



FIORITA FARIA MONTEIRO

**ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS E
FENOTÍPICOS DA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA**

**LAVRAS - MG
2018**

FIORITA FARIA MONTEIRO

**ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS DA QUALIDADE
DE SEMENTES DE SOJA**

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

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi
Orientador

Profa. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho
Co-orientadora

**LAVRAS - MG
2018**

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

Monteiro, Fiorita Faria.

Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos da qualidade
de sementes de soja / Fiorita Faria Monteiro. - 2018.

54 p.

Orientador(a): Adriano Teodoro Bruzi.

Coorientador(a): Maria Laene Moreira de Carvalho.

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

Bibliografia.

1. Glycine max L Merrill. 2. Componentes da variância. 3.
Seleção recorrente. I. Bruzi, Adriano Teodoro. II. Carvalho, Maria
Laene Moreira de. III. Título.

FIORITA FARIA MONTEIRO

**ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS DA QUALIDADE
DE SEMENTES DE SOJA**

**ESTIMATES OF GENETICS AND PHENOTYPICS PARAMETERS FOR QUALITY
OF SOYBEAN SEEDS**

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

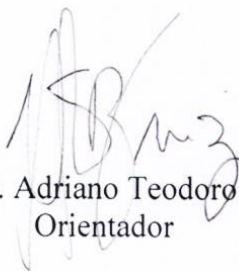
APROVADA em 19 de fevereiro de 2018

Dr. Hélia Alves de Mendonça

MAPA

Prof. Dr. João Almir de Oliveira

UFLA


Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi
Orientador

**LAVRAS - MG
2018**

Aos meus pais, irmãos, noivo e professores.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder o dom da vida e as oportunidades de estudar, conhecer pessoas maravilhosas e enfrentar desafios. A Nossa Senhora por todo amparo e fé.

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

À minha mãe Neuza Faria e ao meu pai Hélio Dionísio Monteiro, obrigada de coração por tudo que fizeram e que fazem para me ajudar a me tornar uma pessoa melhor, pelos ensinamentos, correções e pelo exemplo de vocês.

Aos meus irmãos Hugo e Pietro, apoio e alegria da minha história.

Ao meu noivo Rodrigo pela paciência, auxílio e amor com que me acompanha.

A todos meus familiares, em especial meus avós por toda inspiração e sabedoria.

Aos meus grandes professores da pós-graduação, especialmente Adriano Teodoro Bruzi que com sua dedicação e amor à profissão me auxiliou e permitiu grande aprendizado, junto ao grupo Pesquisa Soja o qual guardo com grande apreço em meu coração, amizades e recordações. À professora Maria Laene pela co-orientação e contribuições. Ao grupo Pesquisa soja por todo auxílio durante as atividades e convivência.

Aos funcionários do setor de Agricultura, secretária Marli, funcionários Edésio, Ezequiel e Antônio, por todo apoio e troca de experiências. À Universidade Federal de Lavras- UFLA, por todo enriquecimento nesses últimos sete anos.

RESUMO

Atualmente a demanda não é somente para cultivares de soja produtivas, mas que possuam também sementes com alta qualidade fisiológica. Com aumento crescente do cultivo desta oleaginosa na região do Sul de Minas Gerais e com a inexistência de empresas de melhoramento genético com cultivares específicas para a região, foram avaliadas sementes de progênies de soja provenientes do programa de seleção recorrente da Universidade Federal de Lavras- UFLA, com o objetivo de se estimar parâmetros genéticos e fenotípicos associados aos atributos da qualidade fisiológica de sementes. Na safra 2015/2016 foram avaliadas 142 progênies provenientes de Lavras-MG e na safra 2016/2017 foram avaliadas 64 progênies em Lavras-MG, Itutinga-MG e Nazareno-MG. Os testes realizados foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizados com quatro repetições. A qualidade fisiológica foi avaliada pelo teste de germinação, teste de comprimento de plântulas, teste de tetrazólio e teste de emergência sob condições controladas. Foram obtidos os atributos germinação de plântulas normais, comprimento de radícula e hipocótilo nos testes de germinação; vigor, viabilidade das sementes, dano mecânico, dano por percevejo e dano por umidade no teste de tetrazólio; índice de velocidade de emergência e porcentagem de emergência no teste em bandejas. A herdabilidade, ganhos genéticos esperados e os componentes da variância foram estimados utilizando análise de modelos mistos no *software* livre R. As estimativas de acurácia foram de média a alta magnitude. Os componentes de variância devido à fonte de variação progênies foi significativo para a maioria dos caracteres, evidenciando a existência de variabilidade. A interação progênies por ambientes foi significativa permitindo inferir que existe a influência dos fatores ambientais na produção de sementes. As magnitudes da herdabilidade e ganho esperado com a seleção remetem a possibilidade de sucesso para o melhoramento visando à qualidade fisiológica. As estimativas de resposta correlacionada permitem inferir que a seleção para produtividade de grãos reflete em ganhos na qualidade fisiológica de sementes.

Palavras-chave: *Glycine max* L. Merrill. Componentes da variância. Seleção recorrente.

ABSTRACT

Currently the demand is not only for productive soybean cultivars, but also for seeds with high physiological quality. Since the cultivation of this oilseed in the south of Minas Gerais has increased and there are not any companies of genetic improvement with specific cultivars for the region, we evaluated seeds of progenies coming from the breeding program of recurrent selection of the Federal University of Lavras, aiming to estimate the genetics and phenotypics parameters regarding seeds quality. In the season 2015/2016, 142 seeds of progenies produced in Lavras-MG were evaluated. At the season 2016/2017, 64 seeds of progenies produced in Lavras-MG, Itutinga-MG and Nazareno-MG were evaluated. The tests in laboratory were performed using completely randomized design with four replications. Seeds quality were evaluated for germination test, seedlings length, seedling emergence and the tetrazolium test. The attributes evaluated were: germination, length of radicle, length of hypocotyl, vigor, viability of seeds, mechanical damage, bedbugs damage, humidity damage, emergence speed index and seedling emergence. Heritability, selection gains and the components of variance were estimated by mixed models using the R software. The accuracy estimates reflected medium and high magnitude. The components of variance due to the source of variation were significant for most of the characters, evidencing the existence of variability. The genotypes versus environments (GxE) interaction was significant. Therefore, environmental factors have affected the production of seeds. The magnitude of heritability and selection gains refers to the possibility of success for improvement for seed physiological quality. Correlated response estimates allow to infer that selection for grain yield reflects on gains in seeds physiological quality.

Keywords: *Glycine max* L. Merrill. Variance component. Recurrent selection.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estimativa de parâmetros genéticos encontrados na literatura para alguns caracteres da qualidade fisiológica de sementes. Lavras, MG, 2018.	24
Tabela 2- Estimativa conjunta de parâmetros genéticos e fenotípicos associados à qualidade fisiológica de sementes das progênes S0:2 de soja produzidas em Lavras, Itutinga e Nazareno na safra 2016/2017	33
Tabela 3- Amplitude de variação dos BLUP's conjunta associados à qualidade fisiológica de sementes de progênes S0:2 de soja produzidas em Lavras, Itutinga e Nazareno na safra 2016/2017	34
Tabela 4- Estimativa conjunta de parâmetros genéticos e fenotípicos associados à qualidade fisiológica de sementes das progênes S0:1 e S0:2 de soja produzidas em Lavras, Itutinga e Nazareno nas safras de 2015/2016 e 2016/2017.....	34
Tabela 5- Amplitude de variação dos BLUP's conjunta associados à qualidade fisiológica de sementes de progênes S0:1 e S0:2 de soja produzidas em Lavras, Itutinga e Nazareno nas safras de 2015/2016 e 2016/2017.	35
Tabela 6- Estimativa de ganhos genéticos por seleção (GS) em porcentagem (%) para os testes de avaliação da qualidade de sementes S0:1 provenientes de Lavras da safra 2015/2016.....	38
Tabela 7- Estimativa de ganhos genéticos por seleção (GS) em porcentagem (%) para os testes de avaliação da qualidade de sementes S0:2 provenientes de Lavras, Itutinga e Nazareno da safra 2016/2017.....	38
Tabela 8- Estimativa de ganhos genéticos por seleção (GS) em porcentagem (%) para os testes de avaliação da qualidade de sementes S0:1 e S0:2 provenientes de Lavras, Itutinga e Nazareno na safra 2015/2016 e 2016/2017.....	39
Tabela 9- Estimativa de resposta correlacionada para seleção quanto à produtividade, para os caracteres germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor (VIGOR), potencial germinativo (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE) em diferentes intensidades de seleção nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.	39

Tabela 10- Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados à qualidade fisiológica de sementes das progênies S0:1 de soja produzidas em Lavras na safra 2015/2016.....	51
--	----

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Média mensal da precipitação (mm) e temperatura nos ambientes em Minas Gerais:
A- Lavras, safra 2015/2016; B- Lavras, safra 2016/2017; C- Itutinga, safra 2016/2017; D- Nazareno, safra 2016/2017.26
- Figura 2- Distribuição de frequência das médias BLUP's associados a qualidade fisiológica de sementes das progênes de soja (S0:1 e S0:2) referente a análise conjunta em Lavras, Itutinga e Nazareno, nas safras 2015/2016 e 2016/2017. A- Germinação(%), B- Comprimento de hipocótilo (cm), C- Comprimento de radícula (cm), D- Índice de velocidade de emergência, E- Porcentagem de emergência(%).....36
- Figura 3- Distribuição de frequência das médias BLUP's associados a qualidade fisiológica de sementes das progênes de soja (S0:1 e S0:2) referente a análise conjunta em Lavras, Itutinga e Nazareno, nas safras 2015/2016 e 2016/2017. F- Vigor de sementes pelo teste de tetrazólio (%), G- Potencial germinativo pelo teste de tetrazólio(%), H- Dano mecânico(%), I- Dano por percevejo(%), J- Dano por umidade (%).37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	A cultura da soja.....	14
2.2	Métodos de melhoramento aplicados na cultura da soja	17
2.3	Qualidade fisiológica de sementes: o caso da soja	20
2.4	Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para qualidade fisiológica	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	Ambientes utilizados para produção de sementes	25
3.2	Tratamentos genéticos.....	27
3.2.1	Teste de germinação	27
3.2.2	Teste de comprimento de plântulas.....	28
3.2.3	Teste de tetrazólio	28
3.2.4	Teste de emergência sob condições controladas	28
3.2.5	Índice de velocidade de emergência (IVE)	29
3.3	Análise estatística dos dados fenotípicos.....	29
4	RESULTADOS	32
5	DISCUSSÃO	40
6	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICE	51

1 INTRODUÇÃO

Frente à importância e crescimento da cultura da soja no Brasil, diversas regiões vêm ampliando a área cultivada com esta oleaginosa. Minas Gerais, por exemplo, plantou cerca de 1,47 milhões de hectares com esta cultura, na safra 2017/2018 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2017). Por este motivo os produtores tem incrementado a demanda por cultivares produtivas e que associem sementes de elevada qualidade fisiológica. Apesar do crescimento expressivo da cultura, a região do Sul de Minas não é tradicionalmente produtora de soja, o que faz com que as empresas de melhoramento genético não desenvolvam cultivares específicas para a região.

Segundo Moreno (2016), para atender a demanda do mercado de sementes e garantir segurança aos diversos setores envolvidos, torna-se necessária à avaliação da qualidade fisiológica das cultivares melhoradas, pois no Brasil tem sido verificado que alguns genótipos, apesar de muito produtivos, apresentam baixa qualidade de sementes. Neste contexto o autor também denota que no controle genético do atributo qualidade fisiológica, vários genes devem estar envolvidos.

A qualidade fisiológica de sementes também é altamente influenciada pelos fatores ambientais e vários genes estão relacionados na expressão deste atributo. Neste sentido, uma importante ferramenta para nortear os programas de melhoramento é a estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos. Vários relatos na literatura são reportados para a cultura da soja considerando os caracteres morfoagronômicos. Porém, para a qualidade fisiológica de sementes os relatos são mais escassos (ZAMBIAZZI et al., 2017).

Ante ao exposto, fica evidente que é relevante à obtenção de parâmetros genéticos e fenotípicos para o atributo qualidade fisiológica de sementes. Assim, objetivou-se mensurar parâmetros genéticos e fenotípicos associados a caracteres relacionados à qualidade fisiológica de sementes de progênes segregantes de soja, oriundas do programa de seleção recorrente da UFLA para produtividade de grãos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da soja

A espécie *Glycine max* L. Merrill é originária do nordeste da China sendo sua forma ancestral de ciclo anual do “tipo cipó”. Foi levada para Europa no século XVIII, para os Estados Unidos da América no ano de 1765, sendo utilizada inicialmente como cultura forrageira para alimentação animal e somente após 1941 foi sendo cultivada em maior parte para produção de grãos.

A utilização no Brasil tem seus primeiros relatos no ano de 1882 na Bahia, Estado no qual a soja não se adaptou em virtude da latitude em torno de 12° Sul. No ano de 1891, novas cultivares foram propagadas na região de São Paulo e Rio Grande do Sul. Sendo esta última região com maior sucesso em relação ao clima, fotoperíodo e condições edafoclimáticas.

São Paulo apresentou forte expansão da soja pela ação do Instituto Agrônomo de Campinas- IAC, com os primeiros trabalhos iniciados em 1920 com intuito de desenvolvimento de cultivares de soja adaptadas para a região (MIYASAKA, 1958). No IAC foi desenvolvida uma das cultivares mais plantada no Brasil Central na década de 70, a IAC-2, proveniente da hibridação de Yelnando x Aliança Preta (MIRANDA et al., 1981; SEDIYAMA, 2015). Foi notável nesta época também a participação dos imigrantes japoneses no cultivo e propagação da soja pelo estado.

Já em Minas Gerais podem ser citadas as entidades de pesquisa e desenvolvimento de cultivares: Universidade Federal de Viçosa-UFV com apoio da Purdue University e da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais- EPAMIG; Cooperativa Agropecuária do Alto do Parnaíba; Fundação Triângulo de Pesquisa e Desenvolvimento; Universidade Federal de Lavras- UFLA; Universidade Federal de Uberlândia- UFU e diversas empresas privadas. As cultivares lançadas que obtiveram maior sucesso entre 1970 a 2000 foram: Viçoja, Mineira, UFV-1, MG/BR 46, CAC-1, UFUS Impacta, UFUS milionária, entre outras. Nesse período também foram desenvolvidas cultivares destinadas para consumo humano.

Podem-se citar nos demais Estados da federação alguns institutos com importantes contribuições para o melhoramento da soja. Em Goiás a Empresa Goiânia de Pesquisas Agropecuária- EMGOPA, com cultivares com a denominação Emgopa. Outra instituição foi o Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados com enfoque para regiões próximas ao Equador e para regiões do cerrado.

No Paraná tem-se destaque o Centro Nacional de Pesquisa Soja, com o lançamento de importantes materiais cultivados no cerrado como Doko e Doko RC. No Paraná também está localizada a Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola- COODETEC com destaque para as inovadoras cultivares CD219RR e a CD223AP, com resistência ao glifosato e com elevado teor de proteína respectivamente.

Em Mato Grosso surgiu pela necessidade dos produtores da região a Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária do Mato Grosso- Fundação MT, no ano de 1993, que realizou parceria com a Tropical Melhoramento de Plantas- TMG em 2001, lançando diversos materiais no mercado, entre eles a tecnologia INOX da soja convencional que apresenta resistência à ferrugem asiática, com cultivares lançadas a partir de 2008 (FUNDAÇÃO MT, 2011).

No cenário atual, segundo a CONAB (2017), a cultura da soja correspondeu em área plantada a 56% da área semeada no país na safra 2016/2017, com estimativa de crescimento de 3,1% para a safra 2017/2018, o que corresponde a um total de 34,96 milhões de hectares.

O cultivo da soja também tem se expandido por novas fronteiras agrícolas no Brasil, país com uma grande diversidade climática e alto potencial para expansão da cultura, já que os demais concorrentes do Brasil (EUA, Argentina, China e Índia) estão com suas fronteiras agrícolas quase ou totalmente esgotadas, e se optarem por incrementar o cultivo da soja, terão que reduzir o cultivo de outros grãos, como milho, trigo, girassol e algodão (DALL'GNOL, 2011).

A região sudeste corresponde a 6,94% da área nacional cultivada com essa oleaginosa. Considerando a safra 2017/2018, de acordo com dados da CONAB (2017), para o estado de Minas Gerais, a expectativa é de uma expansão da área de cultivo da soja, em relação à safra 2016/2017. Para a safra 2017/2018, a estimativa de área plantada é de 1,47 milhões de hectares, o que representa um aumento de 1% em relação à safra anterior, a expectativa para a produção é de 4,78 milhões de toneladas e produtividade de 3.256 kg/ha. Estes dados corroboram com os resultados dos últimos anos que apresentam o incremento em área de produção da cultura da soja no estado de Minas Gerais.

Denota-se também que a soja é considerada a cultura com maior consumo de sementes, fertilizantes e defensivos da agricultura brasileira, distribuídos em mais de 200 mil estabelecimentos rurais (HIRAKURI; LORINI, 2016). De acordo com Anuário de 2016 da Associação Brasileira de Sementes e Mudas – ABRASEM (2016), na safra de 2014/2015 foram registrados 18.637 campos para a produção de sementes, com produção de aproximadamente 5,57 milhões de toneladas de sementes.

Em relação às exportações, o sistema AGROSTAT- Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro (2017) indica que as exportações do complexo soja apresentaram maior porcentagem entre todos os setores, participando com 34,27% das exportações brasileiras do agronegócio, com valores de 30,52 bilhões de dólares até o mês de novembro de 2017.

O principal destino das exportações do complexo soja é a China (64,75% do complexo soja), pois este país substituiu em 2013 sua importação da União Europeia para importar do Brasil, reforçando a recente tendência para novos parceiros comerciais, como países do leste da Ásia e do Pacífico, Oriente Médio e América Latina (FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION-FAO, 2015).

Outra razão para as altas exportações e produções, se deve à soja ser um grão muito versátil que dá origem a produtos e subprodutos muito usados pela agroindústria, indústria química e de alimentos. A utilização desse grão é principalmente para obtenção do farelo de soja. Outros usos são para bebidas a base de soja, óleo refinado e biodiesel. Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, o óleo de soja supriu em novembro de 2017 cerca de 67,29% da produção nacional de biocombustíveis, sendo responsável pelo sucesso do Programa Nacional de Produção e Uso de Biocombustíveis-PNPB (BOLETIM MENSAL DO BIODIESEL, 2017).

Com destaque também para sua classificação como alimento funcional, pois de acordo com o USDA- *Nutrient Database for Standard Reference* (2015), 100 gramas de grãos de soja podem fornecer 36,5 gramas de proteínas, 227 mg de cálcio, 704 mg de fósforo, 1797 mg de potássio, 4,9 mg de zinco, 15,7 g de ferro, bem como vitaminas A, E, C, B1, B2, B3, B5, B6 e ácido fólico.

Para suprir toda essa demanda os cuidados com o complexo produtivo da soja se iniciam no campo, com destaque para fase de semeadura onde se deve observar: a época recomendada e com menor risco climático; uso de cultivares de alta qualidade e vigor; com maior tolerância ao déficit hídrico; cultivares com sistema radicular robusto e eficiente; se necessário realizar o tratamento de sementes; optar por solos com maiores teores de matéria orgânica e utilizar práticas agrícolas do plantio direto.

Dentre as exigências para altas produtividades o insumo semente tem papel fundamental para o sucesso da lavoura, sendo considerado como importante veículo tecnológico, que se de boa procedência garante segurança fitossanitária, produtividade e retorno financeiro ao produtor. Segundo o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares– SNPC

(2018) existem cerca de 850 registros de proteção para soja, divididos entre instituições públicas e privadas.

Assim, o foco das empresas e instituições que produzem e realizam melhoramento genético da soja, tem sido principalmente a produtividade, resistência a fatores bióticos e abióticos. No entanto é necessário também o desenvolvimento de cultivares que além de produtivas possuam excelente qualidade fisiológica de semente, pois as variações na produtividade e na qualidade da soja dependem da interação genótipo por ambiente, o que enfatiza a importância do melhoramento genético para seleção de cultivares adaptadas, produtivas e com alta qualidade de sementes.

2.2 Métodos de melhoramento aplicados na cultura da soja

No melhoramento de plantas autógamas, a exemplo da soja, são utilizados métodos que exploram a variabilidade natural (introdução de germoplasma e seleção de linhas puras) e os métodos que ampliam a variabilidade existente (hibridação) (BORÉM, 2009; FEHR, 1987).

Segundo Allard (1999), a introdução de germoplasma pode propiciar ganhos semelhantes aos de um programa de melhoramento, portanto deve ser considerada como um método de melhoramento. Este método possui pouca expressão para programas de melhoramentos já consolidados, no entanto, a introdução de germoplasma foi uma ferramenta de extrema importância no passado e continua a desempenhar um importante papel na identificação de novas espécies e germoplasmas para desenvolvimento de cultivares. A introdução de espécies cultivadas em outras regiões ou países possibilita a recomendação imediata (BORÉM; MIRANDA, 2013). É importante ressaltar que algumas das principais espécies cultivadas no Brasil não são originárias de nosso país, como o café, o milho, o arroz e o feijão. A soja é outro clássico exemplo de introdução de germoplasma bem sucedida.

Muito embora os métodos que exploram a variabilidade natural tenham propiciado sucesso aos programas de melhoramento da soja, deve-se ressaltar que estas estratégias são limitadas a variação já existente. Considerando as demandas atuais dos produtores seria impossível obter novas cultivares superiores as já existentes. Assim o método da hibridação é o mais importante para a cultura da soja. No método da hibridação três principais etapas devem ser estabelecidas: 1) Escolha dos genitores; 2) Obtenção da população segregante; 3) Condução da população segregante (SEDIYAMA, 2015).

A seleção massal é utilizada para caracteres de alta herdabilidade e preconiza a seleção visual de um grande número de indivíduos que serão colhidos em conjunto e constituirão a geração seguinte (BUENO et al., 2006). Este método visa aumentar a média geral da população a partir da reunião de seus fenótipos superiores (BORÉM; MIRANDA, 2013). A seleção massal é considerada um dos mais antigos métodos de melhoramento, pois desde o início das civilizações o homem seleciona de forma visual as plantas mais atraentes, vigorosas, com frutos mais saborosos, aumentando dessa forma a frequência de alelos favoráveis na população (MACHADO, 2014).

A teoria das linhas puras (JOHANNSEN, 1903), estabeleceu três princípios: existem variações herdáveis e variações causadas pelo ambiente; a seleção só é eficiente se realizada sobre variações herdáveis; a seleção não gera variação. A partir dos trabalhos de Johanssen, definem-se linhas puras como toda a descendência, por autofecundação, de um único indivíduo homozigoto.

O método genealógico ou Pedigree é um dos métodos mais utilizados nos programas de melhoramento de autógamas. Ao contrário do método massal que se baseia em características visuais, o genealógico preconiza a seleção individual de plantas na população segregante, avaliação dos indivíduos selecionados por meio do teste de progênes e registro da genealogia (BUENO et al., 2006).

Espera-se que com a avaliação das progênes e conhecimento da genealogia dos tipos selecionados, atinja-se uma alta eficiência na seleção. No método genealógico a seleção das plantas superiores inicia-se a partir da geração F_2 , nas gerações F_3 e F_4 é realizada a seleção entre e dentro de famílias, considerando a existência de locos em homozigose. A partir da geração F_5 ou F_6 , devido a maior uniformidade das linhagens, a seleção entre famílias é intensificada (SEDIYAMA et al., 2013).

Por sua vez, o método da população ou Bulk, visa explorar o efeito da seleção natural sobre a população, uma vez que indivíduos superiores tendem a produzir um maior número de sementes, contribuindo de forma mais expressiva para a constituição da próxima geração. Esse método apresenta fácil condução e demanda pouca mão de obra.

O método preconiza a seleção das plantas superiores, baseando-se em caracteres de alta herdabilidade, e posterior colheita das sementes em conjunto para produzir a geração seguinte. Prossegue-se desta forma até F_6 ou F_7 quando a população atinge um alto grau de homozigose. Plantas individuais são selecionadas e suas progênes avaliadas em ensaios com repetição (BUENO et al., 2006).

O método SSD (Single Seed Descent ou descendente de uma única semente), é utilizado na condução de gerações segregantes de populações adaptadas a ambientes distintos aos quais o programa é conduzido. É uma ferramenta muito utilizada para acelerar o processo de endogamia antes de iniciar a avaliação de linhagens, além de exigir uma pequena área para condução das populações segregantes.

Uma das proposições deste método é atenuar problemas de amostragens ocorridos no Bulk, através da coleta de uma semente de cada planta, de modo que cada indivíduo contribua com o mesmo número de descendentes para a geração seguinte. No entanto, por trabalhar com pouca quantidade de material vegetativo, pode ocorrer a perda de genótipos na geração seguinte, além de restringir a ação da seleção natural (BORÉM; MIRANDA, 2013).

Raposo et al (2000), em estudo com o objetivo de comparar a eficiência de vários métodos de condução de populações segregantes em feijoeiro, destacaram que os métodos bulk e SSD são mais vantajosos para os melhoristas.

Já o retrocruzamento consiste em uma sequência de cruzamentos entre a progênie e um de seus genitores. O parental presente apenas no cruzamento inicial é denominado “genitor doador” e o parental utilizado nos cruzamentos sucessivos, “genitor recorrente”. O retrocruzamento tem por objetivo recuperar o genótipo do genitor recorrente, exceto para algumas características insatisfatórias, que são buscadas no genitor doador. Esta ferramenta é utilizada como uma técnica fim de linha, na reciclagem de linhagens, incorporação de resistências verticais e transgenias (SEDIYAMA et al., 2013).

A seleção recorrente é indicada no melhoramento de caracteres quantitativos e visa aumentar a frequência de alelos favoráveis na população através de repetidos ciclos de seleção, sem que ocorra redução na variabilidade genética da população (HALLAUER, 1992). O método da seleção recorrente envolve três etapas básicas: obtenção da população base, avaliação e recombinação das progênies superiores para formar o próximo ciclo (BORÉM; MIRANDA, 2013).

Ramalho et al. (2012) destacaram que a maioria dos caracteres de importância econômica são quantitativos e geralmente são considerados mais de um caráter no processo de seleção, portanto, a probabilidade de se obter uma única linhagem que possua todos os alelos favoráveis em um único ciclo seletivo é praticamente nula. Assim, é possível concluir que a melhor maneira de reunir alelos favoráveis em uma população é por meio de sucessivos ciclos de seleção e recombinação das melhores famílias, ou seja, seleção recorrente.

Na literatura existem diversos outros argumentos destacando as vantagens da realização da seleção recorrente (BOTELHO et al., 2007; GERALDI, 2005; MENEZES

JUNIOR et al., 2008; PIRES et al., 2013), como a obtenção de maior variabilidade genética dos intercruzamentos; a maior possibilidade de recombinações, devido aos intercruzamentos sucessivos; o aumento das frequências dos alelos favoráveis, devido a um processo repetitivo de seleção e a facilidade para incorporação de germoplasma exótico na população.

2.3 Qualidade fisiológica de sementes: o caso da soja

No Brasil utilizam-se mais de 5,57 milhões de toneladas de sementes de soja (ABRASEM, 2016), movimentando cerca de dois bilhões de reais por ano, envolvendo cerca de 200.000 pessoas e mais de 15 programas de melhoramento (MENEGHELLO; PESKE, 2013). Com a Lei de Proteção de Cultivares – Lei nº 9456/ 1997, que propiciou o direito de proteção de cultivares ao obtentor, o número total de programas de melhoramento no país cresceu principalmente na iniciativa privada.

Em função do custo de produção da cultura da soja, é necessário planejamento e cuidados desde o plantio ao armazenamento para manter rentável ao produtor o cultivo desta oleaginosa. A obtenção de elevados rendimentos no campo se inicia com a escolha da cultivar adaptada e sementes de qualidade. A semente é considerada o principal insumo da agricultura, pois apresenta importância na perpetuação da espécie, como veículo de tecnologia gerada, fonte de alimentação e pesquisa. A qualidade das sementes associado ao solo bem preparado e maquinário regulado, dentre outros fatores, garantirá inicialmente um estande de plantas uniformes.

A qualidade de sementes é a associação de atributos físicos, genéticos, fisiológicos e sanitários. Tal qualidade deve ser observada no processo de produção, no campo e nas usinas de beneficiamento (SILVA et al., 2008). Para se avaliar a qualidade fisiológica de sementes a maneira oficial é pelo teste de germinação que fornece o potencial máximo de germinação do lote (BRASIL, 2009), quando conduzido sob condições ótimas de ambiente. Entretanto, em razão de suas limitações, principalmente quanto à menor sensibilidade para a diferenciação da qualidade e à frequente discrepância dos resultados com a emergência das plântulas em campo, recomenda-se também a avaliação da qualidade fisiológica de sementes por meio de testes de vigor (OHLSON, 2010).

Existem diversos métodos para avaliar a qualidade das sementes, McDonald (1975) propôs uma classificação completa e precisa para os testes de vigor, que se dividem em: testes físicos (exemplo testes de raios-X), testes fisiológicos (primeira contagem), testes bioquímicos (teste de tetrazólio) e teste de resistência (envelhecimento acelerado).

Moreno (2016) reporta que a compreensão da qualidade fisiológica das sementes de soja provém do entendimento das informações geradas em nível estrutural, transcripcional, proteico e funcional, integrado aos mecanismos de expressão gênica. Em seu estudo com expressão de genes relacionados com a qualidade fisiológica de sementes de soja, ao avaliar de forma conjunta os resultados obtidos nos testes de germinação e vigor, e nas avaliações de transcritos e de proteínas, observou-se que a característica de qualidade fisiológica envolve a expressão de vários genes.

Atualmente as empresas e os programas de melhoramento de soja tem trabalhado no desenvolvimento de novas cultivares, sobretudo adaptadas ao ambiente de cultivo e com bons atributos agronômicos (SEDIYAMA, 2015). No entanto, nesses programas de melhoramento não se contempla nas etapas iniciais o caráter qualidade fisiológica de sementes (MORENO, 2016).

Segundo Silva et al. (2008), existe a necessidade de se avaliar a qualidade de sementes, para assegurar a produção de sementes que atendam a demanda dos produtores, para fins de comercialização e controle de qualidade no processo produtivo. Por estas razões, torna-se necessário e fundamental o melhoramento para seleção de genótipos de soja com alta qualidade fisiológica de sementes.

2.4 Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para qualidade fisiológica

Na cultura da soja a autofecundação é predominante (por meio do mecanismo de cleistogamia) e ao longo das gerações há o incremento dos locos em homozigose. Por esta razão, a partir de seguidas autofecundações a planta de soja tende a produzir linhagens.

Durante o processo de seleção podem ser mensurados caracteres qualitativos e quantitativos. Caráter quantitativo é aquele que apresenta distribuição contínua, em razão do grande número de genes envolvidos no caráter e/ou à pronunciada influência do ambiente (RAMALHO et al., 2012). Deste modo, observa-se que a contribuição de cada gene é pequena na expressão do caráter. Para o estudo desses caracteres existe o auxílio da estatística na estimação dos parâmetros. No melhoramento de plantas os parâmetros mais utilizados são a variância, a herdabilidade e o ganho com a seleção, que fornecem subsídios para a seleção de genótipos superiores.

Para o estudo dos caracteres quantitativos, a aplicação da variância tem vantagens tais como estimar a herdabilidade e o ganho genético, além de obter estimativas sem o

cancelamento de desvios genéticos de sinais opostos, como ocorre em componentes de média, pois esses são elevados ao quadrado (RAMALHO et al., 2012).

A variância fenotípica pode ser dividida entre variância genética e ambiental. Nos programas de melhoramento o foco está na variância genética, isto é, o que é herdável. A variância genética, sem considerar a epistasia, apresenta os seguintes componentes: variância genética aditiva (V_A) e variância genética de dominância (V_D).

A variância genética aditiva (V_A) afere a variação decorrente dos efeitos médios dos alelos, ou seja, aqueles que são transmitidos de uma geração para a próxima. Enquanto variância de dominância (V_D) é função das frequências alélicas e do grau de dominância (RAMALHO et al., 2012).

A herdabilidade (h^2) é uma medida de importância relativa da hereditariedade de qualquer caráter (BERNARDO, 2010). Ela representa a proporção do fenótipo que será passada para as próximas gerações. A herdabilidade pode ser no sentido amplo ou no sentido restrito. Tal parâmetro (h^2) é amplamente utilizado pelos melhoristas principalmente em expressões relacionadas com a predição de ganhos quando se utiliza diferentes métodos de melhoramento. As duas herdabilidades existentes apresentam diferença somente no numerador. A herdabilidade no sentido amplo considera toda a variância genética (V_G), associado ao valor reprodutivo, fixado pela seleção:

$$h_a^2 = \frac{V_G}{V_F} = \frac{V_A + V_D}{V_A + V_D + V_E} \quad (1)$$

A herdabilidade no sentido restrito considera apenas a variância genética aditiva (V_A), amplamente utilizada quando se realiza seleção clonal ou entre híbridos.

$$h_r^2 = \frac{V_A}{V_F} = \frac{V_A}{V_A + V_D + V_E} \quad (2)$$

Segundo Bernardo (2010), a herdabilidade no sentido restrito (h_r^2) tem mais significado que a herdabilidade no sentido amplo (h_a^2), pois ela avalia o sucesso que pode ser esperado com a seleção recorrente.

O ganho de seleção é estimado pelo diferencial de seleção vezes a herdabilidade. O diferencial de seleção é obtido pela diferença entre a média da população selecionada menos a média da população de origem (VENCOVSKY, 1987).

Na Tabela 1 estão apresentadas estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos associados à qualidade fisiológica de sementes para as culturas da soja e feijoeiro comum. É oportuno destacar que para o atributo fisiológico germinação as estimativas de herdabilidade encontradas foram de média a alta magnitude indicando sucesso com a seleção para este caráter. Por seu turno, quando se avaliou o vigor associado às sementes fica evidente que as estimativas de h^2 foram de menor magnitude, evidenciando assim que para este atributo tem-se mais influência dos fatores ambientais.

Tabela 1- Estimativa de parâmetros genéticos encontrados na literatura para alguns caracteres da qualidade fisiológica de sementes. Lavras, MG, 2018.

Caráter	Cultura	Fonte	Parâmetros Genéticos ^{1/}			
			IS%	h ² (%)	$\hat{\sigma}_G^2$	GS (%)
Germinação	Soja	Vasconcelos et al. (2012)	-	-	0,0009	-
	Soja	Suneeta et al. (2010)	-	84,0	-	-
	Soja	Martins et al. (2016)	30%	96,1	262,0	20,16
	Soja	Zambiazzi et al. (2017)	-	53,2	20,4	-
Matéria Seca	Soja	Martins et al. (2016)	30%	93,6	0,8	26,52
Emergência	Feijão	Maia et al. (2011)	-	81,7	-	-
	Soja	Martins et al. (2016)	30%	93,2	215,3	19,47
	Soja	Vasconcelos et al. (2012)	-	-	0,0019	-
	Soja	Zambiazzi et al. (2017)	-	46,3	6,8	-
Vigor	Soja	Zambiazzi et al. (2017)	-	48,0	6,0	-
Potencial germinativo	Soja	Zambiazzi et al. (2017)	-	16,9	0,8	-
Índice de velocidade de emergência	Soja	Zambiazzi et al.(2017)	-	57,9	8,7	-

^{1/}IS – Intensidade de seleção; h² – herdabilidade; $\hat{\sigma}_G^2$ – variância genética; e GS – ganho com a seleção.

No que tange com o ganho com a seleção é oportuno destacar também que as magnitudes atribuídas a este parâmetro foram elevadas. Contudo, deve-se enfatizar que na maioria dos relatos encontrados na literatura as sementes foram produzidas em um ou poucos locais o que denota que este parâmetro podem estar sub ou super estimados.

Tais parâmetros trazem subsídios e auxílio para os melhorista durante os processos de seleção e avanço das gerações de acordo com o caráter estudado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Ambientes utilizados para produção de sementes

As sementes avaliadas neste estudo foram provenientes de dois anos agrícolas distintos e em três locais. Para o ano agrícola 2015/2016, as sementes foram produzidas na área experimental da Universidade Federal de Lavras- UFLA em Lavras:

i) área experimental situada no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras (UFLA) (Fazenda Muquém), localizada na cidade de Lavras, à altitude de 954 m, 21°12'11'' de latitude Sul e 44°58'47'' de longitude Oeste. A precipitação média anual é de 1.530 mm e a temperatura média é de 19,3 °C;

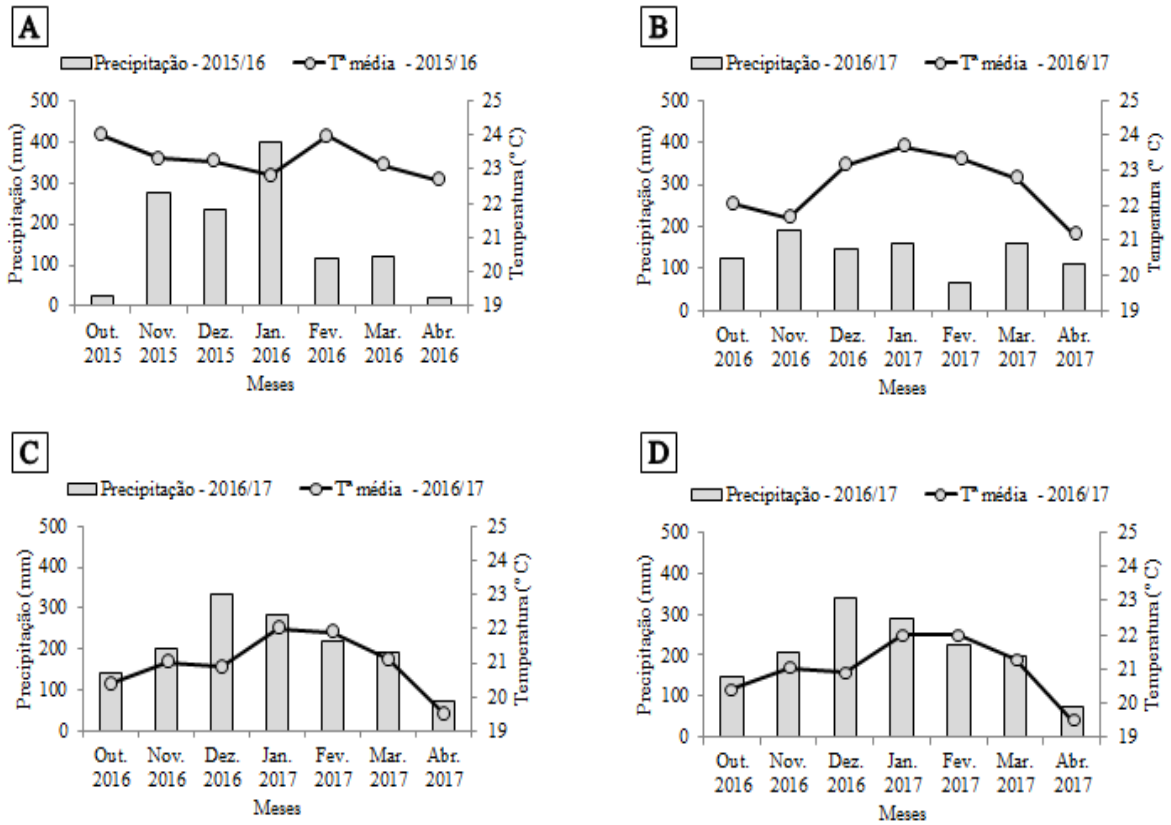
Para o ano agrícola 2016/2017, além de Lavras, adotou-se também:

ii) propriedade particular no município de Itutinga, Fazenda Milanez, localizada à altitude de 970 m, latitude sul de 21° 17' 53'' e longitude oeste de 44° 39' 28'', pluviosidade média anual de 1.593 mm e temperatura média de 19,6 °C.

iii) propriedade particular, Fazenda G7, localizada no município de Nazareno, MG, latitude 21° 12' 46" Sul e longitude 44° 35' 54" Oeste, a 926 metros de altitude, pluviosidade média anual de 1.551 mm e temperatura de 24,5 °C.

Os dados climatológicos referentes aos ambientes utilizados durante o período da produção das sementes estão apresentados na Figura 1.

Figura 1- Média mensal da precipitação (mm) e temperatura nos ambientes em Minas Gerais: A- Lavras, safra 2015/2016; B- Lavras, safra 2016/2017; C- Itutinga, safra 2016/2017; D- Nazareno, safra 2016/2017.



Fonte: Site Instituto Nacional de Meteorologia-INMET (2018), Site CLIMATE-DATA.ORG (2017).

3.2 Tratamentos genéticos

Utilizou-se para avaliação da qualidade fisiológica sementes de progênes segregantes $S_{0:1}$ (127 progênes + 13 parentais) e $S_{0:2}$ (51 progênes + 13 parentais), provenientes do programa de melhoramento de soja utilizando seleção recorrente para produtividade de grãos da Universidade Federal de Lavras-UFLA.

As progênes $S_{0:1}$ foram avaliadas em campo na safra de verão 2015/2016, adotando parcela 1 linha de 2 metros com duas repetições. O preparo do solo seguiu o sistema de plantio direto, com sulcos de semeadura espaçados em 0,50 m e a densidade de semeadura de 10 à 12 plantas por metro linear. A inoculação foi realizada no sulco de semeadura adotando inoculante líquido com bactérias *Bradyrhizobium japonicum*, na proporção de seis vezes a dose recomendada pelo fabricante.

A semeadura foi realizada manualmente e o desbaste efetuado 25 dias após a germinação, garantindo o estande desejado em cada um dos experimentos. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme procedimento apresentado por Carvalho et al (2010).

As progênes $S_{0:2}$ foram avaliadas em campo na safra de verão 2016/2017, adotando parcela 1 linha de 3 metros com três repetições.

A colheita das sementes foi realizada no estádio R8, segundo a escala de Fehr e Caviness (1977). Após passarem pela trilhadora de planta, modelo TCI – marca IMACK®, as sementes foram separadas das impurezas, com auxílio de peneiras, sendo acondicionadas em saco de papel. As sementes com teor de água elevado foram expostas ao sol até atingirem 13% de umidade.

Para a realização dos testes em laboratório foram utilizadas conjunto de peneiras de crivo circular para uniformização dos tamanhos das sementes, sendo utilizadas as sementes retidas entre 6 e 6,5 mm. Para aferir a qualidade fisiológica das sementes realizou-se testes no Laboratório de Análise de Sementes (LAS-UFLA) no Departamento de Agricultura-DAG, conforme descrição abaixo:

3.2.1 Teste de germinação

Foi realizado o teste de germinação com quatro repetições de 50 sementes, em papel germitest, umedecido com água destilada, em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram colocados em germinador a 25°C. As avaliações foram realizadas aos cinco dias após a semeadura, e os resultados expressos em porcentagem de plântulas

normais (BRASIL, 2009).

3.2.2 Teste de comprimento de plântulas

Para o teste de comprimento de plântulas, foram utilizadas quatro repetições de 10 sementes em papel germitest, umedecido com água destilada, em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco e as sementes de soja foram posicionadas de forma que a micrópila estivesse voltada para a parte inferior do papel. Os rolos foram colocados em germinador a 25°C. As avaliações foram realizadas aos cinco dias após a semeadura, onde foram mensurados os comprimentos de radícula e hipocótilo, utilizando-se uma régua. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros, com base nos procedimentos descritos por Nakagawa (1999) adaptado de AOSA (1983).

3.2.3 Teste de tetrazólio

Foram utilizadas duas repetições de 50 sementes, as quais foram acondicionadas em papel germitest umedecido e mantidas por 16 horas na temperatura de 25 °C. Decorrendo esse período, as sementes foram colocadas em recipientes plásticos sendo totalmente submersas na solução de 0,075% de sal de tetrazólio, permanecendo por 3 horas à temperatura de 35 a 40 °C em estufa no escuro. Posteriormente, as sementes foram lavadas em água comum e mantidas submersas em água até o momento da avaliação, determinando a viabilidade e o vigor através da classificação de cada semente em uma das oito categorias descritas por França Neto et al. (1998). Através do teste também foi possível à detecção de dano mecânico, dano por percevejo e dano por umidade nas sementes sendo os valores apresentados em porcentagens.

3.2.4 Teste de emergência sob condições controladas

A semeadura foi realizada em substrato solo + areia na proporção 2:1, umedecido a 60% da capacidade de retenção. Foram realizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal à temperatura de 25° C, com irrigações subsequentes uniformes de acordo com a necessidade. A partir da emergência da primeira plântula (cotilédone totalmente fora do substrato) foi computado o número de plântulas emergidas até a estabilização, com contagem final aos 14

dias após a semeadura. Foi considerada a porcentagem média final de emergência para definição do valor de porcentagem de emergência (PE).

3.2.5 Índice de velocidade de emergência (IVE)

Foi realizado junto ao teste de emergência. Diariamente e no mesmo horário, o número de plântulas que apresentavam as folhas cotiledonares visíveis, foram contadas até o décimo quarto dia após a instalação do teste, ou até a estabilização do estande. O índice de velocidade de emergência das plântulas foi calculado segundo Maguire (1962).

3.3 Análise estatística dos dados fenotípicos

Foi realizada a análise de variância individual por local adotando o delineamento inteiramente casualizados (DIC), conforme modelo estatístico apresentado abaixo:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad (3)$$

Em que:

- y_{ij} é o valor observado na j -ésima repetição da i -ésima progênie;
- μ é uma média geral associada a todas as observações;
- τ_i é o efeito aleatório da i -ésima progênie;
- ϵ_{ij} é o erro experimental devido ao acaso.

Para a análise conjunta envolvendo todos os ambientes (locais e anos agrícolas) realizou-se análise de variância de acordo com o modelo estatístico para o delineamento inteiramente casualizado conforme a descrição a seguir:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + a_k + (\tau a)_{ik} + \epsilon_{ijk} \quad (4)$$

Em que:

- y_{ijk} é o valor observado na j -ésima repetição da i -ésima progênie do k -ésimo ambiente;
- μ é uma média geral associada a todas as observações;

- τ_i é o efeito aleatório da i -ésima progênie;
- a_k é o efeito fixo do k -ésimo ambiente;
- $(\tau a)_{ik}$ é o efeito aleatório da interação da i -ésima progênie no k -ésimo ambiente;
- ϵ_{ijk} é o erro experimental devido ao acaso.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software livre R (R CORE TEAM, 2017). Foram estimados os componentes de variância genotípica ($\hat{\sigma}_G^2$), variância da interação progênie por ambiente ($\hat{\sigma}_{G \times E}^2$), variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}_{ap}^2), ganho com a seleção (GS) e resposta correlacionada (RC). Os componentes de variância foram estimados através do método da máxima verossimilhança residual (REML).

A herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}_{ap}^2) em nível de progênie foi obtida de acordo com o estimador proposto por Piepho e Mohring (2007):

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_G^2 + \frac{\hat{\sigma}_{G \times E}^2}{n} + \frac{\hat{\sigma}_E^2}{nr}} \quad (5)$$

em que:

$\hat{\sigma}_G^2$: Variância genotípica;

$\hat{\sigma}_{G \times E}^2$: Variância da interação progênie por ambiente;

$\hat{\sigma}_E^2$: Variância ambiental;

n : número de ambientes;

r : média harmônica no número de repetições.

Neste trabalho a precisão experimental foi aferida através da acurácia seletiva (RESENDE E DUARTE, 2007). A acurácia seletiva foi determinada pelo seguinte estimador (GEZAN; MUNOZ, 2014):

$$r g g' = \sqrt{1 - \left(\frac{PEV}{\hat{\sigma}_G^2} \right)} \quad (6)$$

Em que:

PEV: variância do erro de predição dos BLUP;

$\hat{\sigma}_G^2$: variância genotípica.

O ganho genético esperado com a seleção (GS) foi estimado para todos os caracteres a partir do desvio dos valores genotípicos das progêniez em seis intensidades (5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30%). Estimou-se a resposta correlacionada (RC) considerando-se a seleção tendo como referência a produtividade de grãos e a resposta para os atributos de qualidade fisiológica de acordo com o estimador apresentado abaixo:

$$RC_{y/y'} (\%) = \frac{\overline{BLUP's}_{y/y'}}{\bar{y}} * 100 \quad (7)$$

Em que:

$\overline{BLUP's}_{y/y'}$: média dos BLUP's dos genótipos para característica y, pela seleção efetuada na característica y';

\bar{y} : média geral dos genótipos para característica Y;

4 RESULTADOS

As estimativas referentes aos parâmetros genéticos e fenotípicos para as análises individuais estão apresentadas nas Tabelas 1A, 3A, 5A e 7A do apêndice. As estimativas de acurácia seletiva para todos os ambientes bem como os caracteres avaliados variaram de 68,72% (dano mecânico) a 99,91% (dano por percevejo) entre os resultados com sementes colhidas em Nazareno na safra 2016/2017.

De acordo com as estimativas de variância genética de progênes pode-se observar que há variabilidade genética para os parâmetros de qualidade fisiológica avaliada (TABELA 1A, 3A, 5A e 7A). A existência de variabilidade pode ser comprovada também pela amplitude de variação observada nos diferentes parâmetros de qualidade fisiológica em função dos ambientes de avaliação (TABELA 2A, 4A, 6A e 8A). É oportuno destacar, por exemplo, que a germinação variou de 14,10% (sementes colhidas em Nazareno na safra 2016/2017) a 98,35% (sementes colhidas em Itutinga na safra 2016/2017). Considerando o vigor avaliado pelo teste de tetrazólio, detecta-se que elevada amplitude de variação também foi observada, no qual as estimativas variaram de 32,50% a 99,13% (sementes colhidas em Lavras na safra 2016/2017).

A herdabilidade reflete a proporção da variação fenotípica observada referente aos efeitos genéticos. Considerando os diferentes parâmetros da qualidade fisiológica e os ambientes, é oportuno destacar que houve variação nas magnitudes deste parâmetro (TABELA 1A, 3A, 5A e 7A). Veja que a maior estimativa foi de 99,82% (dano por percevejo em sementes colhidas em Nazareno na safra 2016/2017). Por seu turno, menor valor foi observado para o atributo dano mecânico em sementes colhidas em Nazareno na safra 2016/2017 (47,22%).

Quando se obtêm estimativas dos componentes genéticos e fenotípicos utilizando apenas análises individuais os mesmos podem estar super ou sub estimados devido ao componente da interação genótipo por ambiente - G x E. Neste contexto é oportuno realizar a análise conjunta. Neste trabalho adotaram-se duas estratégias. A primeira foi a análise associada às progênes $S_{0:2}$ produzidas em Lavras, Itutinga e Nazareno na safra 2016/2017. Realizou-se também a análise conjunta total considerando não somente a geração $S_{0:2}$ bem como as progênes $S_{0:1}$ avaliadas em Lavras na safra 2015/2016.

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos referentes à análise conjunta das progênes $S_{0:2}$ estão apresentados na Tabela 2. Veja que a acurácia seletiva variou de 37,88% (dano mecânico) a 87,16% (índice de velocidade de emergência). Considerando o

componente de variância genética é possível observar que os atributos de qualidade fisiológica germinação, comprimento de parte aérea, dano mecânico e dano por umidade, não diferiram de zero pelo teste de máxima verossimilhança, isto é, não existiu variação genética entre as progênes avaliadas. É oportuno destacar que o componente da variância associada à interação foi expressivo, evidenciando que existe comportamento não coincidente das progênes aos diferentes ambientes de avaliação. Para todos os atributos a interação foi significativa. A herdabilidade no sentido amplo variou de 14,35% (dano mecânico) a 75,57% (índice de velocidade de emergência). Corroborando com as estimativas obtidas para acurácia seletiva (TABELA 2).

Tabela 2- Estimativa conjunta de parâmetros genéticos e fenotípicos associados à qualidade fisiológica de sementes das progênes S_{0:2} de soja produzidas em Lavras, Itutinga e Nazareno na safra 2016/2017

Parâmetros ^{1/}	Parâmetros de qualidade fisiológica ^{2/}									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
$\hat{\sigma}_{G \times E}^2$	180,52***	1,2***	0,86***	32,08***	10,6***	9,77***	88,35***	41,4***	0,07***	12,43***
$\hat{\sigma}_G^2$	16,18	0,66***	0,13	18,95***	7,34***	0,93	37,2***	7,95	0,1***	12,6***
$\hat{\sigma}_E^2$	40,86	1,04	0,28	26,22	16,24	27,28	33,01	31,65	0,09	18,72
$\hat{h}^2(\%)$	20,29	57,65	29,95	59,54	60,04	14,35	53,6	32,59	75,97	68,84
$\hat{f}_{gg}(\%)$	45,04	75,93	54,73	77,16	77,49	37,88	73,21	57,09	87,16	82,97

^{1/}Interação genótipo por ambiente ($\hat{\sigma}_{G \times E}^2$), variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva (\hat{f}_{gg}). ^{2/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE). Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*'.

Obteve-se amplitude de variação destacada para os atributos germinação, vigor, potencial germinativo e dano por percevejo pelo teste de tetrazólio, bem como porcentagem de emergência. Considerando a germinação é relevante destacar que na média das progênes a estimativa obtida é inferior ao mínimo exigido pelo Ministério da Agricultura, que é de 80% de germinação (BRASIL, 2013) para se comercializar sementes de soja (TABELA 3).

As amplitudes de variação associada aos componentes genéticos e fenotípicos estimados denotam variabilidade genética, como já comentado anteriormente, e indicam sucesso com a seleção (TABELA 2 e 3).

Tabela 3- Amplitude de variação dos BLUP's conjunta associados à qualidade fisiológica de sementes de progênies S_{0:2} de soja produzidas em Lavras, Itutinga e Nazareno na safra 2016/2017

BLUP ^{1/}	Parâmetros de qualidade fisiológica ^{2/}									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
Máximo	81,52	15,43	8,40	91,95	96,29	8,09	24,76	15,40	6,06	97,22
Mínimo	72,23	11,36	7,12	71,07	82,88	6,51	6,71	7,25	4,07	75,65
Média	78,50	14,29	7,86	88,36	94,02	7,02	13,98	9,48	5,80	94,36
Amplitude de variação	9,30	4,07	1,28	20,88	13,41	1,58	18,05	8,15	1,99	21,57

^{1/}Melhor preditor linear não viesado. ^{2/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE).

Realizou-se também a análise conjunta total envolvendo as gerações S_{0:1} e S_{0:2} nos diferentes ambientes (locais e anos agrícolas). Com exceção do dano mecânico avaliado pelo teste de tetrazólio, para os demais atributos da qualidade fisiológica, observou-se diferença significativa pelo teste de razão de verossimilhança, denotando a existência de variabilidade genética entre as progênies (TABELA 4).

Deve-se destacar também que o componente de variância devido à interação foi significativo para todos os atributos de qualidade fisiológica (TABELA 4). A herdabilidade no sentido amplo obtida variou de 34,54% para germinação e 69,99% para índice de velocidade de emergência, corroborando com as estimativas da acurácia seletiva (TABELA 4).

Tabela 4- Estimativa conjunta de parâmetros genéticos e fenotípicos associados à qualidade fisiológica de sementes das progênies S_{0:1} e S_{0:2} de soja produzidas em Lavras, Itutinga e Nazareno nas safras de 2015/2016 e 2016/2017.

Parâmetros ^{1/}	Parâmetros de qualidade fisiológica ^{2/}									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
$\hat{\sigma}_{G \times E}^2$	146,83***	1,25***	0,83***	28,25***	11,85***	14,83***	72,59***	32,72***	0,13***	27,59***
$\hat{\sigma}_G^2$	21,11*	0,42***	0,18**	14,66***	6,23***	0	40,68***	9,73***	0,1***	15,27***
$\hat{\sigma}_E^2$	51,42	0,98	0,27	29,01	18,59	36,12	35,07	31,69	0,14	32,75
\hat{h}^2 (%)	34,59	52,85	44,44	62,29	60,16	-	66,67	48,93	69,99	63,06
$\hat{r}_{gg'}$ (%)	58,81	72,70	66,66	78,92	77,56	-	81,65	69,95	83,66	79,41

^{1/}Interação genótipo por ambiente ($\hat{\sigma}_{G \times E}^2$), variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva ($\hat{r}_{gg'}$). ^{2/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE). Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*'.

Considerando a amplitude de variação bem como a distribuição de frequência (TABELA 5 E FIGURAS 2 E 3), é oportuno destacar novamente que a germinação, o potencial germinativo, o vigor pelo teste de tetrazólio, bem como o dano por percevejo apresentaram variação relevante, reforçando a existência de variabilidade.

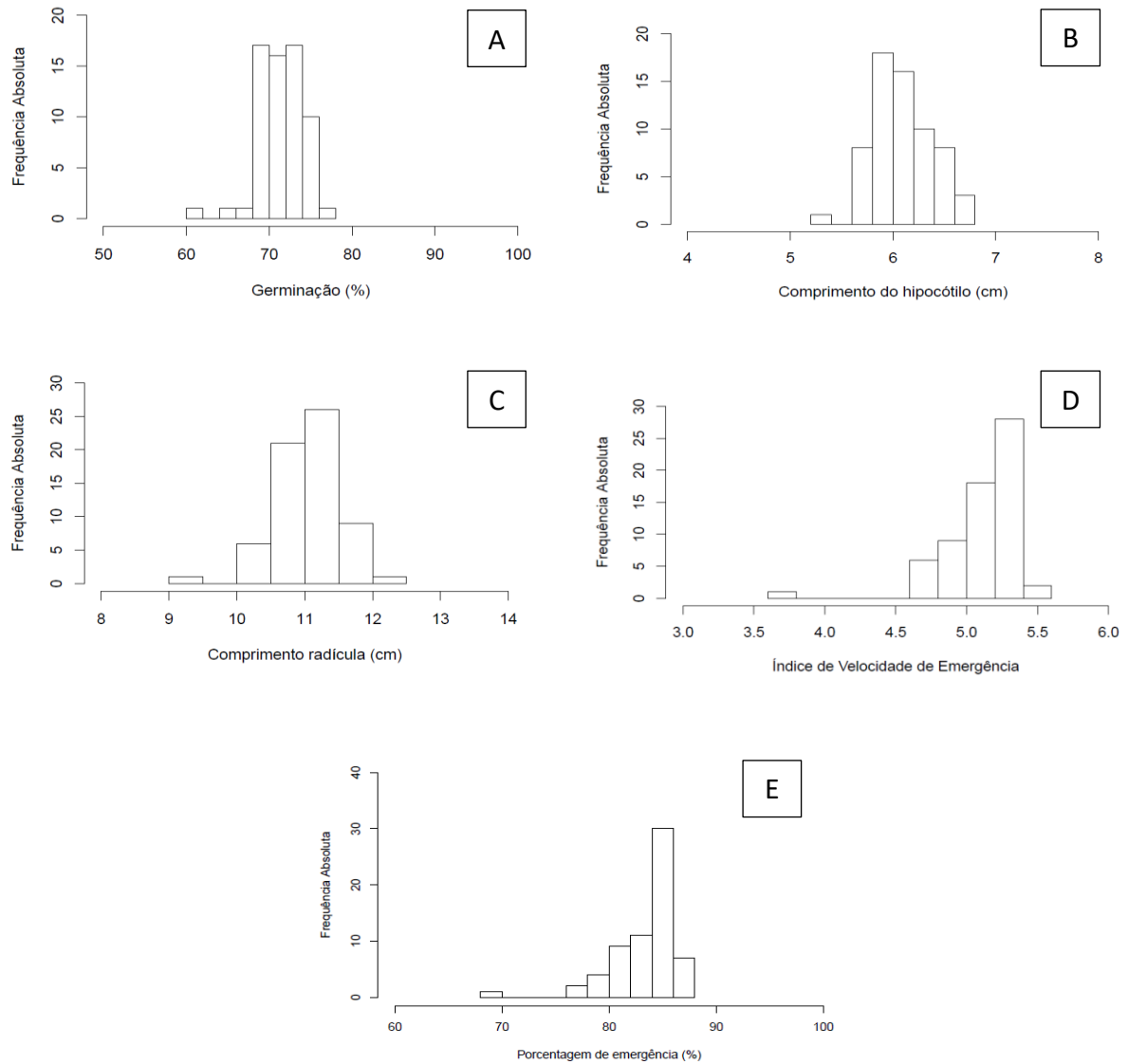
A natureza quantitativa dos dados obtidos pode ser observada na distribuição de frequências (FIGURAS 2 E 3). Com exceção do dano mecânico, para os demais atributos observa-se variação relevante e na maioria dos casos distribuição contínua.

Tabela 5- Amplitude de variação dos BLUP's conjunta associados à qualidade fisiológica de sementes de progênies $S_{0:1}$ e $S_{0:2}$ de soja produzidas em Lavras, Itutinga e Nazareno nas safras de 2015/2016 e 2016/2017.

BLUP ^{1/}	Parâmetros de qualidade fisiológica ^{2/}									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
Máximo	76,35	12,03	6,63	95,33	97,34	11,63	29,58	12,96	5,43	87,26
Mínimo	61,86	9,02	5,29	76,17	85,31	11,63	6,75	2,93	3,74	68,03
Média	71,48	11,05	6,08	91,17	95,03	11,63	15,44	6,06	5,11	83,48
Amplitude de variação	14,48	3,00	1,35	19,16	12,03	0,00	22,83	10,03	1,69	19,23

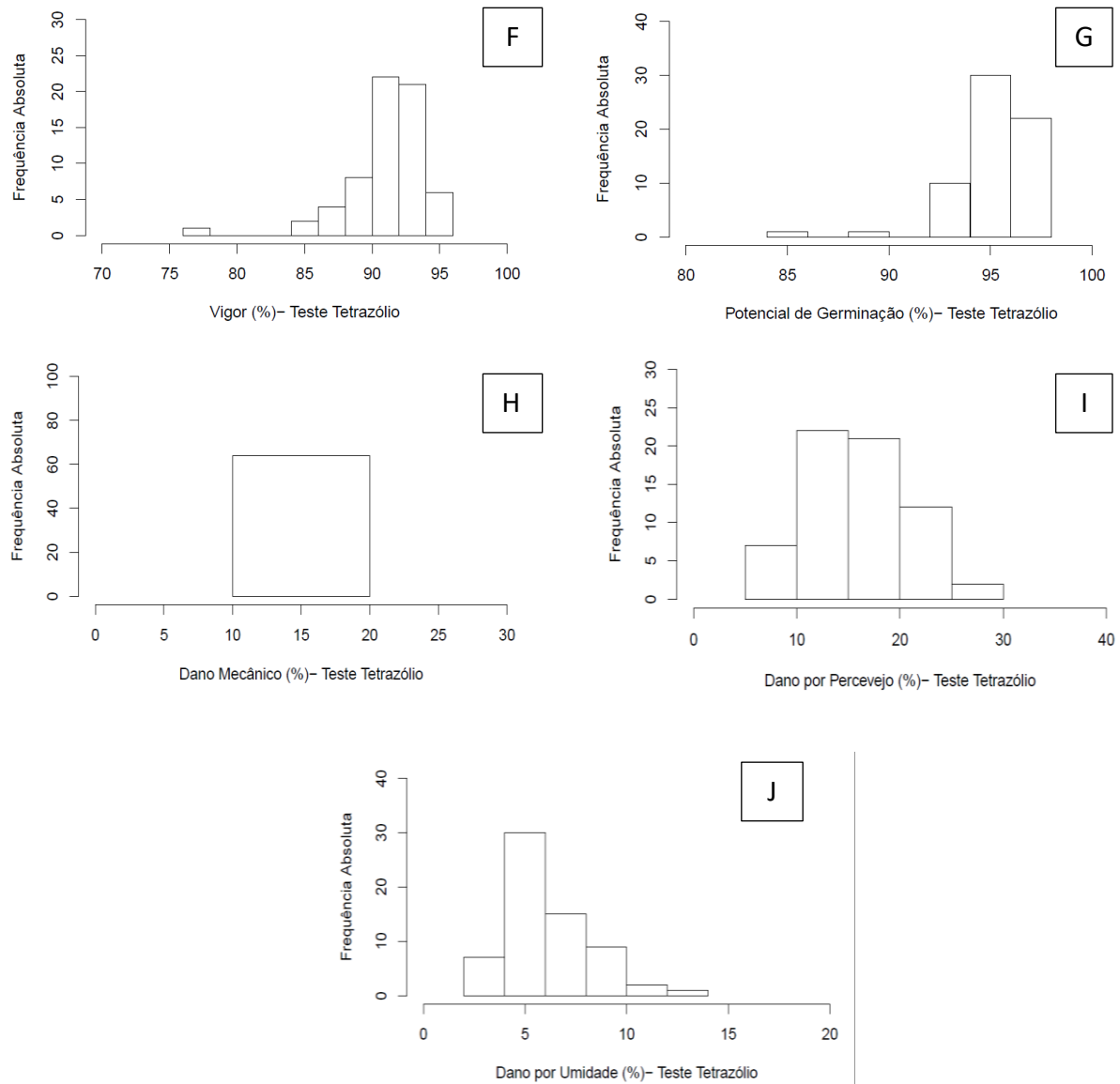
^{1/}Melhor preditor linear não viesado. ^{2/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE).

Figura 2- Distribuição de frequência das médias BLUP's associados a qualidade fisiológica de sementes das progênies de soja ($S_{0:1}$ e $S_{0:2}$) referente a análise conjunta em Lavras, Itutinga e Nazareno, nas safras 2015/2016 e 2016/2017. A- Germinação(%), B- Comprimento de hipocótilo (cm), C- Comprimento de radícula (cm), D- Índice de velocidade de emergência, E- Porcentagem de emergência(%).



Fonte: Do autor (2018).

Figura 3- Distribuição de frequência das médias BLUP's associados a qualidade fisiológica de sementes das progênes de soja ($S_{0:1}$ e $S_{0:2}$) referente a análise conjunta em Lavras, Itutinga e Nazareno, nas safras 2015/2016 e 2016/2017. F- Vigor de sementes pelo teste de tetrazólio (%), G- Potencial germinativo pelo teste de tetrazólio(%), H- Dano mecânico(%), I- Dano por percevejo(%), J- Dano por umidade (%).



Fonte: Do autor (2018).

Quando se avaliam progênes/linhagens é oportuno obter o ganho com a seleção dos genótipos superiores. Neste trabalho, obteve-se as estimativas considerando a seleção em diferentes intensidades. A estimativas de ganho esperado com a seleção das progênes $S_{0:1}$, e as estimativas conjuntas de ganho esperado com a seleção na geração $S_{0:2}$, estão apresentadas nas Tabelas 6 e 7, respectivamente. Por seu turno, as estimativas conjuntas de ganho esperado com a seleção para as duas gerações estão apresentadas na Tabela 8.

Os ganhos esperados variaram de acordo com a intensidade de seleção. Quando se utilizou maior intensidade de seleção, ou seja, quando se selecionou menos indivíduos, obteve-se um maior ganho, porém, associado à redução da variabilidade genética para as próximas gerações (TABELAS 6, 7 E 8). Também é oportuno ressaltar que o ganho esperado com a seleção para dano mecânico, dano por percevejo e dano por umidade (%), assumem valores negativos, uma vez que a seleção para esses caracteres é realizada no sentido de reduzir a expressão do atributo.

Tabela 6- Estimativa de ganhos genéticos por seleção (GS) em porcentagem (%) para os testes de avaliação da qualidade de sementes $S_{0:1}$ provenientes de Lavras da safra 2015/2016.

Índice de Seleção	Ganho Genético (%)									
	GERM	CPR	CPA	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
5%	17.34	20.31	38.00	3.93	4.46	-40.78	-59.81	-55.03	13.15	11.13
10%	14.71	16.85	31.28	3.71	4.36	-36.53	-55.70	-53.73	12.21	10.48
15%	13.26	14.52	27.30	3.50	4.16	-33.03	-52.84	-51.12	11.53	10.02
20%	12.21	12.63	24.11	3.28	3.95	-30.26	-50.36	-48.42	10.72	9.40
25%	11.30	11.44	21.72	3.06	3.78	-28.00	-47.98	-46.16	10.09	8.89
30%	10.53	10.43	19.70	2.80	3.58	-25.65	-45.28	-44.63	9.55	8.40

^{1/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE).

Tabela 7- Estimativa de ganhos genéticos por seleção (GS) em porcentagem (%) para os testes de avaliação da qualidade de sementes $S_{0:2}$ provenientes de Lavras, Itutinga e Nazareno da safra 2016/2017.

Intensidade de Seleção	Ganho Genético Esperado ^{1/} (%)									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
5%	0,73	3,88	1,60	2,35	1,37	-1,01	-24,22	-6,80	3,28	1,98
10%	0,67	3,38	1,42	2,24	1,32	-0,94	-22,40	-6,24	3,09	1,86
15%	0,62	3,05	1,15	2,10	1,27	-0,89	-20,55	-5,77	2,80	1,70
20%	0,58	2,84	0,81	2,02	1,25	-0,86	-19,39	-5,52	2,66	1,60
25%	0,56	2,64	0,90	1,96	1,20	-0,83	-18,67	-5,30	2,54	1,50
30%	0,53	2,50	0,81	1,90	1,15	-0,78	-18,10	-5,06	2,43	1,44

^{1/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE).

Tabela 8- Estimativa de ganhos genéticos por seleção (GS) em porcentagem (%) para os testes de avaliação da qualidade de sementes S_{0:1} e S_{0:2} provenientes de Lavras, Itutinga e Nazareno na safra 2015/2016 e 2016/2017.

Intensidade de Seleção	Ganho Genético Esperado ^{1/} (%)									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
5%	2,17	3,40	3,98	2,64	1,40	0,00	-33,44	-22,99	4,07	2,70
10%	1,96	2,91	3,62	2,42	1,32	0,00	-30,19	-21,18	3,81	2,50
15%	1,28	2,63	3,18	2,16	1,23	0,00	-27,43	-19,47	3,50	2,27
20%	1,63	2,46	2,56	2,05	1,19	0,00	-26,16	-18,69	3,27	2,16
25%	1,54	2,33	2,76	1,97	1,14	0,00	-25,14	-17,83	3,07	2,04
30%	1,45	2,22	2,56	1,87	1,08	0,00	-24,29	-16,98	2,88	1,94

^{1/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE).

As estimativas de resposta correlacionada, apresentadas na Tabela 9, permitem avaliar o comportamento das progênies, para diferentes caracteres, considerando a seleção realizada para produtividade de grãos. A partir dos resultados, é possível observar que uma vez selecionadas as progênies mais produtivas, para todas as intensidades de seleção, ocorreu também um incremento nas magnitudes de germinação, comprimento de radícula, comprimento de hipocótilo, vigor, potencial germinativo, índice de velocidade de emergência e porcentagem de emergência. Para o dano por percevejo e dano por umidade as estimativas assumem valores negativos, isto é, progênies com maior potencial produtivo denotam menor percentual de dano seja por umidade ou percevejo.

Tabela 9- Estimativa de resposta correlacionada para seleção quanto à produtividade, para os caracteres germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor (VIGOR), potencial germinativo (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE) em diferentes intensidades de seleção nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

IS (%)	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
5%	1,88	0,30	0,05	0,80	0,58	0	-1,74	-1,60	0,14	1,69
10%	0,98	0,13	0,04	0,36	0,39	0	-0,40	-0,94	0,07	0,67
15%	0,43	0,04	0,00	-0,18	0,09	0	0,62	-0,81	0,04	0,29
20%	0,44	0,05	0,01	-0,01	0,19	0	0,34	-0,82	0,04	0,29
25%	0,20	-0,01	-0,03	-0,42	-0,08	0	0,52	-0,41	0,02	0,10
30%	0,24	0,01	-0,02	-0,21	0,01	0	0,41	-0,32	0,02	0,21

5 DISCUSSÃO

A precisão experimental é fundamental para se realizar inferências acuradas, possibilitando assim a obtenção de estimativas próximas ao valor real do caráter. Neste trabalho, a qualidade experimental foi aferida pela acurácia seletiva. É oportuno destacar que seu valor será mais alto quanto menor forem os desvios absolutos entre os valores genéticos paramétricos e os valores genéticos estimados ou preditos (RESENDE E DUARTE, 2007).

Nas análises individuais das sementes produzidas em Lavras na safra 2015/2016, Lavras 2016/2017, Itutinga 2016/2017 e Nazareno na safra 2016/2017, a acurácia observada para maioria dos caracteres foi de alta magnitude, acima de 75% (TABELA 1A, 3A, 5A e 7A). No entanto, quando se observam as análises conjuntas (TABELA 2 e 4), as estimativas de acurácia foram consideradas em sua maioria de média magnitude, variando de 37,88% a 87,16%.

Uma possível explicação para este fato pode estar relacionada à magnitude da interação genótipo x ambiente. Quando as sementes foram produzidas em apenas um local as estimativas devido à fonte de variação progênes, isto é, quadrado médio, estavam inflacionadas proporcionando assim maior estimativa da acurácia seletiva. Por outro lado, quando se realizou a análise conjunta o componente devido à interação progênes x ambientes pôde ser isolado, propiciando assim que as estimativas obtidas para a acurácia seletiva variassem de acordo com os atributos de qualidade fisiológica utilizados (TABELA 1A, 3A, 5A e 7A e TABELA 2 e 4).

A razoabilidade para estas diferenças está associada não somente a filosofia empregada em cada um dos testes de qualidade fisiológica como também pela maneira de condução dos mesmos. Por exemplo, o teste de germinação é realizado em condições ideais, isto é, controladas. Por outro lado, o teste de emergência é mais influenciado por fatores ambientais não controlados. O teste de tetrazólio por seu turno depende de avaliações subjetivas, podendo também estar influenciado pelo ambiente. Muitos embora existam estas diferenças, pode se aventar que os resultados obtidos neste trabalho corroboram com os relatos reportados na literatura com a cultura da soja na região do Sul de Minas Gerais (Zambiazzi et al, 2017).

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos variam de acordo com a estratégia de análise adotada. Esses resultados eram esperados. Quando se obtém estimativas considerando apenas um ambiente (local ou safra) os valores serão sub ou super estimados (RAMALHO et al., 2012). Foi possível verificar também que nas diferentes estratégias de

análise conjunta adotadas, a magnitude dos parâmetros foi também alterado. Quando se realiza análise conjunta considerando apenas a geração $S_{0:2}$ é possível isolar o componente da interação progênie x locais. Por outro lado, quando se considerou também as progênies $S_{0:1}$ foi factível a obtenção da interação não somente devido à locais, mas também safra ou ano agrícola. A interação genótipo por ambientes tem sido amplamente estudada na cultura da soja para caracteres morfoagronômicos (AMARAL, 2017; CARNEIRO, 2017; GESTEIRA, 2017; SOARES et al., 2015; SILVA et al., 2015). Para os atributos de qualidade fisiológica de sementes os relatos são mais escassos (ZAMBIAZZI et al., 2017).

A herdabilidade é a principal ferramenta estimada pelos melhoristas visando nortear os programas de melhoramento genético. Neste trabalho as estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram obtidas considerando a variância genética total, isto é, variância aditiva e variância de dominância. As estimativas obtidas no presente estudo corroboram com os relatos disponíveis na literatura. Por exemplo, Zambiazzi et al. (2017) obtiveram para germinação e emergência estimativas semelhantes as obtidas no presente trabalho. As magnitudes de herdabilidade permitem antever o sucesso com a seleção para a qualidade fisiológica de sementes de soja no Brasil.

A interação genótipos x ambientes na cultura da soja como já comentado anteriormente é frequentemente reportada na literatura, sobretudo para características morfoagronômicas (AMARAL, 2017; CARNEIRO, 2017; GESTEIRA, 2017; SOARES et al., 2015; SILVA et al., 2015). Neste estudo a interação já era esperada, pois as progênies foram avaliadas em diferentes ambientes (locais e anos agrícolas). Em regiões de clima tropical é comum ocorrerem diferenças na fertilidade do solo, temperatura, chuva e outros fatores.

Considerando os dados climatológicos durante o período de produção das sementes nos experimentos de campo é possível observar que existem diferenças sobretudo devido a precipitação média como também temperatura. Allard e Bradshaw (1964) comentam que a interação genótipo x ambiente pode ser atribuída a fatores ambientais previsíveis e imprevisíveis. No presente estudo como se dispõe de avaliações de progênies não somente em locais diferentes, como também anos agrícolas, ambos os fatores mencionados anteriormente influenciam na magnitude da interação. Nas tabelas 2 e 4 das análises conjuntas nota-se que os componentes da interação genótipos por ambientes ($\hat{\sigma}_{G \times E}^2$) foram de maior magnitude para a maioria dos caracteres avaliados, destacando a influência do ambiente sobre a qualidade fisiológica das sementes.

A amplitude de variação das médias BLUP evidenciam e reforçam como já comentado a existência de variabilidade genética entre as progênies. Contudo, deve-se destacar que

apenas o dano mecânico avaliado pelo teste de tetrazólio, não foi possível quantificar a existência de variação. Uma possível explicação para este resultado se tange à unidade de trilha adotada como também a realização da colheita das parcelas sempre na maturidade fisiológica. Os danos mecânicos são provocados, principalmente, durante as operações de colheita e beneficiamento. Trincas ou rachaduras situadas superficialmente são facilmente detectadas, ao passo que os danos mecânicos internos exigem exames mais detalhados para sua detecção (AGUILA et al., 2011).

Para melhor entendimento deve-se estudar sobre a morfologia e a composição da semente. A soja madura é normalmente esférica no formato e possui um tegumento relativamente fino. O endosperma é representado apenas por uma fina camada de células imediatamente abaixo do tegumento da semente. O restante do interior da semente é ocupado pelo embrião, que consiste em um eixo de radícula-hipocótilo curto, dois cotilédones carnosos (órgãos laterais) e um ponto de crescimento de plúmula bem desenvolvido com duas folhas, que termina no eixo hipocótilo radicular (MEDIC et al, 2014).

Sementes menores tendem a escapar das injúrias mecânicas durante a colheita. Em relação ao formato, sementes esféricas tendem a sofrer menos danos do que as sementes alongadas ou com formato irregular (SHELAR, 2007). Para evitar tais danos a literatura relata como opção a colheita em épocas adequadas (umidade ao redor de 13% a 15%), colheita antecipada, adoção de regiões mais propícias à produção de sementes, dentre outras. (AGUILA et al., 2011).

O dano por percevejo tem provocado prejuízo à indústria sementeira. Pois além do consumo de reservas, este também inocula a levedura *Nematospora coryli* Peglion através da sua picada. O tecido colonizado por essa levedura se torna necrosado, de modo a reduzir a germinação e vigor. Utilizando o teste de tetrazólio é possível observar manchas brancas (tecido morto não colorido), partes deformadas e/ou enrugadas (FRANÇA NETO et al., 2007).

Utilizando dados da ocorrência de dano por percevejo relatado por França Neto (2016) é possível verificar que, em média, no Estado de Minas Gerais as sementes produzidas na safra 2014/2015 obtiveram 2% como índice de dano por percevejo. Contudo, deve-se destacar que as amostras avaliadas foram produzidas em região distinta do Sul de Minas/ Campo das Vertentes. As análises se restringiram ao Alto do Parnaíba e Triângulo Mineiro. Deve-se comentar também que a ocorrência de percevejo está intimamente associada ao ano agrícola. O mesmo autor comenta que considerando o cenário nacional de produção de sementes o

dano médio devido ao percevejo foi de apenas 1,3%, isto é, bem inferior ao obtido no presente estudo.

A germinação em condições controladas é talvez uma das principais ferramentas para se mensurar o potencial germinativo das sementes de soja. No presente estudo as estimativas da média BLUP para germinação denotam que os valores encontrados estão abaixo do mínimo exigido para comercialização de sementes de soja no Brasil que é de 80% de germinação (BRASIL, 2013). A possível explicação para este feito são os fatores ambientais e também as diferenças devido à constituição genética das progênies (TABELA 4).

O principal fator ambiental que está associado à redução do potencial de germinação é a ocorrência de chuvas durante a colheita. O incremento na umidade permite que as sementes se deteriorem mais facilmente como também incrementa o potencial de ocorrência de patógenos nas sementes.

Considerando o ganho genético esperado com a seleção é possível observar que quanto menor a intensidade de seleção, maiores os ganhos obtidos. Contudo, isso acarretará em menor variabilidade genética para os próximos ciclos de seleção. É importante ressaltar que os sinais negativos para dano mecânico, dano por percevejo e dano por umidade provém na redução de expressão do referido caráter.

Quando o ganho de seleção é estimado somente para as progênies $S_{0:1}$ foram observadas elevadas magnitudes para todos os caracteres. Isso se deve ao fato das estimativas estarem infladas por não ter sido isolado o componente da interação genótipo por ambiente (TABELA 6). Os resultados observados para o ganho com a seleção para germinação (TABELA 6) corroboram com o trabalho de Martins et al. (2016), em que se obteve ganho de 20% em germinação com a seleção de 62 linhagens avançadas de soja.

Os produtores demandam cultivares mais produtivas, sendo este o principal objetivo dos programas de melhoramento. Neste trabalho a seleção das progênies $S_{0:1}$ para geração $S_{0:2}$ foi realizada em relação à produtividade. Assim foi possível avaliar o ganho obtido em relação à qualidade fisiológica com a seleção de progênies de soja mais produtivas.

Observa-se resposta positiva para os caracteres germinação, índice de velocidade de emergência e porcentagem de emergência, frente à seleção para produtividade. Destaca-se também que selecionando progênies mais produtivas, há uma redução nos danos por umidade (TABELA 9).

Atualmente nos programas de melhoramento genético da soja, seja no Brasil ou no mundo, milhares de cruzamentos são realizados anualmente. Dezenas de milhares de novas progênies são testadas, sobretudo com foco principal no caráter produtividade de grãos e

maturação absoluta (BERNARDO, 2010). Um questionamento que surge então seria em qual fase do programa de melhoramento genético seria factível de se mensurar o potencial associado à qualidade fisiológica de sementes.

Os resultados do presente estudo denotam que existe resposta correlacionada para qualidade fisiológica na seleção devido à produtividade de grãos. Assim sendo, a melhor estimativa considerando o custo associado às análises de qualidade fisiológica como também o tempo necessário para execução dos testes, seria indicado concentrar esforços na seleção de melhores linhagens sob a ótica do potencial agronômico para posterior mensuração da qualidade fisiológica. Nos experimentos de valor de cultivo e uso normalmente são avaliadas as melhores linhagens do programa de melhoramento visando lançamento de uma nova cultivar.

Nesta fase de avaliação é bastante oportuno se mensurar o potencial associado à qualidade fisiológica de sementes de soja, visando não somente discriminar as linhagens de menor potencial agronômico como também para baixa qualidade fisiológica de sementes.

6 CONCLUSÃO

Os componentes da variância para qualidade fisiológica de semente evidenciam a variabilidade existente nas progênes, sendo possível realizar a seleção de genótipos superiores.

As estimativas de herdabilidade e ganho esperado com a seleção refletem ganho genético com a seleção para a qualidade fisiológica de sementes em soja.

A resposta correlacionada denota que progênes mais produtivas apresentam melhor qualidade fisiológica de sementes em soja.

REFERÊNCIAS

- AGUILA, L.S.H.; AGUILA, J.A.; THEISEN, G. **Perdas na colheita da cultura da soja**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Comunicado Técnico 271, 2011. 12p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS-ANP. **Boletim mensal do biodiesel**. 2017. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>>. Acesso em: 02 jan. 2018.
- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.
- ALLARD, R.W. **Principles of Plant Breeding**. 2nd ed. New York: J. Wiley, 1999. 264p.
- AMARAL, L. O. **Seleção de linhas puras na cultivar de soja BRS Favorita RR**. 46 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS - ABRASEM. **Anuário ABRASEM, 2016**. Disponível em: <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2013/09/Anuario_ABRASEM_2016_SITE.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2018.
- AOSA. Association of Official Seed Analysts. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, AOSA, n. 32, 1983. 88p.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2nd ed., Woodbury, Minnesota: Ed. Stemma Press, 2010. 400 p.
- BORÉM, A. (Org.). **Hibridação Artificial de Plantas**. 2 ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, v. 1, 2009. 625 p.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 6 ed., Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. 529p.
- BOTELHO, F. B. S.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1437-1442, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ed. Mapa/ACS, 2009. 399p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA. **Padrões de identidade e qualidade para produção e comercialização de sementes**. Instrução Normativa n. 45, de 17 de Setembro de 2013. 38p.
- BUENO, L. C. S; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento Genético de Plantas – Princípios e procedimentos**. 1 ed., Lavras, MG: Ed. UFLA, 2006. 319p.
- CARNEIRO, A. K. **Emprego de multilinhas na cultura da soja**. 2017. 53 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2017.

CLIMATE-DATA.ORG. Climatologia de Nazareno e climatologia de Itutinga. 2017. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/location/176032/>>. Acesso em: 29 dez. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 5 - Safra 2017/18, n. 3 - Décimo segundo levantamento, dezembro 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_12_12_17_59_52_dezembro.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2018.

DALL'GNOL, A. A soja no Brasil: evolução, causas, impactos e perspectivas. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **CONGRESO DE LA SOJA DEL MERCOSUR, FORO DE LA SOJA ASIA**, 2011, Rosário. Un grano: un universo.[Rosário: Asociación de la Cadena de la Soja Argentina], 2011. 4 p. 1 CD-ROM. MERCOSOJA 2011.

ESTATÍSTICAS DE COMÉRCIO EXTERIOR DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO-AGROSTAT. **Exportações brasileiras do Agronegócio por setores**. 2017. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>>. Acesso em: 03 jan 2018.

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

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa States University of science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION- FAO. **Agricultural Outlook 2015**, OECD Publishing, cap. 2, p. 88, Paris. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en>. Acesso em: 27 out. 2017.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOVSKI, F. C.; COSTA, N. P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Ed. EMBRAPA- CNPSo. Documento 116, 1998. 72 p.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E), 2007.

FRANÇA-NETO, J. B. Características fisiológicas da semente: germinação, vigor, viabilidade, danos mecânicos tetrazólio, deterioração por umidade tetrazólio e dano por percevejo tetrazólio. In: LORINI, I. (Ed.). **Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil- safra 2014/15**. Embrapa Soja. Documentos, 378. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 190 p.

FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA AGROPECUÁRIA DO MATO GROSSO. Fundação MT. (2011). **Boletim de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis, 492 p.

GESTEIRA, G. S. **Seleção de linhagens de soja precoce para produtividade e qualidade de grãos**. 2017. 58 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2017.

GERALDI, I. O. Por que realizar seleção recorrente? In: **Simpósio de atualização em genética e melhoramento de plantas**. Lavras, MG: Ed. UFLA, p. 1-8, 2005.

GEZAN; MUNOZ. **Analysis of Experiments using ASReml: with emphasis on breeding trials**. Disponível em: <
http://www.biostatgen.com/uploads/3/8/9/6/38964623/alldiap_sa_oct2014.pdf2014>. Acesso em: 10 nov. 2017.

HALLAUER, A.R. Recurrent selection in maize. **Plant Breeding Reviews**, New York, v. 9, p. 115-179, 1992.

HIRAKURI, M. H.; LORINI, I. Conjuntura econômica da soja e metodologia de avaliação da qualidade. In: LORINI, I. (Ed.). **Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil - safra 2014/15**. Embrapa Soja. Documentos, 378. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 190 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA- INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2018. Disponível em: <
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 07 jan. 2018.

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

MACHADO, A. T. Construção histórica do melhoramento genético de plantas: do convencional ao participativo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 1, p. 35-50, 2014.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MAIA, L. G. S.; SILVA, C. A.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. **Variabilidade genética associada à germinação e vigor de sementes de linhagens de feijoeiro comum**. Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE). (2011).

MARTINS, C. C.; TREVISOLI S. H. U.; MÔRO G. V., VIEIRA R. D. Metodologia para seleção de linhagens de soja visando germinação, vigor e emergência em campo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 455-461, 2016.

MCDONALD, M.B. A review and evaluation of seed vigor tests. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, v. 65, p.109-139, 1975.

MENEGHELLO, G. E.; PESKE, S. T. A grandeza do negócio de sementes de soja no Brasil. **SEED News**, Pelotas, n. 4, jul/ago 2013. Disponível em:
<http://www.seednews.inf.br/_html/site/content/reportagem_capa/imprimir.php?id=153>. Acesso em: 08 ago. 2016.

MEDIC, J.; ATKINSON, C.; HURBURGH, C. R. Current knowledge in soybean composition. **Journal of the American oil chemists' society**, v. 91, n. 3, p. 363-384, 2014.

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

MIRANDA, M. A. C.; MIYASAKA, S.; MASCARENHAS, H. A. A.; ROSSETO, C. J. Melhoramento de Cultivares no estado de São Paulo. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. **A soja no Brasil**. Campinas: Instituto de tecnologia de alimentos (ITAL), p. 311- 324, 1981.

MIYASAKA, S. **Contribuição para o melhoramento da soja no estado de São Paulo**. 1958. 47 p. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 1958.

MORENO, K.A.A. **Expressão de genes relacionados com a qualidade fisiológica de sementes de soja**. 2016. 68 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia/ Sementes)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2016.

OHLSON, O. C. et al. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 32, n. 4, p. 118-124, 2010.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES 1, p. 9-13, 1999.

PIEPHO, H. P.; MOHRING, J. Computing Heritability and Selection Response From Unbalanced Plant Breeding Trials. *Genetics*, v. 177 n. 3, p. 1881-1888, 2007.

PIRES, L. P. M. ; RAMALHO, M. A. P. ; ABREU, A. F. B. . Efficiency of phenotypic recurrent selection for plant architecture in common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 56, p. 143, 2013.

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

RAPOSO, F. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. DE F. B. Comparação de métodos de condução de populações segregantes do feijoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília , v. 35, n. 10, p. 1991-1997, 2000.

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.

R CORE TEAM. R A language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2018.

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

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoramento da Soja. In: BOREM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 553 – 602, 2013.

SERVIÇO NACIONAL DE PROTEÇÃO DE CULTIVARES – SNPC. **CultivarWEB**. 2018. Disponível em: http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_protegidas.php. Acesso em: 04 jan. 2018.

SILVA, N. O.; RAMALHO, M. A. P.; BRUZI, A. T.; VON PINHO, E. V. R. Genetic control of traits associated with maize seed quality population. **Maydica**, v. 53, p. 55-62, 2008.

SILVA, K. B.; BRUZI, A. T.; ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E. V.; SOARES, I. O.; REZENDE, P. M.; COELHO, M. D. O. Adaptability and phenotypic stability of soybean cultivars for grain yield and oil content. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 15, n. 2, 2015.

SHELAR, V. R. Strategies to improve the seed quality and storability of soybean—A Review. **Agricultural Reviews**, v. 28, n. 3, p. 188-196, 2007.

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**, Ribeirão Preto, v. 14, p. 8995-9003, 2015.

SUNEETA, P.; SINGH, B.V.; KAMENDRA, S.; MANOJ, K. Variability and association analysis for yield and other traits in soybean. **Pantnagar Journal of Research** 8, n. 1, p. 47-50, 2010.

VASCONCELOS, E. S.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D. Estimativas de parâmetros genéticos da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes regiões de Minas Gerais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, 2012, p. 65-76.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 137-214.

VIEIRA, J. H. H. A Proteção de Cultivares e a Pirataria. **SEED News**, Pelotas, v. 7, n. 1, jan/fev 2003.

US department of agriculture, agricultural research service, nutrient data laboratory. USDA **National Nutrient Database for Standard Reference**, Release 28. Version Current: September 2015. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/nea/bhnrc/ndl>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

ZAMBIAZZI, E.V.; BRUZI, A.T.; GUILHERME, S.R.; PEREIRA, D.R.; J.G. LIMA; ZUFFO, A.M.; RIBEIRO, F. O; MENDES, A.E.S.; GODINHO, S.H.M.; CARVALHO, M.L.M. Estimates of genetics and phenotypics parameters for the yield and quality of soybean seeds. **Genetics and molecular research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 3, 2017.

APÊNDICE A

Tabela 1- Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados à qualidade fisiológica de sementes das progêneses S_{0:1} de soja produzidas em Lavras na safra 2015/2016.

Parâmetros ^{1/}	Parâmetros de qualidade fisiológica ^{2/}									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
$\hat{\sigma}_G^2$	93,44***	1,41***	1,04***	18,82***	31,33***	32,65***	69,46***	20,19***	0,41***	94,62***
$\hat{\sigma}_E^2$	80,9	0,76	0,24	35,75	28,97	55,42	46,76	28,1	0,29	75,09
\hat{h}^2 (%)	82,21	88,2	94,56	67,8	81,22	70,21	85,59	74,19	85,08	83,44
$\hat{r}_{gg'}$ (%)	90,67	93,92	97,24	82,34	90,12	83,79	92,52	86,13	92,24	91,35

^{1/}Variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva ($\hat{r}_{gg'}$). ^{2/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE). Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*'.

Tabela 2- Amplitude de variação dos BLUP's associados à qualidade fisiológica de sementes de progêneses das progêneses S_{0:1} de soja produzidas em Lavras na safra 2015/2016.

BLUP ^{1/}	Parâmetros de qualidade fisiológica ^{2/}									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
Máximo	87,23	14,72	8,95	97,34	98,81	33,89	41,39	22,33	6,03	96,50
Mínimo	36,26	8,15	4,37	82,42	64,87	3,70	2,87	1,56	3,29	55,61
Média	69,80	10,75	6,01	91,73	93,66	12,41	14,01	6,03	5,13	83,88
Amplitude de variação	50,97	6,57	4,58	14,92	33,94	30,19	38,52	20,77	2,74	40,89

^{1/}Melhor preditor linear não viesado. ^{2/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE).

Tabela 3- Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados à qualidade fisiológica de sementes das progêneses S_{0:2} de soja produzidas em Lavras na safra 2016/2017.

Parâmetros ^{1/}	Parâmetros de qualidade fisiológica ^{2/}									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
$\hat{\sigma}_G^2$	136,69***	1,6***	0,79***	127,31***	38,22***	16,06***	86,76***	85,53***	0,29***	57,38***
$\hat{\sigma}_E^2$	46,28	1,3	0,34	41,02	26,73	28,4	45,77	37,44	0,08	22,98
\hat{h}^2 (%)	92,2	83,05	90,29	92,55	85,12	69,34	88,35	90,14	93,2	90,9
$\hat{r}_{gg'}$ (%)	96,02	91,13	95,02	96,2	92,26	83,27	93,99	94,94	96,54	95,34

^{1/}Variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva ($\hat{r}_{gg'}$). ^{2/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE). Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*'.

Tabela 4- Amplitude de variação dos BLUP's associados à qualidade fisiológica de sementes de progênies das progênies S_{0:2} de soja produzidas em Lavras na safra 2016/2017.

BLUP ^{1/}	Parâmetros de qualidade fisiológica ^{2/}									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
Máximo	95,56	16,56	10,75	99,13	99,11	18,10	43,15	41,50	6,22	99,49
Mínimo	25,95	8,67	4,82	32,50	63,36	2,84	1,63	0,94	2,52	45,86
Média	78,50	14,29	7,86	88,36	94,02	7,02	13,98	9,48	5,80	94,36
Amplitude de variação	69,61	7,89	5,93	66,63	35,75	15,26	41,52	40,56	3,70	53,63

^{1/}Melhor preditor linear não viesado. ^{2/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE).

Tabela 5- Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados à qualidade fisiológica de sementes das progênies S_{0:2} de soja produzidas em Itutinga na safra 2016/2017.

Parâmetros ^{1/}	Parâmetros de qualidade fisiológica ^{2/}									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
$\hat{\sigma}_G^2$	61,21***	2,34***	1,77***	22,19***	13,28***	9,99***	146,52***	51,67***	0,17***	10,78***
$\hat{\sigma}_E^2$	28,56	1	0,25	27,33	14,65	26,42	52,23	42,31	0,12	15,77
\hat{h}^2 (%)	89,55	90,36	96,55	76,46	78,38	60,2	91,82	83,01	85,18	73,22
\hat{r}_{gg} (%)	94,63	95,06	98,26	87,44	88,53	77,59	95,82	91,11	92,29	85,57

^{1/}Variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva (\hat{r}_{gg}). ^{2/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE). Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*'.

Tabela 6- Amplitude de variação dos BLUP's associados à qualidade fisiológica de sementes de progênies das progênies S_{0:2} de soja produzidas em Itutinga na safra 2016/2017.

BLUP ^{1/}	Parâmetros de qualidade fisiológica ^{2/}									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
Máximo	98,35	16,58	9,21	98,43	99,17	12,39	52,79	33,80	8,27	99,12
Mínimo	56,71	9,07	4,18	73,97	81,14	2,15	3,21	1,43	5,48	80,81
Média	88,52	13,66	6,74	93,34	96,17	5,41	16,83	8,42	7,96	96,70
Amplitude de variação	41,64	7,51	5,03	24,47	18,03	10,23	49,58	32,37	2,80	18,30

^{1/}Melhor preditor linear não viesado. ^{2/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE).

Tabela 7- Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados à qualidade fisiológica de sementes das progênies S_{0.2} de soja produzidas em Nazareno na safra 2016/2017.

Parâmetros ^{1/}	Parâmetros de qualidade fisiológica ^{2/}									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
$\hat{\sigma}_G^2$	392,18***	1,65***	0,4***	3,29***	2,21***	6,04**	143,37***	10,84***	0,03***	6,92***
$\hat{\sigma}_E^2$	47,74	0,81	0,24	9,23	7,11	27,02	1,02	15,21	0,08	17,42
\hat{h}^2 (%)	97,05	89,02	86,91	58,78	55,42	47,22	99,82	74,03	62,19	61,36
\hat{f}_{gr} (%)	98,51	94,35	93,23	76,67	74,45	68,72	99,91	86,04	78,86	78,33

^{1/}Variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$), herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}^2) e acurácia seletiva (\hat{f}_{gr}). ^{2/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE). Significância pelo teste de verossimilhança (Likelihood Ratio Test) - 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*'.

Tabela 8- Amplitude de variação dos BLUP's associados à qualidade fisiológica de sementes de progênies das progênies S_{0.2} de soja produzidas em Nazareno na safra 2016/2017.

BLUP ^{1/}	Parâmetros de qualidade fisiológica ^{2/}									
	GERM	CPR	CPH	VIGOR	POTGERM	DM	DP	DU	IVE	PE
Máximo	92,23	14,78	8,04	98,53	98,87	9,83	53,94	13,28	6,14	98,64
Mínimo	14,10	8,81	4,51	93,24	94,18	2,75	1,04	0,69	5,39	87,59
Média	66,78	11,83	5,80	96,44	97,46	5,20	20,89	2,66	5,97	96,47
Amplitude de variação	78,12	5,97	3,53	5,29	4,69	7,08	52,91	12,59	0,75	11,04

^{1/}Melhor preditor linear não viesado. ^{2/}Germinação (GERM), comprimento de radícula (CPR), comprimento de hipocótilo (CPH), vigor pelo teste de tetrazólio (VIGOR), potencial germinativo pelo teste de tetrazólio (POTGERM), dano mecânico (DM), dano por percevejo (DP), dano por umidade (DU), índice de velocidade de emergência (IVE) e porcentagem de emergência (PE).

Tabela 9- Médias conjuntas para os caracteres produtividade (sc/ha) das progênies S_{0:1} e S_{0:2}, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Progênies	Produtividade	Progênies	Produtividade
1	71,93	33	81,43
2	81,21	34	70,84
3	70,86	35	78,23
4	70,43	36	79,52
5	65,44	37	75,88
6	77,13	38	83,43
7	64,14	39	75,66
8	72,10	40	83,94
9	66,11	41	84,69
10	76,02	42	74,06
11	66,56	43	79,32
12	70,67	44	70,65
13	70,69	45	71,49
14	69,74	46	59,97
15	61,36	47	60,61
16	72,19	48	70,05
17	78,16	49	78,40
18	71,71	50	73,79
19	66,16	51	71,24
20	72,25	52	52,74
21	71,58	53	79,91
22	72,16	54	63,35
23	63,83	55	81,26
24	70,82	56	70,25
25	67,96	57	72,24
26	73,26	58	81,01
27	72,17	59	83,48
28	72,98	60	58,54
29	77,13	61	78,65
30	82,27	62	63,21
31	75,19	63	68,02
32	73,63	64	68,79