



**ASTÚRIO SILVA DOS SANTOS**

**CONTROLE GENÉTICO DA QUALIDADE  
FISIOLÓGICA DAS SEMENTES ASSOCIADO À  
RÁPIDA COBERTURA DO SOLO NA CULTURA  
DO FEIJOEIRO**

**LAVRAS – MG**

**2016**

**ASTÚRIO SILVA DOS SANTOS**

**CONTROLE GENÉTICO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS  
SEMENTES ASSOCIADO À RÁPIDA COBERTURA DO SOLO NA  
CULTURA DO FEIJOEIRO**

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

Prof. Dr. Magno AntonioPatto Ramalho

Orientador

**LAVRAS-MG**

**2016**

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

Santos, Astúrio Silva dos.

Controle genético da qualidade fisiológica das sementes associado  
à rápida cobertura do solo na cultura do feijoeiro / Astúrio Silva dos  
Santos. – Lavras : UFLA, 2016.

56 p. : il.

Dissertação(mestrado profissional)–Universidade Federal de  
Lavras, 2016.

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho.

Bibliografia.

1. Melhoramento vegetal. 2. *Phaseolus vulgaris*. 3. Plantas  
Daninhas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**ASTÚRIO SILVA DOS SANTOS**

**CONTROLE GENÉTICO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS  
SEMENTES ASSOCIADO À RÁPIDA COBERTURA DO SOLO NA  
CULTURA DO FEIJOEIRO**

**GENETIC CONTROL OF THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF  
SEEDS ASSOCIATED TO THE QUICK SOIL COVERAGE OF BEAN  
CROP**

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

APROVADA em 01 de julho de 2016.

Dra. Monik Evelin Leite

Dra. Heloisa Oliveira dos Santos

Prof. Dr. Magno AntonioPatto Ramalho  
Orientador

**LAVRAS-MG**

**2016**

Aos meus pais, Antonio e Ivonita, que tanto me apoiaram e me incentivaram  
com amor incondicional, aos quais tanto devo e tão pouco posso retribuir

DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao final de mais uma etapa concluída, só tenho a agradecer.

A Deus que é fonte infinita de força, sabedoria e por me guiar nesta vitória.

Aos meus pais, Antonio Paulo e Ivonita, que me deram a vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade, pelo amor incondicional, por sacrificarem seus sonhos em favor dos meus, por me ajudarem a superar minhas decepções e aplaudirem minhas conquistas. Não somente pais, mas verdadeiros amigos!

Aos meus irmãos, Alceu e Poliane, pelo apoio, carinho, companheirismo, dedicação em todos os momentos de minha vida.

Ao professor Magno, pela paciência, amizade, dedicação, sabedoria e exemplo profissional, levarei seu exemplo por toda vida.

A todos os colegas de curso, em especial: Maxuel, Rudnei, Diego, Keila e Itamara pelo convívio, amizade e companheirismo.

À grande colega Scheila, por sua dedicação, compreensão e auxílio, no desenvolvimento deste trabalho e a todos os colegas de Pós - Graduação do departamento de Genética e Melhoramento, pela contribuição recebida.

Aos amigos que conquistei, durante esta jornada e levarei pela vida, em especial, ao Rafael Pereira e ao Jales.

Ao grande amigo, Aliandro Almeida, pelo direcionamento, confiança e contribuição, pessoa fundamental para que eu concluísse mais esta etapa. Exemplo de gestor e humano a ser seguido.

Aos professores do programa de Pós - Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas: César, João Bosco, João Cândido, Jose Airton, por serem mediadores do conhecimento durante esta jornada.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pela oportunidade.

A todas as pessoas que, de forma direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

A Ti, Senhor, novamente, porque tudo começa e termina em Ti.

**Desistir?**

**Eu já pensei seriamente nisso,  
mas nunca me levei realmente a sério.  
É que tem mais chão nos meus olhos  
do que cansaço nas minhas pernas,  
mais esperança nos meus passos  
do que tristeza nos meus ombros,  
mais estrada no meu coração  
do que medo na minha cabeça.**

**Cora Coralina**



## RESUMO

Entre os fatores que interferem na produção normal da cultura do feijão estão as plantas daninhas que competem por água, luz, nutrientes e espaço, reduzindo a produtividade e aumentando o custo de produção. Prejudicam, ainda, nas operações de colheita, causando perdas e contaminações, reduzindo a qualidade e depreciando o produto colhido. No controle preventivo, pode-se obter cultivares que possibilitam a rápida cobertura do solo mitigando essa matocompetição. Este trabalho foi realizado visando à obtenção de informações do controle genético dos caracteres morfológicos e fisiológicos das sementes de feijão que possam contribuir para a mais rápida cobertura do solo. Para isto, seis genitores, as linhagens de feijão: Paraná, Amarelinho, Goiano Precoce, Eriparsa, MAII-22 e Madrepérola, foram cruzados segundo um esquema dialélico. Utilizando as sementes da geração F<sub>4</sub> foram avaliados os seguintes caracteres fisiológicos: teste padrão de germinação; envelhecimento acelerado; percentagem de emergência e índice de velocidade de emergência em canteiro. Utilizando as médias dos genitores e dos híbridos, procedeu-se à análise dialélica segundo o método II de Griffing (1956). Constatou-se que as estimativas da heterose são de baixa magnitude, para os caracteres morfológicos das sementes, o contrário ocorreu para os associados à qualidade fisiológica. Infere-se que a interação alélica de dominância é importante apenas para os caracteres fisiológicos. A associação entre os caracteres morfológicos e os fisiológicos é pequena e negativa. Genitores de sementes maiores, que apresentam, normalmente, folhas maiores, apresentam menor vigor na germinação do que os com sementes menores. A seleção de plantas, que associe maior vigor na germinação com maior crescimento vegetativo inicial, deve ser pequena, o que pode dificultar a seleção de linhagem de feijão com mais rápida cobertura do solo.

**Palavras-chave:** Melhoramento vegetal. *Phaseolus vulgaris*. Matocompetição. Índice de velocidade de emergência. Plantas daninhas.

## ABSTRACT

Among the factors that interfere with the production of bean crops are the weeds that compete for water, light, nutrients and space, decreasing productivity and increasing production cost. They also hinder harvest, causing losses and contamination, reducing the quality and depreciating the product. Using preventive control, it is possible to obtain cultivars that allow fast soil coverage, mitigating this competition. This work was conducted to obtain information regarding the genetic control of morphological and physiological traits of bean seeds, in order to contribute for obtaining line with faster soil coverage. For this, six parental plants, representing lines Paraná, Amarelinho, Goiano Precoce, Eriparsa, MAII-22 and Madrepérola, were crossed according to a diallel scheme. Using seeds from generation F<sub>4</sub>, the following physiological traits were evaluated: standard germination test; accelerated aging; emergence percentage and emergence speed index in seedbed. Using the means of parents and hybrids, we conducted the diallel analysis according to Griffing (1956) method II. We verified that the heterosis estimates presented low magnitude for the morphological traits of the seeds, while the opposite occurred for the traits associated to physiological quality. In conclusion, the dominance allele interaction is important only for physiological traits. The association between morphological and physiological traits is small and negative. Parents of larger seeds, which normally present larger leaves, presented lower germination vigor than those with smaller seeds. Associating higher germination vigor with higher initial vegetative growth must be small, which may hinder the selection of bean lines with faster soil coverage.

**Keywords:** Plant breeding. *Phaseolus vulgaris*. Competition. Emergence speed index. Weeds.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pool Gênico, Período de obtenção das linhagens utilizadas nos cruzamentos dialélicos.....	25
Tabela 2 - Resumo da análise de variância para as características comprimento, largura e espessura (mm) de sementes de feijão. Dados obtidos em um dialelo de seis linhagens de feijão. ....	32
Tabela 3 - Análise do dialelo segundo o método de Griffing (1956), para as características comprimento, largura e espessura (mm) de sementes de feijão. ....	32
Tabela 4 - Médias para as características de comprimento, largura e espessura (mm) de sementes de feijão. Dados obtidos em um dialelo de seis linhagens de feijão. ....	33
Tabela 5 - Efeitos das capacidades gerais de combinação (CGC) e capacidades específicas de combinação (CEC) para as características comprimento (acima da diagonal) e largura (abaixo da diagonal) de grãos. Dados obtidos em um dialelo de seis genótipos de feijão. ....	35
Tabela 6 - Efeitos das capacidades gerais de combinação ( CGC) e capacidades específicas de combinação (CEC) para a característica espessura de grãos. Dados obtidos em um dialelo de seis genótipos de feijão. ....	36
Tabela 7 - Resumo da análise de variância para as características percentagem de germinação (GN), percentagem de vigor (EA), percentagem de emergência em canteiro (EC) e índice	

de velocidade de emergência (IVE) de sementes de feijão.

Dados obtidos em um dialelo de seis linhagens de feijão. ....38

Tabela 8 - Resumo da análise de variância do dialelo segundo o método de Griffing 1956, para as características percentagem de germinação (GN), percentagem de vigor (EA), percentagem de emergência em canteiro (EC) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de feijão. ....39

Tabela 9 - Médias para as características percentagem de germinação (GN), percentagem de vigor (EA), percentagem de emergência em canteiro (EC) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de feijão. Dados obtidos em um dialelo de seis genótipos de feijão. ....40

Tabela 10 - Efeitos das capacidades gerais de combinação ( CGC) e capacidades específicas de combinação (CEC) às características germinação (GN) (acima da diagonal ) e envelhecimento acelerado (EA) (abaixo da diagonal). Dados obtidos em um dialelo de seis genótipos de feijão. ....42

Tabela 11 - Efeitos das capacidades gerais de combinação ( CGC) e capacidades específicas de combinação (CEC) às características emergência em canteiro (EC) (acima da diagonal) e índice de velocidade de emergência (IVE) (abaixo da diagonal). Dados obtidos em um dialelo de seis genótipos de feijão. ....43

Tabela 12 - Estimativas das correlações, duas a duas, para as características germinação (GN %), vigor (EA %), índice de velocidade de emergência, comprimento (mm), largura (mm) e espessura (mm) das sementes. Dados obtidos a partir da média de cruzamento em dialelo de seis linhagens de feijão. ....44

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEORICO</b> .....	15
<b>2.1</b>	<b>Origem, sistemática e morfologia do feijoeiro</b> .....	15
<b>2.2</b>	<b>Germinação e emergência de plântulas de feijoeiro</b> .....	18
<b>2.3</b>	<b>Germinação e emergência das sementes como fator para mitigar os danos causados pelas plantas daninhas</b> .....	21
<b>2.4</b>	<b>Cruzamentos Dialélicos</b> .....	23
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
<b>3.1</b>	<b>Localização dos experimentos</b> .....	25
<b>3.2</b>	<b>Genitores</b> .....	25
<b>3.3</b>	<b>Obtenção dos Híbridos</b> .....	25
<b>3.4</b>	<b>Teste de germinação</b> .....	26
<b>3.5</b>	<b>Envelhecimento Acelerado</b> .....	26
<b>3.6</b>	<b>Percentagem de emergência em canteiro</b> .....	27
<b>3.7</b>	<b>Índice de Velocidade de Emergência</b> .....	27
<b>3.8</b>	<b>Processamento e análise de dados</b> .....	28
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	31
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	45
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	49
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	51

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um alimento básico da população brasileira, sendo o principal fornecedor de proteína para as famílias de baixa renda. Aliado às suas qualidades nutricionais, suas características econômicas fazem com que a cultura seja de grande importância para a agricultura. É cultivado desde agricultores tipicamente de subsistência até grandes empresários rurais. Dependendo do nível tecnológico e da região do país, o feijoeiro pode ser cultivado durante todo ano (LIMA, 2013).

Estima-se, para safra 2015/2016, que a área ocupada com o feijoeiro no Brasil seja superior a 3,0 milhões de hectares e a produção total de grãos será superior a 3,3 milhões de toneladas (BRASIL, 2015).

Diversos são os fatores que afetam a produtividade de grãos na cultura do feijoeiro, dentre eles, destaca-se a competição por recursos com as plantas daninhas, tais como luz, água e nutrientes, em especial, durante os primeiros 18 dias de cultivo, denominado de Período Total de Prevenção a Interferência (PTPI), que compreende o período, a partir da semeadura em que a cultura deve crescer livre da presença de plantas daninhas, a fim de que sua produtividade não seja alterada significativamente (BORCHARTT et al., 2011).

Existem inúmeras estratégias que podem ser empregadas para mitigar os danos causados pelas plantas daninhas. Uma estratégia auxiliar de controle de plantas daninhas, que tem sido solicitada pelos agricultores, é o uso de cultivares cujas plantas apresentem rápido crescimento inicial. Isso porque é conhecido que o crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas é diretamente dependente dos mesmos recursos necessários à cultura implementada. Cultivares que possibilitam maior interceptação da luz solar tendem a mitigar os efeitos nocivos destas plantas indesejáveis, principalmente, caso essa interceptação ocorra no PTPI (HOAD et al., 2012).

A melhor cobertura do solo pela cultura pode ser obtida, precocemente, por meio do emprego de cultivares, cujas sementes apresentem maior porcentagem e velocidade de germinação/emergência e, também, crescimento inicial das plântulas mais rápido.

No feijoeiro são escassas as literaturas relacionadas a caracteres fisiológicos da semente relacionados à rápida cobertura do solo. Maia et al. (2011) encontraram baixa variação genética para o Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Emygdio et al. (2000), também, utilizando o IVE, observaram que há pouca variabilidade entre os 101 genótipos avaliados, corroborando com o observado por Maia et al. (2011). Nalin (2015) avaliou progênies segregantes de feijão e constatou que ocorre variabilidade, para a velocidade de emergência, contudo o caráter é muito influenciado pelo ambiente.

Seria importante obter mais informações a respeito do controle genético de caracteres morfológicos e fisiológicos da semente utilizando maior número de genitores. Para isso a melhor estratégia é o emprego dos cruzamentos dialélicos. Os cruzamentos dialélicos têm sido amplamente utilizados na cultura do feijoeiro (MENDES; RAMALHO; ABREU, 2009, ) mas não foi encontrado nenhum relato de seu emprego para caracteres morfológicos e fisiológicos da semente.

Do exposto foi realizado o presente trabalho visando à obtenção de informações do controle genético de caracteres morfológicos e fisiológicos das sementes de feijão que possam contribuir para a mais rápida cobertura do solo.

## 2 REFERENCIAL TEORICO

### 2.1 Origem, sistemática e morfologia do feijoeiro

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa anual, autógama, domesticada, há mais de 7.000 anos, em dois centros principais de origem: a Mesoamérica (México e América Central) e a região Andina. Hoje ele é cultivado desde o nível do mar até mais de três mil metros de altitude (SCHOONHOVEN; VOYSEST, 1991).

Os feijões estão entre os alimentos mais antigos remontando aos primeiros registros da história da humanidade. Eram cultivados, no antigo Egito e, na Grécia sendo, cultuados, também, como símbolo da vida. Os antigos romanos usavam, extensivamente, feijões nas suas festas gastronômicas, utilizando-os até mesmo como pagamento de apostas. Foram encontradas referências aos feijões, na Idade do Bronze, na Suíça e, entre os hebraicos, cerca de 1.000 a.C. As ruínas da antiga Tróia revelam evidências de que os feijões eram o prato favorito dos robustos guerreiros troianos. A maioria dos historiadores atribui a disseminação dos feijões no mundo, em decorrência das guerras, uma vez que este alimento fazia parte essencial da dieta dos guerreiros em marcha. Os grandes exploradores ajudaram a difundir o uso e o cultivo de feijão para as mais remotas regiões do planeta (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2015).

O feijão comum pertence ao ramo Embryophytae Syphonogamae subramo Angiospermae, classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamydeae, ordem Rosales, família Leguminosae, subfamília Papilionoideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Phaseolus* L. e espécie *Phaseolus vulgaris* L (SANTOS et al., 2015).

A planta de feijão é constituída por uma raiz principal da qual se desenvolvem, lateralmente, raízes secundárias, terciárias, dentre outras.



Concentra-se, na base do caule, quase na superfície do solo e as raízes laterais podem apresentar nódulos colonizados por bactérias fixadoras de nitrogênio. O caule é uma haste constituída por um eixo principal formado por uma sucessão de nós e entrenós. O primeiro nó constitui os cotilédones (estruturas de reserva da planta); o segundo corresponde à inserção das primeiras folhas da planta (folhas primárias); do terceiro nó em diante, estão inseridas as folhas chamadas de folhas trifolioladas (porque possuem três folíolos); a porção alongada entre as raízes e os cotilédones e as primeiras folhas, epicótilo (SILVA, 2015).

Possui crescimento determinado ou indeterminado; o determinado caracteriza-se por o caule e os ramos laterais cessarem o crescimento e terminarem em flores, enquanto o indeterminado, por apresentar o crescimento contínuo e as flores serem somente laterais, junto às folhas. O crescimento do caule determina os principais tipos de planta do feijoeiro: arbustivo, prostrado e trepador. Os hábitos de crescimento são agrupados e caracterizados em quatro tipos principais. Tipo I - hábito de crescimento determinado, arbustivo e porte da planta ereto. Tipo II - hábito de crescimento indeterminado, arbustivo, porte da planta ereto e caule pouco ramificado. Tipo III - hábito de crescimento indeterminado, prostrado ou semiprostrado, com ramificação bem desenvolvida e aberta. Tipo IV - hábito de crescimento indeterminado, trepador, caule com forte dominância apical e número reduzido de ramos laterais, pouco desenvolvidos. Ocorrem outros tipos de crescimento entre os hábitos indeterminados II / III e IV (SILVA, 2015).

As flores do feijoeiro não são isoladas, isto é, estão sempre agrupadas em duas, três ou mais e são compostas por um pedúnculo (pequena haste) que sustenta os botões florais, formando a inflorescência floral. Cada flor é constituída por um cálice formado de sépalas unidas e uma corola de cinco pétalas coloridas, com formatos diferentes: uma pétala mais externa e maior (denominada estandarte); duas laterais menores, estreitas (denominadas asas), e

duas inferiores, unidas e enroladas em forma de espiral (denominadas quilha). O aparelho reprodutor masculino (denominado androceu) é constituído de nove estames (estruturas que contêm os grãos de pólen ) unidos na base e um livre; e o feminino (denominado gineceu) possui ovário com vários óvulos (pluriovulado), um estilete (filamento que liga o estigma ao ovário) encurvado e um estigma (parte apical do estilete que recebe os grãos de pólen) terminal. As flores podem ter a cor branca, rósea ou violeta, de distribuição uniforme para toda a corola, ou ser bicolor, isto é, as pétalas podem ter mais de uma cor ou tonalidades diferentes (SILVA, 2015).

O fruto do feijão é um legume (vagem), possui um só carpelo, seco deiscente, zigomorfo, geralmente, alongado e comprimido, com as sementes em uma fileira central. A vagem é aplanada, reta ou encurvada, com ápice encurvado ou reto. A coloração varia de acordo com a cultivar, de verde a arroxeadada (SILVA, 2015).

Embora, haja grande variação nas sementes, na sua constituição, são sempre observadas as seguintes partes: (A) testa ou tegumento, correspondente à membrana primária do óvulo, é a capa protetora da semente, em que se localizam os pigmentos. Quando seca, é impermeável à água e ao ar e, quando umedece, embebe-se de água, tornando-se permeável; (B) rafe: sutura formada pela soldadura do funículo com os integumentos externos do óvulo. No legume, a rafe se posiciona em direção ao pedúnculo; (C) hilo: cicatriz deixada pelo funículo que conecta a semente com a placenta. Anatomicamente é um tecido vascularizado e permeável; (D) micrópila: abertura próxima ao hilo por meio da qual se realiza a absorção de água. Dentro do legume, as micrópilas estão dispostas em direção ao ápice (SOUSA, 2003).

A parte interna da semente é formada pelo embrião constituído das seguintes partes: A) plúmula: pequena gema da qual procedem o caule e as folhas da planta. É formada por um meristema apical e de duas folhas mais ou

menos desenvolvidas – as folhas primárias; B) hipocótilo: região de transição entre a plúmula e a radícula. Expande-se, na germinação, elevando os cotilédones até a superfície do solo; C) radícula: raiz do embrião que origina o sistema radicular; D) cotilédones: folha seminal ou embrionária que contém as reservas necessárias à germinação e ao desenvolvimento inicial da plântula. O peso e o volume são componentes importantes das sementes do feijoeiro. Além disso, as características de textura e valor nutritivo das sementes são influenciadas pelo tamanho e forma das células, dimensões da parede celular e localização dos constituintes químicos nos cotilédones (SOUSA, 2003).

## **2.2 Germinação e emergência de plântulas de feijoeiro**

A semente pode ser definida como um óvulo maduro e fecundado, contendo, em seu interior, uma planta embrionária, substâncias de reserva (às vezes, ausentes), ambas protegidas por um ou dois envoltórios (casca). O tamanho, forma e cor variam conforme a espécie e suas variedades (ARAUJO, 1996). As sementes da família Fabaceae são denominadas de exalbuminosas, pois não apresentam endosperma, esses são digeridos de 11 a 12 dias após a fertilização, as reservas são acumuladas em forma de amido nos cotilédones (MARCOS FILHO, 2005).

A semente é considerada o mais importante insumo agrícola, porque conduz ao campo as informações genéticas determinantes do desempenho da cultivar; ao mesmo tempo, é responsável e contribui para o sucesso do estabelecimento do estande desejado, fornecendo a base para a produção rentável (MARCOS FILHO, 2005).

As sementes apresentam formas variadas que vão desde esférica à quase cilíndrica. A semente possui quase todas as cores e pode ser uniforme, pintada, listrada ou manchada. Estes aspectos são de grande importância, tanto agrônômica quanto comercial, pois a aceitação de uma cultivar tanto pelos

agricultores, como, conseqüentemente, pelos consumidores estará, diretamente, relacionada com a cor, tamanho e forma das sementes (SANTOS; GAVILANES, 1998).

A qualidade da semente é definida como o somatório dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que afetam a sua capacidade de originar plantas de alta produtividade. A qualidade fisiológica está relacionada à capacidade da semente desempenhar suas funções vitais, caracterizando-se pela longevidade, germinação e vigor. Portanto, os efeitos sobre a qualidade, geralmente, são traduzidos pelo decréscimo na porcentagem de germinação, aumento de plântulas anormais, redução do vigor das plântulas e decréscimo na longevidade (TOLEDO et al., 2009).

Para ser considerada de alta qualidade, uma semente deve ter características como altas taxas de vigor, de germinação e de sanidade, bem como garantias de purezas física e varietal, além de não conter sementes de plantas infestantes. Esses fatores respondem pelo desempenho das sementes no campo, culminando com o estabelecimento da população de plantas requerida pela cultivar, aspecto fundamental que contribui para que sejam alcançados níveis altos de produtividade (KRZYZANOWSKI, 2004).

Os testes de qualidade fisiológica, como germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, podem fornecer parâmetros de vigor e viabilidade das sementes. Os testes rápidos mais estudados estão relacionados com os eventos iniciais da sequência de deterioração como a degradação das membranas celulares e a redução das atividades respiratórias e biossintéticas (BINOTTI et al., 2008).

A germinação compreende uma sequência ordenada de eventos metabólicos, que resultam no reinício do desenvolvimento do embrião, originando uma plântula (MARCOS FILHO, 2005). O teste de germinação é o parâmetro mais utilizado para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes.

Esse teste permite conhecer o potencial de germinação de um lote de sementes em condições favoráveis, que determina a taxa de semeadura para a comparação de lotes de sementes e para a sua comercialização (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Para isso, o teste deve seguir um procedimento padrão recomendado pelas RAS - Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

O vigor de sementes compreende um conjunto de propriedades que determinam o potencial de lotes, com germinação aceitável, para a emergência rápida e uniforme de plântulas, sob ampla variação de condições ambientais (TEKRONY, 2003). Entre os testes de vigor mais utilizados, está o de envelhecimento acelerado, tendo como base o fato de que a taxa de deterioração das sementes é aumentada, consideravelmente, por meio de sua exposição a níveis adversos de temperatura e umidade relativa do ar, considerados os fatores ambientais mais relacionados à deterioração das sementes (BINOTTI et al., 2008).

O teste de envelhecimento acelerado foi desenvolvido por Delouche (1965), o qual avalia o comportamento de sementes submetidas à temperatura e umidade relativa elevadas. Conforme o autor, quando a semente fica exposta à temperatura e umidade elevada, ocorrem sérias alterações degenerativas no metabolismo das sementes (desnaturação de proteínas, quedas nos teores de carboidratos totais, de carboidratos solúveis, de proteínas solúveis e de fosfatos, aumento dos teores de açúcares redutores e de ácidos graxos livres, desestabilização da atividade de enzimas e da síntese de RNA e de proteínas) desencadeadas pela desestruturação e perda de integridade do sistema de membrana celulares, causadas, principalmente, pela peroxidação de lipídios (constituintes essenciais das membranas). Sendo assim, amostras que mantiverem sua germinação com valores mínimos, para comercialização, após a realização do teste de envelhecimento, são consideradas vigorosas. Nessas condições, sementes de menor qualidade deterioram-se mais rapidamente do que

as mais vigorosas, com reflexos na germinação após o período de envelhecimento acelerado (TORRES; MARCOS FILHO, 2001).

### **2.3 Germinação e emergência das sementes como fator para mitigar os danos causados pelas plantas daninhas**

A capacidade de uma cultura ou cultivar em suprimir o crescimento e mitigar os efeitos de outro conjunto de plantas é chamado de habilidade competitiva, isto é, sua eficiência na utilização dos recursos do ambiente em que ela se encontra. Esta capacidade competitiva de uma cultivar está relacionada a uma série de fatores dentre os quais se destacam: velocidade de emergência, rápido crescimento vegetativo, ramificação profusa das raízes, alto índice de área foliar, aumento da duração das folhas e maior altura das plantas, o que contribui para o rápido fechamento do dossel. A associação destas características com práticas agronômicas adequadas pode ser usada a favor do desenvolvimento da cultura, desta forma, mitigando os efeitos da matocompetição (BAGHESTANI; ZAND; SOUFIZADEH, 2006; BLACKSHAW; ANDERSON; LEMERLE, 2007; CROTSER; WITT, 2000).

Alta taxa de crescimento inicial é uma característica importante para melhorar a competição com as plantas daninhas. Isto porque pequenas diferenças na capacidade de sombreamento podem gerar diferenças significativas no crescimento das plantas daninhas. De modo geral, plantas que apresentam alta capacidade de interceptação da radiação solar, geralmente, são mais competitivas (FRANKLIN; WHITELAN, 2005; HOAD et al., 2012; LIEBMAN; DAVIS, 2000; SCHMITT et al., 2003; TRAORÉ et al., 2003).

Uma forma de manejo importante de plantas daninhas é ampliar o sombreamento. O sombreamento pode impedir a germinação de sementes e o crescimento de espécies altamente exigentes em radiação solar. Isso pode ser obtido com a escolha de cultivares mais competitivas que apresentam rápido

crescimento e sombreiam mais rapidamente as entrelinhas. Desse modo, ocasionam maior supressão sobre as plantas daninhas, resultando em uma menor taxa de infestação das mesmas.

O vigor de sementes está relacionado, diretamente, com a emergência rápida e uniforme de plântulas e crescimento inicial das plantas, fator que pode auxiliar, significativamente, na capacidade competitiva (DIAS; MONDO; CICERO, 2010). Dentre as características relacionadas ao vigor, estão: tamanho da semente, velocidade de emergência, desenvolvimento de hipocótilo e taxa de emergência (LIANG; RICHARDS, 1994). Sementes de alto vigor apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando maior taxa de crescimento, produzindo plântulas com maior tamanho inicial (SCHUCH; NEDEL; ASSIS, 1999).

Alguns trabalhos já foram realizados visando conhecer o controle genético dos caracteres associados à rápida germinação e emergência em cevada e trigo (BERTHOLDSSON; BRANTESTAM, 2009) e na cultura do milho (SILVA et al., 2008).

No caso do milho, foi estudado o controle genético de caracteres associados à qualidade de semente, utilizando 169 progênies de meio-irmãos intra e interpopulacional. Foi estudada a germinação, índice de velocidade de emergência e o teste de envelhecimento acelerado. A heterose dos caracteres foi de pequena magnitude, 4,5% para a percentagem de germinação, 10,1% para o teste de envelhecimento acelerado e 5,7% para o índice de velocidade de emergência. A dominância teve pequena importância na manifestação dos três caracteres (SILVA et al., 2008).

Contudo, em feijão, os resultados disponíveis, ainda, são escassos. Maia et al. (2011), com o objetivo de verificar a existência de variabilidade genética para caracteres relacionados à germinação e emergência, avaliaram 94 linhagens de feijão sob condição de casa de vegetação. Constataram que a variação para o

caráter era pequena e que a herdabilidade foi nula. Já Nalin (2015) estudou o controle genético, utilizando plantas individuais e, também, progênes, sob condição de campo, a estimativa de herdabilidade ( $h^2$ ) foi de 59,9%. Contudo estimou-se que a herdabilidade realizada ( $h^2_R$ ), considerando a seleção em uma safra e reposta na safra seguinte, foi de apenas 9,9%, ou seja, o caráter é muito influenciado pela ambiente.

#### **2.4 Cruzamentos Dialélicos**

No estudo do controle genético dos caracteres podem ser empregadas várias metodologias (BERNARDO, 2010; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012; RAMALHO et al., 2012). Uma das mais importantes e amplamente utilizadas são os cruzamentos dialelos. Os cruzamentos dialelos ocorrem quando  $p$  genitores são cruzados dois a dois. Existem algumas alternativas de cruzamento dialelos, tais como dialelos completos, dialelos parciais e dialelos circulantes. Os dialelos completos, que mais interessam neste referencial, envolvem, normalmente, as  $p(p+1)/2$  combinações dos genitores, não incluindo os recíprocos.

Existem algumas alternativas de análises de cruzamentos dialelos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012), a que interessa, no momento, é Griffing (1956). Ela pode utilizar quatro métodos: método 1: são incluídos os pais, a geração  $F_1$  e os cruzamentos recíprocos, totalizando  $p^2$  tratamentos; método 2: são incluídos  $p(p+1)/2$  tratamentos em função da retirada dos  $F_1$ 's recíprocos; método 3: são incluídos  $p(p-1)$  combinações, não sendo considerados os genitores; método 4: são incluídos os  $p(p-1)/2$  tratamentos, não sendo considerados os genitores e os híbridos  $F_1$ 's recíprocos. Cada um destes métodos pode ser analisado, considerando um modelo fixo ou aleatório, dependendo da natureza amostral dos genitores (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).



O método proposto por Griffing (1956) é o mais utilizado por sua generalidade e por permitir a avaliação da capacidade geral de combinação (CGC) e específica de combinação (CEC) dos pares de genótipos provenientes dos cruzamentos dialelos. A capacidade geral de combinação (CGC) refere-se ao desempenho médio de uma linhagem em uma série de cruzamentos e está associada, principalmente, aos efeitos aditivos dos alelos; a capacidade específica de combinação (CEC) refere-se ao desvio de um cruzamento específico, em relação aos cruzamentos, em geral e está relacionada aos efeitos dos desvios de dominância (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

O conhecimento da capacidade geral de combinação dos parentais é a informação de maior utilidade para os melhoristas. Assim, uma combinação híbrida proveniente dos parentais com os maiores valores para a capacidade geral de combinação deve ser, potencialmente, superior para a seleção de linhagens (RAMALHO et al., 2012).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório Central de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, MG.

#### 3.2 Genitores

Foram utilizadas seis linhagens provenientes do banco de germoplasma da Universidade Federal de Lavras – UFLA, diferindo em vários atributos, entre eles tamanho dos grãos, o pool gênico a que pertence e a época de origem/obtenção (TABELA 1).

Tabela 1- Pool Gênico, Período de obtenção das linhagens utilizadas nos cruzamentos dialélicos.

<b>Linhagens</b>	<b>Pool Gênico</b>	<b>Período de Obtenção</b>
Paraná	Mesoamericano	Antes de 1970
Amarelinho	Mesoamericano	Antes de 1970
Goiano Precoce	Andino	Antes de 1970
Eriparsa	Andino	Antes de 1970
MAII-22	Mesoamericano	Após 2010
Madrepérola	Mesoamericano	Após 2010

Fonte: Do autor (2016).

#### 3.3 Obtenção dos Híbridos

Foi realizado o cruzamento dialélico envolvendo as seis linhagens, sem considerar os recíprocos. Os cruzamentos foram realizados em casa de vegetação. Para realizar as hibridações foi adotada a técnica de hibridação artificial, em que não é feita a emasculação do botão floral (PETERNELLI; BORÉM; CARNEIRO, 2009).

As sementes, após a colheita realizada, no final de outubro de 2015, foram beneficiadas e armazenadas em uma sala sem controle de temperatura e umidade por, aproximadamente, dois meses.

As sementes dos 21 tratamentos, sendo os seis genitores e os 15 híbridos foram avaliados, na gerações  $F_4$ , antes de iniciar os testes de laboratório, foram, visualmente, selecionadas eliminando aquelas com defeito. As análises fisiológicas foram realizadas em laboratório e em canteiro. No laboratório foram realizadas as análises.

### **3.4 Teste de germinação**

O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, acondicionadas em papel toalha tipo Germitest, umedecido com água destilada na proporção 2,5 vezes a sua massa. A germinação ocorreu em câmara de germinação a uma temperatura de 25°C. A avaliação das plântulas normais ocorreu no sexto dia após a instalação do teste e os dados foram expressos em porcentagem.

### **3.5 Envelhecimento Acelerado**

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado, conforme descrito por Marcos Filho (1999), foram utilizadas 200 sementes distribuídas, em quatro repetições de 50 sementes, dispostas sobre tela de alumínio em gerbox adaptado, contendo 40 ml de água destilada e mantidas em BOD a 42°C por 72 horas. Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme prescrito pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados expressos em porcentagem, referindo-se à contagem de plântulas normais no quinto dia, após a instalação do teste.

Foram realizadas avaliações em canteiro de 1 m de largura e espaçamento entre as linhas de 10 cm. Utilizou-se o delineamento inteiramente

ao acaso com quatro repetições e parcelas com 50 sementes. Os caracteres foram avaliados.

### **3.6 Percentagem de emergência em canteiro**

A avaliação das plântulas normais ocorreu, no décimo primeiro dia após a instalação do teste, quando o número de plântulas germinadas permaneceu constante, os dados foram expressos em porcentagem.

### **3.7 Índice de Velocidade de Emergência**

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi realizado, conjuntamente, com o teste de emergência em canteiro de acordo com metodologia descrita por Edmond e Drapala (1958). Contagens diárias e no mesmo horário foram realizadas, a partir da emissão total dos cotilédones, até o décimo primeiro dia quando o número de plântulas germinadas permaneceu constante. O último dia de contagem para este teste foi o indicador do teste de emergência em canteiro.

Os resultados foram ponderados pela fórmula de Edmond e Drapala (1958), em que:

$$\text{IVE} = [(N_1 G_1) + (N_2 G_2) + \dots + (N_n G_n)] / (G_1 + G_2 + \dots + G_n).$$

IVE: Índice de velocidade de emergência (dias).

N<sub>1</sub>: número de dias para a primeira contagem.

G<sub>1</sub>: número de plântulas emergidas na primeira contagem.

N<sub>n</sub>: número de dias para a última contagem.

G<sub>n</sub>: número de plântulas emergidas na última contagem.

As dimensões das sementes (comprimento, largura e espessura) foram obtidas, a partir da medida de 200 sementes com auxílio de paquímetro digital, distribuídos em quatro repetições de 50 sementes.

### 3.8 Processamento e análise de dados

A análise de variância da qualidade fisiológica e morfológica das sementes foi realizada considerando o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : é o valor observado do  $i$ -ésimo genótipo na  $j$ -ésima repetição;

$\mu$ : média geral do experimento associado a todas as observações;

$t_i$ : é o efeito do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, 3 \dots 21$ );

$e_{ij}$ : erro experimental associado à observação  $Y_{ij}$ , assumindo que os erros são independentes e, normalmente, distribuídos com média zero e com uma variância comum ou seja  $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ .

As análises de variância foram realizadas utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Para cada experimento foi estimada a acurácia seletiva ( $rgg'$ ) pela seguinte expressão (RESENDE; DUARTE, 2007):

$$\hat{r}_{gg} = \sqrt{1 - 1/F}$$

Em que: F: Valor do teste F de Snedecor, para o efeito do genótipos, na análise de variância.

Procedeu-se à análise dialélica, segundo o método II de Griffing (1956), segundo o seguinte modelo:

$$Y_{mm'} = \mu + g_m + g_{m'} + s_{mm'} + e_{mm'}$$

Em que:

$Y_{mm'}$  : média da combinação híbrida ( $m \neq m'$ ) ou genitor ( $m = m'$ );

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

$G_m$  e  $G_{m'}$  : efeitos da capacidade geral de combinação dos genitores  $m$  e  $m'$ , ( $m=m'$  1, 2, 3, ..., 6);

$s_{mm'}$  : efeitos da capacidade específica de combinação, para os cruzamentos entre os genitores de ordem  $m$  e  $m'$ ;

$e_{jmm'}$  : erro experimental associado à combinação híbrida de ordem  $mm'$ , no ambiente  $j$ , os erros são independentes e, normalmente, distribuídos com média zero e com uma variância comum ou seja  $e_{jmm'} \sim N(0, \sigma^2)$ .

Para realizar a análise dialélica utilizou-se o software estatístico Genes versão 7.0 (CRUZ, 2006).

Estimaram-se as correlações fenotípicas dos caracteres dois a dois ( $r_F$ ), usando a média das características avaliadas, utilizando-se o estimador (FALCONER; MACKAY, 1996):

$$r_F = \frac{COV_{xy}}{\sigma_X \cdot \sigma_Y}$$

Em que:

$COV_{XY}$  : covariância entre as variáveis  $X$  e  $Y$ ;

$\sigma_X$  : desvio fenotípico associado à variável  $X$ ;

$\sigma_Y$  : desvio fenotípico associado à variável  $Y$ .

As médias foram agrupadas, utilizando o teste Scott Knott (1974), a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).



#### 4 RESULTADOS

O resumo das análises da variância estão apresentados nas Tabelas 2 e 7. Verifica-se que a precisão experimental, avaliada por meio da estimativa de acurácia ( $rgg'$ ) foi muito boa,  $rgg'$  superior a 0,92. Constatou-se diferença significativa ( $p \leq 0,01$ ) entre os tratamentos para todos os caracteres. Condição essa fundamental para a realização do trabalho.

Na decomposição da fonte de variação tratamentos, observou-se que entre genitores e entre híbridos, também, ocorreu diferença significativa ( $p \leq 0,01$ ) para todos os caracteres. Já, no caso do contraste Genitores vs Híbridos, não ocorreu diferença significativa para o comprimento e largura das sementes. Pode-se inferir, então, em princípio, que só não ocorreu heterose no caso desses dois caracteres.

Os resultados médios das características morfológicas das sementes comprovam a existência de variações entre os genitores e, também, entre os híbridos (TABELA 4). Observa que a média dos genitores foi muito semelhante à média dos híbridos, para o comprimento e largura das sementes, comprovando a não existência de heterose para esses dois caracteres. Com relação à espessura, os genitores apresentaram média de 4,0% superior aos híbridos, indicando que a heterose ocorre, contudo, no sentido de reduzir a espessura das sementes.

Entre os genitores, o Paraná foi o que apresentou menor média para os três caracteres morfológicos das sementes. Ocorreu o contrário no caso do Goiano Precoce (TABELA 4). A combinação híbrida com maior comprimento, largura e espessura da semente foi o Eriparsa X Goiano Precoce. O híbrido Paraná X Amarelinho apresentou a menor média para os três caracteres.

A análise dialélica, segundo Griffing (1956), para os caracteres morfológicos, mostrou que a capacidade geral de combinação (CGC) foi significativa ( $p \leq 0,01$ ) para todos os caracteres. O mesmo ocorreu para a capacidade específica de combinação (CEC), (TABELA 3). Contudo, a



contribuição da CEC para a soma dos quadrados (SQ), atribuída aos tratamentos, foi de pequena magnitude. No caso do comprimento, a CEC explicou apenas 15% e da espessura 17 % da soma de quadrados total (SQ total).

Tabela 2- Resumo da análise de variância para as características comprimento, largura e espessura (mm) de sementes de feijão. Dados obtidos em um dialelo de seis linhagens de feijão.

FV	GL	Quadrado Médio		
		Comprimento	Largura	Espessura
Tratamento	20	50,85 **	29,82 **	50,23 **
Entre Genitores	5	77,39 **	65,15 **	97,44 **
Entre Híbridos	14	45,01 **	19,12 **	34,66 **
Genitores vs Híbridos	1	0,00 ns	3,17 ns	32,19 **
Erro	4199	0,96	0,28	0,27
Acurácia		0,99	1,00	1,00
Média		10,38	6,74	4,91

\*\* Teste de F significativo ao nível de 1% de probabilidade. ns Teste de F não significativo

Fonte: Do autor (2016).

Tabela 3 – Análise do dialelo segundo o método de Griffing (1956), para as características comprimento, largura e espessura (mm) de sementes de feijão.

FV	GL	Quadrado Médio		
		Comprimento	Largura	Espessura
CGC	5	173,86 ** (.85)	98,74 ** (.83)	167,22 ** (.83)
CEC	15	10,05 ** (.15)	6,65 ** (.17)	11,14 ** (.17)
Erro	4179	0,96	0,28	0,27

\*\* Significativo, pelo teste de F, a 1% de probabilidade. Os valores entre parênteses representam a proporção da variação explicada pela fonte de variação

Fonte: Do autor (2016).

Tabela 4 - Médias para as características de comprimento, largura e espessura (mm) de sementes de feijão. Dados obtidos em um dialelo de seis linhagens de feijão.

Genitor	Comprimento	Largura	Espessura
Madrepérola	10,31 d	6,36 b	4,66 d
Paraná	9,33 a	6,27 a	4,36 b
Eriparsa	10,85 f	7,18 f	5,83 h
Amarelinho	10,2 d	6,44 c	4,50 c
Goiano Precoce	11,14 g	7,73 h	6,00 i
MAII-22	10,43 e	6,72 d	4,97 f
Média	10,38	6,78	5,05
Híbridos			
Madrepérola X Paraná	9,92 c	6,49 c	4,47 c
Madrepérola X Eriparsa	10,37 d	6,67 d	5,03 f
Madrepérola X Amarelinho	10,28 d	6,64 d	4,96 f
Madrepérola X Goiano Precoce	10,75 f	6,89 e	4,92 f
Madrepérola X MAII-22	10,63 e	6,59 d	4,77 e
Paraná X Eriparsa	9,71 b	6,44 c	4,61 d
Paraná X Amarelinho	9,48 a	6,19 a	4,24 a
Paraná X Goiano Precoce	10,03 c	6,62 d	4,68 d
Paraná X MAII-22	10,15 d	6,79 e	4,65 d
Eriparsa X Amarelinho	11,07 g	6,87 e	4,88 e
Eriparsa X Goiano Precoce	11,11 g	7,52 g	6,00 i
Eriparsa X MAII-22	10,58 e	6,72 d	5,17 g
Amarelinho X Goiano Precoce	10,63 e	6,81 e	4,83 e
Amarelinho X MAII-22	10,16 d	6,51 c	4,45 c
Goiano Precoce X MAII-22	10,74 f	7,09 f	5,23 g
Média	10,37	6,72	4,86
Média Geral	10,38	6,74	4,91

Em uma mesma coluna, médias contendo a mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2016).

As estimativas de CGC (TABELA 5) foram bem coincidentes com as das médias dos genitores. As linhagens que mais contribuíram para incrementar o tamanho das sementes dos híbridos foram a Goiano Precoce e Eriparsa. Os de maior média, CGC positiva. Com relação a CEC, tomando como referência o comprimento, o par com maior CEC foi Eriparsa X Amarelinho.

Tabela 5 - Efeitos das capacidades gerais de combinação (CGC) e capacidades específicas de combinação (CEC) para as características comprimento (acima da diagonal) e largura (abaixo da diagonal) de grãos. Dados obtidos em um dialelo de seis genótipos de feijão.

Genitores	Madrepérola	Paraná	Eriparsa	Amarelinho	Goiano Precoce	MAI22	CGC
Madrepérola	-0,08 0,05	0,13	-0,23	-0,01	0,01	0,19	-0,01
Paraná	0,16	0,05 0,12	-0,31	-0,23	-0,12	0,29	-0,58
Eriparsa	-0,09	-0,21	0,09 0,00	0,53	0,12	-0,09	0,23
Amarelinho	0,20	-0,12	0,11	0,02 -0,02	-0,03	-0,2	-0,07
Goiano Precoce	-0,10	-0,25	0,20	-0,17	0,19 0,31	-0,04	0,36
MAII-22	0,00	0,31	-0,19	-0,06	-0,04	-0,0 -0,07	0,06
CGC	-0,14	-0,26	0,17	-0,16	0,40	0,00	

Fonte: Do autor (2016).

Tabela 6 - Efeitos das capacidades gerais de combinação ( CGC) e capacidades específicas de combinação (CEC) para a característica espessura de grãos. Dados obtidos em um dialelo de seis genótipos de feijão.

Genitores	Madrepérola	Paraná	Eriparsa	Amarelinho	Goiano Precoce	MAI22	CGC
Madrepérola	-0,02	0,05	-0,13	0,42	-0,28	0,00	-0,11
Paraná		0,20	-0,29	-0,04	-0,26	0,13	-0,38
Eriparsa			0,18	-0,15	0,31	-0,09	0,37
Amarelinho				0,09	-0,23	-0,18	-0,25
Goiano Precoce					0,26	-0,06	0,40
MAII-22						0,10	-0,02

Fonte: Do autor (2016).

Os resultados médios das características fisiológicas das sementes comprovam a existência de variações entre os genitores e, também, entre os híbridos (TABELA 9). Observa-se que a média dos híbridos foi superior à média dos genitores. Ao contrário dos caracteres morfológicos, a heterose (h), nesse caso, foi no sentido de incrementar o caráter. A maior heterose média foi obtida para envelhecimento acelerado (EA)  $h=13,6\%$  .

Entre os genitores o destaque para EA foi a Madrepérola. Já o Goiano Precoce foi o de menor germinação (GN), emergência em canteiro (EC) e maior índice de velocidade de emergência (IVE), portanto ele apresenta menor potencial fisiológico, pois, de acordo com Edmond e Drapala (1958), quanto maior o valor obtido pela fórmula de velocidade de emergência há lotes de sementes com menor potencial fisiológico. Não houve concordância em termos do desempenho das combinações híbridas para os caracteres fisiológicos. Por exemplo, o par Madrepérola X Paraná foi o de maior média para GN, ao passo que para EC foi Madrepérola X Goiano Precoce.

A análise dialética, segundo Griffing (1956), para os caracteres fisiológicos, mostrou que a capacidade geral de combinação (CGC) não foi significativa ( $p \leq 0,05$ ) apenas para o caráter germinação. Contudo, ao contrário das características morfológicas, a contribuição da CEC, para a soma dos quadrados (SQ) atribuída aos tratamentos, foi, relativamente, alta. No caso da GN, a CEC explicou 62%, EA 51% da EC 40% e do IVE 21% da soma dos quadrados total (SQ total) (TABELA 8).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para as características percentagem de germinação (GN), percentagem de vigor (EA), percentagem de emergência em canteiro (EC) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de feijão. Dados obtidos em um dialelo de seis linhagens de feijão.

FV	GL	Quadrado Médio			
		GN	EA	EC	IVE
Tratamento	20	720,35 **	732,56 **	259,82 **	0,17 **
Entre Genitores	5	1526,70 **	1984,70 **	708,80 **	0,35 **
Entre Híbridos	14	422,97 **	255,70 **	112,11 **	0,12 **
Genitores vs Híbridos	1	852,04 **	1148,00 **	82,97 **	2,57 **
Erro	63	40,22	26,73	27,62	0,03
Acurácia		0,99	0,98	0,95	0,92
Média		62,74	66,10	85,56	6,42

\*\* Significativo, pelo teste de F, a 1% de probabilidade

Fonte: Do autor (2016).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância do dialelo segundo o método de Griffing 1956, para as características percentagem de germinação (GN), percentagem de vigor (EA), percentagem de emergência em canteiro (EC) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de feijão.

FV	GL	Quadrado Médio			
		GN	EA	EC	IVE
CGC	5	1093,9 <sup>ns</sup> (.38)	1449,49 <sup>*</sup> (.49)	619,15 <sup>**</sup> (.60)	0,55 <sup>**</sup> (.79)
CEC	15	595,84 <sup>**</sup> (.62)	493,59 <sup>**</sup> (.51)	140,05 <sup>**</sup> (.40)	0,05 <sup>*</sup> (.21)
Erro	63	40,22	26,73	27,62	0,03

\*\* \* : Significativo, respectivamente, a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F. Os valores entre parênteses representam a proporção da variação explicada pela fonte de variação.

Fonte: Do autor (2016).



Tabela 9 - Médias para as características percentagem de germinação (GN), percentagem de vigor (EA), percentagem de emergência em canteiro (EC) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de feijão. Dados obtidos em um dialelo de seis genótipos de feijão.

Genitor	GN	EA	EC	IVE
Madrepérola	60,00 c	90,00 f	96,00 d	6,05 a
Paraná	84,00 e	77,00 e	97,00 d	6,34 a
Eriparsa	51,00 c	27,00 a	74,00 b	6,45 b
Amarelinho	69,00 d	62,00 c	92,00 d	6,29 a
Goiano Precoce	48,00 b	62,00 c	63,00 a	6,95 c
MAII-22	58,00 c	46,00 b	84,00 cd	6,41 a
Média	61,66	60,66	84,33	6,42
<b>Híbridos</b>				
Madrepérola X Paraná	75,00 e	59,00 c	93,00 d	6,33 a
Madrepérola X Eriparsa	71,00 d	76,00 e	83,00 c	6,56 b
Madrepérola X Amarelinho	72,00 d	75,00 e	81,00 c	6,23 a
Madrepérola X Goiano Precoce	66,00 d	80,00 e	81,00 c	6,51 b
Madrepérola X MAII-22	73,00 d	74,00 e	80,00 c	6,24 a
Paraná X Eriparsa	56,00 c	50,00 b	90,00 d	6,48 b
Paraná X Amarelinho	65,00 d	71,00 d	96,00 d	6,14 a
Paraná X Goiano Precoce	38,00 a	68,00 d	92,00 d	6,45 b
Paraná X MAII-22	65,00 d	68,00 d	86,00 c	6,34 a
Eriparsa X Amarelinho	56,00 c	65,00 c	84,00 c	6,50 b
Eriparsa X Goiano Precoce	66,00 d	60,00 c	86,00 c	6,65 b
Eriparsa X MAII-22	55,00 c	72,00 e	83,00 c	6,36 a
Amarelinho X Goiano Precoce	79,00 e	69,00 d	87,00 d	6,52 b
Amarelinho X MAII-22	58,00 c	79,00 e	94,00 d	6,28 a
Goiano Precoce X MAII-22	58,00 c	64,00 c	81,00 c	6,79 c
Média	63,40	68,66	86,46	6,42
Média Geral	62,90	66,38	85,85	6,42

Em uma mesma coluna, médias contendo a mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2016).

Como ocorreu com o desempenho médio das linhagens, as estimativas de CGC não foram muito coincidentes entre os caracteres fisiológicos avaliados

(TABELAS 10 e 11). Para GN a maior CGC foi de uma linhagem Mesoamericana, a Madrepérola. O mesmo ocorreu com EA. Entretanto, para EC, a maior CGC foi da linhagem Paraná e IVE da linhagem Goiano Precoce. Com relação ao CEC, os resultados foram bem divergentes. Já para GN, o par Amarelinho X Goiano Precoce mostrou maior estimativa de CEC. Com relação ao EA, a maior CEC foi observada para a combinação híbrida MAII-22 X Eriparsa. Tomando como referência a percentagem de emergência em canteiro (EC), verifica-se que a maior estimativa de CEC foi obtida, para o par de linhagens Andinas, Eriparsa X Goiano Precoce, já, para o IVE, a maior contribuição foi observada na combinação híbrida Madrepérola X Eriparsa.

Tabela 10 - Efeitos das capacidades gerais de combinação ( CGC) e capacidades específicas de combinação (CEC) às características germinação (GN) (acima da diagonal ) e envelhecimento acelerado (EA) (abaixo da diagonal). Dados obtidos em um dialelo de seis genótipos de feijão.

Genitores	Madrepérola	Paraná	Eriparsa	Amarelinho	Goiano Precoce	MAI22	CGC
Madrepérola	3,69 -13,16	3,34	6,71	0,21	2,15	13,9	5,69
Paraná	-17,62	9,07 13,34	-7,28	-5,78	-24,34	7,4	4,69
Eriparsa	10,51	-5,80	-17,68 -4,41	-6,91	11,03	5,28	-3,19
Amarelinho	-3,74	1,45	7,07	-8,68 -1,91	16,02	0,28	4,81
Goiano Precoce	3,51	0,7	4,82	0,57	-4,67	-6,53	8,21
MAII-22	-0,05	3,13	18,76	12	-0,24	-16,80 -17,53	-8,37
CGC	9,85	0,67	-10,95	2,29	0,04	-1,89	

Fonte: Do autor (2016).

Tabela 11 - Efeitos das capacidades gerais de combinação ( CGC) e capacidades específicas de combinação (CEC) às características emergência em canteiro (EC) (acima da diagonal) e índice de velocidade de emergência (IVE) (abaixo da diagonal). Dados obtidos em um dialelo de seis genótipos de feijão.

Genitores	Madrepérola	Paraná	Eriparsa	Amarelinho	Goiano Precoce	MAI22	CGC
Madrepérola	0,13 7,80	-0,38	-0,75	-9,2	0,24	-5,51	1,06
Paraná	0,10	0,05 -1,57	1,55	1,12	5,55	-4,7	6,25
Eriparsa	0,20	0,06	-0,10 -4,82	-1,76	9,18	1,43	-3,37
Amarelinho	0,02	-0,13	0,10	0,04 -0,20	4,24	5,99	3,06
Goiano Precoce	-0,02	-0,14	-0,07	-0,05	0,06 -10,82	2,43	-5,87
MAII-22	-0,04	0,00	-0,11	-0,04	0,15	0,02 0,18	-1,12
CGC	-0,12	-0,07	0,06	-0,08	0,23	-0,02	

Fonte: Do autor (2016).

As estimativas de correlação dos caracteres dois a dois diferiram, amplamente, em magnitude e, também, com relação ao sinal. Observou-se, contudo, que os caracteres morfológicos das sementes apresentaram correlação negativa com os caracteres fisiológicos da semente, especialmente, com EC, cujas correlações foram significativas. Esses resultados evidenciam que as sementes maiores foram de pior desempenho em termos de EC. Chama atenção as estimativas da correlação GN e EC, as quais, embora positivas, foram de baixa magnitude, isto é, o resultado da germinação realizada em laboratório não foi coincidente com o de canteiro.

Tabela 12 - Estimativas das correlações, duas a duas, para as características germinação (GN %), vigor (EA %), índice de velocidade de emergência, comprimento (mm), largura (mm) e espessura (mm) das sementes. Dados obtidos a partir da média de cruzamento em dialelo de seis linhagens de feijão.

Genitores	EA	EC	IVE	Comprim.	Largura	Espessura
GN	0,34 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>	-0,37 <sup>ns</sup>	-0,37 <sup>ns</sup>
EA		0,36 <sup>ns</sup>	-0,32 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,38 <sup>ns</sup>	-0,44*
EC			-0,69**	-0,75**	-0,81**	-0,80**
IVE				0,53*	0,74**	0,61**
Comprimento					0,84**	0,80**
Largura						0,93**

\*\* Significativo, pelo teste de t, a 1% de probabilidade. <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste de t.

Fonte: Do autor (2016).

## 5 DISCUSSÃO

As linhagens de feijão disponíveis variam em inúmeros atributos. Entre eles, o tamanho dos grãos recebe atenção especial, sobretudo porque esta relacionado com os centro de domesticação da espécie. Assim os feijões do pool gênico Andino se caracterizam por terem grãos grandes. Já em Mesoamericanos os grãos são menores (KWAK; GEPTS, 2009). Neste trabalho, procurou-se utilizar sementes de linhagens diferindo, amplamente, no tamanho dos grãos, procurando verificar se a possibilidade de mitigar os danos iniciais, decorrentes de plantas daninhas, varia em função do tamanho dos grãos. A diferença entre as linhagens utilizadas evidencia a ampla variação que era almejada (TABELA 4).

A redução da ocorrência de plantas daninhas, especialmente, ao longo da linha de semeadura do feijão, exige, como já mencionado, rápida germinação e emergência das plantas. Por essa razão, as avaliações dos caracteres fisiológicos das sementes tiveram como objetivo identificar linhagens ou populações híbridas com emergência o mais rápido possível.

Não basta apenas mostrar que existe diferença entre as linhagens/populações é preciso ter informações do controle genético dos caracteres relacionados à fisiologia das sementes, para orientar futuros trabalhos de melhoramento, com ênfase na cobertura rápida do solo. Não foram encontrados muito relatos a esse respeito na literatura. Com a cultura do feijoeiro, foram realizados estudos, utilizando plantas individuais, método de Mather e Jinks (1984) e, também, com progênies (NALIN, 2015). Em milho foram utilizadas progênies de meio-irmãos intra e interpopulacional (SILVA et al., 2008). Não foi encontrado nenhum relato do emprego de dialelos como foi realizado neste trabalho.

Quando se realiza uma pesquisa, a informação mais importante é a precisão com que os experimentos foram realizados. Neste trabalho, para os caracteres de morfologia das sementes, foi utilizada uma amostra muito grande

por parcela, 200 sementes com 4 repetições. Nessa condição, a precisão deve ser alta como ocorreu (TABELA 2). Veja que a estimativa de acurácia foi próxima de 1,0, evidenciando que a repetibilidade dos resultados foi muito alta. Dois caracteres fisiológicos foram avaliados em laboratório, a GN (percentagem de germinação) e o EA (envelhecimento acelerado). As estimativas à acurácia, também, foram próximas de 1,0. Já a EC (emergência em canteiro) e IVE (índice de velocidade de emergência) foram avaliadas em canteiro. Entretanto o experimento foi implantado em canteiro com o máximo rigor na profundidade de semeadura e distribuição de água especialmente. Nesse caso, também, a precisão experimental foi muito alta (*r<sub>gg</sub>* acima de 0,92). Em trabalho avaliando esses dois últimos caracteres sob condição de campo, usando progênies, a precisão não foi boa (NALIN, 2015). Deve ser salientado que, no trabalho referido, a semeadura foi realizada como ocorre, comercialmente, ou seja, o controle ambiental, especialmente, a profundidade de semeadura é muito difícil de ser precisa.

A existência de variação, no tamanho das sementes, como já mencionado foi grande (TABELA 4). As análises dialélicas mostraram que tanto a CGC como a CEC foram significativas (TABELA 3). Contudo a contribuição da CEC, para a soma dos quadrados totais, foi inferior a 17%, mostrando que a importância da dominância na expressão dos caracteres associados ao tamanho dos grãos foi pequena. Nessa condição, a heterose é nula ou de pequena magnitude, como foi observado comparando à média dos híbridos com a média das linhagens (TABELA 4). Na literatura são encontrados alguns relatos do controle genético do tamanho dos grãos em feijão, utilizando o peso como referência. Em alguns desses trabalhos, foram constatados resultados semelhantes aos obtidos, na presente situação (REIS; RAMALHO; PINTO, 1981; SARAFI, 1978; SOUZA; RAMALHO, 1995), contudo Guilherme et al. (2014) encontraram resultados contraditórios, isto é, a dominância foi mais

importante do que os efeitos aditivos. Deve ser enfatizado que, nessa última pesquisa, um dos genitores não era adaptado, o que deve ter contribuído para a discrepância dos resultados.

Os resultados das análises dos parâmetros genéticos dos caracteres associados à qualidade fisiológica das sementes foram diferentes dos comentados para os caracteres morfológicos. A contribuição da CEC para a soma dos quadrados total foi mais expressiva, o menor valor foi 31% para o IVE (TABELA 8). Nessa condição, a estimativa de heterose é de maior magnitude como foi constatado na Tabela 9. Além disso, ela foi no sentido de contribuir para a melhoria da expressão do caráter. Deve ser enfatizado que esse resultado ainda é mais expressivo, pois, foi utilizada, nas avaliações, a geração  $F_4$  dos híbridos e, portanto a frequência de locos em heterozigose é baixa, isto é, apenas 1/16.

Em feijão não foram encontrados resultados a esse respeito na literatura. Entretanto, Silva et al. (2008), com a cultura do milho e, avaliando progênies de meio – irmãos intra e interpopulacional, verificaram que a dominância foi de menor importância que os efeitos aditivos. Gomes et al., (2000), também, com a cultura do milho, obtiveram, em alguns casos, elevada estimativa de heterose no cruzamento de linhagens de milho.

As linhagens de feijão com maior tamanho de grãos Eriparsa e Goiano Precoce apresentaram menores percentagens de germinação tanto no laboratório como no canteiro e, também, menores índices de velocidade de emergência (TABELA 9). Esse fato contribuiu para que essas linhagens apresentassem estimativas de CGC negativa e de maior magnitude que as demais, indicando que elas contribuíram, para reduzir a germinação e o vigor das sementes das populações, em que elas foram um dos genitores (TABELAS 10 e 11).

Esses últimos resultados corroboram as estimativas da correlação ( $r_f$ ) entre o tamanho das sementes e os caracteres fisiológicos. Isto é, as estimativas



de correlação foram sempre negativas embora de pequena magnitude em alguns casos. Com a cultura do feijoeiro, Nalin (2015) mostrou que não houve associação entre o tamanho das sementes, a germinação e o vigor. Em outras espécies, os resultados foram discrepantes dos aqui relatados, como na cultura da soja (PADUA et al., 2010), milheto (GASPAR; NAKAGAWA, 2002) e lentilha (HOJJAT, 2011). É provável que os feijões maiores, por possuírem maior espessura da casca dos grãos, tenham menor absorção de água e, em consequência, perdem, rapidamente, o poder germinativos e o vigor. Assim, embora as cultivares com sementes maiores, apresentem folhas maiores, o que é desejável para a rápida cobertura do solo, têm como desvantagem reduzida germinação e emergência o que deve atenuar a vantagem de maior desenvolvimento vegetativo.

## **6 CONCLUSÃO**

As estimativas da heterose são de baixa magnitude, para os caracteres morfológicos das sementes, o contrário ocorreu para os associados à qualidade fisiológica. Infere-se que a interação alélica de dominância é importante apenas para os caracteres fisiológicos.

A associação entre os caracteres morfológicos e os fisiológicos é pequena e negativa. Genitores de sementes maiores, que apresentam, normalmente, folhas maiores, apresentam menor vigor na germinação do que os com sementes menores. A seleção de plantas que associem maior vigor na germinação com maior crescimento vegetativo inicial é pequena, o que pode dificultar a seleção de linhagens com mais rápida cobertura do solo.



## REFERÊNCIAS

ARAUJO, R. S. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. 786 p.

BAGHESTANI, M. A.; ZAND, E.; SOUFIZADEH, S. Iranian winter wheat's (*Triticum aestivum* L.) interference with weeds: II growth analysis. **Pakistan Journal of Weed Science Research**, Lahore, v. 12, n. 3, p. 131-144, Sept. 2006.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2<sup>nd</sup> ed. Woodbury: Stemma, 2010. 400 p.

BERTHOLDSSON, N. O.; BRANTESTAM, A. K. A century of Nordic barley breeding: effects on early vigour root and shoot growth, straw length, harvest index and grain weight. **European Journal of Agronomy**, London, v. 30, n. 4, p. 266-274, May 2009.

BINOTTI, F. F. et al. O efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008.

BLACKSHAW, R. E.; ANDERSON, R. L.; LEMERLE, D. Cultural weed management. In: UPADHYAYA, M. K.; BLACKSHAW, R. E. (Ed.). **Non-chemical weed management**. Wallingford: CABI, 2007. chap. 3, p. 35-48.

BORCHARTT, L. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 725-734, jul./set. 2011.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária Safra 2015/2016 Produtos de Verão**. Brasília, 2015. v. 3, 130 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

CROTSER, M. P.; WITT, W.W. Effect of *Glycine max* canopy characteristics, *G. max* interference, and weed-free period on *Solanum ptycanthum* growth. **Weed Science**, Champaign, v. 48, n. 1, p. 20-26, Jan. 2000.

CRUZ, C. D. **Programa genes: biometria**. Viçosa, MG: Editora da UFV, 2006. 382 p.

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

DELOUCHE, J. C. An accelerated aging technique for predicting relative storability of crimson clover and tall fescue seed lots. **Agronomy Abstracts**, Réduit, v. 40, n. 1, p. 40, 1965.

DIAS, M. A. N.; MONDO, V. H. V.; CICERO, S. M. Vigor de sementes de milho associado à mato-competição. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 93-101, jun. 2010.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings of American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 71, n. 2, p. 428-434, 1958.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Origem e história do feijão**. Disponível em:  
<<http://www.cnpaf.embrapa.br/feijao/historia.htm>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

EMYGDIO, B. M. et al. Variabilidade genética para velocidade de germinação em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 77-82, 2000.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4<sup>th</sup> ed. Edinburgh: Longman Group, 1996. 464 p.

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

FRANKLIN, K. A.; WHITELAN, G. C. Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 96, n. 2, p. 169-175, Aug. 2005.

GASPAR, C. M.; NAKAGAWA, J. Influência do tamanho na germinação e no vigor de sementes de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 339-344, 2002.

GOMES, M. de S. et al. Estimativas da capacidade de combinação de linhagens de milho tropical, para qualidade fisiológica de sementes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, p. 41-49, dez. 2000.

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

GUILHERME, S. R. et al. Genetic control of inflorescence in common bean. **Genetics and Molecular Research**, Goiania, v. 13, n. 4, p. 10349-10358, Dec. 2014.

HOAD, S. P. et al. Approaches to breed for improved weed suppression in organically grown cereals. In: BUEREN, E. T. L. van; MYERS, J. R. (Ed.). **Organic crop breeding**. Oxford: Wiley-Lackwell, 2012. chap. 4, p. 61-76.

HOJJAT, S. S. Effects of seed size on germination and seedling growth of some Lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik). **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, London, v. 3, n. 1, p. 1-5, 2011.

KRZYZANOWSKI, F. C. Desafios tecnológicos para produção de sementes de soja na região tropical brasileira. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 1324-1335.

KWAK, M.; GEPTS, P. Structure of genetic diversity in the two major gene pools of common bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 118, n. 5, p. 979-992, Mar. 2009.

LIANG, Y. L.; RICHARDS, R. A. Coleoptile tiller development is associated with fast early vigour in wheat. **Euphytica**, Wageningen, v. 80, n. 2, p. 119-124, Sept. 1994.

LIEBMAN, M.; DAVIS, A. S. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. **Weed Research**, Oxford, v. 40, n. 1, p. 27-47, Feb. 2000.

LIMA, D. C. **Seleção precoce de populações segregantes de feijoeiro para alguns caracteres simultaneamente**. 2013. 79 p. Dissertação (Mestrado em

Genética e Melhoramentos de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

MAIA, L. G. S. et al. Variabilidade genética associada à germinação e vigor de sementes de linhagens de feijoeiro comum. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 361-367, mar./abr. 2011.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In.: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. de B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 3, p. 1-24.

MATHER, K.; JINKS, J. L. **Introdução à genética biométrica**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242 p.

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1312-1318, out. 2009.

NALIN, R. S. **Controle genético de características associadas a cobertura rápida do solo na cultura do feijão**. 2015. 74 p. Dissertação (Mestrado e Melhoramentos de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

PADUA, G. P. de et al. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 9-16, 2010.

PETERNELLI, L. A.; BORÉM A.; CARNEIRO, J. E. S. Hibridação em Feijão. In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa, MG: Editora da UFV, 2009. cap. 12, p. 514-536.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Editora da UFLA, 2012. 522 p.

REIS, W. P.; RAMALHO, M. A. P.; PINTO, C. A. B. P. Herança do tamanho da semente do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 66-71, jan./jun. 1981.

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

SANTOS, J. B. et al. Botânica. In: CARNEIRO, J. E.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. (Org.). **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora da UFV, 2015. v. 1, cap. 3, p. 37-66.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. (Org.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no estado de Minas Gerais**. Viçosa, MG: Editora da UFV, 1998. v. 1, cap. 3, p. 55-81.

SARAFI, A. A yield component selections experiment involving american and iranian cultivars of the common bean. **Crop Science**, Madison, v. 18, n. 1, p. 5-15, Jan./Feb. 1978.

SCHOONHOVEN, A. V.; VOYSEST, O. **Common beans: research for crop improvement**. Cali: CABI, 1991. 980 p.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 229-234, 1999.

SILVA, H. T. **Morfologia do feijoeiro**. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Embrapa arroz e feijão**. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01\\_9\\_1311200215101.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_9_1311200215101.html)>. Acesso em: 15 dez. 2015.

SILVA, N. O. et al. Genetic control of traits associated with maize seed quality. **Maydica**, Bergamo, v. 53, n. 1, p. 55-62, Jan. 2008.

SCHMITT, J. et al. The adaptive evolution of plasticity: phytochrome-mediated shade avoidance response. **Integrative and Comparative Biology**, Oxford, v. 43, n. 3, p. 459-469, July 2003.

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

SOUSA, L. V. de. **Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos associados com a qualidade fisiológica de sementes de feijão**. 2003. 53 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SOUZA, E. A.; RAMALHO, M. A. P. Estimates of genetic and phenotypic variance of some traits of dry bean using a segregant population from the cross



Jalo x Small White. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 18, n. 1, p. 87-91, Mar. 1995.

TEKRONY, D. M. Precision is an essential component in seed vigour testing. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, n. 2, p. 435-447, Apr. 2003.

TOLEDO, M. Z. et al. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 124-133, abr./jun. 2009.

TORRES, S. B.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumisanguria*L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 108-112, 2001.

TRAORÉ, S. et al. Velvetleaf interference effects on yield and growth of grain sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, n. 6, p. 1602-1607, Nov. 2003.