

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

SORAYA HELENA GARCIA

**CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES ADAPTATIVOS E
SCREENING PARA FATORES ABIÓTICOS EM *Phaseolus vulgaris*. L.**

LAGES

2010

SORAYA HELENA GARCIA

**CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES ADAPTATIVOS E
SCREENING PARA FATORES ABIÓTICOS EM *Phaseolus vulgaris*. L.**

Trabalho de Dissertação apresentado à
Universidade do Estado de Santa Catarina,
como requisito para obtenção do título de
Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Jefferson Luís Meirelles
Coimbra.

LAGES

2010

SORAYA HELENA GARCIA

**CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES ADAPTATIVOS E
SCREENING PARA FATORES ABIÓTICOS EM *Phaseolus vulgaris*. L.**

Trabalho de Dissertação apresentado à Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovado em: 17/09/2010

Homologado em: / /

Banca Examinadora:

Orientador/presidente:

Dr. Jefferson Luis Meirelles
Coimbra UDESC/Lages - SC

Dr. Leo Rufato

Coordenador Técnico do Curso de
Mestrado em Produção Vegetal –
UDESC/Lages – SC

Membro: Dr. Altamir Frederico

Guidolin
UDESC/Lages - SC

Dr. Luciano Colpo Gatiboni

Coordenador Técnico do Curso de
Mestrado em Ciência do Solo e
Coordenador do Programa de Pós-
Graduação em Ciências Agrárias –
UDESC/Lages – SC

Membro: Dr. Gilberto Luiz

Dalagnol EPAGRI

Dr. Cleimon Eduardo do Amaral Dias

Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias – UDESC/Lages –
SC

LAGES, SC

2010

A Deus, por me conceder capacidade de entendimento e força nesta caminhada pela busca do saber.

OFEREÇO

A minha mãe, Maria de Lourdes, por não medir esforços para tornar possível a realização deste anseio, aos meus avós Egidio Lazzari e Alda Lazzari pelo exemplo de lealdade, determinação e carinho, a meu amado filho Guilherme, motivo principal da minha busca pelo crescimento e a meu namorado Maurício pelo apoio, dedicação e paciência nos momentos mais difíceis.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Universidade do Estado de Santa Catarina, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado e pela concessão da bolsa de estudos PROMOP.

Ao professor Jefferson Luís Meirelles Coimbra, pela orientação, confiança e desejo de crescimento em mim depositados. Muito Obrigada.

Ao Professor Altamir Frederico Guidolin pela co-orientação, sugestões e por estar sempre disposto a me auxiliar nas dúvidas mais frequentes.

Ao Dr. Gilberto Luiz Dalagnol pela participação na banca de avaliação. Obrigada.

A minha prima Samara Lazzari pela compreensão, carinho e desejos de vitória, agradeço.

A minha amiga Andrieli Silvana Gatelli pela colaboração no andamento do trabalho, agradeço.

A todos os colegas do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular, pelos momentos agradáveis e pelo apoio dedicado, agradeço.

A todos os amigos e familiares que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste curso. Muito Obrigada.

"A entrada para a mente do homem é o que ele aprende, a saída é o que ele realiza. Se sua mente não for alimentada por um fornecimento contínuo de novas idéias, que ele põe a trabalhar com um propósito, e se não houver uma saída por uma ação, sua mente torna-se estagnada.

Tal mente é um perigo para o indivíduo que a possui e inútil para a comunidade."

Jeremias W. Jenks

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Número de sementes de feijão germinadas (NSG) submetidas à deficiência hídrica com diferentes doses de manitol35

Figura 2 – Comprimento radicular de plântulas de feijão (CR), submetidas à deficiência hídrica com diferentes doses de manitol.....36

Figura 3 –Comprimento do hipocótilo de plântulas de feijão (CH) submetidas à deficiência hídrica com diferentes doses de manitol.....37

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Quadrados médios da análise de variância para tratamentos, capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC), recíprocos (REC), materno (MAT) e efeito não materno (NMAT) para os caracteres estatura de planta (EP), diâmetro do caule (DC), número de legumes por planta (NLP) e ciclo (CL). Lages, 2010.....18
- Tabela 2 – Capacidade geral de combinação (G), capacidade específica de combinação (S), efeito materno (M) e efeito não materno (N) para quatro caracteres adaptativos (EP=estatura de planta; DC= diâmetro do caule; NLP= número de legumes por planta e; CIC=ciclo de planta) envolvendo cinco genitores (G₁= BRS Supremo, G₂= BRS Valente, G₃ = IPR Chopim, G₄ = BAF 97 e G₅ = BAF 7) contrastantes de feijão. Lages, 2010.....21
- Tabela 3 – Comparação entre vinte constituições genéticas (C.G.) com cinco genitores (G.) pelo Teste de Dunnett ($p < 0,05$) para os caracteres estatura de planta (cm), número de legume por planta e ciclo de planta (dias).. Lages, 2010.....25
- Tabela 4 – Comparação entre vinte constituições genéticas (C.G.) com cinco genitores (G.) pelo Teste de comparação de médias de Scoot e Knott ($p < 0,05$) para os caracteres estatura de planta (cm), número de legume por planta e ciclo de planta (dias)Lages/SC,2010.27
- Tabela 5 - Concentrações (g.L^{-1}) de Manitol, para obter diferentes níveis de potencial osmótico.....32
- Tabela 6 – Quadrados médios da análise de variância para Genótipos, Dose e Genótipo*Dose para os caracteres germinação, desenvolvimento radicular e comprimento do hipocótilo de plântulas de feijão, Lages-SC, 2010.....34

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	10
1 CAPÍTULO I: COMBINAÇÕES GENÉTICAS DE FEIJÃO PARA INCREMENTO DE CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS NA SERRA CATARINENSE.(GENETIC BEAN COMBINATIONS TO CHARACTERS IMPROVEMENT IN SERRA CATARINENSE).....	12
1.1 RESUMO.....	12
1.2 ABSTRACT.....	12
1.3 INTRODUÇÃO.....	13
1.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
1 6 CONCLUSÕES.....	28
2 CAPÍTULO 2: SIMULAÇÃO DE ESTRESSE HÍDRICO EM FEIJÃO PELA DIMINUIÇÃO DO POTENCIAL OSMÓTICO COM A UTILIZAÇÃO DE MANITOL (WATER STRESS IN BEANS BY DE DECREASE IN OSMOTIC POTENTIAL WITH THE USE OF MANNITOL).....	29
2.1 RESUMO.....	29
2.2 ABSTRACT.....	29
2.3 INTRODUÇÃO.....	30
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
2. 6 CONCLUSÕES.....	38
CONCLUSÃO GERAL.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

INTRODUÇÃO GERAL

O feijão é um dos principais alimentos da dieta dos brasileiros. Devido à sua importância na alimentação humana, tem merecido grande destaque no cenário nacional por suprir as necessidades dos consumidores como fonte básica e barata de proteínas e calorias na alimentação da população menos favorecida.

O Brasil é considerado o maior produtor e consumidor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), que consumido juntamente com o arroz constitui a base da alimentação do povo brasileiro, em praticamente todo país (Vieira et al. 2005), sendo que o Paraná, Minas Gerais, Bahia, Santa Catarina e São Paulo se destacam como os maiores produtores.

No estado de Santa Catarina a cultura do feijão tem ocupado cerca de 109.800 ha nas últimas safras, sendo responsável por cerca de 5% da produção nacional (EPAGRI, 2010). A produção de feijão está distribuída em várias regiões do Estado, cultivado principalmente nos sistemas de agricultura familiar, tendo com isso, uma forte influência socioeconômica na região.

Nos últimos anos observou-se uma redução constante na produção e no consumo de feijão devido a vários fatores edafoclimáticos que influenciam negativamente o seu desenvolvimento.

Considerando que o pequeno agricultor, geralmente com poucos recursos financeiros, necessita de genótipos adaptados às condições ambientais e conseqüentemente mais produtivos, os programas de melhoramento genético de feijão buscam através de hibridações o ideótipo de planta, o qual teria uma maior produtividade, dispensando grandes investimentos financeiros por parte do agricultor.

O estresse hídrico nos períodos críticos da cultura do feijão, como a germinação das sementes e nas fases iniciais do desenvolvimento das plântulas, é um dos principais fatores que diminuem sua produção (Song et al. 2005) pois, o ambiente desfavorável constitui o fator

mais significativo na diminuição da produtividade. Com base nisso várias pesquisas estão sendo desenvolvidas permitindo que genótipos de feijão sejam submetidos a soluções de manitol, diminuindo o potencial osmótico, que quando são muito negativos, especialmente no início da embebição, influenciam a absorção de água pelas sementes, podendo inviabilizar a seqüência de eventos do processo germinativo (Mikusinsk, 1987).

A hibridação é um método que visa combinar, em um mesmo indivíduo, alelos para fenótipos desejáveis que estejam em indivíduos diferentes (Ramalho et al. 1993). A eficiência na seleção dos genótipos que serão utilizados nos cruzamentos e principalmente o conhecimento de sua capacidade de combinação e de extrema importância para o sucesso dos programas de melhoramento, pois sua utilização poderá resultar em híbridos produtivos de populações segregantes promissoras (Kurek et al.2001).

Para a análise dos cruzamentos dialélicos, existem vários métodos, porém, um dos mais empregados é o método de Griffing, (1956), onde as somas dos quadrados de tratamentos são desdobradas em efeitos de capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e, em efeitos recíprocos.

Através da análise dialélica é possível à determinação dos melhores genótipos e das melhores combinações resultando em híbridos superiores (Barbieri et al. 2001).

1 CAPÍTULO I: CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES ADAPTATIVOS EM FEIJÃO PARA A SERRA CATARINENSE

GENETIC BEAN COMBINATIONS TO CHARACTERS IMPROVEMENT IN SERRA CATARINENSE

1.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar a capacidade geral e específica de combinação em cinco genótipos de feijão. O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular da Universidade do Estado de Santa Catarina (IMEGEM/UEDESC), em delineamento de blocos casualizados com 2 repetições. Foram avaliados os caracteres estatura de planta (EP), número de legumes por planta (NLP) e ciclo de planta (CIC). Os dados foram analisados pelo método I de Griffing. Para EP a ação gênica predominante foi aditiva, para NGL e CIC a ação gênica não-aditiva predomina. Os genitores IPR Chopim, BAF 97 e BAF 7 foram superiores para EP, BRS Valente e BAF 7 para NLP e BRS Supremo e BRS Valente para CIC. BAF 7 é promissor para ser utilizado em cruzamentos para o desenvolvimento de linhagens com estatura de planta elevada, maior número de legumes por planta e ciclo tardio.

Palavras chave: *Phaseolus vulgaris* L., análise dialélica, melhoramento de plantas.

1.2 ABSTRACT

This work aimed to estimate the general and specific combining ability on five bean genotypes. The experiment was conducted at the Experimental area of Instituto de Melhoramento e Genética Molecular da Universidade do Estado de Santa Catarina (IMEGEM/UEDESC) in a randomized block design with two replications. The traits plant height (EP), number of pods per plant (NLP) and cycle plant (CIC) were employed. Data were

analyzed by Griffing I method I. For the EP additive gene action was predominant for NGL and CIC to non additive gene action predominates. The parents IPR Chopim, BAF 97 and BAF 7 were higher for EP, BRS Valente BAF 7 for NLP and BRS Supremo and BRS Valente for CIC. BAF 7 is promising to be used in crosses to develop strains with higher plant height, increased number of pods per plant and late maturity.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., diallel analyses, plant breeding.

1.3 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) representa um papel importante, no aspecto social e econômico, sendo consumido principalmente pela população de baixa renda e cultivado principalmente para subsistência de agricultores em nível mundial (Kimani e Derera 2009), representando uma fonte de proteínas (22%), vitaminas, minerais e nutrientes para cerca de 500 milhões de pessoas em países subdesenvolvidos (Miklas et al. 2006).

Assim sendo, é evidente a importância que o feijão representa ao nível mundial, nacional e regional. Deste modo, é fundamental a manutenção ou incremento na sua produtividade, no sentido de atender a demanda por este grão. Assim sendo, para aumentar a produção do grão sem aumentar a área de cultivo e sem custos adicionais para o agricultor, os programas de melhoramento são fundamentais para esse propósito.

Nesse sentido, a recomendação de cultivares a ambientes específicos pode ser uma estratégia interessante, pois os novos cultivares poderiam apresentar maior adaptação ao ambiente onde serão cultivados. Segundo Mohamed et al. (2007), para que um cultivar seja comercialmente bem sucedido deve estar adaptado as condições de ambiente e apresentar um rendimento acima da média. Deste modo, o programa de melhoramento de feijão do IMEGEM objetiva a criação de genótipos especificamente para a Serra Catarinense, ou seja, a

obtenção de um novo cultivar com características peculiares às condições da Serra Catarinense, como por exemplo, ciclo de planta prolongado, maior estatura de planta, o que poderia conferir incremento no rendimento de grãos.

É importante destacar que uma das etapas cruciais para obtenção de genótipos com bom desempenho (por exemplo, com rendimento acima da média) é a escolha de genitores que irão compor os blocos de cruzamentos. Ou seja, o sucesso de um programa de melhoramento está intimamente relacionado com a escolha dos melhores pais (Ferreira et al. 2004). Entretanto, uma das dificuldades encontradas nos programas de melhoramento é selecionar genitores que possuam capacidade combinatória e potencial genético superior, possibilitando a criação de populações segregantes promissoras (Allard 1956, Lorencetti et al. 2006). Em outras palavras, o grande desafio é justamente reunir em um só genótipo a maior frequência possível de alelos favoráveis oriundos das diferentes fontes (Benin et al. 2009). Por meio das estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC), podem ser obtidas informações sobre a concentração de alelos que predominam em um dado genótipo (Castiglioni et al. 1999). Nesse sentido, a análise dialélica pode ser fundamental para a escolha de genitores potenciais para a criação de genótipos portadores das características de interesse (ideótipo). A análise dialélica é uma das metodologias mais eficientes e comumente utilizadas em programas de melhoramento para a seleção de genitores, (Cruz et al. 2004), sendo o modelo mais utilizado o de Griffing (1956). Segundo Mebrahtu e Devine (2009), o modelo dialélico proposto por Griffing é útil no estudo da variância genética de caracteres específicos e na identificação de cruzamentos promissores para a produção de segregantes superiores. Ainda, dentre as técnicas que auxiliam na escolha de linhagens superiores, os cruzamentos dialélicos têm sido largamente utilizados pelos melhoristas, possibilitando a obtenção de informações de um grupo de genitores, a partir da sua capacidade de combinação (Nascimento et al. 2010). As análises de cruzamentos

dialélicos possibilitam obter informações sobre a natureza da ação gênica predominante em características de importância agrônômica, além de estimativas da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) (Aguiar et al. 2007).

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) em genótipos de feijão, na estimativa dos melhores genitores e combinações híbridas para viabilizar a criação de genótipos adaptados às condições da Serra Catarinense.

1.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular (IMEGEM) no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) no município de Lages, no ano agrícola de 2008/09. Este município apresenta latitude $-27^{\circ}48'58''$, longitude $50^{\circ}19'34''$ com altitude de 916 m e temperatura média anual de 16°C .

Foram utilizados cinco genótipos de feijão, sendo três variedades comerciais (BRS Supremo, BRS Valente, IPR Chopim) e duas variedades crioulas (BAF7 e BAF97), intercruzadas no esquema dialélico completo, incluindo os 10 híbridos simples, os 10 recíprocos e os cinco genitores.

Para a obtenção dos híbridos F_1 's, o experimento foi conduzido em casa de vegetação, e a hibridação artificial foi realizada segundo a metodologia proposta por Vieira (1967), com polinização manual e emasculação do botão floral. Após a obtenção dos híbridos F_1 's, estes juntamente com os recíprocos e os genitores foram conduzidos a campo em um delineamento experimental de blocos casualizados com duas repetições, sendo a densidade de semeadura de 12 plantas por metro linear, e o espaçamento entre linhas de 0,5 m.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional e os tratos culturais para controle de plantas daninhas e de insetos foram realizados sempre que necessário a fim de não comprometer o desenvolvimento normal da cultura.

Os caracteres adaptativos avaliados foram os seguintes: *i*) estatura de planta (EP) em cm, *ii*) número de legumes por planta (NLP) e; *iii*) ciclo reprodutivo da planta (CIC) em dias.

Para a análise dialélica foi utilizado o modelo I e método I de Griffing (1956):

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + \epsilon_{ij}$$

onde: Y_{ij} : valor médio da combinação híbrida ($i \neq j$) ou do genitor ($i = j$); m : média geral; g_i ; g_j : efeitos da CGC do i - ésimo e do j - ésimo genitor, respectivamente; s_{ij} : efeitos da CEC para cruzamentos entre os genitores i e j ; r_{ij} : efeito recíproco que mede as diferenças proporcionadas pelo genitor i ou j quando utilizado como macho ou fêmea no cruzamento ij . ϵ_{ij} : erro experimental médio associado a observação de ordem ij .

A divisão dos efeitos dos recíprocos foi realizada de acordo com o modelo proposto por Cockerham e Weir (1977):

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij}(m_{ij} + nm_{ij}) + e_{ij}$$

onde: Y_{ij} : valor médio da combinação híbrida ($i \neq j$) ou do genitor ($i = j$); m : média geral; g_i ; g_j : efeitos da CGC do i - ésimo e do j - ésimo genitor, respectivamente; s_{ij} : efeitos da CEC para cruzamentos entre os genitores i e j ; r_{ij} : efeito recíproco que mede as diferenças proporcionadas pelo genitor i ou j quando utilizado como macho ou fêmea no cruzamento ij ; m_{ij} : efeito materno; n_{ij} : efeito não materno e; ϵ_{ij} : erro experimental médio associado a observação de ordem ij .

A relação CGC: (CGC+CEC) foi estimada de acordo com Baker (1978), que indica a relação entre os efeitos da variância atribuída a efeitos aditivos e não-aditivos. As análises dialélicas foram realizadas com o auxílio do programa computacional SAS 9.1.3 por meio do macro Diallel-SAS05, descrito por Zhang et al. (2005) e a comparação entre as médias dos híbridos e genitores pelo programa computacional GENES (Cruz, 2001).

1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pela análise de variância revelaram efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro para todos os caracteres (Tabela 1). Foram observadas diferenças significativas no efeito dos tratamentos, na capacidade geral de combinação (CGC) e no efeito dos recíprocos (REC) para caracteres estatura de planta (EP), número de legumes por planta (NLP) e ciclo de planta (CIC), e para os caracteres por planta (NLP) e ciclo de planta (CIC) na capacidade específica de combinação (CEC).

Tabela 1. Quadrados médios da análise de variância para tratamentos, capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC), recíprocos (REC), materno (MAT) e efeito não materno (NMAT) para os caracteres estatura de planta (EP), número de legumes por planta (NLP) e ciclo (CIC). Lages, 2010.

F.V	G.L	Quadrados médios (QM)		
		EP	NLP	CIC
TRAT	24	*66,69	*91,65	*126,03
CGC	4	*260,09	*65,96	*72,26
CEC	5	0,76	*92,11	*190,28
REC	10	*55,67	*135,05	*141,68
MAT	4	*137,70	*205,47	*114,28
NMAT	6	0,14	*88,11	*155,01
RESÍDUO	48	5,60	46,93	54,74
R ²		0,97	0,59	0,39
C.V(%)		5,4	60,02	11,65
Média geral		43,61	46,93	91,97
CGC/(CGC+CEC)		0,99	0,42	0,28

*Pr < 0,05, pelo teste F.

Assim sendo, a partir dos resultados foi possível verificar que há viabilidade na obtenção de linhagens promissoras a partir dos genótipos utilizados, pois há evidência de variabilidade entre estes, uma vez que, como o efeito da CGC foi significativo para os caracteres EP, NLP e CIC, deste modo, existindo genitores mais promissores para a formação de populações superiores. Por outro lado, a significância encontrada na CEC para os caracteres NLP e CIC pode estar revelando que alguns híbridos apresentaram desempenho superior ou inferior ao esperado, com base na CGC dos seus genitores. Segundo Benin et al. (2009), a significância encontrada para os efeitos da CGC e CEC pode estar indicando ação

gênica complementar entre os genitores. Para Cruz et al. (2004) as estimativas dos efeitos da CGC proporcionam informações sobre a concentração de genes predominantemente aditivos em seus efeitos, e por outro lado, os efeitos da CEC são medidas dos efeitos gênicos não-aditivos. Deste modo, pode ser verificado que para o caráter estatura de planta (EP), a ação gênica predominante é aditiva, sendo a magnitude do quadrado médio (QM) da CGC superior ao QM da CEC (Tabela 1). De modo contrário, a ação gênica não-aditiva é predominante para os caracteres número de legumes por planta (NLP) e ciclo de planta (CIC), uma vez que o QM da CEC foi superior ao QM da CGC.

É possível verificar ainda que, o QM dos recíprocos apresentou efeito significativo para os caracteres EP, NLP e CIC (Tabela 1). Segundo Wu e Matheson (2001), a partição do efeito dos recíprocos em efeito materno e não-materno permite inferir sobre as causas genéticas do efeito dos recíprocos. Assim sendo, ao se desdobrar o QM dos recíprocos, pode ser observado efeito significativo do efeito materno (MAT) para todos os caracteres e, para os caracteres NLP e CIC, além do efeito materno, o efeito não-materno (NMAT) também foi significativo (Tabela 1). Cockerham e Weir (1977) particionaram o efeito dos recíprocos para evidenciar os efeitos maternos e não-maternos. O efeito materno está relacionado à fatores citoplasmáticos e o efeito não-materno com a interação entre fatores nucleares e citoplasmáticos, bem como à interação entre o ambiente e os fatores genético nucleares (Wu e Matheson, 2001).

Os resultados encontrados a partir da relação CGC: (CGC+CEC) indicaram superioridade da variância não-aditiva para todos os caracteres avaliados, com exceção do caráter EP (Tabela 1). Os valores verificados para os caracteres NLP (0,42) e CIC (0,28) indicaram que para estes caracteres, a seleção pode ser dificultada, pois há predominância de ação gênica não-aditiva, e em contrapartida, a resposta com a seleção para o caráter EP pode ser eficaz, pois a ação gênica predominante é aditiva (0,99). Os valores dos quadrados médios

(QM) da CGC e CEC corroboram com tal premissa, uma vez que, para os caracteres NLP e CIC os quadrados médios da CEC foram superiores ao da CGC, e de modo contrário, o QM da CGC foi superior ao QM da CEC para o caráter EP (Tabela 1).

Para os programas de melhoramento tais informações são cruciais, pois o entendimento da ação gênica que governa um caráter é essencial no direcionamento dos cruzamentos, no método de condução das populações segregantes e no ganho genético na seleção do caráter alvo. O comportamento dos genótipos envolvidos em cruzamentos artificiais, seus híbridos F_1 e gerações subsequentes, é digno de investigações, por predizer as potencialidades e fornecer estimativas de parâmetros genéticos essenciais no direcionamento de hibridações e seleção de constituições genéticas superiores em programas de melhoramento (Valério et al. 2009).

A discriminação entre quais os melhores genitores e quais as melhores combinações entre os genitores é importante no sentido de corroborar com os resultados gerais dos efeitos da CGC e CEC e identificar as combinações mais promissoras. Assim sendo, pode ser verificado que, entre os genitores avaliados, os que apresentaram superioridade foram os genitores IPR Chopim, BAF 97 e BAF 7 para o caráter EP, BRS Valente e BAF 7 para o caráter NLP e BRS Supremo e BRS Valente para o caráter CIC, uma vez que o valor da CGC diferiu significativamente ($p < 0,05$) para os caracteres supracitados de forma positiva (Tabela 2). Por outro lado os genitores menos promissores para o caráter EP foram o BRS Supremo e BRS Valente, para o caráter NLP os genitores BRS Supremo, BAF 97 e BAF 7 e os genitores IPR Chopim e BAF 7 para o caráter CIC. Para o caráter DIC nenhum dos genitores diferiu em relação a média, ou seja, foram iguais para a CGC.

Tabela 2. Capacidade geral de combinação (G), capacidade específica de combinação (S), efeito materno (M) e efeito não materno (N) para três caracteres adaptativos (EP=estatura de planta; NLP= número de legumes por planta e; CIC=ciclo de planta) envolvendo cinco genitores (G₁= BRS Supremo, G₂= BRS Valente, G₃ = IPR Chopim, G₄ = BAF 97 e G₅ = BAF 7) contrastantes de feijão. Lages, 2010.

Parâmetros	Caracteres		
	EP	NLP	CIC
Intercepto	43,61*	11,41*	92,02*
G ₁	- 3,88*	-1,68*	1,21*
G ₂	- 1,91*	1,79*	1,35*
G ₃	0,29*	-0,81*	-2,02*
G ₄	2,15*	-0,61*	0,76
G ₅	3,35*	1,32*	-1,3*
S ₁₂	-0,28*	1,86*	-2,1*
S ₁₃	0,11	-1,19*	2,18*
S ₁₄	-0,17*	-0,97*	-3,35*
S ₁₅	0,33*	0,31	3,26*
S ₂₃	- 0,22*	-1,25*	2,18*
S ₂₄	0,33*	-4,03*	-3,35*
S ₂₅	0,17*	3,42*	3,26*
S ₃₄	0,22*	5,58*	4,43*
S ₃₅	- 0,11	-3,14*	-8,79*
S ₄₅	- 0,39*	-0,58	2,26*
M ₁	- 2,80*	0,73*	-0,3
M ₂	- 1,50*	-4,47*	0,17
M ₃	0,30*	0,53*	2,87*
M ₄	1,70*	0,73*	-0,05
M ₅	2,30*	2,47*	-2,68*
N ₁₂	0,13	-0,70	0,47
N ₁₃	0,10	1,47*	3,17*
N ₁₄	0,00	-1,33*	-0,08
N ₁₅	- 0,23*	0,57	-3,55*
N ₂₃	- 0,03	1,50*	2,7*
N ₂₄	0,03	4,37*	-0,55
N ₂₅	0,13	-6,57*	-1,68
N ₃₄	- 0,10	0,53	-3,75*
N ₃₅	0,17	2,43*	9,62*
N ₄₅	- 0,07	3,57*	-4,38*

* = Pr<0,05, significativo pelo teste t.

Com base nos resultados é possível verificar que a combinação dos diferentes genitores pode ser eficiente na obtenção de linhagens promissoras, uma vez que, apresentam características distintas, de modo que, a utilização de diferentes combinações entre os genitores pode elevar a média para os caracteres avaliados. Os genitores com valores altos e

positivos poderão ter maior contribuição para o aumento da expressão de um caráter, enquanto aqueles com valores altos e negativos contribuem para a redução de sua manifestação (Cruz e Vencovsky 1989, Cruz e Regazzi 1997). Deste modo, se o objetivo for a redução da estatura e incremento no número de grãos por legume, conjuntamente, a utilização do genitor BRS Valente nos blocos de cruzamento pode promissor, pois revelou CGC negativa e positiva para EP e NGL, respectivamente. Porém a utilização desse genitor poderá promover um aumento no ciclo de planta (Tabela 2). Entretanto, para a maioria dos programas de melhoramento, em que se preconiza a obtenção de cultivares de porte baixo, mais precoces e mais produtivos, nenhum genitor apresentou potencialidade para tanto. Por outro lado, como o objetivo dos cruzamentos foi o de verificar combinações promissoras para a Serra Catarinense, ou seja, genótipos portadores de estatura elevada e ciclo de planta tardio, é necessário avaliar as combinações específicas para tanto, uma vez que nenhum genitor foi promissor pela estimativa da CGC (Tabela 2). Os resultados estão de acordo com Ahmed et al. (2003), onde não verificaram efeito significativo para CGC em todos os caracteres avaliados em pimenta. Tal fato indica que é grande a dificuldade em se melhorar várias características simultaneamente.

Assim, seria importante estimar a CEC para cada genótipo, no sentido de verificar quais as melhores combinações específicas entre os genitores, podendo ser obtido um híbrido com as características de interesse do melhorista (Tabela 2).

As estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) evidenciaram que, para todos os caracteres estudados, valores de CEC positivos e negativos relativos ao desempenho dos genitores. O efeito da CEC é interpretado como desvio de um híbrido em relação ao que seria esperado com base na CGC de seus genitores (Cruz e Regazzi 1997), portanto, o híbrido mais favorável deve ser aquele que apresentar maior estimativa de

capacidade específica de combinação, na qual um dos genitores apresente a maior capacidade geral de combinação (Cruz e Vencovsky 1989).

Sendo o objetivo da maior parte dos programas de melhoramento o incremento no número de legumes por planta, redução na estatura de planta e precocidade no ciclo de plantas, a combinação entre os genitores BRS Supremo e BRS Valente é a mais promissora (EP -0,28; NGL 1,86 e CIC -2,1). Entretanto, conforme supracitado, o objetivo do programa de melhoramento do IMEGEM é criar um genótipo com maior estatura, incremento no número de grãos por legume e prolongamento no ciclo. Deste modo, as combinações BRS Valente vs BAF 7 (0,17; 3,42 e 3,26, respectivamente) e IPR Chopim vs BAF 97 (0,22; 0,36 e 4,43, respectivamente) são promissoras (Tabela 2). Vale salientar que outra combinação promissora é entre o genitor BRS Supremo e o genitor BAF 7, pois apresentou valores positivos para os caracteres EP (0,33) e CIC (3,26) e não significativo para o NGL, o que revela que para este último caráter o valor não diferiu da médias dos pais. Assim sendo, para o melhoramento, são interessantes as combinações híbridas com estimativas de CEC elevada e que ao menos um dos genitores tenham apresentado CGC superior, assim, as combinações serão mais promissoras. (Cruz e Regazzi 1997).

De acordo com os resultados, para o efeito dos recíprocos, foi verificado que para os caracteres EST e NLP o efeito materno foi significativo para todos os genitores e para o caráter CIC, os genitores 3 e 5 revelaram efeito significativo para o efeito materno (Tabela 2). Ainda, as combinações entre os genitores 1x5 para o caráter EP, 1x4, 2x3, 2x4, 2x5, 3x5 e 4x5 para o caráter NLP e 1x3, 1x5, 3x4, 3x5 e 4x5 para o caráter ciclo de planta, foram significativas para o efeito não-materno (N) (Tabela 2). Tal fato evidenciou que ambos os efeitos recíprocos, materno (MAT) e não-materno (NMAT) estão envolvidos no controle genético das características avaliadas, ou seja, tanto o efeito do citoplasma materno e a interação entre os fatores genéticos do citoplasma e do núcleo pode estar envolvida no

controle gênico desses caracteres, respectivamente. Resultados contrários foram encontrados por Williams et al. (2008) em cruzamentos entre genótipos de milho, onde verificaram efeitos significativos para os efeitos maternos e não-maternos, simultaneamente, e concluíram que essa significância indicou que fatores extra nucleares não foram importantes na herança para a resistência para acúmulo de aflatoxina nos cruzamentos realizados, sendo o foco dos programas de melhoramento para resistência ao acúmulo de aflatoxina voltado para os fatores nucleares. Entretanto, Wu e Matheson (2000) avaliando um dialelo entre genitores de pinheiro, verificaram que o efeito significativo dos recíprocos pode ser causado pelo DNA citoplasmático (efeito materno) ou pela interação entre o DNA nuclear e citoplasmático (efeito não-materno).

Deste modo, ao se utilizar qualquer um dos genitores, principalmente o BAF 7 em blocos de cruzamentos, os cruzamentos recíprocos devem ser utilizados, uma vez que, sendo a herança principalmente materna, a seleção das sementes F_2 pode ser ineficaz, devido ao fato de que os fenótipos das sementes F_2 serão semelhantes e representarão a expressão do genótipo da planta F_1 . Por outro lado, se a seleção for adiada por uma geração, o genótipo das sementes F_2 irá se expressar nas sementes produzidas por sua progênie, pois o efeito materno deve desaparecer após uma geração. O efeito de “ambiente materno” tende a desaparecer após o crescimento das novas plantas, entretanto, nos primeiros anos, a eficácia da seleção precoce pode ser prejudicada (Wu et al. 1995). Assim sendo, como consequência do efeito materno, a seleção deve ser postergada para F_3 , pois segundo Londero et al. (2009) nesses casos, a expressão genética do cruzamento somente será observada em F_2 quando as sementes apresentarem cotilédones em geração F_1 . Para Ramalho et al. (2004), o efeito materno na expressão fenotípica de alguns caracteres do filho independente dos genes doados pelo pai se dá apenas por uma ou, no máximo, duas gerações.

No sentido de validar os resultados encontrados a partir das estimativas de CGC e CEC, foram contrastados os genitores com as combinações híbridas a partir do teste de Dunnett (Tabela 3) e comparados todos os genótipos entre si (genitores e híbridos) pelo teste de Scott-Knott (Tabela 4). Assim sendo, o objetivo foi verificar quais híbridos F₁ foram estatisticamente diferentes dos genitores e verificar a formação de distintos grupos.

Tabela 3. Comparação entre vinte constituições genéticas (C.G.) com cinco genitores (G.) pelo Teste de Dunnett ($p < 0,05$) para os caracteres estatura de planta (cm), número de legume por planta e ciclo de planta (dias).

Caráter							
Estatura de planta			Nº legume por planta		Ciclo de planta		
¹ C.G.	Médias		C.G.	Médias	C.G.	Médias	
20	49,33	d e	18	32,00	8	96,67 c	
17	49,00	d e	1	19,00	e	17	96,67 c
18	49,00	d e	10	16,33	e	1	94,33 a b c d e
19	49,00	d e	11	16,33	e	4	94,33 a b c d e
16	48,00	d e	15	15,67	e	5	94,33 a b c d e
15	47,67	d e	16	12,67b	e	15	94,33 a b c d e
14	47,33	d	17	12,00b	d	18	94,33 a b c d e
13	46,33	c d	14	10,33b	d	20	93,85 a b c d e
12	45,33	c	2	10,00b	d	11	92,67 a b d e
11	44,67	c	5	10,00b	d	13	92,67 a b d e
10	43,67	c	4	9,67	bd	14	92,67 a b d e
9	43,33	c	6	9,33a	b c d	2	92,00 a b d e
8	41,67b	c	12	9,33a	b c d	3	92,00 a b d e
7	41,00b		13	9,33a	b c d	6	92,00 a b d e
6	40,00b		20	9,00a	b c d	7	92,00 a b d e
5	39,00b		7	8,67a	b c d	9	92,00 a b d e
4	38,33b		19	8,33a	b c d	10	92,00 a b d e
2	37,33 a b		3	6,67a	c	12	92,00 a b d e
3	37,33 a b		9	6,67a	c	16	92,00 a b d e
1	36,67 a		8	5,00a	c	19	61,67
G.	Médias		G.	Médias	G.	Médias	
21	35,00 a		21	7,00 a	21	92,00 a	
22	39,33b		22	10,67b	22	92,67b	
23	44,00 c		23	7,00 c	23	95,67 c	
24	48,00 d		24	9,67 d	24	92,00 d	
25	50,00 e		25	14,67 e	25	92,00 e	

¹ 1 = 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 16 são os F₁ s os demais são os recíprocos.

A partir dos resultados obtidos pela comparação entre os genitores e os híbridos pelo teste de Dunnett (Tabela 3) pode ser verificado que os genitores superiores foram: BAF 7 para o caráter estatura de planta (média = 50,00), IPR Chopim para o caráter ciclo de planta e (média = 95,67) e BAF 7 para o caráter número de legumes por planta (média = 14,67). Quando comparadas as diferentes constituições genotípicas, que incluem os híbridos F_1 e os recíprocos, com os cinco genitores, foram observadas as melhores constituições genotípicas para cada caráter, sendo que as melhores: 20, 17, 18, 19, 16 e 15 para o caráter estatura de planta, 18, 1, 10, 11, 15 e 16 para o caráter número de legumes por planta e, 8 e 17 para o caráter ciclo de planta. Assim sendo podem ser destacados os híbridos 15 (BAF 97 x IPR Chopim), 16 (BAF 97 x BAF 7), 17 (BAF 7 x BRS Supremo), 18 (BAF 7 x BRS Valente) para obtenção de genótipos que agreguem as características de interesse, ou seja, maior estatura de planta, incremento no número de legumes por planta e prolongamento no ciclo, uma vez que, os híbridos obtidos a partir dessas combinações foram superiores em todas as características. É importante destacar a importância do efeito materno para todas as características avaliadas, pois a utilização do genitor com mãe em um cruzamento pode afetar de modo significativo o desempenho do híbrido, conforme observado nos resultados, onde os melhores híbridos, de modo geral, foram os recíprocos.

Tabela 4. Comparação entre vinte constituições genéticas (C.G.) com cinco genitores (G.) pelo Teste de comparação de médias de Scoot e Knott ($p < 0,05$) para os caracteres estatura de planta (cm), número de legume por planta e ciclo de planta (dias).

Estatura de planta			Nº legume planta			Ciclo de planta		
¹ C.G.	Médias	Grupo	C.G.	Médias	Grupo	C.G.	Médias	Grupo
25	50,0	a	18	32,00	a	17	96,7	a
20	49,3	a	1	19,0	b	8	96,7	a
19	49,0	a	11	16,3	c	23	95,7	a
18	49,0	a	10	16,3	c	18	94,3	b
17	49,0	a	15	15,7	c	15	94,3	b
24	48,0	b	25	14,7	c	5	94,3	b
16	48,0	b	16	12,7	d	4	94,3	b
15	47,7	b	17	12,0	d	1	94,3	b
14	47,3	b	22	10,7	e	20	93,9	b
13	46,3	c	14	10,3	e	22	92,7	c
12	45,3	c	5	10,0	e	14	92,7	c
11	44,7	d	2	10,0	e	13	92,7	c
23	44,0	d	24	9,7	e	11	92,7	c
10	43,7	d	4	9,7	e	25	92,0	c
9	43,3	d	13	9,3	e	24	92,0	c
8	41,7	e	12	9,3	e	21	92,0	c
7	41,0	e	6	9,3	e	16	92,0	c
6	40,0	f	20	9,0	e	12	92,0	c
22	39,3	f	7	8,7	e	10	92,0	c
5	39,0	f	19	8,3	e	9	92,0	c
4	38,3	g	23	7,0	f	7	92,0	c
3	37,3	g	21	7,0	f	6	92,0	c
2	37,3	g	9	6,7	f	3	92,0	c
1	36,7	g	3	6,7	f	2	92,0	c

¹ = constituição genotípica, onde 21, 22, 23, 24, 25 são os genitores; 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 16 são os F₁ e os demais são os recíprocos.

De modo geral, a comparação de médias entre todos os genótipos permitiu a formação de sete grupos distintos para os caracteres estatura de plantas e número de legumes por plantas e de três grupos para o caráter ciclo de planta (Tabela 4). Para o caráter estatura de planta o grupo constituído pelo genitor 25 (BAF 7) e combinações 20 (BAF 7 x BAF 97), 19 (BAF 7 x IPR Chopim), 18 (BAF 7 x BRS Valente) e 17 (BAF 7 x BRS Supremo) foram superiores.

Para o caráter número de legumes por planta, pode ser destacada a combinação 18 (BAF 7 x BRS Valente). O genitor 23 (IPR Chopim) e as combinações 17 (BAF 7 x BRS Supremo), 8 (BRS Valente x BAF 7) e 1 (BRS Supremo x BRS Valente) foram superiores. Assim sendo, pode ser observado que o genitor BAF 7 é promissor para ser utilizado em cruzamentos para o desenvolvimento de linhagens com estatura de planta elevada, maior número de legumes por planta e ciclo tardio, pois está presente em todos os grupos. Assim sendo, os resultados permitiram inferir sobre as capacidades de combinação entre os genitores, e deste modo, foi verificado que a partir dos genótipos BRS Supremo, BRS Valente, IPR Chopim, BAF 97 e BAF 7 podem ser obtidos genótipos superiores para o objetivo do programa de melhoramento do IMEGEM.

1. 6 CONCLUSÕES

Para o caráter EP a ação gênica predominante é aditiva e para os caracteres NLP e CIC a ação gênica não-aditiva predomina. Os genitores IPR Chopim, BAF 97 e BAF 7 foram superiores para EP, BRS Valente e BAF 7 para o caráter NGL e BRS Supremo e BRS Valente para o caráter CIC. As combinações entre BRS Valente vs BAF 7 , IPR Chopim vs BAF 97 e BRS Supremo e BAF 7 são promissoras para o incremento nos caracteres EP, NLP e CIC. O genitor BAF 7 é promissor para ser utilizado em cruzamentos para o desenvolvimento de linhagens com estatura de planta elevada, maior número de legumes por planta e ciclo tardio.

2 CAPÍTULO 2: SIMULAÇÃO DE ESTRESSE HÍDRICO EM FEIJÃO PELA DIMINUIÇÃO DO POTENCIAL OSMÓTICO. (SIMULATION OF WATER STRESS IN BEANS BY DECREASE OSMOTIC POTENTIAL)

2.1 RESUMO

O estresse hídrico é um dos agentes abióticos que mais danifica o desenvolvimento do feijão, pois este possui baixa capacidade de recuperação após um período de seca. Este experimento teve como objetivo avaliar o efeito de soluções osmóticas de manitol para simulação do estresse hídrico durante a germinação de acessos de feijão pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma do Imagem, possibilitando a identificação de genótipos tolerantes a seca, para que possam ser incluídos em blocos de cruzamento. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias em Lages, SC utilizando quatro genótipos de feijão num delineamento completamente casualizado com quatro repetições onde se avaliou a germinação, o comprimento do hipocótilo e desenvolvimento da radícula das plântulas. Dentre os genótipos utilizados o BAF9 teve um melhor desempenho para os caracteres avaliados, demonstrando que pode possuir genes importantes frente ao estresse hídrico, característica valiosa para os programas de melhoramento.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., germinação, hipocótilo.

2.2 ABSTRACT

Water stress is one of the more external agents that damage the development of the bean that has a low capacity to recover after a period of drought. This experiment aimed to evaluate the effect of osmotic solutions of manitol for simulation of water stress during the germination of beans belonging to the Active Germplasm Bank of Imagem, enabling the identification of genotypes tolerant to drought, so they can be included programs in plant breeding. The

experiment was conducted at the Science Center Agroveterinary in Lages, SC using four common bean genotypes in a completely randomized design with four replicates for assessment of germination, hypocotyls and radicle of seedlings. Among the genotypes used BAF9 had the better performance for both traits and found to be more adapted to water stress, a characteristic important for breeding programs.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., germination, hypocotyls.

2.3 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui o alimento básico para a maioria da população brasileira e o sucesso na sua produção é diretamente proporcional a qualidade fisiológica das sementes, pois de modo geral, a germinação e a emergência de plântulas são reflexos desta qualidade (Mesquita et al. 2007).

Estima-se que para 2010, a produção nacional seja de cerca de 2,0 milhões de toneladas, superando em 23,1% a obtida em 2009, quando foi colhido um volume de 1,6 milhões de toneladas. Mas para que esta estimativa se confirme, trabalha-se com a expectativa de que a cultura não venha sofrer os prejuízos causados por problemas climáticos, como a estiagem, que ocorreu em importantes centros produtores na safra do ano anterior (IBGE, 2010).

O melhoramento genético, o manejo adequado e a utilização de sementes com alta qualidade fisiológica garantem a alta produtividade da cultura do feijão (Binotti et al. 2008) porém muitos são os fatores que afetam a germinação e o vigor, ocasionando um decréscimo na produção (Forti et al. 2009). O estresse hídrico logo após o plantio é um dos fatores abióticos que mais influenciam no processo germinativo, interferindo diretamente nas atividades enzimáticas da planta (Moraes et al. 2005; Machado Neto et al. 2006; Nunes et al.

2009; Debouba et al.2006; Taiz e Zeiger, 2004), que no caso do feijão, apresenta baixa capacidade de recuperação após a falta de água, reduzindo o rendimento e causando grande prejuízo ao produtor (Custódio, 2009).

A seleção de genótipos tolerantes ao estresse hídrico na fase de germinação pode levar a identificação e a compreensão dos mecanismos de tolerância á seca, os quais são fundamentais no desenvolvimento de novos cultivares comerciais tolerantes ao déficit hídrico (Nepomuceno et al. 2001). Os testes de germinação em sementes de culturas importantes como a do feijão, vêm sendo cada vez mais utilizados (Miguel e Cícero, 1999), facilitando assim, os programas de melhoramento que buscam genótipos adaptados as condições adversas do ambiente (Machado Neto et al. 2004). Nestes testes são utilizadas soluções de manitol que diminuem o potencial osmótico da água no solo, simulando um ambiente com umidade reduzida, possibilitando a avaliação do comportamento de genótipos submetidos a potenciais osmóticos negativos, os quais inibem o potencial de germinação da grande maioria das culturas (Kron et al. 2008).

Quando há restrições à disponibilidade hídrica, a semente fica por mais tempo exposta ao ataque dos agentes fitopatogênicos presentes no solo e, não havendo umidade suficiente para a germinação e continuidade do processo fisiológico, pode ocorrer à morte do embrião.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação e o desenvolvimento de plântulas de feijão submetidas ao estresse hídrico por diferentes potenciais osmóticos.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto de Melhoramento e Genética Molecular – IMEGEM, do Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC em Lages, SC.

Quatro acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Feijão que apresentam características importantes para o programa de melhoramento desenvolvido pelo IMEGEM (BAF 7, BAF 9, BAF 14 e BAF 50) foram submetidos à germinação em condições de estresse hídrico sob os níveis 0, -0,6, -1,2 e -1,8MPa de potencial osmótico, simuladas com soluções de manitol ($C_6H_{14}O_6$), nas doses 0, 44, 58, 89, 117 e 133, 75 $g.L^{-1}$.

Tabela 5. Concentrações ($g.L^{-1}$) de Manitol, para obter diferentes níveis de potencial osmótico.

Potencial osmótico (MPa)	Manitol g/l água destilada
0	0
-0,6	44,58
-1,2	89,17
-1,8	133,75

As concentrações foram calculadas pela fórmula de Van't Hoff, Eira (1990), onde: $Yos = -RTC$, onde: *Yos*: potencial osmótico (atm); *R*: constante geral dos gases perfeitos ($0,082 \text{ atm. L.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$); *T*: temperatura ($^{\circ}K$); e *C*: concentração (mol.L^{-1}) (Braga et al. 1999).

Foram colocadas 50 sementes para germinar em três folhas de papel (Germitest) umedecidas 2,25 vezes a sua massa com as soluções osmóticas de manitol, para proporcionar diferentes níveis de potencial osmótico. As sementes foram depositadas sobre duas folhas e cobertas com a terceira. Em seguida as folhas foram enroladas e depositadas em germinador com umidade de 92% e temperatura de $25^{\circ}C$, constantes, permanecendo nesta condição por um período de nove dias.

A germinação das sementes foi avaliada no quinto dia e o desempenho das plântulas, no nono dia, quando foi medido o comprimento do hipocótilo e da radícula. Estas avaliações

bem como a metodologia utilizada obedeceram às normas estipuladas nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições e a análise estatística constou de análise de variância pelo teste F, a 5% de significância e foram realizadas análises de regressão linear simples com o SAS.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (Tabela 1) mostra o efeito significativo para a interação genótipo x dose, indicando que os genótipos estudados, apresentaram diferentes respostas às doses de manitol para todas as características avaliadas. A apresentação gráfica dos parâmetros utilizados para a avaliação da germinação, comprimento radicular e comprimento do hipocótilo das sementes de feijão, em função dos diferentes níveis de potencial osmótico obtidos com diferentes doses de manitol, estão apresentados nas Figuras 1 a 3.

Tabela 6. Quadrados médios da análise de variância para Genótipos, Dose e Genótipo*Dose para os caracteres germinação, desenvolvimento radicular e comprimento do hipocótilo de plântulas de feijão, Lages-SC, 2010.

FV	GL	QM		
		Germinação	Raiz	Hipocótilo
Modelo	15	142,43*	308,98*	87,08*
Genótipo	3	91,30*	255,34*	137,60*
Dose	3	298,24*	887,61*	173,74*
Genótipo*Dose	9	100,818*	36,96*	27,18*
Erro	45	49,83	4,56	2,41
Total	60	-	-	-

*Pr < 0,05, pelo teste F.

Por meio da análise da Figura 1 observa-se que ocorreu redução na percentagem de germinação das sementes à medida que o potencial osmótico foi diminuindo. Os valores de germinação apresentaram-se significativos quando as sementes foram submetidas até o nível de potencial osmótico de -0,6MPa; a partir desse nível, ocorreu a redução na germinação e a diminuição do número de plântulas normais, apresentando valores próximos de zero nos potenciais osmóticos inferiores a -1,0MPa.

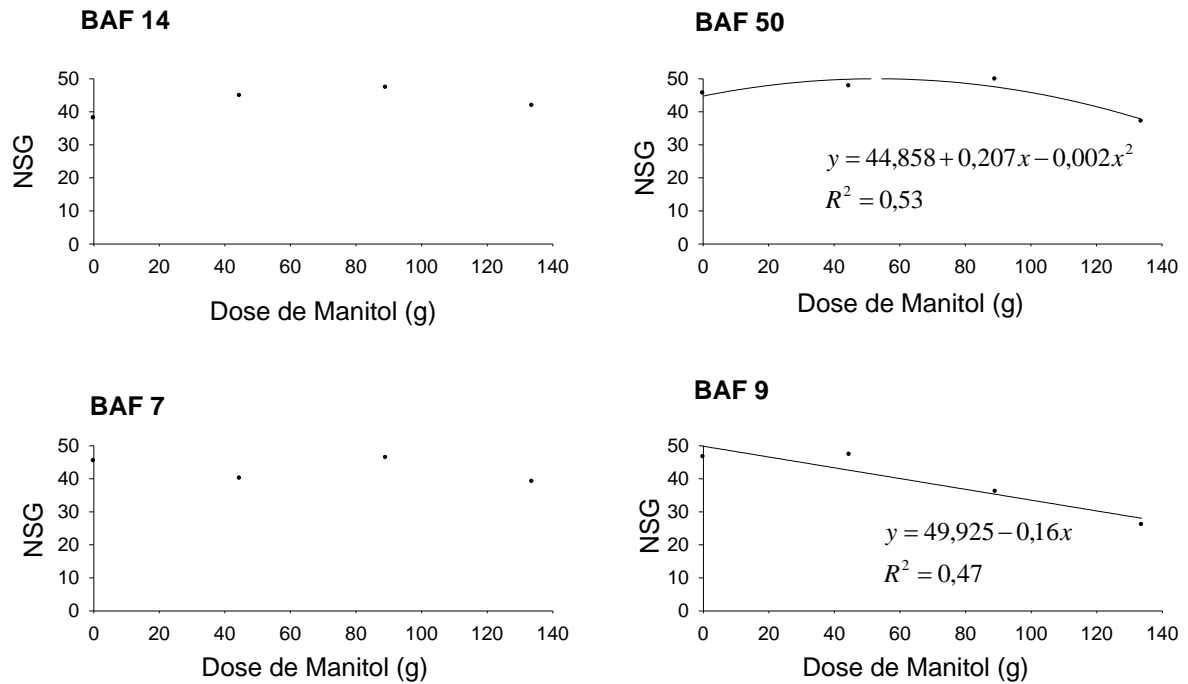


Figura 1. Número de sementes de feijão germinadas (NSG) submetidas à deficiência hídrica com diferentes doses de manitol.

Resultados semelhantes foram encontrados por Trigo et al. (1999) em sementes de cebola indicando que a diminuição do potencial osmótico prejudica a germinação e conseqüentemente o vigor das plântulas, diminui o desenvolvimento meristemático e expõe as sementes por mais tempo às condições desfavoráveis do ambiente, acarretando diminuição da produção, com conseqüente prejuízo ao produtor (Moraes e Menezes., 2003).

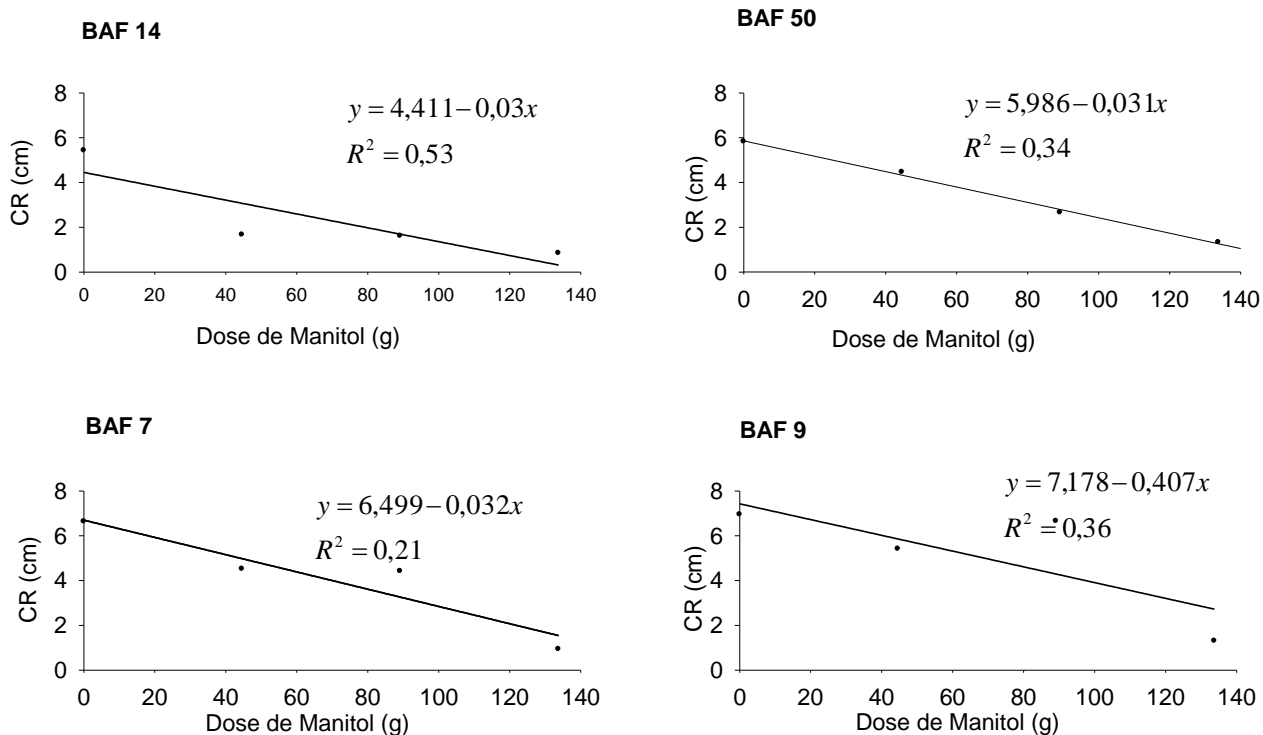


Figura 2. Comprimento radicular de plântulas de feijão (CR), submetidas à deficiência hídrica com diferentes doses de manitol.

Para o comprimento da radícula das plântulas os quatro genótipos apresentaram comportamento semelhante ao da germinação (Figura 2), demonstrando que o aumento da concentração de manitol afetou negativamente o desenvolvimento da radícula, causando uma diminuição no seu crescimento, porém o BAF 9 destacou-se por apresentar suas radículas mais desenvolvidas quando expostas a soluções mais concentradas de manitol, o que dá um indicativo que este genótipo pode ser mais tolerante a falta de água que os outros genótipos testados.

De acordo com a Figura 2 é possível observar também que o maior crescimento radicular se deu na dose 0 do soluto e a medida que o potencial osmótico diminuiu para -0,6, -1,2 e -1,8 houve redução do desenvolvimento radicular das plântulas de feijão. Em genótipos de milho, Azevedo Neto et al. (2004) encontraram resultados semelhantes e em canola, Ávila et al, (2007) observaram que, contrariamente ao que ocorre com o feijão e com o milho,

quanto maior a dose de manitol, até um certo limite, maior o crescimento radicular, pois as plantas de canola quando submetidas ao estresse hídrico tendem a desenvolver um sistema radicular que propicia absorver água de maiores profundidades.

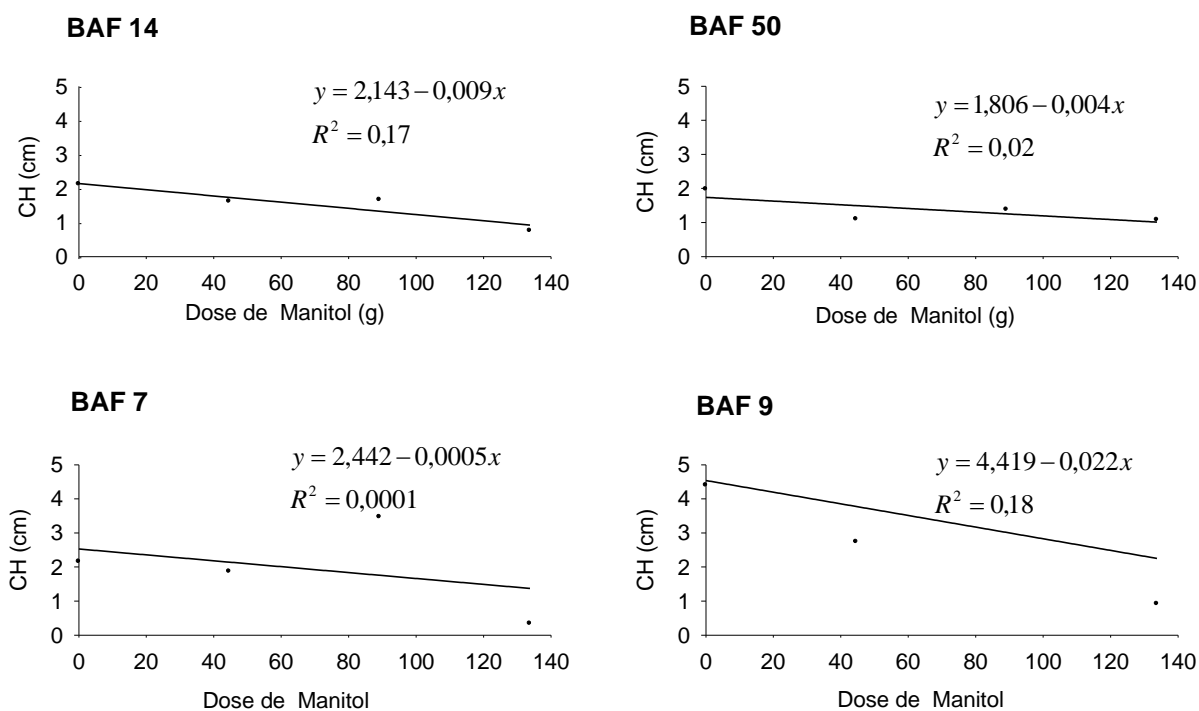


Figura 3. Comprimento do hipocótilo de plântulas de feijão (CH) submetidas à deficiência hídrica com diferentes doses de manitol.

Interpretando a Figura 3, verifica-se que à medida que ocorreu aumento da concentração da solução osmótica, houve diminuição no comprimento do hipocótilo para os genótipos estudados, estando de acordo com Alvarenga et al, (1991), em estudos realizados com soja, e Dantas et al, (2007) em estudos realizados com feijão. À medida que aumentou a concentração de manitol nas soluções, houve um decréscimo no comprimento do hipocótilo das plantas, com exceção do BAF 7 que não sofreu variação com o aumento da concentração

de manitol na solução, demonstrando que esse genótipo pode apresentar uma menor influência do estresse hídrico para o caráter comprimento do hipocótilo.

Na condição de estresse hídrico, os genótipos BAF 14 e BAF 50 apresentaram diminuição no comprimento do hipocótilo demonstrando ter seu desenvolvimento prejudicado quando submetido a ambientes com baixa umidade. Já o BAF 9 mostrou indícios de ser mais adaptado às condições de deficiência de água, pois alcançou os maiores índices para esta característica nas concentrações mais elevadas de manitol.

2. 6 CONCLUSÕES

A redução do potencial osmótico do substrato promove o menor desempenho das plântulas de feijão.

Dentre os genótipos utilizados o BAF 9 teve um melhor desempenho para os caracteres avaliados, demonstrando seu maior potencial adaptativo à deficiência hídrica, característica importante para os programas de melhoramento.

CONCLUSÃO GERAL

A análise dialélica demonstrou que para o caráter EP a ação gênica predominante é aditiva indicando que os efeitos da CGC foram mais importantes e para os caracteres NGL e CIC a ação gênica não aditiva, indicada pela CEC, predominou. Os genitores IPR Chopim, BAF 97 e BAF 7 foram superiores para EP, o BRS Valente e BAF 7 para o caráter NLP e o BRS Supremo e BRS Valente para o caráter CIC. As combinações entre BRS Valente *vs* BAF 7, IPR Chopim *vs* BAF 97 e BRS Supremo *vs* BAF 7 são promissoras para o incremento nos caracteres EP, NGL e CIC. O genitor BAF 7 é promissor para ser utilizado em cruzamentos para o desenvolvimento de linhagens com estatura de planta elevada, maior número de legumes por planta e ciclo tardio.

Para a análise de adaptação ao estresse hídrico com a utilização do manitol, verificou-se que o BAF 9 teve melhor desempenho para os caracteres avaliados, demonstrando que este pode ser mais adaptado à deficiência hídrica, característica importante para que seja selecionado para os programas de melhoramento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, P.A.; PENNA, J.C.V.; FREIRE, E.C.; MELO, L.C.(2007) **Diallel analysis of upland cotton cultivars**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 7, p. 353-359, 2007.

AHMED, N.; HURRA, M.; WANI, A.S.; KHAN, S.H . **Gene action and combining ability for yield and its component characters in sweet pepper**. Capsicum & Eggplant Newsletters, v. 22, p.55-58, 2003.

ALLARD, R.W. **Estimation of prepotency from lima bean diallel cross data**. Agronomy Journal, v.48, p.537- 543, 1956.

ALVARENGA, E.M.; SANTOS, V.L.M.; RUIZ, H.A. **Efeito do estresse hídrico e salino na germinação e vigor de sementes de soja**. Revista Brasileira de Sementes, Brasília. v.13, p.189-194. 1991.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; FAGLIARI, J.R.; SANTOS, J.L. **Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola**. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.29, p.98-106, 2007.

AZEVEDO NETO, A. D.; PRISCO, J. T.; ENÉAS FILHO, J.; LACERDA, C. F.; SILVA, J. V.; COSTA, P. H. A. da; GOMES FILHO, E. **Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes**. Brazilian Journal of Plant Physiology, Pelotas, v.16, p. 31-38, 2004.

BAKER, R.J. **Issues in Diallel Analysis**. Crop Science, n.18, p.533-536, 1978.

BENIN, G.; SILVA, G.O.; PAGLIOSA, E.S.; LEMES, C.; SIGNORINI, A.; BECHE, E.; CAPELIN, M.A. **Capacidade de combinação em genótipos de trigo estimada por meio de análise multivariada**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.44, p.1145-1151, 2009.

BINOTTI, F.F.S.; HAGA, K.I.; CARDOSO, E.D.; ALVES, C.Z.; SÁ, M.E.; ARF, O. **Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão**. v. 30, p. 247-254, 2008.

BOTELHO, B. A.; PEREZ, S. C. J. G. A. **Estresse hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de canafístula**. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 58, p. 43-49, 2001.

BRAGA, L.F.; SOUZA, M.P.; BRAGA, J.F.; SÁ, M.E. **Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica de sementes de feijão**. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.21, p.95-102, 1999

BRASIL - Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de Sementes**. Brasília: SNDA/ DNDV/ CLAV, 1992, 365p.

CASTIGLIONI, V.B.R.; OLIVEIRA, M.F.O.; ARIAS, C.A.A. **Análise da capacidade combinatória entre linhagens de girassol**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, p.981-988, 1999.

COCKERHAM, C.C.; WEIR, B.S. **Quadratic analyses of reciprocal crosses**. Biometrics, v.33, p.187-203, 1977.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2004.480p.

CRUZ, C.D.; VENCOSKY, R. **Comparação de alguns métodos de análise dialélica**. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, v.12, p.425-438, 1989.

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. UFV, Viçosa, 2001. 648p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, Viçosa, 1997. 390p.

CUSTÓDIO, C. C.; SALOMÃO, R.; MACHADO NETO, N. B. **Estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de feijão submetidas a diferentes soluções osmóticas**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v.40, p. 617-623, 2009.

DANTAS, B. F.; RIBEIRO, L. S.; ARAGÃO, C. A. **Germinação, crescimento inicial e teor de proteína nos cotilédones de feijão em estresse salino**. Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, v. 29, p. 106-110, 2007.

DEBOUBA, M.; GOUIA, H.; SUZUKI, A.; GHOEBEL, M. H. **NaCl stress effects on enzymes involved in nitrogen assimilation pathway in tomato "*Lycopersicon esculentum*" seedlings.** Journal of Plant Physiology, Frankfurt, v. 163, p. 1247-1258, 2006.

EPAGRI (2010) **Situação da safra 2009/10 e desempenho da produção animal de 2009 - 12/11/2010** Disponível em:
http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1243&Itemid=173#feijao. Acesso em 12 de fev.

EIRA, M.T.S.; MARCOS FILHO, J. **Condicionamento osmótico de sementes de alface. II. Desempenho sob estresses hídrico, salino e térmico.** Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, v.12, p. 28-45, 1990.

FERREIRA, F.M.; JUNIOR, J.I.R.; PACHECO, C.A.P.; SILVA, C.H.O.; FILHO, S.M. **Genetic components of combining ability in a complete diallel.** Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.4, p.338- 343, 2004.

FORTI, V. A.; CÍCERO, S. M.; PINTO, T. L. F. **Efeitos de potenciais hídricos do substrato e teores de água das sementes na germinação de feijão.** Pelotas, v. 31,p. 63-70, 2009.

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

IBGE (2010) **Produção agrícola nacional, 2010** Disponível em:
http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#indicadores>. Acesso em 12 de fev.

KIMANI, J.M.; DERERA, J. **Combining ability analysis across environments for some traits in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under low and high soil phosphorus conditions.** Euphytica, v.166, p.1-13, 2009.

KRON, A. P.; SOUZA, G. M.; RIBEIRO, R. V. **Water deficiency at different developmental stages of Glycine max can improve drought tolerance.** Bragantia, Campinas, v. 67, p. 43-49, 2008.

LONDERO, P.M.G.; RIBEIRO, N.; CERUTTI, T.; MAZIERO, S.M.; ROSA, S.S. **Efeito materno na expressão dos teores de aminoácidos sulfurados em grãos de feijão.** Ciência Rural, v.39, p.1884-1887, 2009.

LORENCETTI, C.; CARVALHO, F.I.; BENIN, G.; MARCHIORO, V.S.; OLIVEIRA, A.C de.; SILVA, J.A.G.; HARTWIG, I.; SCHIMIDT, D.A.M.; VALERIO, I.P. **Capacidade**

combinatória e heterose em cruzamento dialélico de aveia (*Avena sativa L.*). Revista Brasileira Agrociência, v.11, p.143-148, 2005.

MACHADO NETO, N. B. Water stress induced by mannitol and sodium choride in soybean cultivars. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v.47, p. 521-529, 2004.

MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C.; COSTA, P. R. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, v. 28,p. 142-148, 2006.

MEBRAHTU, T.; DEVINE, T. E. Diallel analysis of sugar composition of 10 vegetable soybean lines. Plant Breeding, p.249-252, 2009.

MESQUITA, F. R.; CORREA, A.D.; ABREU, C.M.P.; LIMA, R.A.Z.; ABREU, A.F.B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*): composição química e digestibilidade protéica. Ciência e agrotecnologia, Lavras, v.31, p.1114-1121, 2007.

MIGUEL, M. H.; CÍCERO, S. M. Teste de frio na avaliação do vigor de sementes de feijão. Scientia Agricola, v.56, p, 1233-1243, 1999.

MIKLAS, P.N.; KELLY, J.D.; BEEBE, S.E.; BLAIR, M.W. Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: from classical to MAS breeding. Euphytica,v.147, p.105–131, 2006.

MIKUSINSK, O.M. Testes de embebição e germinação em sementes de *Ipomoea aristolochiaefolia*. Revista Brasileira de Sementes, Brasília. v.9, p.103-108. 1987.

MOHAMED, I.D.; FRANCIS, E.S.; DAVID, J.P. Yield, yield components and plant architecture in the F₃ generation of common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) derived from a cross between the determinate cultivar ‘Prelude’ and an indeterminate landrace. Euphytica, v.156 p.77–87, 2007.

MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L. de.; PASQUALLI, L. L. Comportamento de sementes de feijão sob diferentes potenciais osmóticos. Ciência Rural, Santa Maria, v.35,p. 776-780, 2005.

MORAES, G.A.F.; MENEZES, N.L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. Ciência Rural, Santa Maria, v. 33, p. 219-226, 2003.

NASCIMENTO, I.R.; MALUF, W.R.; GOLCALVES, L.D.; FARIA, M.V.; RESSENDE, J.T.V.; NOGUEIRA, D.W. **Capacidade combinatória de linhagens de pimentão a partir de análise dialélica multivariada.** Acta Scientiarum. Agronomy Maringá, v. 32, p.235-240, 2010.

NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B.; OYA, T. **Tolerância à seca em plantas.** Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, Brasília, DF, v. 23, p. 12-18, 2001.

NUNES, A.S.; LOURENCAO, A.L.F.; PEZARICO, C.R.; SCALON, S.P.Q.; GONCALVES, M.C. **Fontes e níveis de salinidade na germinação de sementes de *Crotalaria juncea*. L.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.33, p.753-757, 2009.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.B. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação ao melhoramento do feijoeiro.** Goiânia: UFG 1993. 271p.

SAS INSTITUTE INC. **SAS[®] 9.1.3 (TS1M3) for Windows Microsoft.** Cary, NC, SAS Institute Inc, 2007. 212p.

SILVA, R.N.; LOPES, N.F.; MORAES, D.M. **Physiological quality of barley seeds submitted to saline stress.** Pelotas, v. 29, p. 40-44, 2007.

SONG, S.Q.; LEI, Y.B.; TIAN, X.R. **Proline metabolism and cross-tolerance to salinity and heat stress in germinating wheat seeds.** Russian Journal of Plant Physiology, v. 52, p. 897-904, 2005.

TRIGO M.F.O.O.; TRIGO, L.F.N. **Osmocondicionamento de sementes de cebola (*Allium cepa* L.) com soluções aeradas de polietileno glicol.** Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.21, p.145-150, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; LORENCETTI, C.; SILVA, J.A.; HARWIG, I.; SCHIMIDT, D.A.M.; BERTAN, I.; RIBEIRO, G. **Estabilidade da produção e da capacidade de combinação de diferentes populações de aveia.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, p.331-346, abr./jun. 2009.

VIEIRA, C. **Sobre a hibridação natural em *Phaseolus vulgaris* L.** Revista Ceres, v.11, p.103-107, 1967.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M.A.P.; CARNEIRO, J.E.S. Melhoramento de Feijão. In BORÉM, A. **Melhoramento de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. p.301-391.

WU, H.X.; MATHESON, A.C. **Analysis of half-diallel mating design with missing crosses: theory and SAS program for testing and estimating GCA and SCA fixed effects**. *Silva e Genetica*, v.49, p.130-137, 2001.

WU, H.X.; YEH, F.C.; DANCIZ, B.P.; PHARISR, P.; DHIRN, K.; ISRAEL, J. **Genetic parameters of greenhouse growth and performance of 2-year *Pinus contorta* subsp. *latifolia***. *Scandinavian Journal of Forest Research*, v.10, p.12-21, 1995.

WILLIAMS, W.P.; WINHAM, G.L.; BUCKLEY, P.M. **Diallel analysis of aflatoxin accumulation in maize**. *Crop Science*, v.45, p.134–138, 2008.

ZHANG, Y.; KANG, M.S.; LAMKEY, K.R. **A comprehensive program for Griffing's and Gardner-Eberhart Analyses**. *Agronomy Journal*, v.97, p.1097-1106, 2005.