



**VINICIUS SAMUEL MARTINS**

**PROGÊNIES PRECOCES E TARDIAS DE SOJA DE UM  
MESMO *BACKGROUND* GENÉTICO**

**LAVRAS - MG  
2020**

**VINICIUS SAMUEL MARTINS**

**PROGÊNIES PRECOCES E TARDIAS DE SOJA DE UM MESMO *BACKGROUND*  
GENÉTICO**

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

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2020**

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

Martins, Vinicius Samuel.

Progênie precoces e tardias de soja de um mesmo *background*  
genético / Vinicius Samuel Martins. - 2020.

61 p. : il.

Orientador(a): Adriano Teodoro Bruzi.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Parâmetros genéticos e fenotípicos. 2. Período reprodutivo.  
3. Incremento diário de produtividade. I. Bruzi, Adriano Teodoro.  
II. Título.

**VINICIUS SAMUEL MARTINS**

**PROGÊNIES PRECOCES E TARDIAS DE SOJA DE UM MESMO *BACKGROUND*  
GENÉTICO**

**EARLY AND LATE-MATURITY PROGENIES SOYBEAN FROM THE  
SAME GENETIC BACKGROUND**

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

APROVADO em 31 de janeiro de 2020.

Prof. Dr. Carlos Eduardo Pulcinelli (UFLA)  
Dr. Hélia Alves de Mendonça (MAPA)

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2020**

*A DEUS por todas as pessoas, graças e presentes  
recebidos do alto;*

*Aos meus pais Vicente e Marlene pelo EXEMPLO de vida  
que representam para mim;*

*Aos meus irmãos Vanessa e Leandro pela UNIÃO;*

*A minha namorada Leticia por todo CARINHO;*

*Aos meus amigos pela FORÇA;*

*Aos meus sobrinhos e afilhados pela ESPERANÇA;*

*A meu orientador Bruzi por todo APRENDIZADO;*

***Dedico...***

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pela graça e oportunidade de estudar e estar finalizando o mestrado, pelo conhecimento e aprendizado durante este período de muitas batalhas e de muitas vitórias também.

Agradeço a minha família, meu Pai Vicente **o maior professor** que já tive e minha mãe Marlene pelo exemplo de **humildade e perseverança**, por todo apoio, paciência e compreensão nesta trajetória iniciada em meados de 2017.

Agradeço a meus irmãos Leandro e Vanessa pela ajuda, ao Rafael, o qual considero como um irmão e parte da família. Por todos ensinamentos, conselhos e socorros em que juntos contribuíram muito neste período de estudos. Agradeço muito a vocês e pela nossa união.

A minha namorada Letícia por todo amor, carinho, companheirismo nesta trajetória de desafios onde participou de momentos decisivos...gratidão.

Ao professor Luciano pelos conselhos, ensinamentos e amizade. Ao pesquisador Sebastião e hoje professor (UFLA), pela oportunidade de conhecer genética e melhoramento de plantas durante o período da graduação.

Agradeço a todos meus amigos que contribuíram nesta trajetória, mas, principalmente aos amigos de fé do grupo de oração Renascer e a todos do Ministério Universidades Renovadas (MUR). A paróquia Nossa Senhora de Fátima pelo acolhimento e força. Ao Padre Samuel pelos conselhos e acompanhamento na minha vida.

Agradeço a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas por todo conhecimento. Ao professor Magno pela oportunidade do estágio e de apresentar em alto nível a “Genética” de plantas.

Agradeço aos meus amigos do GEN e todos colegas de classe pela nossa amizade, incentivo e principalmente aos ensinamentos e contribuições em meus estudos e na conclusão deste trabalho.

Agradeço a todos servidores e técnicos do setor de grandes culturas pelo profissionalismo e empenho nos experimentos. De forma especial pela amizade construída com a senhora Iroldina.

Agradeço ao meu orientador Adriano Teodoro Bruzi, pelos ensinamentos adquiridos, ao exemplo de profissional, pelo mérito deste estudo e na persistência em seus objetivos. Vale ressaltar também, à excelente atuação ao corpo docente da UFLA. E não tem como esquecer do grupo pesquisa soja/UFLA, grupo brilhante, sem a dedicação de vocês nada seria possível.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

**MEU MUITO OBRIGADO!!!**

## RESUMO

O alto desempenho produtivo das cultivares de soja é atribuído ao melhoramento genético da cultura no Brasil, seja na obtenção ou na seleção de genótipos superiores. Para seleção de genótipos e na recomendação de cultivares são avaliados vários caracteres. Alguns são amplamente estudados pelos pesquisadores e melhoristas de soja sobretudo a maturação absoluta e rendimento de grãos, uma vez que o cenário agrícola brasileiro possibilita o cultivo de mais de uma safra no mesmo ano agrícola. Assim, espera-se que cultivares de soja apresentem além do bom desempenho produtivo, maturação absoluta cada vez menor, isto é, ciclo reduzido, buscando atender a demanda atual dos produtores para melhor otimização da segunda safra. Estes caracteres são de natureza quantitativa. As cultivares tardias de soja apresentam melhor desempenho produtivo, porém, através de estudos recentes relacionados ao ciclo da cultura, é possível selecionar genótipos que associem alto rendimento de grãos e menor maturação absoluta. Desta forma, objetivou-se estimar parâmetros genéticos e fenotípicos entre progênies  $F_{2:3}$  de soja, obter informações da associação entre os caracteres referente a maturação absoluta e produtividade de grãos e comparar progênies precoces (PP) e progênies tardias (PT) de soja oriundas de um mesmo *background* genético para caracteres agronômicos. Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, na safra primavera-verão 2018/2019. Os caracteres avaliados foram produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR), a relação período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) e incremento diário de produtividade (IDP). As análises estatísticas foram realizadas com pacote ASReml-R do ambiente R. Os parâmetros estimados foram  $\hat{\sigma}_G^2$ ,  $\hat{\sigma}_A^2$  e  $\hat{\sigma}_{G \times A}^2$ , a correlação genotípica, o ganho esperado com a seleção, a resposta correlacionada, o grupo de maturidade relativa das progênies, bem como às médias BLUPs para cada um dos caracteres. Existe variabilidade genética entre as progênies para os caracteres, exceto para a relação PR/PV e IDP, possibilitando realizar a seleção de indivíduos superiores. No desdobramento entre as PP e as PT há ocorrência de variabilidade para alguns caracteres. O contraste PP vs PT, evidencia em média comportamento distintos entre os dois grupos. É observado interação genótipos x ambientes (G x A) para os caracteres. Existe associação positiva e significativa entre os caracteres DPM, PR e a relação PR/PV para rendimento de grãos. A seleção das progênies precoces resulta também na redução da expressão dos caracteres DPF, PV e DPM, PR, a relação PR/PV e produtividade de grãos. As amplitudes das médias BLUPs, denotam existência de variabilidade entre as PP e PT, principalmente para os caracteres PR, DPM e grupo de maturidade relativa. Não é observado em média diferença entre o grupo das PP e PT para o caráter IDP. Contudo, é possível selecionar progênies precoces que associem maior período reprodutivo, bem como a relação PR/PV e por consonância maior rendimento de grãos.

**Palavras-chave:** *Glycine Max* (L.) Merrill; Parâmetros genéticos e fenotípicos; Período reprodutivo; Incremento diário de produtividade; Genética quantitativa.

## ABSTRACT

The high yield performance of soybean cultivars is attributed to the genetic improvement of soybean in Brazil, due to the breeding programs. Many interested traits of are considered in combination for the genotypes selection and full new cultivars. Release are widely studied by researchers and specialists in soybeans, as maturity and yield. Once the Brazilian agricultural crop system, allows the growth of a succession crop in the same agricultural year, and in this scenario the short cycle varieties are important to optimize the system. Thus, it is expected that soybeans present in addition to good performance, early full maturity, what means, short cycle what meets the growers demands to optimize the production system. These are quantitative traits. As late is the crop cycle as better is the yield performance, however, recent studies related to the crop cycle, shows that it is possible to select high grain yield associated with early maturity. In this way, we aim to estimate genetic and phenotypic parameters, to obtain information on the association between traits related to full maturity and yield performance. To study and compare early-maturity progenies (PP) and late-maturity progenies (PT) from the same genetic background. The trials were carried out in Lavras-MG and Ijaci-MG, in the spring-summer 2018/2019 crop season. The evaluated traits were yield (PROD), days for flowering (DPF), cycle (DPM), vegetative period (PV), reproductive period (PR), a relation between reproductive and vegetative period (PR/PV) and daily yield increment (IDP). The estimated parameters were  $\sigma_G^2$ ,  $\sigma_A^2$  e  $\sigma_{G \times A}^2$ , genetic correlations, expected gains with selection, correlated response, relative maturity group, as well as BLUPs means for the considered traits. Variability is available between progenies for all traits, except for the PR/PV ratio, allowing the selection of improved lines. In the contrast between PP and PT varies by some traits. The PP vs PT contrast, shows distinct behavior between the two groups. Genotype x environment interaction (G X A) is observed for the traits in all sources of variation. There is a positive and significant association between the traits DPM, PR and a PR/PV ratio for yield. The selection of the early maturity progenies also results in reduced expression of the traits DPF, PV and DPM, PR, a PR/PV ratio and yield. The mean BLUPs intervals shows genetic variation between PP and PT, mainly for the traits PR, DPM and relative maturity group. There is no average difference between the PP and PT group for IDP well as the PR/PV ratio with the high yield.

**Keywords:** Glycine Max (L.) Merrill; Genetic and phenotypic parameters; Reproductive period; Daily yield increment; Quantitative genetics.

## LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1 - Variações mensais de precipitação (mm) e temperatura média (°C) no período de outubro (esquerda) a abril (direita) da safra 2018/2019, em Ijaci-MG e Lavras-MG. .... 24
- Figura 2 - Distribuição de frequências das médias BLUPs associadas aos caracteres agronômicos entre progênies  $F_{2:3}$  de soja, referente a análise conjunta nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, na safra 2018/19. A- Produtividade de grãos (Kg/ha), B- Florescimento (Dias), C- Maturação absoluta (Dias), D- Período vegetativo (Dias), E- Período reprodutivo (Dias), F- Relação período reprodutivo e vegetativo, G- Grupo de Maturidade relativa e H- Incremento diário de produtividade (IDP). .... 35
- Figura 3 - Gráfico de dispersão entre progênies  $F_{2:3}$  de soja, progênies precoces (PP) e tardias (PT), linha tracejada na horizontal (Média) para produtividade de grãos (PROD) e na vertical (Média) para o caráter período reprodutivo (PR), nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, safra 2018/19. .... 38
- Figura 4 - Gráfico de dispersão entre progênies  $F_{2:3}$  de soja, progênies precoces (PP) e tardias (PT), linha tracejada na horizontal (Média) para produtividade de grãos (PROD) e na vertical (Média) para o caráter dias para maturação absoluta (DPM), nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, safra 2018/19. .... 38

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Resumo da análise conjunta de parâmetros genéticos e fenotípicos associados aos caracteres agronômicos produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR), a relação do período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) e incremento diário de produtividade (IDP), entre progênies F<sub>2:3</sub> de soja nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, na safra 2018/19. .... 33
- Tabela 2- Estimativas conjuntas de médias BLUPs, máximo, mínimo e amplitude associados aos caracteres agronômicos produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR), a relação do período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) e incremento diário de produtividade (IDP), referente a análise conjunta entre progênies F<sub>2:3</sub> de soja e do desdobramento em progênies precoces e tardias nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, na safra 2018/19. .... 36
- Tabela 3 - Estimativas de correlação genotípica associados aos caracteres agronômicos avaliados. Dados referente a análise conjunta entre progênies F<sub>2:3</sub> de soja, nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, na safra 2018/19. .... 37
- Tabela 4 - Estimativas de ganho esperado com a seleção em porcentagem (%) para os caracteres produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR) e a relação do período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) referente a análise conjunta entre progênies F<sub>2:3</sub> de soja nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, safra 2018/19. .... 39
- Tabela 5 - Estimativas de ganho esperado com a seleção em porcentagem (%) para os caracteres produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR) e a relação do período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) referente a análise conjunta do

desdobramento em progênies precoces (PP) e progênies tardias (PT) nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, safra 2018/19. .... 40

Tabela 6 - Estimativas de resposta correlacionada para seleção quanto à maturação absoluta para os caracteres produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR) e a relação do período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) referente a análise conjunta entre progênies F<sub>2:3</sub> de soja nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, safra 2018/19. .... 41

## ANEXO A

Tabela 1 A - Resumo da análise individual de parâmetros genéticos e fenotípicos associados aos caracteres agrônômicos produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR), a relação período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) e incremento diário de produtividade (IDP) entre progênies F<sub>2:3</sub> de soja no município de Lavras-MG, safra 2018/19. .... 56

Tabela 2 A - Resumo da análise individual de parâmetros genéticos e fenotípicos associados aos caracteres agrônômicos produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR), a relação período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) e incremento diário de produtividade (IDP) entre progênies F<sub>2:3</sub> de soja no município de Ijaci-MG, safra 2018/19. .... 57

Tabela 3 A - Médias BLUPs da análise conjunta associados aos caracteres agrônômicos como produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR), relação período reprodutivo e vegetativo (PR/PV), incremento diário de produtividade (IDP) e grupo de maturação relativa (M.R.) entre progênies F<sub>2:3</sub> de soja nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, na safra 2018/19. .... 58

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 A cultura da soja no Brasil passado, presente e futuro.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Fatores ambientais que influenciam o florescimento da soja .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.1 Altitude .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.2 Latitude .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.3 Temperatura (°C) .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.4 Umidade.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.5 Fotoperíodo .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Controle genético do florescimento em soja.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4 Associação entre maturação absoluta e produtividade de grãos em soja .....</b>	<b>21</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Escolha de genitores .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Obtenção das populações segregante e progênes.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3 Condução dos Experimentos .....</b>	<b>24</b>
<b>3.4 Análise Estatística.....</b>	<b>26</b>
<b>3.5 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos.....</b>	<b>27</b>
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os programas de melhoramento genético em soja no Brasil têm contribuído para o alto desempenho produtivo das novas cultivares. O cenário agrícola brasileiro permite o cultivo de duas safras no mesmo ano agrícola. Neste contexto, o exemplo de maior sucesso é a adoção da cultura da soja em primavera verão com posterior cultivo da cultura do milho na segunda safra. É oportuno que as cultivares de soja associem alto rendimento de grãos e menor maturação absoluta, isto é, “precocidade”, para atender a demanda atual dos produtores e otimizar a segunda safra, sobretudo aos efeitos das oscilações climáticas e pressão de patógenos (GESTEIRA, et al., 2015; SILVA, 2018).

Recentemente, Todeschini et al (2019) evidenciam que no contexto da cultura da soja têm-se progresso genético expressivo para os principais atributos agronômicos da cultura. Os autores destacam também que caracteres morfológicos e fenológicos foram trabalhados ao longo de mais de 40 anos de melhoramento. No passado, havia o predomínio de cultivares de hábito determinado e ciclo tardio. Atualmente, têm-se predomínio de cultivares de ciclo precoce e hábito de crescimento do tipo indeterminado e semi-determinado. Um questionamento que surge então se perfaz na relação entre os estádios fenológicos da cultura. Está evidente que o melhoramento genético foi direcionado para se incrementar o período reprodutivo. Assim deve-se voltar esforços em estudos nas fases fenológicas como período vegetativo (PV) e reprodutivo (PR), bem como hábito de crescimento, para se maximizar os ganhos genéticos na cultura (RIBEIRO, 2018; TODESCHINI et al., 2019).

Os caracteres produtividade de grãos e maturação absoluta são quantitativos e altamente sujeitos a ação do ambiente (RAMALHO et al., 2012; LEITE et al., 2015). A associação entre produtividade de grãos e maturação absoluta é positiva, muito embora não seja absoluta. Diversos trabalhos demonstram que cultivares tardias de soja são mais produtivas devido ao maior ciclo, isto é, a possibilidade de realizar fotossíntese por um maior período e acúmulo de fotoassimilados, gerando mais energia e por consonância maiores produtividades (SEDIYAMA, 2015; GESTEIRA et al., 2018; SILVA, 2018). Deve-se enfatizar que estes relatos reportados na literatura são de genótipos obtidos em diferentes populações/cruzamentos. É oportuno avaliar progênies de soja precoce e tardia de um mesmo *background* genético visando nortear estratégias para os programas de melhoramento genético em soja no Brasil. Isto é, mensurar se existe diferença no potencial agronômico entre progênies contrastantes para maturação absoluta, como também quantificar o incremento diário de produtividade.

Está evidente então que cultivares tardias apresentam um maior potencial produtivo. Contudo, como a ênfase dos programas de melhoramento genético da soja atualmente é desenvolver cultivares precoce sobretudo para atender as demandas do sistema de produção das culturas anuais, objetivou-se estimar parâmetros genéticos e fenotípicos entre progênies  $F_{2:3}$  de soja, obter informações da associação entre os caracteres referente a maturação absoluta e produtividade de grãos e comparar progênies precoces (PP) e progênies tardias (PT) de soja oriundas de um mesmo *background* genético para caracteres agronômicos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura da soja no Brasil passado, presente e futuro.

Evidências demonstram que o centro de origem da cultura da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) é o nordeste da China, sendo domesticada no século XI a.C. (SILVA et al., 2017). A sua introdução em terras brasileiras foi em 1882 no Estado da Bahia.

Os plantios comerciais de soja iniciaram na região das missões no Rio Grande do Sul tendo como centro o município de Santa Rosa conhecido como o “berço nacional da soja”. Os primeiros registros expressivos de produção do grão foram a partir de 1950. Na década de 60 a cultura já era considerada secundária ao trigo (EMBRAPA, 1987).

Por acessos oriundos dos Estados Unidos a soja apresentava-se com boa adaptação na região sul do Brasil tendo restrições para sua expansão no país. Com o avanço da genética e do melhoramento na obtenção de cultivares mais adaptadas para regiões de baixa latitude foi possível cultivar em áreas impróprias para a cultura, destacando a região do centro oeste que apresenta nos dias atuais boa aptidão agrícola (TODESCHINI, 2018).

Houve um incremento de 1,5% em área plantada da cultura em relação à safra 2018/2019. Atualmente a cultura ocupa uma área 36,8 milhões de hectares representando 57,3% da área de 64,2 milhões de hectares semeadas de grãos no país de acordo com o quarto levantamento da safra 2019/20 realizado em janeiro deste ano pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020). A produção na safra vigente 2019/20 está estimada em 122,2 milhões de toneladas. Desta maneira, ao manter estes índices postula o Brasil sendo o maior produtor de soja do mundo pela primeira vez na história. As estimativas americanas indicam que nosso país terá incremento em produção de 6,9% com 123 milhões de toneladas do grão na atual safra, sendo o Brasil o maior produtor seguido de Estados Unidos e da Argentina, com participações de 36,5, 28,7 e 15,7%, respectivamente (USDA, 2019). O incremento em área plantada será de 2,6% e para a produção total do grão de 6,3% em relação à safra anterior. (CONAB, 2020).

Os estados com maior produção do grão são Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás e Mato Grosso do Sul são os principais produtores nacionais de soja com participações de 28,5, 16,4, 14,3, 9,5 e 7,5%, respectivamente (IBGE, 2019). O Estado de Minas Gerais está situado na sétima posição no *ranking* da produção nacional com 4,6% (IBGE, 2019; SEAPA, 2020).

Estima-se em Minas Gerais nesta safra uma área de 1,6 milhões de hectares semeadas com o grão, 2 % maior que a safra anterior. A produtividade média do estado está entre as maiores do país, por volta de  $3,37 \text{ t/ha}^{-1}$ , com isso a produção total atingirá para o estado uma produção de 5410,4 milhões de toneladas, 6,6% maior que a safra anterior (CONAB, 2020). Na última década, a produção mineira de soja cresceu cerca de 90%, o que representa um incremento médio de 240 mil toneladas por ano (IBGE, 2019).

De acordo com a Secretaria do Estado de Agricultura Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (SEAPA), no último levantamento (dezembro/2019) a região Sul de Minas Gerais/campo das vertentes, relatou um incremento expressivo para safra atual 2019/2020 em relação à safra anterior com produção de 443,16 mil toneladas em uma área de 127,82 mil hectares com bons índices de produtividade (SEAPA, 2020). A região é conhecida pela produção de café e de leite, entretanto, a cultura da soja vem ganhando espaço entre os produtores. É uma excelente alternativa de renda e apresenta papel fundamental na sucessão e rotação com a cultura do milho (CARVALHO et al., 2010; SOARES, 2018).

## **2.2 Fatores ambientais que influenciam o florescimento da soja**

A indução floral ou indução fisiológica da planta de soja inicia-se quando uma quantidade de horas luz necessária para seu florescimento atinge o fotoperíodo crítico recebendo estímulos para emissão das flores quebrando a barreira de seu período juvenil (SILVA et al., 2017).

O florescimento da soja está associado a caracteres de interesse agrônomo como maturação absoluta, produtividade de grãos e incremento diário de produtividade. A indução do florescimento na soja é regulada por fatores genéticos e ambientais. Dentro dos fatores ambientais como temperatura e/ou fotoperíodo influenciam diretamente no florescimento da soja (LUIZ, 2018).

### **2.2.1 Altitude**

São vários os fatores ambientais que interferem na adaptação de cultivares de soja em todo o Brasil. Essa adaptação é promovida pela alta plasticidade dos genótipos nas diferentes altitudes, latitudes, manejos do solo, população de plantas entre outros (DO CARMO et al., 2018).

De forma geral em altas altitudes ocorrem temperaturas mais amenas, as cultivares apresentam alongamento do ciclo vegetativo, excessivo crescimento da planta, alongamento

dos entre nós, abortamento de flores e vagens e maior acamamento de planta. Em baixas altitudes ocorre temperaturas mais elevadas, redução em altura das plantas, encurtamento dos entre nós, bem como as cultivares apresentam maturação absoluta menor e adaptação reduzida quando recomenda-se para regiões mais altas (SPADER, 2014).

Sediyama et al. (2009), verificaram que a altitude influencia no florescimento da soja e consequentemente no seu ciclo. Cultivares têm seu ciclo prolongado em temperaturas amenas e altas altitudes (>700m), ou reduzido com temperaturas elevadas em altitudes baixas.

### **2.2.2 Latitude**

O sucesso da rápida expansão da soja no Brasil é devido as descobertas dos programas de melhoramento em estratégias e no desenvolvimento de cultivares adaptadas nos diferentes grupos de maturidade relativa existentes. Para melhorar o entendimento dos produtores quanto ao ciclo da cultura foram criados nos Estados Unidos 13 grupos de maturidade relativa de acordo com o tempo de florescimento e maturação absoluta iniciando no grupo 000 ao norte do Canadá (maiores latitudes) até o grupo X próximo a linha do equador (latitude 0°).

O início dos programas de melhoramento no Brasil foi com germoplasma oriundo dos Estados Unidos. Assim adotou-se a mesma classificação em parceria com as grandes Companhias multinacionais instaladas no país, porém com números arábicos (1,2,3 e etc.). Região centro-Sul pertencentes aos grupos 5 a 7, região do cerrado abrangendo quase todas as faixas de latitude de 7 a 9 e extremo norte pertencente ao grupo 9 (ALLIPRANDINI et al., 2009). Os mesmos autores destacam que o efeito do fotoperíodo é mais pronunciado na cultura da soja nas diferentes faixas de latitudes do que em qualquer outra cultura de importância.

No Brasil foram divididas em 5 macrorregiões sojícolas pertencentes a região edafoclimáticas 101 centro-Sul do Estado do Rio Grande do Sul (abaixo de 30°) até a macrorregião 503 localizada no Estado de Roraima (latitude 0°) de acordo com a última retificação da Secretaria de defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), com a inclusão de municípios nos Estados de Alagoas, Sergipe, Bahia e Roraima pertencentes a macrorregião sojícolas 501 e 503 respectivamente (MAPA, 2016).

Atualmente, a cultura tem sido cultivada em latitudes acima de 20° ou próximo à linha do Equador. Relatos demonstram a dificuldade de se cultivar soja em regiões de baixa latitudes no Brasil. Nestas condições, a cultura apresenta redução do período vegetativo (período compreendido da emergência da plântula até o início do florescimento), florescimento reduzido e abortamento de flores (PIPOLO et al. 2002; LEMOS et al. 2011). Esta redução também é

observada quando a semeadura é realizada fora da janela de plantio inerente a cada cultivar. Isso se dá pelo fato da soja ser considerada cultura de dias curtos, em que nestas regiões o comprimento de horas luz/dia (fotoperíodo) é reduzido, provocando a redução da fase vegetativa, florescimento precoce e menor altura de plantas levando por consonância a redução de produtividade (MARQUES; ROCHA; HAMAWAKI, 2008).

Com isso, surge a necessidade dos programas de melhoramento de soja em desenvolver plantas com período juvenil longo. A descoberta foi em meados da década de 90 permitindo assim o seu cultivo em latitudes menores atendendo a regiões promissoras como Centro Oeste e Norte do Brasil (RAY et al., 1995; RAMALHO et al., 2012).

### **2.2.3 Temperatura (°C)**

A temperatura afeta diretamente na fase de emergência, no período vegetativo que por sua vez determina a época de floração (período reprodutivo), influenciando diretamente no rendimento de grãos.

A soja se desenvolve melhor em temperaturas em torno de 30°C, porém, se adapta em regiões que apresentem temperatura entre 20 a 30°C (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER., 2007). A temperatura influencia de forma positiva na fase de crescimento (fase vegetativa), pois, atua na fotossíntese e por consequência ao porte e reserva da planta (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Temperaturas abaixo de 10°C comprometem seu desenvolvimento vegetativo e para regiões com temperatura acima de 40°C, resulta em problemas no sistema reprodutivo e na retenção de vagens (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER., 2007).

No florescimento temperaturas acima de 13°C somado a soja atingir seu fotoperíodo crítico a planta receberá estímulos começando a indução floral ou fase reprodutiva. Contudo, em condições da mesma época de semeadura ao percorrer dos anos agrícolas, a mesma cultivar pode apresentar diferentes datas de florescimento devido à variação anual de temperatura. Em casos de alta temperatura o florescimento é acentuadamente precoce, podendo provocar a redução da altura da planta e em baixas temperaturas o florescimento é retardado podendo provocar maior crescimento vegetativo (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER., 2007). A temperatura também afeta a produção e rendimento de grãos juntamente com precipitação ou atuando de forma isoladas (CHEN & WIATRAK, 2010).

### 2.2.4 Umidade

A água atua como solvente universal, constituindo 90% do peso da planta atuando em quase todos os processos fisiológicos e bioquímicos. Participa ainda no transporte de minerais e gases no interior das células (CASAGRANDE et al., 2001). Os mesmos autores destacam que a falta de água pode provocar efeitos na produção que são dependentes da época de ocorrência nas fases da cultura e da severidade. A falta de água no florescimento causa o aborto das flores, impedimento da antese floral, afeta o desenvolvimento de grãos e conseqüentemente o rendimento de grãos.

A cultura tem demanda hídrica crescente atingindo o máximo na fase de enchimento de grãos e início de formação dos legumes estendendo até a maturação fisiológica. A falta de água pode alterar a produção de massa pela planta, podendo interferir na relação entre o período vegetativo e reprodutivo (MUNDSTOCK & THOMAS, 2005).

Em trabalho realizado por Casagrande et al. (2001), os autores relatam que a umidade é indispensável para o bom crescimento e desenvolvimento da cultura para atingir bons índices de produtividade. A baixa umidade pode afetar na absorção de água, germinação de sementes, fechamento de estômatos, a transpiração, a fotossíntese e na atividade enzimática (FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 1995).

Para se obter altos rendimentos na produção é necessária uma boa distribuição de chuvas, principalmente nas fases de maior demanda de água, como no florescimento com um consumo diário de 7 a 8mm, coincidindo na fase reprodutiva com maior altura da planta e área foliar (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER., 2007).

### 2.2.5 Fotoperíodo

A cultura da soja é uma das espécies cultivadas mais sensível ao fotoperíodo, esta sensibilidade é atribuída de forma que cada cultivar possui seu fotoperíodo crítico, acima do qual o florescimento retardado, sendo considerada uma cultura de dias curtos (DA SILVA et al., 2018). Barros e Sedyama, (2009) descrevem que para ocorrer à indução floral é necessário que a quantidade de horas luz recebida pela planta seja menor ou igual a um denominado fotoperíodo crítico máximo.

Cada genótipo possui um fotoperíodo crítico, diferindo assim as interferências no início do florescimento, podendo ser classificadas em “cultivares de período juvenil curto (PJC) e longo (PJL) (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER., 2007).

A expansão da soja é restrita pela sensibilidade dos genótipos ao fotoperíodo para uma maior adaptação e para explorar seus altos níveis de produtividade (LUIZ, 2018). Com a descoberta do período juvenil longo e sua introdução nas cultivares melhoradas, estas, comportam-se com amplo aspecto de adaptabilidade podendo ser cultivadas em baixas latitudes, possibilitando aumentar a janela de plantio (RAY et al., 1995; FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER., 2007).

O fotoperíodo e a temperatura estão intimamente relacionados com o período da indução floral na soja e são estudadas por meio de relação quantitativas (MAJOR et al., 1975, FRENCH, 1985; SINCLAIR et al., 1991; RODRIGUES et al., 2001). Entretanto, Silva et al., (2017), destacam que, apesar do controle genético do florescimento ser atribuído a poucos genes, o fotoperíodo e temperatura afetam o ciclo da cultura, bem como ao florescimento, tendo distribuição contínua, mas não quantitativa devido à baixa variabilidade genética e alta herdabilidade do caráter (TODESCHINI, et al., 2019)

### **2.3 Controle genético do florescimento em soja**

Alguns genes controlam a época de florescimento em soja que pode variar de acordo com o genótipo. Em experimentos realizado por Owen (1927) com soja, encontrou o gene E com dois alelos (E/e) que controla o caráter dias para o florescimento e, conseqüentemente, o caráter maturação absoluta, que em seguida foram descritos na literatura pelo menos doze genes envolvidos (E1-E10, Dt1 e J) no caráter dias para o florescimento na cultura da soja.

Owen (1927), descobriu o gene da série E/e que afeta época de florescimento. Logo em seguida os genes E1/e1 e E2/e2 foram descritos, sendo que os alelos dominantes conferiam florescimento tardio aumentando a maturidade absoluta (BERNARD, 1971; BERNARD & WEISS, 1973; BUZZELI & VOLDENG, 1980). Buzzell (1971) descreveu um gene com dois alelos E3/e3 que na presença do alelo dominante conferia florescimento tardio. O alelo dominante E3 é responsável pela sensibilidade à luz e pela maturidade tardia. O alelo recessivo e3 dá insensibilidade à luz fluorescente e determina maturidade precoce em condições de campo. Buzzell e Voldeng (1980) identificaram o gene E4/e4, que na presença do alelo dominante determinava ciclo mais longo e sensibilidade ao dia longo. O alelo recessivo conferia ciclo mais precoce e insensibilidade ao dia longo. Foi conferido em experimentos que genes portadores de alelos recessivos e3/e3 e e4/e4 foram responsáveis para obtenção de cultivares de ciclo precoce (SILVA et al., 2017).

McBlain e Bernard (1987) descobriram o gene E5/e5 em dominância conferia maturidade absoluta mais tardia já o alelo recessivo e5/e5 conferia precocidade. O sexto gene E6/e6 foi identificado por Bonato e Vello (1999), em que o alelo dominante conferia florescimento mais curto, ou seja, período juvenil curto (PJC) e maturação precoce, já o alelo recessivo confere ciclo e florescimento mais tardio. Cober e Voldeng (2001) descreveram o gene E7/e7 que na presença do alelo dominante provoca retardamento no florescimento com aumento da maturidade absoluta e sensibilidade a luz incandescente, já o alelo recessivo confere sensibilidade ao fotoperíodo resultando em um ciclo mais curto. Cober et al. (2010) descreveram o gene E8/e8 que em dominância aumentava a maturidade absoluta. O gene E9/e9 determina florescimento e maturidade mais precoce em dominância, os genótipos recessivos e9/e9 apresentaram ciclo mais tardio (KONG et al., 2014). O último gene da série E “décimo gene”, na presença do alelo dominante confere ciclo mais tardio (SAMANFAR et al., 2017).

O alelo recessivo do gene J/j determina florescimento retardado em condições de dias curtos, sendo responsável pela introdução e desenvolvimento de cultivares adaptadas a regiões de baixa latitudes, denominadas cultivares de período Juvenil longo (RAY et al., 1995). Outro gene descoberto foi o Dt1/dt1 conferindo também período Juvenil longo em dominância (LIU et al., 2010).

O controle genético de genótipos de florescimento tardio para dias longos é controlado por alelos dominantes, já o ciclo precoce é controlado por alelos recessivos, em genótipos de dias curtos ocorre o inverso (BONATO & VELLO, 1999). Atuando de forma independente, o controle genético do florescimento em dias curtos atua diferente para o controle genético de dias longos.

Apesar de poucos genes estarem envolvidos no florescimento, os efeitos ambientais como fotoperíodo e temperatura estão envolvidos diretamente em caracteres referentes a ciclo dos genótipos. A temperatura provoca maiores danos em cultivares de ciclo precoce até a fase de enchimento de grãos, após essa fase o fotoperíodo causa maiores danos do que a temperatura para o período reprodutivo (GRIMM et al., 1994; SINCLAIR et al., 2005). Em cultivares de ciclo tardio os impactos de temperatura são menores pela maior maturação absoluta.

Na cultura da soja ciclo e juvenilidade são independentes, isto é, cultivares que apresentam ciclo tardio podem apresentar florescimento precoce. Contudo, Todeschini et al. (2019) apresentaram resultados divergentes das pesquisas anteriores investigando o progresso genético de vinte e nove cultivares de soja recomendadas entre 1965 a 2011 para região Sul do Brasil, demonstraram que o período reprodutivo não houve diferenças significativas entre as cultivares mais antigas e as recentemente lançadas entre o período avaliado, entretanto para o

período vegetativo, houve diferenças significativas, na qual houve redução de 48,5% da cultivar que apresentou dias para florescimento (DPF) mais longo ao comparar com cultivares lançadas recentemente com florescimento mais curto. Desta maneira, os programas de melhoramento estão buscando estratégias e alternativas para avaliar estas características (SILVA et al., 2017).

#### **2.4 Associação entre maturação absoluta e produtividade de grãos em soja**

O caráter produtividade de grãos é de natureza quantitativa, ou seja, controlado por milhares de genes. É muito influenciado pelo ambiente em que apresenta distribuição contínua (RAMALHO et al., 2012; SILVA et al., 2017). Este caráter é controlado por um complexo de fatores genéticos e ambientais que constitui o fenótipo. Fenótipo é definido como as diferentes manifestações de um dado caráter. Este é influenciado pela natureza genética de seus parentais e pelo ambiente que pode ser definido por todas as condições que afetam o crescimento e desenvolvimento do organismo. Dessa forma, o fenótipo (F) a ser obtido será o resultado da ação do genótipo (G) e do ambiente (A), ou seja,  $F = G + A$  (RAMALHO et al., 2012).

Os fatores ambientais podem ser divididos em dois tipos: previsíveis e imprevisíveis. Os previsíveis são os fatores permanentes que variam de maneira sistemática como clima, solo e ações determinadas pelo homem como data de plantio, estande de plantas, colheita entre outros. Os fatores imprevisíveis incluem todos os fatores que comportam de maneira inconsistente durante os anos como precipitação pluviométrica, granizos, geadas, temperatura entre vários outros (ALLARD & BRADSHAW, 1964).

Vários trabalhos compararam o desempenho de cultivares/progênes oriundas de populações diferentes ou *background* genéticos diferentes para produtividade de grãos em soja (RIBEIRO, 2018; SILVA, 2018; SOARES et al., 2015; SILVA et al., 2016; CARVALHO, 2017; GESTEIRA et al., 2018). Foi demonstrado também que cultivares tardias de soja são mais produtivas devido ao maior acúmulo de matéria seca dos grãos pela resposta ao maior ciclo (maturação absoluta) das cultivares.

Passos et al (2014), afirmam que ao avaliar em onze genótipos tardios de soja na região norte de Rondônia, com grupos de maturação entre 8,7 a 9,2, recomendaram cultivares mais tardias para baixas latitudes, pois, apresentaram média de 49,3% superior a produtividade média nacional na safra avaliada.

Gesteira et al (2018) estudando a associação entre caracteres de soja com 39 linhagens de soja em 13 ambientes diferentes, afirmou que existe associação positiva e de alta magnitude

para os caracteres produtividade de grãos e maturação absoluta. Foi demonstrado também pelos autores que não existe associação entre produtividade e teor de proteína.

Soares (2018) avaliando 64 progênies observou que ao selecionar progênies mais produtivas houve um acréscimo no ciclo da cultura (maturação absoluta), bem como para os dias para o florescimento, inserção do 1º legume e altura de planta. Gesteira et al (2015), avaliaram o desempenho e adaptabilidade de 25 genótipos comerciais para a região do Sul de Minas Gerais. Os caracteres produtividade de grãos e maturação absoluta, apresentaram correlação fenotípica com alta magnitude (0,74) demonstrando que cultivares tardias são mais produtivas, porém, é possível encontrar cultivares de alto desempenho e com ciclos curtos. Os mesmos autores identificaram a cultivar BMX FORÇA RR apresentando ciclo curto e alto rendimento de grãos.

Recentemente, Todeschini et al (2019) observaram variação expressiva nos períodos vegetativos e reprodutivos de cultivares de soja, porém, deve-se enfatizar que neste estudo os autores compararam cultivares antigas e modernas de soja. Os autores avaliaram atributos fenológicos e morfológicos da cultura e destacam ganhos expressivos para todos os caracteres. Os caracteres relacionados aos estádios fenológicos na cultura devem ser estudados pelos programas de melhoramento para maximizar recursos, investimentos e obter maior ganho genético (WANG et al., 2015; RIBEIRO, 2018; TODESCHINI et al., 2019).

Fica evidente que cultivares tardias apresentam maior potencial produtivo. Contudo, a ênfase dos programas de melhoramento genético da soja atualmente é desenvolver cultivares precoce sobretudo para atender as demandas do sistema de produção das culturas anuais. É oportuno então avaliar progênies de soja precoce e tardia de um mesmo *background* genético visando nortear estratégias para os programas de melhoramento genético da soja no Brasil.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Escolha de genitores

Foram utilizados três genitores FMT 2, FMT 3 e BRS 780 RR. Os genitores FMT 2 e FMT 3 são linhagens cedidas pela Fundação Mato Grosso (Fundação MT). Apresentam hábito de crescimento indeterminado e ciclo precoce, além do alto desempenho produtivo (GESTEIRA et al., 2015). A cultivar BRS 780 RR foi desenvolvida pela Embrapa em 2012, pertencente ao grupo M.R. 7.8, recomendada para região edafoclimática REC-MG 303, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. A cultivar é de hábito determinado com ciclo médio a tardia. Além do bom rendimento de grãos, apresenta resistência ao nematoide do cisto e resistência moderada a ferrugem asiática. Os genitores apresentam puros e contrastantes além do bom desempenho agrônômico.

#### 3.2 Obtenção das populações segregante e progênieis

Realizou-se à hibridação de três genitores dois a dois para obtenção das populações segregantes:

- FMT2x BRS 780 RR (População 1);
- FMT3x BRS 780 RR (População 2).

Os cruzamentos foram realizados em casa de vegetação na safra 2016/2017. A hibridação manual ocorreu nos blocos de cruzamento e seguiu procedimento semelhante ao descrito por Borém et al. (2009). As sementes da geração F<sub>1</sub> foram multiplicadas na safra 2016/2017 em casa de vegetação, adotando duas plantas por vaso no inverno de 2017. A população F<sub>2</sub> foi semeada na safra verão 2017/2018, a distribuição espacial da parcela adotada foi 4 linhas de 5 metros, considerando 15 sementes/metro a densidade de semeadura.

Na maturação fisiológica foram colhidas plantas individuais visando a obtenção das progênieis F<sub>2:3</sub> oriundas de um mesmo *background* genético. As plantas individuais foram colhidas em duas datas, 24 de fevereiro de 2018 e 09 de março de 2018 correspondente ao grupo de progênieis precoce e tardia respectivamente. As plantas foram trilhadas individualmente utilizando debulha manual. Posteriormente, para compor cada grupo foram selecionadas ao

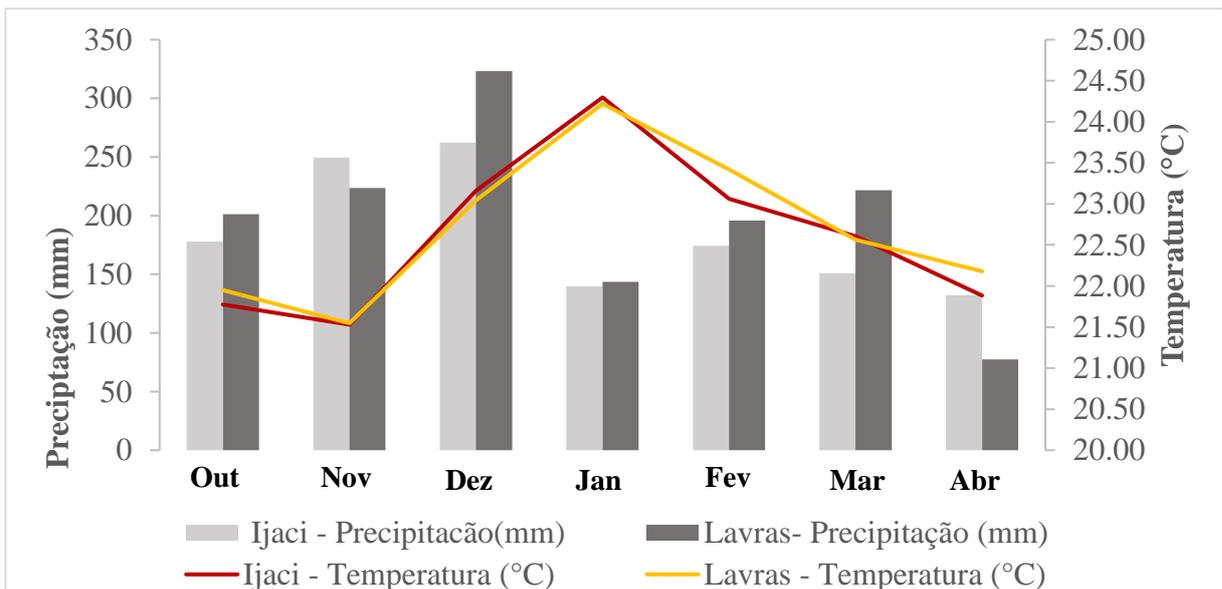
acaso as 40 progênies mais produtivas dentro do grupo precoce e tardio para cada população, visando obter um maior número de sementes.

### 3.3 Condução dos Experimentos

As progênies F<sub>2:3</sub> foram avaliadas em dois locais: Lavras-MG e Ijaci-MG, ambos no Estado de Minas Gerais na safra 2018/2019. Em Lavras, as progênies foram avaliadas no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária - Fazenda Muquém, situada à latitude de 21°12'8.72"S, longitude 44°58'47.23"W e altitude de 918 m. No município de Ijaci-MG, o experimento foi conduzido na Fazenda Palmital - Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia, situada à latitude de 21° 9'39.43"S, longitude 44°55'32.66"W e altitude de 920 m.

Os dados climatológicos dos locais experimentais estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Variações mensais de precipitação (mm) e temperatura média (°C) no período de outubro (esquerda) a abril (direita) da safra 2018/2019, em Ijaci-MG e Lavras-MG.



**Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2020).

A unidade experimental adotada foi uma linha de 2,0 metros espaçadas em 0,5m com duas repetições, avaliadas em látice simples em delineamento de blocos incompletos (DBI), 13x13 totalizando 169 tratamentos (160 progênies + 8 testemunhas além do genitor BRS 780RR). Foram avaliadas 80 progênies.

A semeadura foi sob sistema de plantio direto (SPD), os sulcos de semeadura foram abertos de forma mecânica adotando semeadora com espaçamento de 0,5m entre as linhas. A

semeadura foi realizada manualmente e logo após a aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* em jato dirigido nos sulcos de plantio.

As parcelas foram identificadas com etiquetas aos 35 dias após a emergência com sua referida posição no bloco (parcela/tratamento). Para o controle de pragas, utilizaram-se inseticidas com ingrediente ativo Neonicotinoide, Piretroide e Clorpirifós, sendo as aplicações condicionadas à necessidade de controle das pragas. O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi efetuado utilizando glifosato na dosagem de 2 L.ha<sup>-1</sup>. Foram realizadas também aplicações de suplementação mineral de acordo com o recomendado pela cultura. Os demais tratamentos culturais foram conduzidos conforme procedimento apresentado por Carvalho et al (2010).

A colheita em campo foi realizada no estágio R8. Após a trilha mecânica, foi retirado das sementes as impurezas, com o auxílio de peneiras e acondicionadas em sacos de polietileno trançado. As sementes com teor de umidade elevado foram expostas ao sol até atingirem o teor de 13%. Após atingirem a umidade ideal para armazenamento as sementes foram acondicionadas em sacos de papel de 5 kg identificadas e armazenadas em caixas de plástico.

Os caracteres avaliados foram:

- Dias para o florescimento: 50% das plantas da parcela apresentando florescimento pleno, estágio R2 (dias);
- Maturação absoluta: 90% das plantas da parcela em estágio R8 (dias);
- Período Vegetativo: Tempo em dias entre a germinação e o final do período vegetativo (estádio R1-1 dia);
- Período Reprodutivo: Tempo em dias entre o início do florescimento (R1) e a maturação fisiológica (estádio R8);
- Produtividade de grãos: Referente a unidade experimental (1 linha x 2 metros) após correção para 13% de umidade e conversão em kg.ha<sup>-1</sup>;
- Incremento diário de produtividade: É a razão entre a produtividade e maturação absoluta (kg.ha<sup>-1</sup>/dia).

### 3.4 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de deviance individual e conjunta analisados com pacote asremlR com auxílio do software R Development Core Team (2016), via abordagem de modelos mistos (BERNARDO, 2010). A utilização desta abordagem é na ocorrência de dados desbalanceados, bem como efeitos fixos e aleatórios no mesmo modelo. As predições são mais confiáveis do que àquelas obtidas pelo método do quadrado mínimo, além de maior eficiência na seleção de genótipos superiores (PEREIRA, 2017).

O método de análise REML (Restricted Maximum Likelihood) são modelos com alta precisão para uma grande amplitude de aplicações, sendo utilizado para estimar os componentes de variância de maneira mais rápida e segura ao comparar com o método dos momentos (BORGES et al., 2010).

Os dados foram analisados primeiramente de forma individual, de acordo com o modelo apresentado abaixo:

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

Em que:

$Y_{ijk}$ : Observação da parcela que recebeu a progênie i no bloco k dentro da repetição j;

$\mu$ : constante associada a todas as observações;

$p_i$ : efeito aleatório das progênies i,  $p_i \sim N(0, \hat{\sigma}_p^2)$ ;

$r_j$ : efeito fixo da repetição j,  $r_j \sim N(0, \hat{\sigma}_r^2)$ ;

$b_{k(j)}$ :efeito aleatório do bloco k dentro da repetição j,  $b_{k(j)} \sim N(0, \hat{\sigma}_b^2)$ ;

$e_{ijk}$ : erro experimental aleatório associado a observação  $Y_{ijk}$ ,  $e_{ijk} \sim N(0, \hat{\sigma}_e^2)$ .

Em seguida foi realizada a análise conjunta nos dois ambientes envolvidos de acordo com o modelo apresentado abaixo:

$$Y_{ijkl} = \mu + p_i + r_{j(l)} + b_{k(jl)} + a_l + pa_v + e_{ijkl}$$

Em que:

$Y_{ijkl}$ : Observação da parcela que recebeu a progênie  $i$  no bloco  $k$  dentro da repetição  $j$ , no ambiente  $l$ ;

$\mu$ : constante associada a todas as observações;

$p_i$ : efeito aleatório das progênies  $i$ ,  $p_i \sim N(0, \hat{\sigma}_p^2)$ ;

$r_{j(l)}$ : efeito aleatório da repetição  $j$  dentro do ambiente  $l$ ,  $r_{j(l)} \sim N(0, \hat{\sigma}_r^2)$ ;

$b_{k(jl)}$ : efeito aleatório do bloco  $k$  dentro da repetição  $j$  no ambiente  $l$ ,  $b_{k(jl)} \sim N(0, \hat{\sigma}_b^2)$ ;

$a_l$ : efeito fixo do ambiente  $l$ ;

$pa_v$ : efeito aleatório da interação progênies x ambientes;  $pa_v \sim N(0, \hat{\sigma}_{pa}^2)$ ;

$e_{ijkl}$ : erro experimental aleatório associado a observação  $Y_{ijk}$ ,  $e_{ijkl} \sim N(0, \hat{\sigma}_e^2)$ .

### 3.5 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos

Os componentes da variância foram estimados através do método da máxima verossimilhança residual (REML).

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

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

Em que:

$PEV$ : Variância do erro da predição dos BLUP;

$\sigma_G^2$ : Variância genotípica.

As estimativas de coeficiente de variação serão obtidas por:

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

Em que:

$\sigma_E^2$ : Variância do erro ambiental;

$\bar{x}$ : Média fenotípica geral.

As herdabilidades ( $h^2$ ) foram estimadas de acordo com o estimador proposto por Cullis et al., (2006). A herdabilidade ( $\bar{H}_C^2$ ) proposta pelos autores é uma medida de aproximar a herdabilidade em caso de desbalanceamento.

$$\bar{H}_C^2 = 1 - \frac{\bar{v}_{BLUPs}}{2\sigma_G^2}$$

Em que:

$\bar{v}_{BLUPs}$ : Variância média do erro de comparação entre dois BLUPs;

$2\sigma_G^2$ : Duas vezes a variância genética.

As estimativas da associação entre os caracteres analisados serão realizadas pelas análises de correlações genótípicas, de acordo com a expressão:

$$\hat{r}_{xy} = \frac{CovG_{xy}}{\sqrt{\sigma^2 G_x \sigma^2 G_y}}$$

Em que:

$CovG_{xy}$ : = estimativa da covariância genotípica entre as variáveis X e Y;

$\sigma^2 G_x \sigma^2 G_y$  = são estimativas das variâncias genótípicas das variáveis X e Y, respectivamente.

As análises de correlações foram obtidas com auxílio do software R Development Core Team (2016). O teste de significância verificado pelo teste de t.

Foram obtidas as estimativas do ganho esperado com a seleção (GS) para todos os caracteres, as proporções de seleção e as respectivas quantidades de progênes correspondentes: 1% (2), 5% (8), 10% (16), 15% (24), 20% (32), 25% (40) e 30% (48). Os ganhos esperados em porcentagem (PS) com a seleção foram estimados por:

$$PS (\%) = \frac{\overline{BLUP's}}{\bar{y}} * 100$$

Em que:

$\overline{BLUP's}$ : Média dos BLUP's das progênes selecionadas;

$\bar{y}$ : Média geral das progênes na geração i ou em todas as gerações.

Estimou-se a resposta correlacionada (RC), para os caracteres produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR) e a relação do período reprodutivo e vegetativo (PR/PV), considerando-se, a seleção das progênes mais precoces, isto é, como referência ao caráter maturidade absoluta (DPM). As estimativas da resposta correlacionada em porcentagem (RC %) foram obtidas pelo seguinte estimador:

$$RC_{y/y'}(\%) = \frac{\overline{BLUP's}_{y/y'}}{\bar{y}} * 100$$

Em que:

$\overline{BLUP's}_{y/y'}$ : Média dos BLUP's dos genótipos para o caráter y pela seleção efetuada para o caráter y';

$\bar{y}$ : Média geral dos genótipos para o caráter y.

Para estimar o grupo de maturidade relativa (M.R.) foram utilizadas as testemunhas padrões, isto é, as cultivares mais estáveis para região (ALLIPRANDINI et al., 2009). As testemunhas estáveis foram P95R51 (5.5), M5917 (5.9), DESAFIO RR (7.4), 98Y30 (8.3), 98Y12 (8.1) e M8210 (8.2). Assim, foi possível obter o grupo M.R. das progênes por meio da equação de regressão de primeiro grau:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X$$

Em que:

Y: Maturação relativa;

$\beta_0$ : Intercepto;

$\beta_1$ : Coeficiente de inclinação da reta;

X: Maturação absoluta em dias.

As progênes foram divididas em dois grupos de acordo com a média do grupo de maturidade (M.R.) estimados pela equação de regressão do modelo proposto acima. Desta maneira foram classificadas em progênes precoce (PP) abaixo da média e tardia (PT) os valores superiores à média.

O incremento diário de produtividade (IDP), valor em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}/\text{dia}$ , foi estimado por meio da relação entre a produtividade de grãos (PROD) e dias para maturação absoluta (DPM) (GESTEIRA et al., 2015).

$$IDP = \frac{PROD}{DPM}$$

Em que:

*PROD* : Produtividade de grãos: Referente a unidade experimental (1 linha x 2 metros), após correção para 13% de umidade e conversão em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ;

*DPM* : Maturação absoluta: 90% das plantas da parcela em estágio R8 (dias).

## 4 RESULTADOS

Os resumos das estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos das análises individuais de Lavras-MG e Ijaci-MG estão apresentados, nas Tabelas 1A e 2A, do anexo respectivamente. A classificação das progênes em precoces (PP) e tardia (PT) foi obtida utilizando as estimativas do grupo de maturidade relativa (M.R.). Classificadas em progênes precoces (PP) abaixo da maturidade relativa e tardia (PT) aquelas com magnitude superior à média (TABELA 3A, do anexo).

As análises individuais denotam variabilidade entre as progênes para todos os caracteres avaliados. O coeficiente de variação ambiental e a acurácia seletiva são estimadores de qualidade e precisão experimental. As estimativas denotam boa qualidade experimental para os caracteres avaliados. As magnitudes de acurácia variaram de 63,52% para o caráter dias para florescimento até 96,87% para maturação absoluta. Por seu turno, para o coeficiente de variação ambiental observou-se 0,62 % para maturação absoluta até 14,68% para incremento diário de produtividade (IDP).

A fonte de variação tratamentos foi significativa e de alta magnitude para todos os caracteres, evidenciando a existência de variabilidade entre as progênes e testemunhas avaliadas nos dois locais. Considerando o desdobramento da fonte de variação progênie (P) em dois grupos, isto é, progênes precoces (PP) e progênes tardias (PT) foi detectada diferença significativa para alguns caracteres nos dois locais avaliados (TABELA 1A e 2A, do anexo).

A estimativa da herdabilidade ( $h^2$ ) permite inferir acerca da existência de variabilidade genética. Considerando todos os caracteres a magnitude da  $h^2$  variou de 38,43% para dias florescimento (DPF) em Lavras-MG até 87,59% para maturação absoluta (DPM) em Ijaci-MG. (TABELA 1A e 2A, do anexo).

Para o contraste entre progênes e testemunhas (P vs T) em Lavras-MG, verificou-se diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) para todos os caracteres com exceção de maturação absoluta, produtividade de grãos e incremento diário de produtividade. O mesmo foi observado para Ijaci-MG. Contudo, considerando o segundo contraste entre as PP vs PT, foi detectada diferença significativa de alta magnitude para todos os caracteres, exceto DPM. Em Ijaci-MG foi verificado também diferença significativa de alta magnitude para todos os caracteres com a exceção para produtividade de grãos, a relação período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) e IDP (TABELA 1A e 2A, do anexo).

Os resultados da análise conjunta estão apresentados na Tabela 1. Alguns parâmetros de qualidade experimental foram obtidos. A acurácia seletiva variou de 37,88 (IDP) até 91,43%

(Maturação absoluta) indicando baixa e alta precisão experimental respectivamente. Para o coeficiente de variação ambiental a maior magnitude foi observada para o caráter incremento diário de produtividade (14,01%) e o menor para maturação absoluta (1,94%), isto é, de média a alta precisão experimental respectivamente.

O componente de variância genética entre progênes foi significativo para todos os caracteres avaliados, ou seja, a estimativa deste componente difere de zero, exceto para relação PR/PV e IDP. Logo, está evidente mais uma vez, como já relatado nas análises individuais a existência de variabilidade genética entre as progênes  $F_{2:3}$ . A existência desta variabilidade pode ser corroborada pelas magnitudes da herdabilidade. As estimativas variaram de 14,35% até 82,01% para IDP e maturação absoluta, respectivamente (TABELA 1).

Considerando o componente devido à interação genótipos por ambientes (G x A), observa-se para os caracteres produtividade de grãos (PROD), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR), para a relação do período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) e incremento diário de produtividade (IDP) diferenças significativas, isto é, existe um comportamento não coincidente entre as progênes nos diferentes locais. O mesmo não foi observado para o caráter dias para florescimento (DPF), demonstrando para este caráter um comportamento coincidente dos genótipos nos ambientes avaliados.

Para o desdobramento da fonte de variação progênes (P) houve diferença significativa para produtividade de grãos e incremento diário de produtividade (IDP) entre as PP. Para as PT há diferença na maturação absoluta e período reprodutivo. A interação G x A foi observada para as PP para todos os caracteres, exceto para dias para florescimento e maturação absoluta. Entre as PT verificou-se diferença significativa somente para os caracteres produtividade de grãos e pela relação PR/PV. Estes resultados evidenciam um comportamento não coincidente entre as PP e PT nos ambientes avaliados (TABELA 1).

Tabela 1 – Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos associados aos caracteres agrônômicos produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR), a relação do período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) e incremento diário de produtividade (IDP), entre progênies F<sub>2:3</sub> de soja nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, na safra 2018/19.

Fontes de variação <sup>1/</sup>		Caracteres Agrônômicos						
		PROD (Kg.ha <sup>-1</sup> )	DPF (Dias)	DPM (Dias)	PV (Dias)	PR (Dias)	PR/PV	IDP (Kg.ha <sup>-1</sup> /dia)
<b>Efeitos Aleatórios</b>		<b>Parâmetros Genéticos e Fenotípicos</b>						
Progênies (P)	$\hat{\sigma}_G^2$	229240,81*	0,86***	18,03***	0,84***	10,81***	0,0008	6,82
Progênies (P) x ambiente (A)	$\hat{\sigma}_{GxA}^2$	645404,45***	0,06	1,38*	0,35*	4,60***	0,0036***	34,68***
Precoces (PP)	$\hat{\sigma}_{GPP}^2$	298566,52*	0,71	0,21	0,14	0,15	0,0003	14,77*
Tardias (PT)	$\hat{\sigma}_{GPT}^2$	0,45	0,05	0,78*	0,04	1,10*	0,0004	0,00
(PP) x A	$\hat{\sigma}_{GPPxA}^2$	239071,34*	0,31	0,00	0,58**	1,53*	0,0025***	17,53*
(PT) x A	$\hat{\sigma}_{GPTxA}^2$	1011478,01***	0,00	0,00	0,19	0,24	0,0014***	50,39
<b>Efeitos fixos</b>		<b>Desvios Genéticos e Fenotípicos</b>						
Ambiente (A)	$\emptyset_A$	13***	146***	342***	241***	710***	93***	31,2***
Testemunhas (T)	$\emptyset_T$	7	345***	65***	337***	14***	268***	8,2
P vs T	$\emptyset_{(PvsT)}$	0,5	95***	3	102***	18***	38***	0,6
PP vs PT	$\emptyset_{(PPvsPT)}$	13***	262***	1120***	261***	594***	44***	1,7
T x A	$\emptyset_{TxA}$	5	73***	75***	65***	65***	75***	5,4
(P vs T) x A	$\emptyset_{(PvsT)xA}$	0,1	5*	1	3	5*	11**	0,3
(PP vs PT) x A	$\emptyset_{(PPvsPT)xA}$	5	2	145**	2	139***	38***	1,1
h <sup>2</sup> (%)		23,92	53,14	82,01	53,39	76,25	21,21	14,35
rgg' (%)		48,91	74,51	91,43	73,03	83,44	46,06	37,88
CV <sub>e</sub> (%)		13,71	2,62	1,94	2,40	2,70	3,25	14,01
Média Geral		5211,32	52,53	134,33	51,52	82,85	1,61	38,80

<sup>1/</sup>Variância genética entre progênies ( $\hat{\sigma}_G^2$ ), variância genética entre progênies x locais ( $\hat{\sigma}_{GxA}^2$ ), variância genética entre progênies precoces ( $\hat{\sigma}_{GPP}^2$ ), variância genética entre progênies tardias ( $\hat{\sigma}_{GPT}^2$ ), variância genética entre progênies precoces x ambientes ( $\hat{\sigma}_{GPPxA}^2$ ), variância genética entre progênies tardias x ambientes ( $\hat{\sigma}_{GPTxA}^2$ ).

\*Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘.’ 1.

Fonte: Do Autor (2020)

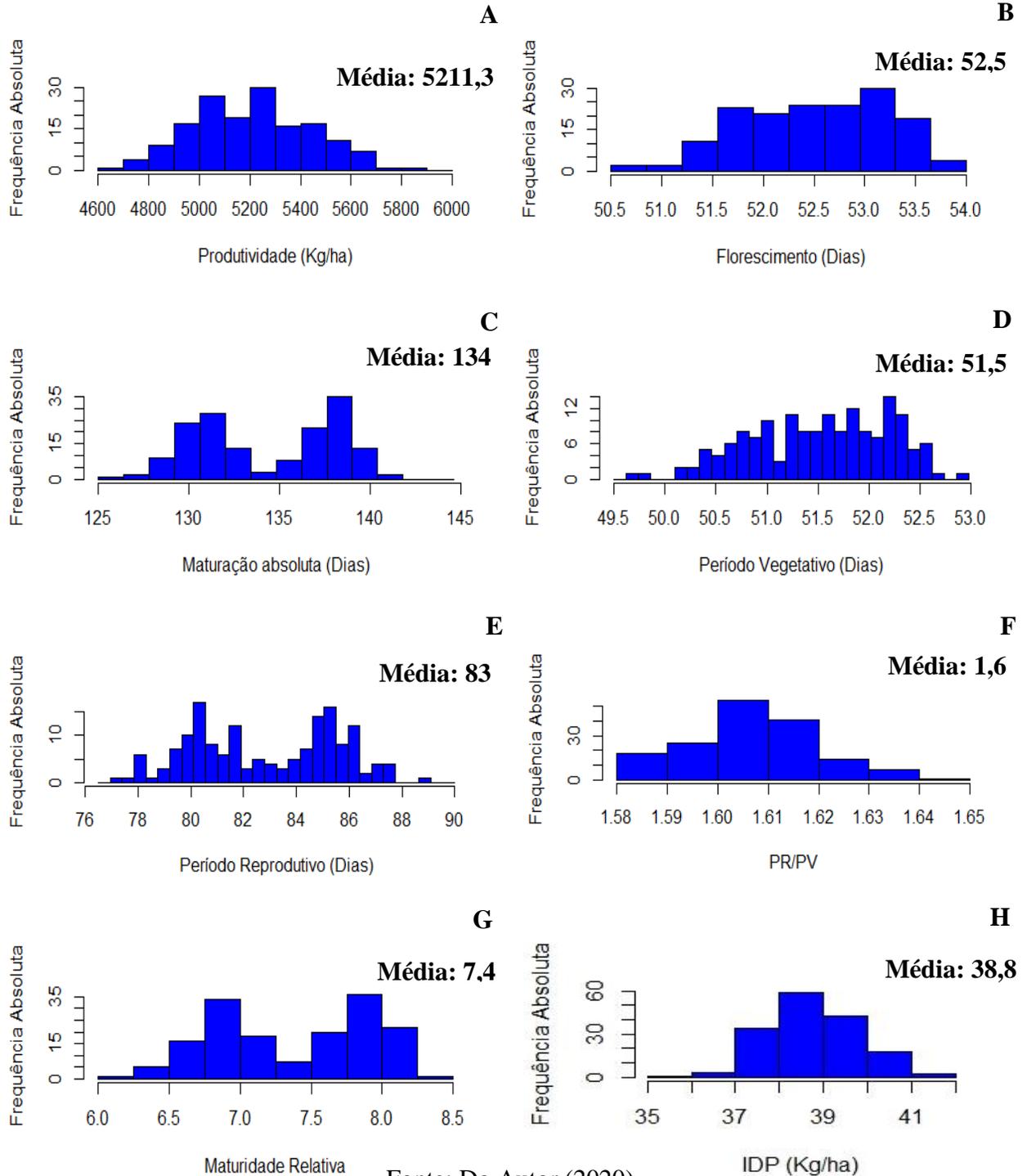
Considerando os dois locais conjuntamente, o contraste entre progênies e testemunhas apresentaram diferenças significativas com alta magnitude para todos os caracteres, exceto, para maturação absoluta, produtividade de grãos e incremento diário de produtividade. Para o segundo contraste entre os grupos das PP vs PT foi detectado diferenças significativas expressivas para todos os caracteres, exceto para incremento diário de produtividade (IDP). Isto é, em média as progênies apresentam comportamento similar para o caráter IDP. Para os demais caracteres o grupo das PP apresentam comportamento superior em relação ao grupo das PT.

Para o contraste entre as progênies e testemunhas foi verificada significância ( $P \leq 0,05$ ) para os caracteres DPF, PR e a relação PR/PV, não havendo assim comportamento coincidente entre os grupos das PP e PT nos ambientes avaliados. Para a interação entre os contrastes PP vs PT e ambiente (A), foi verificada diferença significativa de alta magnitude para DPM, PR e a relação PR/PV.

A variabilidade existente observada entre as progênies pode ser corroborada também por meio dos gráficos de distribuição de frequência. Observa-se que nas amplitudes das médias BLUPs associadas aos caracteres, há variabilidade entre as progênies. Destaca-se também, a natureza quantitativa das características avaliadas (FIGURA 2).

O grupo de M.R. reforça a existência de variabilidade entre as progênies, com variação de 6.2 (progênies precoces) até 8.3 (progênies tardias). Apesar da estimativa do grupo de maturidade apresentar menor e maior grupo M.R. ser as testemunhas padrões, pode-se selecionar progênies superiores nos dois grupos (precoce e tardio). (TABELA 3A, do anexo).

Figura 2 - Distribuição de frequências das médias BLUPs associadas aos caracteres agronômicos entre progênes  $F_{2:3}$  de soja, referente a análise conjunta nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, na safra 2018/19. A- Produtividade de grãos (Kg/ha), B- Florescimento (Dias), C- Maturação absoluta (Dias), D- Período vegetativo (Dias), E- Período reprodutivo (Dias), F- Relação período reprodutivo e vegetativo, G- Grupo de Maturidade relativa e H- Incremento diário de produtividade (IDP).



Fonte: Do Autor (2020).

Na tabela 2 estão apresentados média geral, máximo, mínimo e amplitude das médias BLUPs entre as progênes e para cada grupo do desdobramento entre as PP e PT para os seis caracteres avaliados. A maior amplitude de variação em porcentagem, como já esperado, foi observada para o caráter produtividade de grãos. Há diferenças na média BLUP do caráter produtividade de grãos quando se desdobra o efeito de progênes (P) em progênes precoces vs progênie tardia (PP vs PT). Todavia, o mesmo não foi observado para o caráter IDP no contraste PP vs PT. Veja que as maiores produtividades foram obtidas nas progênes tardias. O mesmo é observado para o caráter período reprodutivo (PR). Destaca-se também a variação entre maturação absoluta. Considerando a média geral tem-se uma amplitude de 14 dias entre as progênes. Porém, quando se compara as amplitudes dos grupos de progênes precoces e tardias não se observa diferença. Para o caráter IDP as amplitudes entre os grupos PP e PT do desdobramento apresentam comportamento similar.

Tabela 2- Estimativas conjuntas de médias BLUPs, máximo, mínimo e amplitude associados aos caracteres agrônômicos produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR), a relação do período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) e incremento diário de produtividade (IDP), referente a análise conjunta entre progênes F<sub>2:3</sub> de soja e do desdobramento em progênes precoces e tardias nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, na safra 2018/19.

<b>Parâmetros<sup>1/</sup></b>	<b>PROD (Kg. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>DPF (Dias)</b>	<b>DPM (Dias)</b>	<b>PV (Dias)</b>	<b>PR (Dias)</b>	<b>PR/PV</b>	<b>IDP (Kg. ha<sup>-1</sup>/dia)</b>
Média Geral (P)	5211,32	52,53	134,33	51,52	82,85	1,61	38,80
Máximo	5834,50	52,95	141,11	52,93	88,71	1,65	41,69
Mínimo	4601,39	50,60	126,28	49,65	76,99	1,58	35,85
Amplitude	1233,11	3,35	14,82	3,27	11,72	0,07	5,84
Média (PP)	5131,11	52,03	130,62	51,05	80,31	1,60	38,64
Máximo	5750,40	53,43	135,35	52,29	83,22	1,64	41,69
Mínimo	4758,42	50,60	126,28	49,65	76,99	1,58	36,90
Amplitude	991,97	2,82	9,07	2,64	6,23	0,06	4,79
Média (PT)	5285,64	52,98	137,76	51,97	85,21	1,62	38,95
Máximo	5834,50	53,95	141,11	52,93	88,71	1,65	41,47
Mínimo	4601,39	51,79	132,05	50,74	82,44	1,59	35,85
Amplitude	1233,11	2,16	9,06	2,19	6,27	0,06	5,62

<sup>1/</sup>Média geral das progênes (P), média do desdobramento do grupo precoces (PP) e média do desdobramento do grupo tardias (PT).

Fonte: Do Autor (2020).

As estimativas de correlação genotípica entre os caracteres avaliados estão apresentadas na tabela 3. É possível verificar que há associação positiva e significativa para todos os caracteres avaliados, exceto entre a relação período reprodutivo e vegetativo (PR/PV), dias para florescimento (DPF) e período vegetativo (PV). As correlações significativas variaram de 0,1576 entre o caráter produtividade de grãos e período vegetativo, até 0,9893, entre o caráter dias para florescimento e período vegetativo. (TABELA 3).

Tabela 3 - Estimativas de correlação genotípica associados aos caracteres agrônômicos avaliados. Dados referente a análise conjunta entre progênies F<sub>2:3</sub> de soja, nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, na safra 2018/19.

Variáveis <sup>1/</sup>	PROD (Kg. ha <sup>-1</sup> )	DPF (Dias)	DPM (Dias)	PV (Dias)	PR (Dias)	PR/PV	M.R.
<b>PROD</b>	-	0,1549	0,3279*	0,1576*	0,3581*	0,3062*	0,3383*
<b>DPF</b>		-	0,7014*	0,9893*	0,5216*	-0,0159	0,6808*
<b>DPM</b>			-	0,6886*	0,9545*	0,6498*	0,9583*
<b>PV</b>				-	0,5209*	-0,0296	0,6916*
<b>PR</b>					-	0,8067*	0,9597*
<b>PR/PV</b>						-	0,6535*
<b>M.R.</b>							-

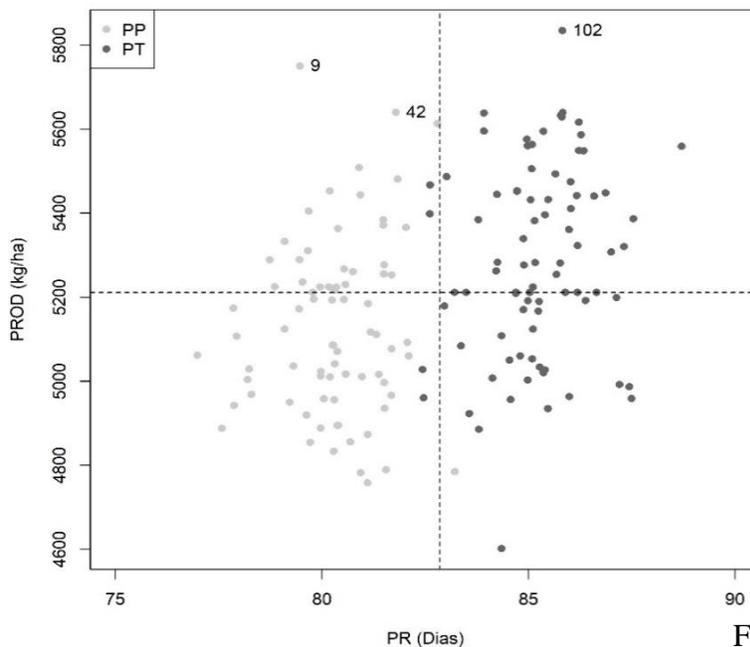
<sup>1/</sup>Produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR), relação do período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) e grupo de maturidade relativa (M.R.). \*Significativo a 5% de probabilidade.

Fonte: Do Autor (2020).

Outra maneira de observar esta associação é através do gráfico de dispersão. Veja, que as maiores produtividades são devidas há associação entre os caracteres das progênies de ciclo tardio (PT) com maior período reprodutivo. Contudo é observado progênies precoces que apresentam produtividade acima da média com PR satisfatórios (FIGURA 3)

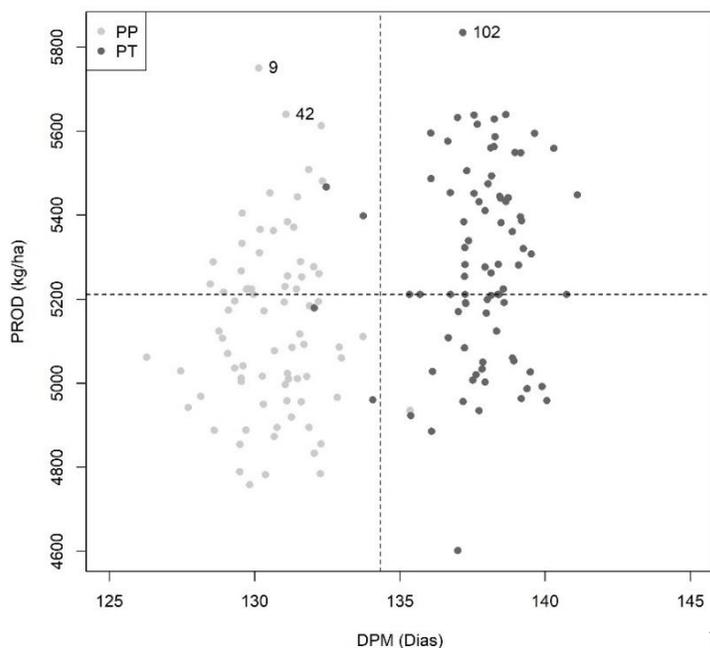
Em consonância ao observado na tabela 3, as maiores produtividades são atribuídas as progênies de ciclo mais tardio. Todavia, não é observado associação absoluta em que é possível selecionar genótipos produtivos e precoces (FIGURA 4).

Figura 3 - Gráfico de dispersão entre progênes  $F_{2:3}$  de soja, progênes precoces (PP) e tardias (PT), linha tracejada na horizontal (Média) para produtividade de grãos (PROD) e na vertical (Média) para o caráter período reprodutivo (PR), nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, safra 2018/19.



Fonte: Do Autor (2020).

Figura 4 - Gráfico de dispersão entre progênes  $F_{2:3}$  de soja, progênes precoces (PP) e tardias (PT), linha tracejada na horizontal (Média) para produtividade de grãos (PROD) e na vertical (Média) para o caráter dias para maturação absoluta (DPM), nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, safra 2018/19.



Fonte: Do Autor (2020).

As estimativas de ganho genético esperado entre progênes  $F_{2:3}$  de soja e do desdobramento em progênes precoces e tardias estão apresentadas na tabela 4 e 5 respectivamente. Observa-se na tabela 4 e 5, que ocorre variação dos ganhos genéticos esperados em função da proporção de seleção adotada, isto é, maior proporção menor ganho genético esperado. Os valores negativos associados as estimativas de ganho para dias para florescimento, maturação absoluta e período vegetativo evidenciam que o objetivo é na redução da expressão do caráter (TABELA 4 e 5).

Tabela 4 - Estimativas de ganho esperado com a seleção em porcentagem (%) para os caracteres produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR) e a relação do período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) referente a análise conjunta entre progênes  $F_{2:3}$  de soja nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, safra 2018/19.

PS <sup>1/</sup> %	PROD	DPF	DPM	PV	PR	PR/PV
	Ganho genético esperado (%)					
1%	58,00	-6,46	-6,15	-6,64	13,18	14,14
5%	48,95	-4,93	-5,28	-5,11	11,11	9,96
10%	42,15	-4,43	-4,95	-4,53	9,41	8,01
15%	37,60	-4,00	-4,70	-4,10	8,34	6,88
20%	34,19	-3,66	-4,51	-3,76	7,51	5,97
25%	31,62	-3,38	-4,33	-3,46	6,81	5,32
30%	29,36	-3,12	-4,15	-3,19	6,25	4,77

<sup>1/</sup>Proporção de seleção. Quantidade de progênes correspondentes pela intensidade de seleção: 2 (1%), 8 (5%), 16 (10%), 24 (15%), 32 (20%), 40 (25%) e 48 (30%).

Fonte: Do Autor (2020).

Tabela 5 - Estimativas de ganho esperado com a seleção em porcentagem (%) para os caracteres produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR) e a relação do período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) referente a análise conjunta do desdobramento em progênies precoces (PP) e progênies tardias (PT) nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, safra 2018/19.

PS <sup>1/</sup> %	PROD		DPF		DPM		PV		PR		PR/PV	
	Ganho genético esperado (%)											
	PP	PT	PP	PT	PP	PT	PP	PT	PP	PT	PP	PT
<b>1%</b>	59,62	47,73	-4,90	-3,89	-2,99	-5,74	-5,04	-3,88	5,74	8,85	10,10	11,48
<b>5%</b>	40,59	39,89	-3,35	-3,29	-2,10	-4,12	-3,48	-3,24	4,11	6,86	6,30	7,07
<b>10%</b>	29,81	33,39	-2,84	-2,68	-1,75	-3,17	-2,90	-2,69	3,02	5,22	4,48	5,21
<b>15%</b>	24,06	29,07	-2,39	-2,30	-1,49	-2,66	-2,45	-2,30	2,50	4,19	3,64	4,07
<b>20%</b>	19,92	26,21	-2,05	-1,98	-1,30	-2,33	-2,11	-1,99	2,10	3,39	3,05	3,21
<b>25%</b>	16,50	23,48	-1,75	-1,67	-1,10	-2,06	-1,79	-1,68	1,73	2,72	2,55	2,53
<b>30%</b>	13,06	20,40	-1,44	-1,38	-0,92	-1,80	-1,47	-1,37	1,38	2,19	2,11	1,98

<sup>1/</sup>Proporção de seleção. Quantidade de progênies correspondentes pela intensidade de seleção: 2 (1%), 8 (5%), 16 (10%), 24 (15%), 32 (20%), 40 (25%) e 48 (30%).

Fonte: Do Autor (2020).

No desdobramento da estimativa de ganho esperado com a seleção há uma variação entre os dois grupos PP e PT para todos caracteres. Entre as PP há evidências de magnitude superior em relação as PT para os caracteres dias para florescimento (DPF) e período vegetativo (PV) em todas as intensidades de seleção. Contudo, as PT apresentaram ganho em magnitude superior às PP para os caracteres DPM e PR. Vale ressaltar, para os caracteres produtividade de grãos e a relação PR/PV que há um comportamento não similar entre as PP e PT nas diferentes proporções de seleção para o ganho esperado (TABELA 5).

As estimativas de resposta correlacionada estão apresentadas na tabela 6. Este parâmetro permite inferir o comportamento das progênies quando há seleção em um caráter de herdabilidade alta ou fácil mensuração, qual será o efeito para os demais caracteres. No presente trabalho, foi considerado o caráter dias para maturação absoluta (DPM) e a relação causal nos demais atributos. Ao selecionar progênies de ciclo mais precoces ocorre redução expressiva ao caráter período reprodutivo (PR), à medida que aumenta a proporção de seleção (seleção rigorosa). Também é observado redução considerável para produtividade de grãos e a relação período reprodutivo e vegetativo. Os demais caracteres DPF e PV apresentam redução na expressão, porém, não é

observado diferença nas proporções de seleção empregadas. Isto é, a seleção de progênies precoces resulta em menor expressão dos caracteres PROD, PR e a relação PR/PV (TABELA 6).

Tabela 6 - Estimativas de resposta correlacionada para seleção quanto à maturação absoluta para os caracteres produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR) e a relação do período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) referente a análise conjunta entre progênies F<sub>2:3</sub> de soja nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, safra 2018/19.

PS <sup>1/</sup> %	PROD	DPF	PV	PR	PR/PV
	Resposta correlacionada (%)				
<b>1%</b>	-3,18	-1,17	-1,10	-6,32	-1,03
<b>5%</b>	-2,76	-0,46	-0,48	-5,50	-1,26
<b>10%</b>	-2,88	-0,87	-0,87	-4,71	-0,92
<b>15%</b>	-2,33	-1,13	-1,13	-4,38	-0,72
<b>20%</b>	-1,64	-1,17	-1,16	-4,08	-0,68
<b>25%</b>	-1,86	-1,21	-1,20	-3,85	-0,63
<b>30%</b>	-1,55	-1,21	-1,20	-3,61	-0,55

<sup>1/</sup>Proporção de seleção. Quantidade de progênies correspondentes pela intensidade de seleção: 2 (1%), 8 (5%), 16 (10%), 24 (15%), 32 (20%), 40 (25%) e 48 (30%).

Fonte: Do Autor (2020).

## 5 DISCUSSÃO

Ao selecionar indivíduos superiores o melhorista depende de alguns parâmetros de qualidade e precisão experimental para quantificar a confiabilidade de seus resultados. Os parâmetros estimados para aferir à precisão experimental foram acurácia seletiva e coeficiente de variação ambiental. O coeficiente de variação ( $CV_e$ ) é um parâmetro de precisão experimental, sendo classificado baixo para valor inferior a 10%; alto de 20% até 30% e, muito alto, para valores acima de 30% evidenciando alta, média e baixa precisão experimental respectivamente (PIMENTEL GOMES 2009). A acurácia seletiva ( $rgg'$ ) pode ser classificada em muito alta para valores (acima 90%), alta (entre 70 e 90%), moderada (entre 50 e 70%) e baixa (menor de que 50%) (RESENDE & DUARTE, 2007).

Observa-se que houve uma grande variação nos parâmetros de qualidade experimental estimados em função dos caracteres estudados, bem como pelos ambientes de avaliação. As maiores magnitudes observadas de  $CV_e$  e menor acurácia ( $rgg'$ ) foram ao caráter produtividade de grãos e incremento diário de produtividade (IDP). Estes caracteres são altamente influenciados pelos fatores ambientais. Isto é, todos efeitos relacionados à manifestação fenotípica sejam estes previsíveis ou imprevisíveis, podem influenciar na qualidade experimental. Deve-se destacar que resultados semelhantes foram observados avaliando progênies/linhagens na cultura da soja (SOARES et al., 2015; SILVA et al., 2015; GESTEIRA et al., 2018; SILVA, 2018; RIBEIRO, 2018)

As menores estimativas de  $rgg'$  foram observados para os caracteres IDP e para relação período reprodutivo e vegetativo (PR/PV), respectivamente. Este fato pode ser explicado devido à baixa variância genética encontrada nestes caracteres nas progênies avaliadas, isto é, há indícios que a variância genética deve ter sido consumida pela interação G x A. A relação entre PR/PV é o indicativo da razão entre as fases fenológicas na cultura da soja. Todeschini et al (2019) observaram variação expressiva nos períodos vegetativos e reprodutivos de cultivares de soja, porém, deve-se enfatizar que neste estudo os autores comparam cultivares antigas e modernas de soja. Por seu turno, no presente trabalho as progênies foram obtidas pela hibridação de cultivares modernas, nas quais espera-se menor variabilidade para este caráter.

Considerando as estimativas do componente de variância genética, foram observadas diferença significativa entre as progênies para todos os caracteres com exceção somente para

relação PR/PV e IDP. A variabilidade existente pode ser corroborada pelas amplitudes das médias BLUPs (TABELA 2 e FIGURA 2).

A variabilidade genética observada nas progênes  $F_{2:3}$  pode ser explicada pelas diferenças fenotípicas existentes nos genitores. No presente estudo adotou-se três genitores distintos, isto é, puros e contrastantes para caracteres de interesse agrônômico. A cultivar BRS 780RR é de hábito de crescimento determinado, possui ciclo médio à tardio para macrorregião sojícola recomendada para região edafoclimática REC-MG 303, apresenta resistência ao nematoide do cisto e boa tolerância a ferrugem asiática. Por seu turno, as linhagens FMT's são de hábito de crescimento indeterminado ciclo precoce e apresentam elevado potencial agrônômico e resistência ao nematoide do cisto (GESTEIRA et al., 2015)

No desdobramento do componente de variância genética em PP e as PT, ocorreu a existência de variabilidade para alguns caracteres. É esperado variabilidade para o caráter produtividade de grãos e IDP pela complexidade do caráter, entretanto, ocorreu somente entre as PP. Uma possível explicação para a existência de variabilidade para o caráter produtividade de grãos, bem como o caráter incremento diário de produtividade (IDP) entre as PP pode estar relacionado ao hábito de crescimento. Como os genitores são contrastantes é possível gerar nas progênes variabilidade, isto é, progênes precoces de hábito determinado bem como de hábito indeterminado.

Quando as progênes apresentam hábito de crescimento determinado o florescimento ocorre de forma simultânea e qualquer adversidade climática ou ambiental será mais expressiva na manifestação fenotípica. Por seu turno, progênes indeterminadas o florescimento ocorre em etapas permitindo o escape das adversidades que possam acometer a cultura no estágio fenológico do florescimento (SILVA et al., 2017; ZANON et al., 2015; RIBEIRO, 2018) Considerando as progênes tardias, muito embora observa-se diferença para o caráter período reprodutivo e no caráter dias para maturação absoluta (DPM) o mesmo não ocorreu para produtividade de grãos, uma possível explicação para este fato pode estar fundamentada na influência dos fatores ambientais na expressão destes caracteres. A produtividade de grãos é altamente influenciada pelos fatores não genéticos (RIBEIRO, 2018).

Como no presente estudo adotou-se parcela de uma linha, fato este comum nas primeiras etapas de avaliação de um programa de melhoramento, tem-se maior erro experimental associado as estimativas destes caracteres. Muito embora no presente estudo tenha sido adotado um

delineamento experimental mais robusto, isto é, blocos incompletos e procedimento analítico considerando abordagem de modelos mistos, a diferença observada entre as progênes, não se expressou no grupo daquelas de ciclo tardio (HENDERSON et al 1959; RAMALHO et al., 2012).

No presente trabalho as progênes foram avaliadas em dois locais no mesmo ano agrícola, assim procedeu-se análise conjunta considerando os dois locais distintos. Neste contexto, espera-se influência dos fatores ambientais, isto é, locais na manifestação fenotípica. Os fatores ambientais podem ser classificados como previsíveis e imprevisíveis. Os previsíveis atuam de maneira sistemática como tipo solo e ações determinadas pelo homem tais como data de plantio, estande de plantas, colheita entre outros. Já os fatores imprevisíveis são os que oscilam de acordo com o ano agrícola e locais como precipitação pluviométrica, granizos, geadas, temperatura e dentre outros (ALLARD & BRADSHAW, 1964).

A interação  $G \times A$  na cultura da soja é um desafio para nós melhoristas, entretanto, surge uma oportunidade frente a genótipos que destacam positivamente nos diferentes ambientes avaliados (SAGATA, 2011). Obter informações a respeito da interação genótipos por ambientes é oportuno, uma vez que o melhorista de plantas isola o componente devido ao ambiente permitindo assim realizar tarefas importantes como a seleção de genótipos superiores, descarte e recomendação devido a efeitos genéticos e não a efeitos ambientais (SILVA 2018; GESTEIRA et al., 2018; PEREIRA, 2017).

A variação do componente devido a interação  $G \times A$  foi significativa para todos os caracteres avaliados. A exceção foi para o caráter dias para florescimento (DPF), isto é, pode-se inferir que o comportamento é coincidente das progênes avaliadas para este caráter nos dois locais. Estes resultados corroboram com relatos descritos na literatura de ocorrência da interação  $G \times A$  da cultura da soja no estado de Minas Gerais (SOARES et al., 2015; GESTEIRA et al., 2015; SILVA et al., 2015; GESTEIRA et al., 2018; SILVA, 2018; RIBEIRO, 2018), bem como a natureza quantitativa entre estes caracteres.

Entretanto, não foi observado o mesmo comportamento entre as PP e PT para o componente da interação  $G \times A$ . Verifica-se diferença significativa para produtividade de grãos e a relação PR/PV entre as PP e PT. Por seu turno, existe interação entre os caracteres PV, PR e IDP entre as progênes precoces. Uma possível explicação para este fato pode ser a complexidade do caráter (natureza quantitativa) e a influência do ambiente.

Muito embora, Lavras-MG e Ijaci-MG sejam municípios próximos no que tangem a localização geográfica existe diferenças nos fatores ambientais imprevisíveis frente a estes locais. Outro ponto que merece destaque se perfaz na data de semeadura. Os referidos experimentos não foram instalados no mesmo dia, muito embora, ambos tenham sido conduzidos na época ideal de semeadura para a cultura na região Sul de Minas Gerais/Campos das Vertentes. Relatos na literatura reportam a grande influência da data de semeadura no período vegetativo e reprodutivo na cultura da soja. Wang et al., (2015) demonstram que a escolha correta para data de semeadura causa incremento da relação PR/PV, e conseqüentemente aumento no rendimento de grãos, influenciado pelas condições ambientais e pelo local de plantio.

Há ocorrência de interação entre as PP para o caráter IDP, isto é, não existe um comportamento coincidente nos dois locais. O mesmo não foi observado entre as PT. Uma possível explicação deste resultado é a existência de variabilidade genética encontrada no grupo das PP. O mesmo, não foi observado no grupo das PT, este fato pode ser atribuído há existência de adversidades ambientais como pragas, doenças e clima, bem como uma maior exposição frente a estes efeitos.

Para o contraste entre as PP vs PT foi detectado diferença significativa de alta magnitude para todos os caracteres. Este resultado permite inferir que em média existe superioridade das progênies precoces frente a tardias. (GESTEIRA et al., 2015; PEREIRA et al., 2017; RIBEIRO, 2018). Contudo para o incremento diário de produtividade, não houve diferenças entre os dois grupos PP e PT.

Este resultado corrobora a demanda atual dos sistemas de produção de grãos. Considerando que no Brasil é possível realizar mais de uma safra por ano agrícola, a adoção de cultivares precoce de soja possibilita que a semeadura da cultura sucessora no sistema de produção seja realizada mais antecipadamente em condições mais favoráveis, isto é, melhor disponibilidade hídrica, temperaturas médias mais adequadas ao desenvolvimento vegetal e por consonância uma melhor maximização do sistema de produção (GESTEIRA et al., 2015).

Outro parâmetro estimado de importância é a herdabilidade ( $h^2$ ), este parâmetro auxilia o melhorista no quesito ganho com a seleção. A  $h^2$  é a proporção da variação fenotípica explicada pelo genótipo (RAMALHO et al., 2012). Os resultados deste trabalho denotam menor magnitude de herdabilidade para os caracteres de menor variabilidade genética, isto é, PR/PV e IDP, bem como, para caracteres de natureza quantitativa e de grande influência de fatores ambientais

(produtividade de grãos). Há relatos na literatura que corroboram com as magnitudes encontradas neste trabalho (MUNIZ et al., 2002; LEITE et al., 2016; PEREIRA et al., 2017; SILVA, 2018). Outro argumento que pode ser adotado é o fato de se utilizar progênies  $F_{2:3}$ , nesta estrutura de família explora-se apenas um a variância aditiva (1VA). Entretanto, quando se avalia populações avançadas de endogamia ( $F_6$ ), ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) ou até mesmo ensaios de cultivares, ocorre um aumento da variância aditiva e uma maior discriminação dos genótipos em que são encontradas estimativas altas de  $h^2$  para o caráter produtividade de grãos (ROSSMANN, 2001; PULCINELLI, 1997; RAMALHO et al., 2012).

É possível estimar associações de duas variáveis através de estudos de correlações (BERNARDO, 2010). A partir da associação positiva e de alta magnitude é possível selecionar caracteres de difícil mensuração ou de herdabilidade baixa, através de um caráter de fácil mensuração. Segundo Falconer & Mackay (1996), existem três naturezas de correlações: genética, fenotípica e ambiental. A correlação genética é herdável e transmitida para as próximas gerações, sendo a mais importante para nós melhoristas. É observado uma correlação positiva e significativa, de alta magnitude entre DPM e PR e entre produtividade de grãos e PR, isto é, há evidências que a seleção de progênies de ciclo tardio, maior período reprodutivo, e a relação PR/PV resultem em maiores produtividades (PASSOS et al., 2014; SOARES, 2018; GESTEIRA et al., 2015; GESTEIRA et al., 2018). Recentemente, Todeschini et al (2019) avaliando cultivares de soja cultivadas em várias décadas para região Sul do Brasil, descrevem que há uma redução do período vegetativo (PV) em detrimento do período reprodutivo (PR) devido a vários ciclos de seleção em que a relação PR/PV aumentou, corroborando no aumento da produtividade de grãos. Este fato, pode ser atribuído pela seleção indireta ao caráter PR pelo caráter produtividade de grãos (FIGURA 2). Veja que as maiores produtividades estão associadas a progênies tardias com maiores períodos reprodutivos. Contudo, é possível selecionar PP acima da média para os dois caracteres.

É oportuno para o melhorista obter estimativas de ganho com a seleção dos genótipos superiores como forma de antever seu comportamento na geração seguinte. Observa-se na tabela 4 e 5 a ocorrência da variação de ganhos genéticos esperados em função da proporção de seleção aplicada para todas as características avaliadas. Ao intensificar a seleção, isto é, um grupo menor de indivíduos superiores selecionados (seleção rigorosa), maiores serão os ganhos esperados com a seleção. Todavia, quando se realiza este tipo de estratégia ocorre a redução da variabilidade

genética às próximas gerações (RAMALHO et al., 2012; SOARES et al., 2015; SILVA, 2018; RIBEIRO, 2018; AMARAL et al., 2019; SILVA 2019).

Os programas de melhoramento de soja têm como interesse reduzir a expressão dos caracteres relacionados ao ciclo mantendo um bom rendimento de grãos. Neste âmbito, quando se realiza seleção em vários caracteres simultaneamente é oportuno estimar a resposta correlacionada, isto é, a resposta do caráter secundário através da seleção realizada no caráter primário. Desta forma, realizou-se a seleção nas progênes mais precoces tendo como caráter primário dias para maturação absoluta e seu efeito causal nos demais caracteres secundários. É observado na seleção de progênes mais precoces uma redução na expressão de todos os caracteres avaliados (TABELA 6). A redução é mais expressiva ao caráter período reprodutivo em que as progênes tardias apresentam maior período reprodutivo, todavia é possível selecionar progênes precoces e que apresentem bons valores de período reprodutivo (FIGURA 3).

Isso pode ser explicado ao menor ciclo dos genótipos no campo. As maiores produtividades são atribuídas a cultivares de ciclo tardio, uma vez que estas possuem um maior período em dias para acúmulo de matéria seca. Porém esta associação de ciclo (DPM) e produtividade de grãos não é absoluta (TABELA 3). Por isso, é possível selecionar progênes precoces e que associem boa produtividade de grãos (FIGURA 3). De acordo com Gesteira et al (2015) descrevem que cultivares precoces apresentam média superior à média nacional. Ao realizar a seleção entre o grupo de ciclo precoce e mais produtiva (BMX Força RR) com 5 dias a mais no ciclo, há um incremento de 832,35 kg.ha<sup>-1</sup> para produtividade, ou 166,47 kg ha<sup>-1</sup> para IDP em relação a cultivar do mesmo grupo, valor muito superior ao incremento diário médio das cultivares no referido experimento. Este fenômeno pode ser atribuído a seleção de genótipos precoces com hábito de crescimento indeterminado e semideterminado as quais apresentam uma maior relação PR/PV (ZANON et al., 2015; RIBEIRO, 2018).

## 6 CONCLUSÕES

- ✓ Existe variabilidade entre as progênies  $F_{2:3}$  para os caracteres agronômicos permitindo assim à seleção de genótipos superiores;
- ✓ Há diferença expressiva entre as progênies precoce vs tardia para os caracteres produtividade de grãos, florescimento, período vegetativo, maturação absoluta, período reprodutivo e a relação período reprodutivo e vegetativo;
- ✓ Não há diferenças entre os dois grupos de progênies (PP vs PT) para o caráter incremento diário de produtividade;
- ✓ A seleção de progênies precoce resulta em menor produtividade de grãos, período reprodutivo e a relação período reprodutivo e vegetativo.
- ✓ É possível selecionar progênies precoces que associam bons índices de produtividade e maior período reprodutivo.

## REFERÊNCIAS

- ALLIPRANDINI, L. F., et al. Understanding soybean maturity groups in Brazil: environment, cultivar classification, and stability. **Crop Science**, v. 49, n. 3, p. 801-808, 2009.
- 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.
- AMARAL, Lígia de Oliveira et al. Pure line selection in a heterogeneous soybean cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 3, p. 277-284, 2019.
- BARROS, H. B; SEDIYAMA, T. Luz, Umidade e Temperatura. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecnas, 2009, p. 17-28.
- BERNARD, R. L. et al. **Results of the cooperative uniform soybeans tests**. Washington: USDA, 1965. 134p.
- BERNARD, R. L. Two major genes for time of flowering and maturity in soybeans. **Crop Science**, v. 11, p. 242-4. 1971.
- BERNARD, R. L.; WEISS, M. G. Qualitative genetics. In: Caldwell, B.E. (Ed.) **Soybeans: Improvement, Production and Uses**. American Society of Agronomy, 1973. p. 117-154.
- BIANCHI, M. C. **Implicações da interação na seleção de progênies de soja**. 2018. 62 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2018.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2 Ed., Woodbury, Minnesota: Editora Stemma Press, p.400, 2010.
- BONATO, E. R.; VELLO, N. A. E6, a dominant gene conditioning early flowering and maturity in soybeans. **Genetics and Molecular Biology**, v. 22, n. 2, 229-232, 1999.
- BORÉM, A. (Org.). **Hibridação Artificial de Plantas**. 2a. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, v.1. 625p, 2009.
- BUZZELL, R. I.; VOLDENG, H. D. Inheritance of insensitivity to long daylength. **Soybean Genetics Newsletter**, v. 7, p. 26-29, 1980.
- BUZZELL, R. I. Inheritance of soybean flowering response to fluorescent-daylength conditions. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, v. 13, p. 703-707, 1971.
- CHEN, G. H.; WIATRAK, P. Soybean development and yield are influenced by planting date and environmental conditions in the southeastern coastal plain, United States. *Agronomy Journal*, Madison, v. 102, n. 1, p.1731 -1737, 2010.

CARVALHO, Everson Reis et al. **Desempenho de cultivares de soja [Glycine max (L.) Merrill] em cultivo de verão no sul de Minas Gerais.** *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 4, p. 892-899, 2010.

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.

CASAGRANDE, ELAINE CRISTINA et al. Expressão gênica diferencial durante déficit hídrico em soja. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 168-184, 2001.

COBER, E. R.; VOLDENG, H. D. A new soybean maturity and photoperiod-sensitivity locus linked to E1 and T. **Crop Science**, v. 41, p. 698-701, 2001

COBER, E. R.; MOLNAR, S. J.; CHARETTE, M.; VOLDENG, H. D. A new locus for early maturity in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 50, p. 524-527, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 7 Safra 2019/20 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-104, janeiro 2020. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/info\\_agro/safra/graos](https://www.conab.gov.br/info_agro/safra/graos)>. Acesso em: 18 jan. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **A produtividade da soja: Análise e perspectivas.** Compêndio de Estudos Conab / – v. 1 . - Brasília: Conab, 2017. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17\\_08\\_02\\_14\\_27\\_28\\_10\\_compendio\\_de\\_estudos\\_conab\\_a\\_produtividade\\_da\\_soja\\_-\\_analise\\_e\\_perspectivas\\_-\\_volume\\_10\\_2017.pdf](https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_08_02_14_27_28_10_compendio_de_estudos_conab_a_produtividade_da_soja_-_analise_e_perspectivas_-_volume_10_2017.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2018.

CULLIS, Brian R.; SMITH, Alison B.; COOMBES, Neil E. **On the design of early generation variety trials with correlated data.** *Journal of agricultural, biological, and environmental statistics*, v. 11, n. 4, p. 381, 2006.

DA SILVA, Evandro Henrique Figueiredo Moura et al. **Análise de sensibilidade com base em parâmetros relacionados a temperatura e fotoperíodo no modelo DSSAT/CROPGRO-SOYBEAN.** *Agrometeoros*, v. 25, n. 1, 2018.

DO CARMO, E. L. et al. **Desempenho agrônômico da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas.** *Revista de Ciências Agroveterinárias (Journal of Agroveterinary Sciences)*, v. 17, n. 1, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **A soja no Brasil: História e estatística.** Londrina, Embrapa CNPSo, 61p, 1987.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. **Efeito da variacao diaria da umidade do solo sobre a fotossintese e resistencia estomatica da soja.** In: Embrapa Soja-

Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande. Adversidades climáticas e a produção agrícola: anais. Campina Grande: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da Soja**. Circular técnica. Londrina – Paraná, Embrapa, cap.48, set. 2007.

FRENCH; HODGES, T.; V. **Soyphen: soybean growth stages modeled from temperature, daylength, and water availability**. *Agronomy Journal*, Madison, v. 77, p. 500-505, 1985.

FISHER, R. A. The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance. **Transactions of the Royal Society**, v. 52, p. 399-433, 1918.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: McGraw-Hill, v.1, 536p. 1987.

FERREIRA JUNIOR et al., Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba –MG. **FAZU em Revista**, Uberaba, n.7, p. 13-21, 2010.

GESTEIRA, G. S.; ZAMBIAZZI, E. V.; BRUZI, A. T.; SOARES, I. O. ; REZENDE, P. M. ; SILVA, K. B. Seleção fenotípica de cultivares de soja precoce para a região Sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, p. 79-88, 2015.

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

HENDERSON, Charles R. et al. The estimation of environmental and genetic trends from records subject to culling. **Biometrics**, v. 15, n. 2, p. 192-218, 1959.

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

GRIMM, S. S., Jones, J. W., Boote, K. J., & Herzog, D. C. (1994). **Modeling the occurrence of reproductive stages after flowering for four soybean cultivars**. *Agronomy Journal*, 86, 31-38. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1994>.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA): Soja**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/>>. Acesso em: 25 de Novembro de 2019.

KONG, F.; NAN, H.; CAO, D.; LI, Y.; WU, F.; WANG, J.; LU, S.; YUAN, X.; COBER, E. R.; ABE, J.; LIU, B. A new dominant gene conditions early flowering and maturity in soybean. **Crop Science**, v. 54, n. 6, p. 2529-2535, 2014.

LEITE, W. D. S. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres agrônômicos em genótipos de soja. **Nativa**, v. 3, n. 4, p. 241-245, 2015.

- LEITE, W. D. S.; PAVAN, B. E.; MATOS FILHO, C. H. A.; ALCANTARA NETO, F.; OLIVEIRA, C. B.; FEITOSA, F. S. Estimativas de parâmetros genéticos, correlações e índices de seleção para seis caracteres agronômicos em linhagens F8 de soja. **Crop Science**. Bom Jesus, v.7, n.3, p.302-310, Ago./Out. 2016.
- LEMOS, L. B. et al. Desempenho agronômico e produtivo de cultivares de soja em diferentes safras. **Científica**, Jaboticabal, v.39, n.1/2, p.44–51, 2011.
- LIU, B. et al. The soybean stem growth habit gene Dt1 is an ortholog of Arabidopsis TERMINAL FLOWER 1. *Plant Physiology*, v. 153, n. 1, p. 198-210, 2010.
- LUIZ, Marlize Cristina Pinheiro. **Efeito da época de semeadura e população de plantas sobre o potencial produtivo e caracteres agronômicos em soja**. 2018, 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.
- MAJOR, D. J.; JOHNSON, D. R.; TANNER, J. W.; ANDERSON, I. C. **Effects of daylength and temperature on soybean development**. *Crop Science*, Madison, v. 15, p. 174-179, 1975.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA. **Secretaria de defesa Agropecuária**. Publicado em 06, dez., 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/cultivares>>. Acesso em: 16 jan. 2020.
- MARQUES, M. C.; ROCHA, J. E. S.; HAMAWAKI, O. T. Avaliação do teor de óleo de cultivares de soja da UFU visando à produção de biodiesel. **Horizonte científico**, v. 2, n. 1, p, out. 2008.
- McBLAIN, B. A.; BERNARD, R. I. A new gene affecting the time of flowering and maturity in soybeans. **The Journal of Heredity**, v. 78: p. 160-162, 1987.
- MAURO, A. O.; SEDYIAMA. T.; SEDYIAMA, C. S. Estimativas de parâmetros genéticos em diferentes tipos de parcelas experimentais em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 5, p. 667-672, 1995.
- MUNDSTOCK, Claudio Mário; THOMAS, André Luis. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- OWEN, F.V. Inheritance studies in soybeans. II. Glabrousness, color of pubescence, time of maturity, and linkage relations. **Genetics**, v. 12, n. 6, p. 519-529, 1927.
- PASSOS et al., Desempenho de cultivares tardias de soja em área de pastagem na região sudoeste da Amazônia. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p.712, 2014.

PEREIRA, F. C. **Estratégias para seleção de progênies em soja**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, 2016.

PEREIRA, F. et al. Implications of the population effect in the selection of soybean progenies. **Plant Breeding**, v. 136, n. 5, p. 1-23, 2017

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

PIPOLO, C. V., L. A. ALMEIDA and R. A. D. S. KIIHL (2002). "Inheritance of a long juvenile period under short day condition in soybean." *Genetics and Molecular Biology* 25: 463-469.

PULCINELLI, Carlos Eduardo; GERALDI, Isaías Olivio. **Avaliação de cruzamentos dialélicos de soja em gerações avançadas de endogamia**. 1997. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

RAY, J. D. et al. Genetic control of a long-juvenile trait in soybean. **Crop science**, v. 35, p. 1001-1006, 1995.

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

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

RODRIGUES, O. et al. **Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, n. 3, p. 431-437, 2001.

RIBEIRO, F. O. **Seleção genotípica visando à precocidade em soja**. 2018. 59 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2018.

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

SAGATA, Erika. Parâmetros genéticos dos genótipos de soja desenvolvidos pela UFU. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 5, p. 220-225, 2011.

SAMANFAR, B. et al. Mapping and identification of a potential candidate gene for a novel maturity locus, E10, in soybean. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 130, n. 2, p.377-390, 2017.

SANTOS, E.R. **Parâmetros genéticos e obtenção de genótipos de soja com ausência de lipoxigenase e características agronômicas em baixas latitudes**. 172 p. Tese (doutorado) Universidade de Brasília, 2016.

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS-SEAPA. Soja. **Subsecretaria do agronegócio**. Disponível em: <[http://www.reformaagraria.mg.gov.br/images/documentos/perfil\\_soja\\_dez\\_2019\[1\].pdf](http://www.reformaagraria.mg.gov.br/images/documentos/perfil_soja_dez_2019[1].pdf)>. Acesso em: 5 jan. 2020.

SILVA, E. V. V. **Parâmetros genéticos e fenotípicos associados à precocidade em soja**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2018.

SILVA, F. et al. **Melhoramento de Soja**. UFV. Viçosa, 2017.

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.

SINCLAIR, T. R.; KITANI, S.; HINSON, K.; BRUNIARD, J.; HORIE, T. Soybean flowering date: linear and logistic models based on temperature and photoperiod. **Crop Science, Madison**, v. 31, p. 786-790, 1991.

SINCLAIR, T. R., Neumaier, N., Farias, J. R. B., & Nepomuceno, A. L. Comparison of vegetative development in soybean cultivars for low latitude environments. **Field Crops Research**, 92, 53-59, 2005.

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.

SOARES, I. O. **Emprego da seleção recorrente visando a obtenção de progênes de soja adaptadas ao Sul de Minas Gerais** 2018. 64p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2018.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Macenas, 2009. 314 p.

SEDIYAMA, T. **Melhoramento genético da soja**. Londrina: Ed. Mecenaz, v.1, 2015. 352 p.

SPADER, V. **Características de plantas de soja associadas com alta produtividade em condição de elevada altitude**. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2014.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MAFFEI, Massimo. **Fisiologia vegetale**. Piccin, 2013.

TODESCHINI M. H. **Progresso genético da soja no Brasil quanto à caracteres fisiológicos e agrônômicos** . Dissertação de Mestrado. Pato Branco- Paraná, p50, 2018.

TODESCHINI, Matheus Henrique et al. Soybean genetic progress in South Brazil: physiological, phenological and agronomic traits. **Euphytica**, v. 215, n. 7, p. 124, 2019.

TORRES et al., Desempenho agronômico e dissimilaridade genética entre genótipos de soja. **Rev. de Ciências Agrárias**, Mato Grosso do Sul. vol.38 no.1 Lisboa mar. 2015

USDA. Agricultural Research Service: **USDA Food Composition Databases**. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>>. Acesso em: 18, nov. 2019.

UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; SILVA, F. M.; VILLELA, O. T.; ARAÚJO, L. C. A.; MAURO, A. O. Estimativa de parâmetros genéticos em linhagens precoces de soja com aptidão para áreas de reforma de canavial. **Ciência & Tecnologia**, v. 4, 2012.

WANG, Y.; CHENG, L.; LENG, J.; WU, C.; SHAO, G.; HOU, W.; HAN, T. Genetic analysis and quantitative trait locus identification of the reproductive to vegetative growth period ratio in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Euphytica**, v. 201, p. 275 – 284, 2015.

WATANABE, S.; HARADA, K.; ABE, J. Genetic and molecular bases of photoperiod responses of flowering in soybean. **Breeding science**, v. 61, n. 5, p. 531-543, 2012.

ZANON, A. J. et al. Development of soybean cultivars as a function of maturation group and growth type in high lands and in lowlands. **Bragantia**, n. AHEAD, p. 00-00, 2015.

## ANEXO A

Tabela 1 A - Resumo da análise individual de parâmetros genéticos e fenotípicos associados aos caracteres agrônômicos produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR), a relação período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) e incremento diário de produtividade (IDP) entre progênies F2:3 de soja no município de Lavras-MG, safra 2018/19.

Fontes de variação <sup>1/</sup>		Caracteres Agrônômicos						
		PROD (Kg. ha <sup>-1</sup> )	DPF (Dias)	DPM (Dias)	PV (Dias)	PR (Dias)	PR/PV	IDP (Kg. ha <sup>-1</sup> )
<b>Efeitos aleatórios</b>		<b>Parâmetros Genéticos</b>						
Progênies (P)	$\hat{\sigma}_G^2$	957118,1***	0,8668***	25,04***	1,24***	21,84***	0,0064***	41,91***
Precoces (PP)	$\hat{\sigma}_{GPP}^2$	595341,9***	0,64**	0,19	0,95***	2,37*	0,0038***	34,02***
Tardias (PT)	$\hat{\sigma}_{GPT}^2$	1017707,0***	0,00	0,00	0,17	0,56	0,0020***	47,78***
<b>Efeitos fixos</b>		<b>Desvios Genéticos</b>						
Testemunhas (T)	$\hat{\sigma}_T$	1,3	298***	93***	280***	118***	215***	0,9
P vs T	$\hat{\sigma}_{PvsT}$	0,3	30***	0	39***	8**	8**	0,9
PP vs PT	$\hat{\sigma}_{PPvsPT}$	23,3***	146***	850	145***	538***	68***	6,0*
Média Geral		5134,5	53,36	138,08	52,36	85,75	1,64	36,71
Média (PP)		4835,4	53,02	133,84	51,88	81,86	1,59	35,69
Média (PT)		5411,9	53,36	142,02	52,80	89,37	1,68	37,65
h <sup>2</sup> (%)		64,99	38,43	76,30	51,90	79,77	72,91	59,77
rgg <sup>2</sup> (%)		82,61	63,52	89,51	73,82	91,52	87,50	79,22
CV <sub>e</sub> (%)		13,11	2,89	2,35	2,68	3,26	3,65	13,54

<sup>1/</sup>Variância genética entre progênies ( $\hat{\sigma}_G^2$ ), variância genética entre progênies x locais ( $\hat{\sigma}_{GxE}^2$ ), variância genética entre progênies precoces ( $\hat{\sigma}_{GPP}^2$ ), variância genética entre progênies tardias ( $\hat{\sigma}_{GPT}^2$ ), variância residual ( $\hat{\sigma}_E^2$ ).

\*Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' '.

Fonte: Do Autor (2020).

Tabela 2 A - Resumo da análise individual de parâmetros genéticos e fenotípicos associados aos caracteres agrônômicos produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR), a relação período reprodutivo e vegetativo (PR/PV) e incremento diário de produtividade (IDP) entre progêneses F2:3 de soja no município de Ijaci-MG, safra 2018/19.

Fontes de variação <sup>1/</sup>		Caracteres Agrônômicos						
		PROD (Kg. ha <sup>-1</sup> )	DPF (Dias)	DPM (Dias)	PV (Dias)	PR (Dias)	PR/PV	IDP (Kg. ha <sup>-1</sup> )
<b>Efeitos aleatórios</b>		<b>Parâmetros Genéticos</b>						
Progêneses (P)	$\hat{\sigma}_G^2$	711648,8**	1,04***	8,07***	1,18***	4,43***	0,0013***	39,60**
Precoces (PP)	$\hat{\sigma}_{GPP}^2$	319441,3	0,16	0,00	0,33*	0,54***	0,0012***	22,63
Tardias (PT)	$\hat{\sigma}_{GPT}^2$	977322,7**	0,23	2,54***	0,37**	2,36***	0,0013***	51,28**
<b>Efeitos fixos</b>		<b>Desvios Genéticos</b>						
Testemunhas (T)	$\hat{\sigma}_T$	10,18	120***	19*	121***	107***	128***	11,03
P vs T	$\hat{\sigma}_{PvsT}$	0,00	70***	0	69***	15***	67***	0,0
PP vs PT	$\hat{\sigma}_{PPvsPT}$	1,54	167***	451***	168***	139***	1	0,01
Média Geral		5857,23	51,00	128,89	49,95	78,99	1,58	42,28
Média (PP)		5784,32	50,42	126,30	49,28	77,31	1,58	42,22
Média (PT)		5920,41	51,50	131,14	50,53	80,45	1,59	42,33
h <sup>2</sup> (%)		44,14	59,07	87,59	67,12	85,36	56,02	40,66
rgg' (%)		68,77	79,55	96,87	84,80	95,63	77,47	66,01
CV <sub>e</sub> (%)		14	1,95	0,62	1,72	0,95	2,39	14,68

<sup>1/</sup>Variância genética entre progêneses ( $\hat{\sigma}_G^2$ ), variância genética entre progêneses x locais ( $\hat{\sigma}_{GxE}^2$ ), variância genética entre progêneses precoces ( $\hat{\sigma}_{GPP}^2$ ), variância genética entre progêneses tardias ( $\hat{\sigma}_{GPT}^2$ ), variância residual ( $\hat{\sigma}_E^2$ ).

\*Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' '.

Fonte: Do Autor (2020).

Tabela 3 A - Médias BLUPs da análise conjunta associados aos caracteres agrônômicos como produtividade de grãos (PROD), dias para florescimento (DPF), dias para maturação absoluta (DPM), período vegetativo (PV), período reprodutivo (PR), relação período reprodutivo e vegetativo (PR/PV), incremento diário de produtividade (IDP) e grupo de maturação relativa (M.R.) entre progênies F2:3 de soja nos municípios de Lavras-MG e Ijaci-MG, na safra 2018/19. (Continua)...

Tratamento	Ciclo	PROD	DPF	DPM	PV	PR	IDP	PR/PV	M.R. <sup>1/</sup>
		Kg.ha <sup>-1</sup>	Dias	Dias	Dias	Dias	Kg.ha <sup>-1</sup>		
<b>P95R51</b>	Precoce	6634	40	126	39	87	51,0	2,02	5,4*
57	Precoce	5107	52	129	51	78	38,7	1,59	6,2
24	Precoce	5333	52	130	51	79	39,8	1,60	6,4
33	Precoce	5062	52	126	51	77	38,5	1,59	6,4
43	Precoce	5029	52	127	51	78	38,3	1,60	6,4
12	Precoce	5196	51	129	50	80	39,1	1,61	6,5
15	Precoce	4969	52	128	51	78	38,0	1,58	6,5
<b>M5917</b>	Precoce	6409	39	125	37	88	49,7	2,09	6,5*
9	Precoce	5750	52	130	51	79	41,7	1,60	6,6
21	Precoce	5124	52	129	51	79	38,7	1,60	6,6
28	Precoce	5310	52	130	51	80	39,3	1,60	6,6
50	Precoce	5071	51	129	50	80	38,5	1,61	6,6
55	Precoce	5004	52	130	51	78	38,2	1,59	6,6
60	Precoce	5012	51	130	50	80	38,3	1,62	6,6
61	Precoce	5172	52	130	51	79	38,9	1,60	6,6
69	Precoce	4943	52	128	51	78	37,8	1,59	6,6
75	Precoce	5174	53	129	52	78	38,9	1,59	6,6
40	Precoce	5225	53	130	52	79	39,2	1,58	6,7
46	Precoce	4888	53	129	52	78	37,6	1,58	6,7
64	Precoce	4888	52	130	51	80	37,6	1,60	6,7
65	Precoce	5211	52	130	51	80	38,8	1,60	6,7
66	Precoce	5230	51	131	50	81	39,1	1,61	6,7
77	Precoce	5236	52	128	51	80	38,8	1,60	6,7
78	Precoce	5405	51	130	51	80	39,8	1,61	6,7
10	Precoce	5224	52	130	51	80	39,1	1,61	6,8
19	Precoce	5193	52	131	51	80	38,9	1,61	6,8
27	Precoce	5042	52	130	51	80	38,2	1,61	6,8
35	Precoce	5267	52	130	51	81	39,3	1,61	6,8
47	Precoce	4950	53	130	52	79	37,9	1,58	6,8
49	Precoce	5453	52	131	51	80	40,2	1,60	6,8
54	Precoce	5289	53	129	52	79	39,3	1,59	6,8
58	Precoce	4854	52	129	51	80	37,4	1,60	6,8
59	Precoce	4782	51	130	50	81	37,0	1,61	6,8
62	Precoce	5036	52	129	51	79	38,2	1,60	6,8
63	Precoce	5363	52	131	51	80	39,8	1,61	6,8
67	Precoce	4958	52	131	51	80	37,8	1,61	6,8
74	Precoce	4895	52	131	51	80	37,6	1,61	6,8
3	Precoce	5011	52	131	51	81	38,1	1,61	6,9

Continuação...

4	Precoce	5017	52	130	51	81	38,2	1,61	6,9
13	Precoce	4919	53	131	52	80	37,7	1,59	6,9
14	Precoce	5255	51	131	50	82	39,2	1,62	6,9
26	Precoce	4856	52	132	51	81	37,8	1,61	6,9
30	Precoce	5111	53	134	52	81	38,5	1,60	6,9
32	Precoce	5086	52	131	51	80	38,4	1,60	6,9
41	Precoce	4758	51	130	50	81	36,9	1,61	6,9
51	Precoce	5217	52	129	51	80	39,0	1,60	6,9
53	Precoce	4789	51	129	50	82	37,1	1,62	6,9
72	Precoce	5016	51	132	50	81	37,9	1,62	6,9
73	Precoce	5010	52	131	51	80	38,1	1,60	6,9
76	Precoce	5023	53	131	51	80	38,2	1,59	6,9
80	Precoce	5224	52	130	51	80	39,1	1,60	6,9
18	Precoce	5060	52	133	51	82	38,2	1,62	7,0
20	Precoce	5366	51	130	50	82	39,7	1,62	7,0
34	Precoce	4873	52	131	51	81	37,3	1,61	7,0
37	Precoce	5443	52	131	51	81	40,1	1,61	7,0
45	Precoce	5290	53	132	52	79	39,5	1,58	7,0
70	Precoce	4956	52	132	51	80	37,8	1,60	7,0
79	Precoce	4833	52	132	52	80	37,3	1,60	7,0
1	Precoce	5195	52	132	52	81	38,8	1,59	7,1
2	Precoce	5384	52	131	51	81	39,9	1,61	7,1
5	Precoce	5077	51	131	51	82	38,4	1,62	7,1
6	Precoce	5184	52	132	51	81	38,7	1,60	7,1
8	Precoce	5481	52	132	51	82	40,1	1,61	7,1
23	Precoce	5509	53	132	52	81	40,2	1,60	7,1
25	Precoce	5261	52	132	51	81	39,2	1,60	7,1
31	Precoce	5117	52	132	51	81	38,5	1,61	7,1
42	Precoce	5640	52	131	51	82	41,0	1,61	7,1
44	Precoce	4997	52	131	51	82	38,1	1,61	7,1
52	Precoce	4895	53	132	52	80	37,5	1,59	7,1
68	Precoce	4785	51	132	50	83	36,9	1,64	7,1
71	Precoce	5224	53	131	52	80	39,0	1,58	7,1
<b>DESAFIO RR</b>	Precoce	7545	39	128	38	90	58,5	2,11	7,1*
7	Precoce	5086	53	133	52	80	38,4	1,58	7,2
29	Precoce	5372	52	131	51	81	39,8	1,61	7,2
36	Precoce	5277	52	132	51	82	39,2	1,61	7,2
48	Precoce	4967	52	133	51	82	37,9	1,61	7,2
56	Precoce	5253	52	132	51	82	39,3	1,61	7,2
38	Precoce	5613	52	132	50	83	40,7	1,63	7,3
39	Precoce	5092	52	132	51	82	38,3	1,61	7,3
132	Precoce	4935	53	135	52	82	37,7	1,60	7,3
11	Tardia	5399	52	134	51	83	39,7	1,61	7,5
108	Tardia	4886	53	136	52	84	37,5	1,62	7,5
137	Tardia	5385	53	137	52	84	39,5	1,61	7,5

Continuação...

164	Tardia	5211	53	135	52	83	38,8	1,60	7,5
16	Tardia	4960	53	134	52	82	37,6	1,61	7,6
17	Tardia	5179	52	132	51	83	38,9	1,61	7,6
22	Tardia	5467	52	132	51	83	40,1	1,61	7,6
87	Tardia	5282	53	137	52	85	37,8	1,62	7,6
100	Tardia	4957	53	137	52	85	37,4	1,62	7,6
101	Tardia	4601	53	137	52	84	35,9	1,62	7,6
107	Tardia	5576	53	137	52	85	39,9	1,62	7,6
110	Tardia	5211	53	136	52	83	38,8	1,61	7,6
123	Tardia	5192	53	137	52	85	38,7	1,62	7,6
139	Tardia	5595	53	136	52	84	40,4	1,62	7,6
142	Tardia	5084	53	137	52	83	38,2	1,61	7,6
143	Tardia	5028	54	136	53	82	37,8	1,59	7,6
145	Tardia	4923	53	135	52	84	37,6	1,61	7,6
<b>98Y12</b>	Tardia	10169	48	126	47	79	79,6	1,65	7,6*
86	Tardia	5454	53	137	52	85	39,7	1,61	7,7
106	Tardia	5050	53	138	52	85	37,9	1,61	7,7
109	Tardia	5224	53	139	52	85	38,7	1,62	7,7
117	Tardia	5108	53	137	52	84	38,1	1,61	7,7
121	Tardia	5639	53	138	52	84	40,6	1,61	7,7
127	Tardia	5475	52	138	51	86	39,9	1,64	7,7
133	Tardia	5563	53	138	52	85	40,3	1,62	7,7
85	Tardia	5452	53	138	52	85	39,8	1,62	7,8
89	Tardia	5262	53	138	52	84	38,9	1,61	7,8
91	Tardia	5020	52	138	52	85	37,9	1,62	7,8
92	Tardia	5323	52	137	51	86	39,2	1,64	7,8
93	Tardia	5506	53	137	52	85	39,8	1,62	7,8
97	Tardia	5003	53	138	52	85	38,4	1,62	7,8
98	Tardia	5382	53	138	52	85	39,5	1,62	7,8
111	Tardia	5209	53	138	52	85	38,6	1,61	7,8
113	Tardia	5276	53	138	52	85	38,9	1,62	7,8
118	Tardia	5633	52	137	51	86	39,1	1,63	7,8
126	Tardia	5170	53	137	52	85	38,5	1,62	7,8
131	Tardia	5339	53	137	52	85	39,1	1,62	7,8
146	Tardia	5283	54	138	53	84	38,9	1,61	7,8
152	Tardia	5445	53	138	52	84	39,6	1,61	7,8
161	Tardia	5549	52	139	51	86	40,1	1,64	7,8
162	Tardia	5560	53	138	52	85	40,1	1,62	7,8
<b>BRS780RR</b>	Tardia	6634	51	129	50	79	51,0	1,60	7,8
83	Tardia	5053	53	139	52	85	38,1	1,61	7,9
99	Tardia	4935	53	138	52	85	37,3	1,62	7,9
102	Tardia	5835	52	137	51	86	41,5	1,63	7,9
112	Tardia	5211	53	137	52	85	38,8	1,61	7,9
114	Tardia	5411	53	138	52	86	39,5	1,63	7,9
119	Tardia	5007	54	138	53	84	37,6	1,61	7,9

Continuação...									
122	Tardia	5254	53	137	52	86	38,8	1,62	7,9
128	Tardia	5432	53	139	52	85	39,7	1,62	7,9
141	Tardia	5487	54	136	53	83	40,0	1,60	7,9
160	Tardia	5124	53	138	52	85	38,3	1,62	7,9
166	Tardia	5587	52	138	51	86	40,3	1,63	7,9
168	Tardia	5060	53	139	52	85	38,1	1,61	7,9
<b>5G830RR</b>	Tardia	6634	51	129	50	79	51,0	1,60	7,9
82	Tardia	5034	53	138	52	85	37,8	1,62	8,0
88	Tardia	5432	53	138	52	85	39,6	1,61	8,0
120	Tardia	5211	53	138	52	86	38,8	1,62	8,0
124	Tardia	5617	52	138	52	86	40,3	1,63	8,0
130	Tardia	5493	53	138	52	86	40,0	1,62	8,0
138	Tardia	5442	53	139	52	86	39,7	1,63	8,0
140	Tardia	5027	53	139	52	85	37,8	1,62	8,0
150	Tardia	5361	53	139	52	86	39,2	1,62	8,0
<b>ANTA 82</b>	Precoce	9661	42	125	40	85	75,7	1,94	8,0*
84	Tardia	5167	53	138	52	85	38,4	1,61	8,1
95	Tardia	4963	53	139	52	86	37,5	1,62	8,1
103	Tardia	5396	54	139	53	85	39,4	1,61	8,1
104	Tardia	5629	53	138	52	86	40,3	1,62	8,1
129	Tardia	5281	54	139	52	86	38,8	1,62	8,1
148	Tardia	5211	54	137	53	85	38,8	1,61	8,1
149	Tardia	5595	54	140	53	85	40,2	1,61	8,1
151	Tardia	5640	53	139	52	86	40,5	1,62	8,1
90	Tardia	5441	53	138	52	87	39,5	1,63	8,2
94	Tardia	5308	53	140	52	87	39,0	1,63	8,2
96	Tardia	5190	53	137	53	85	38,6	1,61	8,2
105	Tardia	4987	53	139	52	87	37,8	1,63	8,2
115	Tardia	5199	53	138	52	87	38,4	1,64	8,2
116	Tardia	4959	53	140	52	87	37,5	1,63	8,2
125	Tardia	5448	53	141	52	87	39,6	1,62	8,2
134	Tardia	5320	53	139	52	87	39,0	1,64	8,2
135	Tardia	5211	54	141	53	87	38,8	1,62	8,2
136	Tardia	5192	53	139	52	86	38,6	1,63	8,2
144	Tardia	5549	53	139	52	86	40,0	1,63	8,2
147	Tardia	5559	52	140	51	89	40,1	1,65	8,2
155	Tardia	4992	53	140	52	87	37,7	1,63	8,2
169	Tardia	5387	52	139	51	88	39,3	1,64	8,2
<b>98Y30</b>	Tardia	6634	51	131	50	79	51,0	1,60	8,2*
81	Tardia	5212	53	138	52	86	38,4	1,62	8,3
<b>M8210</b>	Tardia	6875	47	131	46	85	51,9	1,77	8,5*

<sup>1/</sup>Maturação relativa estimada pela equação de regressão:  $\hat{Y} = 0.0958 x - 5.8368$ .  $R^2 = 0.8906$ .

\*Estimativas das testemunhas obtidas a partir dos dados experimentais.

Fonte: Do Autor (2020).