 1, 2, 3, 5, 6, 9, 12, 13, 14, 16, 18, 19 e 20 apresentaram as maiores médias fenotípicas (TABELA 7).

O caráter  $m+a'$  produtividade de grãos representa a contribuição dos locos em homozigose para a característica produtividade de grãos, sendo que, quanto maior esse valor, maior a contribuição desses locos para a característica em questão. As estimativas variaram de 2771 a 6080. As populações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 16, 17, 19 e 20 foram superiores em relação as demais (TABELA 7).

Em relação a maturação absoluta, observou-se variação na média geral em 17 dias entre as populações, sendo a população 12 a mais tardia, com 127 dias, e a população 10 a mais precoce com 110 dias, juntamente com as populações 4, 6 e 11, com 111 dias.

O caráter  $m+a'$  maturação absoluta deve ser interpretado de forma inversa, ou seja, os menores valores são os que apresentam maior contribuição dos locos em homozigose para a menor maturação absoluta das populações. As estimativas de  $m+a'$  maturação absoluta variam de 106 a 126 e foram divididas em 3 grupos, sendo as de menor valor as populações 4, 6, 7, 10 e 11 (Tabela 7).

Tabela 7 - Médias fenotípicas conjuntas para os caracteres produtividade de grãos (Prod), maturação absoluta (MA),  $m+a'$  produtividade de grãos ( $m+a'$  Prod) e  $m+a'$  maturação absoluta ( $m+a'$  MA), para 20 populações segregantes de soja, Ijaci e Lavras, MG. Safra 2018/19.

Populações	Prod (kg.ha <sup>-1</sup> )	$m+a'$ Prod	MA (dias)	$m+a'$ MA
1	4029 a	4947 a	121 c	113 b
2	4162 a	5277 a	122 c	115 b
3	3908 a	6080 a	122 c	116 b
4	3407 b	5368 a	111 a	106 a
5	4275 a	5113 a	124 d	117 b
6	4175 a	4763 a	111 a	106 a
7	3280 b	3540 b	112 b	107 a
8	3227 b	2771 b	113 b	112 b
9	4117 a	4816 a	122 c	119 b
10	3747 b	4457 a	110 a	106 a
11	3542 b	3571 b	111 a	107 a
12	4046 a	3920 b	127 e	126 c
13	4165 a	4182 b	122 c	118 b
14	3987 a	4024 b	124 d	115 b
15	3566 b	3674 b	123 c	116 b
16	4144 a	4507 a	122 c	115 b
17	3486 b	5322 a	125 d	116 b
18	4284 a	3735 b	122 c	114 b
19	3890 a	4504 a	124 d	117 b
20	4379 a	5845 a	123 c	114 b

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Considerando a média geral, Ijaci propiciou os maiores valores para os caracteres produtividade de grãos e  $m+a'$  produtividade de grãos, e menores valores para maturação absoluta e  $m+a'$  maturação absoluta. A produtividade de grãos variou 14% entre os locais, sendo que em Ijaci a produtividade foi de 4150 kg.ha<sup>-1</sup>, e em Lavras 3632 kg.ha<sup>-1</sup>. Para  $m+a'$  produtividade a variação foi de 22%, com valores de 4962 em Ijaci e 4080 em Lavras (TABELA 8).

A maturação absoluta média em Ijaci foi de 117 dias, 5 dias a menos quando comparado a de Lavras (122 dias). Para  $m+a'$  maturação absoluta, os valores foram 110 e 117 em Ijaci e Lavras. Ressalta-se que maiores valores de produtividade de grãos e maturação absoluta, corresponderam a maiores valores de  $m+a'$  produtividade de grãos, e  $m+a'$  maturação absoluta (TABELA 8).

Tabela 8 - Médias fenotípicas conjuntas para os caracteres produtividade de grãos (Prod), maturação absoluta (MA),  $m+a'$  produtividade de grãos ( $m+a'$  Prod) e  $m+a'$  maturação absoluta ( $m+a'$  MA), para os locais Ijaci e Lavras, MG. Safra 2018/19.

Locais	Prod (kg.ha <sup>-1</sup> )	$m+a'$ Prod	MA (dias)	$m+a'$ MA
Ijaci	4150 a	4962 a	117 a	110 b
Lavras	3632 b	4080 b	122 b	117 a

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste F.

Fonte: Do autor (2019).

As médias conjuntas para produtividade de grãos e maturação absoluta das gerações F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub> estão apresentadas na Tabela 9. As duas gerações conduzidas de forma contígua permitem inferir sobre a superioridade de uma em relação a outra. Há diferença para os dois caracteres avaliados, sendo que a geração F<sub>4</sub> produziu 4101 kg.ha<sup>-1</sup>, 420 kg.ha<sup>-1</sup> a mais que a geração F<sub>3</sub> com 3681 kg.ha<sup>-1</sup>. Para maturação absoluta houve diferença de três dias. Em média as populações F<sub>3</sub> foram mais tardias.

Tabela 9 - Médias fenotípicas conjuntas para os caracteres produtividade de grãos (Prod) e maturação absoluta (MA), das gerações F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub>. Safra 2018/19.

Gerações	Prod (kg.ha <sup>-1</sup> )	MA (dias)
F <sub>3</sub>	3681 b	121 b
F <sub>4</sub>	4101 a	118 a

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste F.

Fonte: Do autor (2019).

As tabelas de desdobramento das interações significativas para os caracteres avaliados podem ser encontradas nos apêndices, (TABELA 5A, TABELA 6A, TABELA 7A, TABELA 8A, TABELA 9A e TABELA 10A). Ressalta-se que as Tabelas 5A, 6A, 9A e 10A, referem-se às interações gerações ou populações nos respectivos locais de avaliação. Como o foco principal do trabalho não é analisar o desempenho das populações segregantes e das gerações em cada local, a ênfase será dada no âmbito da média geral. No entanto, é oportuno mencionar que essas interações refletiram um comportamento não coincidente quando se analisa cada local separadamente.

As estimativas da Correlação Linear de Pearson para as populações segregantes das fontes de variação individuais, foram obtidas visando correlacionar os caracteres produtividade de grãos com  $m+a'$  produtividade de grãos, e maturação absoluta com  $m+a'$  maturação absoluta. Ambos os valores foram significativos sendo que para a correlação entre a produtividade de grãos o valor foi de 0,66 e para maturação absoluta foi de 0,90.

## 5 DISCUSSÃO

A precisão experimental é imprescindível para o sucesso do programa de melhoramento genético de plantas, haja vista que experimentos precisos geram estimativas mais fidedignas e consequentemente as recomendações são mais seguras. Portanto, para se obter sucesso na seleção, é de fundamental importância que os experimentos tenham elevada precisão experimental (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012). Neste trabalho, a precisão experimental foi aferida por dois métodos distintos, o coeficiente de variação (CV) e a acurácia.

A precisão experimental 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); e a acurácia, considerada alta quando acima de 70%, média entre 30% e 70% e baixa precisão quando inferior a 30% (RESENDE; DUARTE, 2007).

Em todas as análises realizadas observou-se variação na aferição do CV. Neste trabalho, as estimativas para o caráter maturação absoluta foram de baixa magnitude (0,7% a 4,5%), portanto, consideradas ótimas. CV de baixa magnitude para esse caráter também podem ser observados em trabalhos realizados Gesteira et al. (2018) e Pires et al. (2013).

Quando se leva em consideração a precisão pela estimativa da acurácia, o efeito da média é suprimido, sendo essa, a principal vantagem na adoção desta ferramenta para se aferir a precisão experimental (RESENDE; DUARTE, 2007). Pelos resultados obtidos, a acurácia pode ser considerada de média a alta.

Ressalta-se que, para a comparação das gerações  $F_3$  vs  $F_4$  de uma mesma população é necessário reduzir ao máximo a interação genótipos x ambientes. Por essa razão optou-se pelo delineamento em parcelas subdivididas em faixa, de modo a se ter restrição no sorteio e as gerações da mesma população fiquem sempre contíguas. Em trabalhos semelhantes, visando estimar os componentes de média  $m+a'$  conduzidos anteriormente, esse delineamento também foi utilizado (SOUZA SOBRINHO; RAMALHO; SOUZA, 2001; ABREU et al., 2002; TEIXEIRA, 2017). Quando se utiliza esse delineamento tem-se três resíduos (erros). Constatou-se, contudo, que não houve maiores implicações, pois, as estimativas do coeficiente de variação ambiental foram consideradas de ótima a boa. Somente para a característica  $m+a'$  produtividade o CV foi considerado como regular.

De modo geral, as principais diferenças obtidas no experimento são devidas as populações segregantes utilizadas, evidenciando o desempenho individual de cada uma e a variabilidade obtida através das hibridações. Todas as populações segregantes se mostraram promissoras, com produtividade de grãos superior à média nacional, que foi de 3182 kg.ha<sup>-1</sup>,



(CONAB, 2019). Muito embora as populações segregantes de soja sejam de um mesmo programa de melhoramento, há diferenças quanto ao *background* genético (cultivares de diferentes empresas), maturação absoluta e outros atributos, garantido assim, a existência de variabilidade para o presente estudo. Outros trabalhos também reportam essa existência de variação para a cultura da soja (FLECH et al., 2007; REZENDE; CARVALHO, 2007; PIRES et al., 2012).

O objetivo da maioria dos programas de melhoramento de soja é obter cultivares mais produtivas e com menor maturação absoluta. Nota-se que à medida que diminui esse caráter, também há uma redução na produtividade de grãos. Dentre as quatro populações segregantes com menor maturação absoluta (populações 4, 6, 10 e 11), apenas uma se destaca entre as mais produtivas (população 6). De fato, os parentais utilizados nessas hibridações possuem menor maturação absoluta (FMT1 e CD250 RR). Gesteira et al. (2018) realizaram testes de correlação fenotípica entre a produtividade de grãos e maturação absoluta para a cultura da soja, sendo significativo e com alta magnitude (0,7417), demonstrando que genótipos mais tardios foram os mais produtivos, embora seja possível identificar genótipos com menor maturação absoluta e boa produtividade de grãos.

Para os caracteres  $m+a'$  produtividade de grãos e  $m+a'$  maturação absoluta é preciso enfatizar que essas estimativas correspondem à média de todas as linhagens possíveis de um dado cruzamento na geração  $F_{\infty}$  (VENCOVSKY, 1987). As comparações entre estimativas de  $m + a'$ , de diferentes populações, possibilitam classificar as mesmas com relação à frequência média dos alelos favoráveis que estão em homozigose. Quanto maior o valor de  $m + a'$ , maior é a frequência desses alelos (RAMALHO et al., 2012). Neste contexto, a variação ocorreu para ambos os caracteres estimados. As populações 4, 6 e 10 obtiveram maiores valores de  $m+a'$  produtividade de grãos e menores valores de  $m+a'$  maturação absoluta, evidenciando maior contribuição dos alelos favoráveis, sendo possível selecionar as populações segregantes mais promissoras para os caracteres produtividade de grãos e maturação absoluta (TABELA 7).

Em trabalho semelhante na cultura do feijoeiro, Abreu et al. (2002) compararam quatro populações segregantes nas gerações  $F_1$  e  $F_2$  por meio das estimativas de  $m+a'$ . Correlacionando essas estimativas com a média das progênies  $F_{5:7}$  das populações correspondentes, observou-se valor de  $r = 0,97$  evidenciando que a estimativa de  $m+a'$  reflete a média das progênies na geração  $F_{\infty}$ .

Dentre os genitores das três populações segregantes citadas anteriormente (populações 4, 6 e 10), ressalta-se as cultivares CD250RR, TMG123RR e BRSMG780RR e a linhagem FMT1. Gesteira et al. (2015), avaliando 25 cultivares/linhagens de soja na região Sul de Minas

Gerais, identificaram genótipos mais precoces, dentre os quais, a cultivar CD250RR e a linhagem FMT1, destacaram-se pela menor maturação absoluta. A cultivar CD250RR possui grupo de maturação 5.5, sendo considerada superprecoce indicada para cultivos nas regiões sul do Brasil e Paraguai (COODETEC, 2014). A cultivar BRSMG780RR destaca-se pelo elevado potencial produtivo e maior estabilidade de produção na presença de doenças, principalmente por apresentar resistência moderada à ferrugem, o que facilita o manejo da lavoura, evitando ou minimizando perdas de produtividade e reduzindo o custo com o controle químico (EMBRAPA, 2012). A cultivar TMG123RR, além de bom potencial produtivo, apresenta tolerância a chuva na colheita e resistência à doenças como a mancha ‘Olho-de-rã’ (*Cercospora sojina*), e ao nematoide de cisto (*Heterodera glycines*) raças 1 e 3 (BOM FUTURO, 2019).

As estimativas de  $m+a'$  produtividade e maturação absoluta nas populações 4, 6 e 10, remetem ao desempenho dos genitores dessas populações em cruzamentos entre si. Portanto, a média das linhagens obtidas dessas populações na geração  $F_{\infty}$ , avalia o potencial das populações segregantes em relação aos locos que já estão fixados nos genitores, ou seja, a estimativa de  $m+a'$  também corresponde à média dos pais (RAMALHO et al., 2012).

Considerando os dois locais de avaliação das populações segregantes, a variação obtida para todos os caracteres avaliados permite inferir diferenças entre os dois ambientes. A maior produtividade de grãos e  $m+a'$  produtividade de grãos do local Ijaci, pode ser justificada pelos maiores valores de pH e maiores níveis de nutrientes no solo, dentre esses, P (Fósforo) e K (Potássio) (Tabela 2). Os teores desses nutrientes podem justificar as maiores médias de produtividade de grãos. Altas doses de fósforo, além de proporcionar maiores produtividades de grãos de soja, promove maior estímulo ao crescimento e a nodulação das raízes aumentando a eficiência da fixação biológica de nitrogênio. Além disso, o potássio é o segundo nutriente mais exigido na cultura da soja e sua deficiência pode ocasionar má formação das vagens, vagens chochas, grãos pequenos, enrugados e deformados (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015).

Em relação a maturação absoluta, constatou-se diferenças significativas entre os locais avaliados. A menor maturação absoluta e  $m+a'$  maturação absoluta observadas em Ijaci pode ter ocorrido devido a época de semeadura. A semeadura em Lavras e Ijaci foram realizados nos dias 21/10/2018 e 28/11/2018, respectivamente, resultando em um intervalo de 38 dias. Segundo Venturoso et al. (2009) e Cruz et al. (2010), a época de semeadura apresenta forte influência no número de dias para a maturação, reduzindo o ciclo da cultura com o atraso na semeadura. Essa redução no ciclo é devida ao fotoperíodo (número de horas de luz por dia). A soja é uma planta de dias curtos, ou seja, floresce em fotoperíodos menores que um máximo

crítico. Assim, a planta é induzida a florescer se a duração do dia for igual ou inferior àquele valor crítico que caracteriza aquele genótipo. Dessa forma, na presença do comprimento do dia favorável para induzir a expressão dos processos reprodutivos, a planta floresce (SEDIYAMA et al., 2015).

É relevante evidenciar que houve diferença significativa entre as gerações, condição essa, fundamental para se atingir os objetivos nesse trabalho. A maior produtividade de grãos e menor maturação absoluta demonstrados na geração  $F_4$  em detrimento da geração  $F_3$ , evidencia a superioridade de uma em relação a outra. Isso pode ocorrer devido ao maior número de locos já fixados nas populações  $F_4$ . Uma população com maior estimativa de  $m+a'$  possui, em relação à outra, maior ocorrência de locos com alelos favoráveis em homozigose (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). No presente trabalho, a correlação dos caracteres produtividade de grãos (0,66) e maturação absoluta (0,90) com seus respectivos  $m+a'$ , foram considerados de alta magnitude, reforçando a importância dessa estratégia para a seleção das melhores populações segregantes. Correlações compreendidas acima de 0,6 são consideradas de alta magnitude (CARVALHO, LORENCETTI; BENIN, 2004).

Deve-se comentar que as interações envolvendo os locais representam uma variação previsível para fertilidade do solo, por exemplo. Contudo, a ocorrência de chuvas, e as diferenças na temperatura, representam as variações imprevisíveis, isto é, que ocorrem de maneira fortuita, e que o pesquisador não possui controle (SOARES et al., 2015).

As interações  $G \times P$  e  $G \times P \times L$  significativa para produtividade de grãos e maturação absoluta respectivamente, permitem inferir diferenças no comportamento das populações em relação às gerações  $F_3$  e  $F_4$ . Quanto maior a produtividade de grãos da população  $F_4$  em detrimento de  $F_3$ , maior a estimativa de  $m+a'$  (maior a contribuição dos locos favoráveis em homozigose) (RAMALHO et al., 2012).

## 6 CONCLUSÃO

Estimativas de  $m+a'$  para os caracteres produtividade de grãos e maturação absoluta evidenciam diferenças nas contribuições dos locos em homozigose das populações avaliadas, possibilitando a seleção de populações superiores.

As populações FMT1 x FMT2, FMT1 x TMG123RR e CD250RR x BRSMG780RR, apresentam potencial para extração de linhagens por associar maior  $m+a'$  produtividade de grãos e menor  $m+a'$  maturação absoluta.

A população FMT1 x TMG123RR se destaca por ser a única a associar alta produtividade de grãos e  $m+a'$  produtividade de grãos, e menor maturação absoluta e  $m+a'$  maturação absoluta.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, A. D. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. D. Prediction of seed-yield potential of common bean populations. **Genetics and Molecular Biology**, v. 25, n. 3, p. 323-327, 2002.
- ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. 2. ed. New York: J. Wiley & Sons, 1999. 254 p.
- ALMEIDA, L. D. A. D.; FILHO, H. F. L.; MIYASAKA, S. Características do feijão carioca, um no cultivar. **Bragantia**, v. 30, 1971.
- APROSOJA. Associação dos Produtores de Soja e Milho do Estado de Mato Grosso. **A história da soja**. 2014. Disponível em: < (<https://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/a-historia-da-soja/>) >. Acesso em: 20 jan. 2019.
- BAENZIGER, P. S.; PETERSON, C. J. Genetic variation: It's origin and use for breeding self-pollinated species. In: STALKER, H.T; MURPHY, J.P. **Plant breeding in the 1990's**, 1991. p. 69-100.
- BAYER. **INTACTA 2 XTEND**. 2018. Disponível em: < <https://www.bayer.com.br/midia/sala-de-imprensa/crop-science/releases/intacta-2-xtend-sera-apresentada-em-campo-pela-primeira-vez-durante-o-evento-gigantes-da-soja.php> >. Acesso em: 22 mar. 2019.
- BAYER. **Agricultura**. 2016. Disponível em: < <https://www.basf.com/br/pt/products-and-industries/agriculture.html> >. Acesso em: 22 nov 2016.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2 ed. Minnesota: Woodbury, 2010. p. 400.
- BOM FUTURO. Grupo Bom Futuro Sementes. **Sementes/Soja: TMG123RR**. 2019. Disponível em: < <http://www.bomfuturo.com.br/sementes/sementes/soja/tmg-123-rr> >. Acesso em: 01 jul. 2019.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; NETO, R. F. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: UFV, 2017. p. 543.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 6. ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 2013. p. 529.
- BOTELHO, F. B. S. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1437-1442, 2007.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; ENIO, M.; LEANDRO SOUZA DA, S.; MARCOS, T. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 3, p. 336-343, 2012.

CARVALHO, A.; KRUG, C. A.; MENDES, C. A.; FILHO, J. E. T. A.; MORAES, H.; SOBRINHO, H. D. A.; MORAES, J.; ROCHA, M. V. D. Melhoramento do cafeeiro: IV. Café Mundo Novo. **Bragantia**, v. 12, p. 97-129, 1952.

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

CLIMATE-DATA. **Dados climáticos para cidades mundiais**. 2016. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org> >. Acesso em: 05 jan. 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, 2019. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br> >. Acesso em: 06 abr. 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. 2017. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br> >. Acesso em: 02 maio 2019.

COODETEC. Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola. **Guia de Produtos Soja: Sul e Paraguai**. 2014. Disponível em: < [http://www.coodetec.com.br/downloads/Guia\\_de\\_produtos\\_Soja\\_-\\_Sul\\_e\\_Paraguai.pdf](http://www.coodetec.com.br/downloads/Guia_de_produtos_Soja_-_Sul_e_Paraguai.pdf) >. Acesso em: 01 jul. 2019.

CORTEVA AGRISCIENCE. **Tecnologias**. 2019. Disponível em: < <https://www.corteva.com.br/produtos-e-servicos/tecnologias/sistema-enlist.html> >. Acesso em: 05 maio 2019.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3 ed; Viçosa: UFV, 2004. v. 1.

CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C.; PEIXOTO, M. F. S. P. Componentes de produção de soja em diferentes épocas de semeadura, no oeste da Bahia. **Bioscience Journal**, v. 26, p. 709-716, 2010.

CTNBIO. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Processo de OGM**. Brasília, 2017. Disponível em: < <http://ctnbio.mcti.gov.br/processo-de-ogm> >. Acesso em: 08 jul. 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **BRSMG 780Frr: cultivar de soja transgênica**. Londrina - PR, 2012. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/922174/brsmg-780frr-cultivar-de-soja-transgenica> >. Acesso em: 01 jul. 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil**. 2005. Disponível em: < <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm> >. Acesso em: 19 maio 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. D.; SANTOS, M. X. D.; RAMALHO, M. A. P. Métodos de avaliação da divergência genética em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 1189-1194, set. 1995.

FLECH, N. G.; LAMEGO, F. P.; SCHAEGLER, C. E.; FERREIRA, F. B. Resposta de cultivares de soja à competição com cultivar simuladora da infestação de plantas concorrentes. **Scientia Agraria** v. 8, p. 213- 218, 2007.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.7, n.12, p. 1-12, 2011. 2011.

GESTEIRA, G. D. S.; BRUZI, A. T.; ZITO, R. K.; FRONZA, V.; ARANTES, N. E. **Data from:** Selection of early soybean inbred lines using multiple indices. Dryad Digital, Repository, 2018.

GESTEIRA, G. D. S.; ZAMBIAZZI, E. V.; BRUZI, A. T.; SOARES, I. O.; REZENDE, P. M. D.; SILVA, K. B. Seleção fenotípica de cultivares de soja precoce para a região Sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, n. 3, 2015.

HUNNICUTT, B. H. **O milho, sua cultura e aproveitamento no Brasil**. Rio de Janeiro: Leite Ribeiro, 1924. p. 243.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@**. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=313820>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 16 maio 2019.

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

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

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

MONSANTO. **História**. Brasil, 2016. Disponível em: <<http://www.monsanto.com/global/br/quem-somos/pages/historia.aspx>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

OTUBO, S. T.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. D. F. B.; DOS SANTOS, J. B. Genetic control of low temperature tolerance in germination of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, v. 89, n. 3, p. 313-317, 1996.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15 ed. Piracicaba: ESALQ, 2009. p. 451.

- PIRES, L. P. M.; PELUZIO, J. M.; CANCELLIER, L. L.; SANTOS, G. R. R.; COLOMBO, G. A.; AFFÉRI, F. S. Performance Of Soybean Genotypes In Central-South Region On Tocantins State, Crop Season 2009/2010. **Bioscience Journal (Online)**, v. 23, p. 214-223, 2012.
- PIRES, L. P. M.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. D. 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, G. L.; ESKRIDGE, K. M.; SPECTH, J. E.; GRAEF, G. L. Elite Performance for Grain Yield from Unadapted Exotic Soybean Germplasm in Three Cycles of a Recurrent Selection Experiment. **Crop Science**, v. 54, p. 2536-2546, 2014.
- PULCINELLI, C. E. **Herança do teor de proteína em soja**. 1992. 67 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 1992.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 17 ago. 2018.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. D. F. B.; SANTOS, J. B. D.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. v. 1. p. 522.
- RESENDE, M. D. V. D.; DUARTE, J. B. Precision and Quality Control in Variety Trials. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.
- REZENDE, P. M. D.; CARVALHO, E. D. A. Avaliação de cultivares de soja [Glycine max (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1616-1623, 2007.
- ROSSMANN, H. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população de soja avaliada em quatro anos**. 2001. 91 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2001.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.
- 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, p. 177-185, 1997.
- SEDIYAMA, T. **Melhoramento Genético da Soja**. Londrina: Mecenaz, 2015. p. 352.
- SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja do Plantio à Colheita**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2015. p. 333.
- SILVA, K. B.; BRUZI, A. T.; ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E. V.; SOARES, I. O.; REZENDE, P. M. D.; FRONZA, V.; VILELA, G. L. D.; BOTELHO, F. B. S.; TEIXEIRA, C. M.; COELHO, M. A. D. O. 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. D.; 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.

SOUZA SOBRINHO, F.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA, J. C. Genetic diversity and inbreeding potential of maize commercial hybrids. **Maydica**, v. 46, p. 171-175, 2001.

TEIXEIRA, R. D. K. S. **Controle genético da taxa de acúmulo de matéria seca em grãos de milhos tropicais**. 2017. 103 p. Tese (Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

TRILLER, C. **Previsão do potencial genético de cruzamentos em soja pela geração F3**. 1994. 133 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 1994.

UNFRIED, J. R.; BRAGA, N. R. Os desafios da soja tropical no Brasil. In: SIQUERI, F.; CAJU, J.; MOREIRA, M. (Ed.). **Boletim de pesquisa de soja**. Rondonópolis: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, 2011. 492 p.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VEGAS, G. (Eds.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 137-209.

VENTUROSOS, L. R.; CARON, B. O.; SCHIMIDT, D.; BERGAMIN, A. C.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; JAKELAITIS, A. Efeito da época de semeadura sobre caracteres agrônômicos em cultivares de soja em Rolim de Moura – RO. **Bioscience Journal**, v. 25, p. 73-81, 2009.

ZHAO, S.J.; ZHANG, M.-C.; JIANG, C.-Z.; YANG, C.-Y.; LIU, B.-Q.; CUI, J. 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.

ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRONZA, V.; SÁ, M. E. L. D.; PÁDUA, G. P. D.; ZANETTI, A. L.; JUHÁSZ, A. C. P. Tecnologias para o Cerrado Mineiro. **Informe Agropecuário**, v. 32, p. 116, 2011.

## APÊNDICES

Tabela 1A - Resumo da análise de variância individual para produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) dos locais Ijaci e Lavras, MG, nas gerações F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub>. Safra 2018/19.

FV	GL	p-valor			
		F <sub>3</sub> - Ijaci	F <sub>4</sub> - Ijaci	F <sub>3</sub> - Lavras	F <sub>4</sub> - Lavras
Blocos	2	0,6969	0,4765	0,6088	0,9047
Populações	19	0,0013	0,0374	0,0022	0,0000
erro	38	-	-	-	-
CV (%)	-	14,0	16,2	17,3	13,2
Fc (Populações)	-	3,15	1,97	2,96	5,07
Acurácia	-	68,28	49,19	66,22	80,26
Média geral:	-	3879	4420	3483	3781

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 2A - Resumo da análise de variância individual para maturação absoluta (dias) dos locais Ijaci e Lavras, MG, nas gerações F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub>. Safra 2018/19.

FV	GL	p-valor			
		F <sub>3</sub> - Ijaci	F <sub>4</sub> - Ijaci	F <sub>3</sub> - Lavras	F <sub>4</sub> - Lavras
Blocos	2	0,0047	0,4140	0,5866	0,0495
Populações	19	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
erro	38	-	-	-	-
CV (%)	-	2,1	0,7	3,1	1,6
Fc (Populações)	-	24,94	57,81	5,12	43,89
Acurácia	-	95,99	98,27	80,48	97,72
Média geral:	-	120	115	123	120

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 3A - Resumo da análise de variância individual para os caracteres  $m+a'$  produtividade de grãos ( $m+a'$  Prod) e  $m+a'$  maturação absoluta ( $m+a'$  MA) dos locais Ijaci e Lavras, MG. Safra 2018/19.

FV	GL	p-valor			
		Ijaci $m+a'$ Prod (kg.ha-1)	Ijaci $m+a'$ MA (dias)	Lavras $m+a'$ Prod (kg.ha-1)	Lavras $m+a'$ MA (dias)
Blocos	2	0,5557	0,0005	0,9893	0,2717
Populações	19	0,0168	0,0100	0,0180	0,0000
Erro	38	-	-	-	-
CV (%)	-	30,5	2,0	27,5	4,5
Fc (Populações)	-	2,24	2,42	2,22	11,55
Acurácia	-	55,40	58,69	54,91	91,34
Média geral	-	4962	110	4080	117

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 4A - Resumo da análise de variância em faixa para os caracteres produtividade de grãos (Prod) e maturação absoluta (MA), envolvendo 20 populações segregantes de soja e duas gerações, F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub>, nos locais Ijaci e Lavras, MG. Safra 2018/19.

FV	GL	p-valor			
		Ijaci - Prod (kg.ha <sup>-1</sup> )	Ijaci - MA (dias)	Lavras - Prod (kg.ha <sup>-1</sup> )	Lavras - MA (dias)
Blocos	2	0,3524	0,6115	0,1758	0,2697
Gerações (G)	1	0,0192	0,0308	0,0134	0,0225
Erro a	2				
Populações (P)	19	0,0180	0,0000	0,0000	0,0000
Erro b	38				
G*P	19	0,0061	0,0000	0,3160	0,0284
Erro c	38				
CV 1 (%)		10,1	4,2	5,3	1,9
CV 2 (%)		15,6	1,7	15,9	2,5
CV 3 (%)		15,0	1,4	14,6	2,4
Fc (Populações)		2,22	42,11	6,03	23,24
Acurácia		54,93	97,63	83,41	95,70
Média geral:		4150	117	3632	122

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 5A - Desdobramento para produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) das interações gerações dentro de cada local, e de locais dentro de cada geração, Ijaci e Lavras, MG. Safra 2018/19.

GERAÇÕES	Ijaci	Lavras
F <sub>3</sub>	3879 bA	3483 bB
F <sub>4</sub>	4420 aA	3781 aB

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste F.

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 6A - Desdobramento para produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) das interações populações dentro de cada local, e de locais dentro de cada população, Ijaci e Lavras, MG. Safra 2018/19.

Populações	Ijaci	Lavras
1	4306 aA	3751 bA
2	4686 aA	3639 bB
3	3817 bA	4000 aA
4	3841 bA	2973 cB
5	4149 bA	4401 aA
6	5205 aA	3145 cB
7	3710 bA	2850 cB
8	4021 bA	2434 cB
9	4486 aA	3747 bB
10	4014 bA	3480 bA
11	3988 bA	3097 cB
12	4471 aA	3622 bB
13	3716 bB	4615 aA
14	3783 bA	4191 aA
15	3631 bA	3502 bA
16	4131 bA	4157 aA
17	3954 bA	3018 cB
18	4424 aA	4144 aA
19	4159 bA	3620 bA
20	4501 aA	4257 aA

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 7A - Desdobramento para produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) das interações populações dentro de cada geração, e de gerações dentro de cada população, Ijaci e Lavras, MG. Safra 2018/19.

Populações	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>
1	3723 aA	4335 aA
2	3791 aB	4534 aA
3	3185 bB	4632 aA
4	2753 bB	4061 aA
5	3995 aA	4554 aA
6	3979 aA	4371 aA
7	3194 bA	3367 bA
8	3379 bA	3075 bA
9	3884 aA	4350 aA
10	3510 bA	3984 aA
11	3533 bA	3552 bA
12	4089 aA	4004 aA
13	4160 aA	4171 aA
14	3975 aA	3999 aA
15	3530 bA	3602 bA
16	4022 aA	4265 aA
17	2874 bB	4098 aA
18	4467 aA	4101 aA
19	3685 aA	4094 aA
20	3891 aB	4868 aA

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 8A - Desdobramento para maturação absoluta (dias) das interações populações dentro de cada geração e local, e de gerações dentro de cada população e local, compreendendo 20 populações segregantes de soja, nas gerações F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub> e locais Ijaci e Lavras, MG. Safra 2018/19.

Populações	Ijaci		Lavras	
	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>
1	123 bB	117 bA	124 bB	119 bA
2	124 bB	117 bA	126 bA	123 bA
3	122 bB	117 bA	125 bA	123 bA
4	111 aA	110 aA	116 aB	108 aA
5	126 bB	117 bA	128 bA	127 cA
6	108 aA	108 aA	117 aB	110 aA
7	110 aA	110 aA	117 aB	111 aA
8	111 aA	113 aA	117 aA	113 aA
9	125 bB	117 bA	122 bA	125 cA
10	108 aA	108 aA	114 aB	109 aA
11	109 aA	109 aA	116 aB	110 aA
12	127 bB	119 bA	127 bA	133 dB
13	124 bB	117 bA	123 bA	125 cA
14	125 bB	117 bA	129 bB	125 cA
15	125 bB	117 bA	126 bA	125 cA
16	122 bB	117 bA	127 bA	123 bA
17	128 bB	117 bA	127 bA	126 cA
18	123 bB	117 bA	126 bB	122 bA
19	124 bB	117 bA	128 bA	126 cA
20	124 bB	116 bA	126 bA	123 bA

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 9A - Desdobramento das estimativas de  $m+a'$  produtividade das interações populações dentro de cada local, e de locais dentro de cada população, Ijaci e Lavras, MG. Safra 2018/19.

Populações	$m+a'$ Ijaci	$m+a'$ Lavras
1	6872 aA	3022 bB
2	5717 aA	4837 aA
3	7455 aA	4704 aB
4	6779 aA	3957 aB
5	5303 aA	4923 aA
6	6858 aA	2669 bB
7	4321 bA	2760 bA
8	3718 bA	1825 bA
9	4869 bA	4762 aA
10	4462 bA	4452 aA
11	3983 bA	3160 bA
12	3817 bA	4023 aA
13	3719 bA	4645 aA
14	3515 bA	4532 aA
15	3639 bA	3708 bA
16	4032 bA	4983 aA
17	5884 aA	4759 aA
18	3877 bA	3592 bA
19	4177 bA	4831 aA
20	6237 aA	5453 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).



Tabela 10A - Desdobramento das estimativas de  $m+a'$  maturação absoluta das interações populações dentro de cada local, e de locais dentro de cada população, Ijaci e Lavras, MG.

Populações	$m+a'$ Ijaci	$m+a'$ Lavras
1	111 aA	115 cA
2	110 aB	120 cA
3	112 aB	121 cA
4	112 aA	101 dB
5	108 aB	126 bA
6	108 aA	103 dA
7	110 aA	104 dA
8	115 aA	109 dA
9	109 aB	128 bA
10	108 aA	103 dA
11	109 aA	104 dA
12	112 aB	140 aA
13	110 aB	127 bA
14	109 aB	121 cA
15	109 aB	123 bA
16	112 aA	119 cA
17	106 aB	125 bA
18	111 aA	117 cA
19	110 aB	124 bA
20	108 aB	120 cA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).