

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**GENÉTICA DO FLORESCIMENTO E DO CICLO
REPRODUTIVO DO FEIJOEIRO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Daniele Piano Rosa

Santa Maria, RS, Brasil.

2013

GENÉTICA DO FLORESCIMENTO E DO CICLO REPRODUTIVO DO FEIJOEIRO

Daniele Piano Rosa

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**

Orientadora: Prof. Dr^a. Nerinéia Dalfollo Ribeiro

Santa Maria, RS, Brasil.

2013

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Rosa, Daniele Piano
Genética do florescimento e do ciclo reprodutivo do feijoeiro / Daniele Piano Rosa.-2013.
47 p.; 30cm

Orientadora: Nerinéia Dalfollo Ribeiro
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2013

1. Phaseolus vulgaris L. 2. Florescimento 3. Período reprodutivo 4. Herdabilidade 5. Ganho com a seleção I. Ribeiro, Nerinéia Dalfollo II. Título.

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Daniele Piano Rosa. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço eletrônico: piano_dani@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-graduação em Agronomia**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a
Dissertação de Mestrado**

**GENÉTICA DO FLORESCIMENTO E DO CICLO
REPRODUTIVO DO FEIJOEIRO**

elaborada por
Daniele Piano Rosa

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Nerinéia Dalfollo Ribeiro, Dr^a.
(Presidente/Orientador)

Magno Antonio Patto Ramalho, Dr. (UFLA)

Alberto Cargnelutti Filho, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 21 de março de 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me fortalecer em cada obstáculo imposto durante o curso de Mestrado.

À minha mãe Mary Lúcia Piano pelo amor incondicional, por ser a principal formadora do meu caráter, por estar presente em todos os momentos e por, inúmeras vezes, compreender as minhas ausências.

Ao meu pai Nelson da Silva Rosa e aos meus irmãos Rodrigo Piano Rosa e Marcelo Piano Rosa que sempre me incentivaram a lutar pelos meus ideais.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Nerinéia Dalfollo Ribeiro pela orientação.

Ao professor Alberto Cagnolutti Filho pelo auxílio na realização das análises estatísticas e por todo o conhecimento compartilhado durante o curso.

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa em Melhoramento e Manejo do Feijão, Allan, Eduardo, Cristiano, Josana, Karine, Lucas, Micheli, Rodrigo e Sandra pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, em especial ao João Colpo, pelo auxílio nos trabalhos de campo.

À todos que de alguma forma me ajudaram e estiveram presentes nesse importante período da minha vida, o meu sincero MUITO OBRIGADO.

“A simplicidade consiste na falta de aparatos na vida externa. Resulta da convicção de que a verdadeira grandeza se ache no interior do homem.”

(Charles Wagner)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

GENÉTICA DO FLORESCIMENTO E DO CICLO REPRODUTIVO DO FEIJOEIRO

AUTORA: DANIELE PIANO ROSA

ORIENTADORA: NERINÉIA DALFOLLO RIBEIRO

Local e Data: Santa Maria, RS, 21 de março 2013.

Existem duas cultivares de feijão de ciclo precoce registradas para o cultivo no Estado do Rio Grande do Sul. Portanto, há demanda por cultivares de colheita antecipada para melhorar o manejo das áreas de cultivo, garantir ao produtor melhor preço de venda e, ainda, na safrinha possibilitar a colheita antes do período de geadas. Assim, foram objetivos desse trabalho, estudar a genética do florescimento, do período reprodutivo e do ciclo em feijão. Para isso, foram obtidas as gerações F_1 e F_2 para as combinações híbridas Iraí x BRS Esplendor e Iraí x IPR Tangará. Os parentais e as gerações F_1 e F_2 obtidas foram semeados a campo e, avaliados quanto ao florescimento, o período reprodutivo e o ciclo. O florescimento apresentou estimativas de herdabilidade em sentido amplo de intermediária (h^2_a : 44,87%) a alta (h^2_a : 61,38%) magnitude e os maiores ganhos com a seleção. O período reprodutivo apresentou estimativas de herdabilidade em sentido amplo variando de baixa (h^2_a : 22,94%) a intermediária (h^2_a : 59,20%) magnitude e ganhos com a seleção menores do que os obtidos com o florescimento. Para o caráter ciclo foram obtidas estimativas de herdabilidade em sentido amplo de intermediária (h^2_a : 45,38%) a alta (h^2_a : 62,93%) magnitude e ganhos com a seleção intermediários aos obtidos para o florescimento e para o período reprodutivo. Assim, o florescimento é o caráter mais eficiente para a seleção de linhagens de feijão de ciclo precoce.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Florescimento. Período reprodutivo. Herdabilidade. Ganho com a seleção.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Agronomy Post-graduation Program
Santa Maria Federal University

GENETICS OF THE FLOWERING AND OF THE REPRODUCTIVE CYCLE OF THE COMMON BEAN

AUTHOR: DANIELE PIANO ROSA

ADVISER: NERINÉIA DALFOLLO RIBEIRO

Place and Date: Santa Maria, RS, March 21st, 2013.

There are two early-maturing common bean cultivars registered for cultivation in the Rio Grande do Sul State. Thus, there is demand for cultivars for early harvest to improve the management of crop fields, ensure the best selling price to producer and, also, allow the second season harvest before the frost period. Thus, the aims of this research were to study the genetic of the flowering, reproductive period and cycle in common bean. For this, were obtained the F₁ and F₂ generations to Iraí x BRS Esplendor and Iraí x IPR Tangará hybrid combinations. The parents and the F₁ and F₂ generations were sown in the field and, evaluated for flowering, reproductive period and cycle. The flowering showed broad sense heritability estimates of intermediate (h^2_a : 44.87%) to high (h^2_a : 61.38%) magnitude and the highest selection gains. The reproductive period showed broad sense heritability estimates ranging from low (h^2_a : 22.94%) to intermediate (h^2_a : 59.20%) values and, selection gains lower than those obtained with the flowering. To the character cycle were obtained broad sense heritability estimates of intermediate (h^2_a : 45.38%) to high (h^2_a : 62.93%) magnitude and, selection gains intermediate to those obtained to flowering and to reproductive period. Thus, the flowering is the character more efficient to the selection of common bean lines of the early cycle.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.. Flowering. Reproductive period. Heritability. Selection gains.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Escala da caracterização dos estádios fenológicos das plantas de feijão..... 25
- Figura 2 – Distribuição de frequência para os caracteres número de dias da emergência (V1) até a abertura da primeira flor (R6) (florescimento, dias) - (A), número de dias do pré-florescimento (R5) até a maturação (R9) (período reprodutivo, dias) - (B) e o número de dias da emergência (V1) até a maturação (R9) (ciclo, dias) - (C), em plantas de feijão da geração $F_{2:3}$, obtidas a partir do cruzamento entre as cultivares Iraí x BRS Esplendor. Santa Maria, UFSM, 2013..... 30
- Figura 3 – Distribuição de frequência para os caracteres número de dias da emergência (V1) até a abertura da primeira flor (R6) (florescimento, dias) - (A), número de dias do pré-florescimento (R5) até a maturação (R9) (período reprodutivo, dias) - (B) e o número de dias da emergência (V1) até a maturação (R9) (ciclo, dias) - (C), em plantas de feijão da geração $F_{2:3}$, obtidas a partir do cruzamento entre as cultivares Iraí x IPR Tangará. Santa Maria, UFSM, 2013. 31

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Valores mínimo, máximo e médio, limites inferior e superior do intervalo de confiança de 95% da média, mediana, variância, desvio padrão e limites inferior e superior do intervalo de confiança de 95% do desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação para os caracteres número de dias da emergência (V1) até a abertura da primeira flor (R6) (florescimento, dias), número de dias do pré-florescimento (R5) até a maturação (R9) (período reprodutivo, dias) e o número de dias da emergência (V1) até a maturação (R9) (ciclo, dias), nos parentais e nas gerações F_1 e $F_{2:3}$ oriundas do cruzamento entre as cultivares Iraí x BRS Esplendor, Santa Maria, RS..... 28
- Tabela 2 – Valores mínimo, máximo e médio, limites inferior e superior do intervalo de confiança de 95% da média, mediana, variância, desvio padrão e limites inferior e superior do intervalo de confiança de 95% do desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação para os caracteres número de dias da emergência (V1) até a abertura da primeira flor (R6) (florescimento, dias), número de dias do pré-florescimento (R5) até a maturação (R9) (período reprodutivo, dias) e o número de dias da emergência (V1) até a maturação (R9) (ciclo, dias), nos parentais e nas gerações F_1 e $F_{2:3}$ oriundas do cruzamento entre as cultivares Iraí x IPR Tangará, Santa Maria, RS. 29
- Tabela 3 – Parâmetros genéticos e predição dos ganhos por seleção para os caracteres número de dias da emergência (V1) até a abertura da primeira flor (R6) (florescimento, dias), número de dias do pré-florescimento (R5) até a maturação (R9) (período reprodutivo, dias) e o número de dias da emergência (V1) até a maturação (R9) (ciclo, dias) em gerações precoces de feijão oriundas do cruzamento entre as cultivares Iraí x BRS Esplendor, Santa Maria, RS..... 33
- Tabela 4 – Parâmetros genéticos e predição dos ganhos por seleção para os caracteres número de dias da emergência (V1) até a abertura da primeira flor (R6) (florescimento, dias), número de dias do pré-florescimento (R5) até a maturação (R9) (período reprodutivo, dias) e o número de dias da emergência (V1) até a maturação (R9) (ciclo, dias) em gerações precoces de feijão oriundas do cruzamento entre as cultivares Iraí x IPR Tangará, Santa Maria, RS. 33
- Tabela 5 – Taxa de eficiência média dos cruzamentos realizados entre as cultivares Iraí x IPR Tangará, IPR Tangará x Iraí, Iraí x BRS Esplendor e BRS Esplendor x Iraí, no período de outono-inverno de 2011 em Santa Maria-RS. 35

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice A – Dados meteorológicos dos meses de fevereiro a junho de 2012 coletados da Estação Meteorológica de Santa Maria (8º Distrito de Meteorologia) instalada na Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS..... 47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Centros de origem e domesticação do feijão.....	14
2.2 Incompatibilidade em cruzamentos entre cultivares andinas e mesoamericanas	15
2.3 Influência da temperatura no desenvolvimento do feijoeiro	17
2.4 Genética da precocidade do ciclo em feijão	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Florescimento	27
4.2 Período reprodutivo.....	34
4.3 Ciclo.....	37
5 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
APÊNDICE	47

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) possui importância econômica na agricultura familiar, bem como na produção agrícola altamente tecnificada, o que o torna amplamente cultivado em todo o território nacional.

Na safra brasileira das águas de 2012/2013 foram destinados a produção de feijão 1.144,2 mil hectares, havendo uma redução de 7,8% em relação ao ano anterior (CONAB, 2013a). Devido as condições climáticas mais favoráveis ao cultivo de feijão, a Companhia Nacional de Abastecimento prevê o aumento de produção de 4,8% em relação a safra 2011/2012, atingindo 1.294,4 mil toneladas, o que proporcionará o aumento de 995 kg ha⁻¹ (safra 2011/2012) para 1.131 kg ha⁻¹ (safra 2012/2013). Na safra da seca (segunda safra), estima-se que a área cultivada de 1.394,6 mil hectares permanecerá a mesma do ano anterior, porém a produção tende a aumentar de 1.063,9 para 1.278,1 mil toneladas, contribuindo para o aumento da produtividade de 763 kg ha⁻¹ (safra 2011/2012) para 916 kg ha⁻¹ na safra 2012/2013 (CONAB, 2013a).

Essa tendência de redução de área de cultivo e incremento na produtividade de grãos ao longo dos anos, também, foi observada no Estado do Rio Grande do Sul, onde a área cultivada com feijão ultrapassou os 100.000 hectares por ano, o que representa uma redução de 50% na área cultivada em relação a década de 1990 (CTSBF, 2010). De acordo com essa mesma fonte, a produtividade média, que era de 716 kg ha⁻¹, passou a valores superiores a 1.000 kg ha⁻¹ nas últimas safras.

A substituição do cultivo do feijão pela soja, na agricultura brasileira, tem causado a redução na área cultivada de feijão, uma vez que a soja ocupa, aproximadamente, 27,65 milhões de hectares, enquanto que, o feijão concentra-se em apenas 3,19 milhões de hectares (CONAB, 2013b). Por outro lado, além do cultivo de feijão em pequenas propriedades, nos últimos anos tem havido crescente interesse de produtores de outras classes, com o emprego de tecnologias avançadas como a irrigação e colheita mecanizada (YOKOYAMA, 2003). Isso tem proporcionado o aumento de produtividade de grãos de feijão mesmo em condições de redução de área cultivada.

Atualmente há apenas duas cultivares de feijão de ciclo precoce (Iraí e Carioca Precoce) inscritas no Registro Nacional de Cultivares para o cultivo no Rio Grande do Sul (MAPA, 2013). A maior utilização de cultivares de ciclo precoce pode trazer benefícios aos

produtores de feijão do Estado, pois segundo Buratto et al. (2007), a precocidade da maturação das plantas possibilita a colheita antes de períodos de seca na safra, auxilia no melhor uso dos recursos hídricos por meio de irrigação e, também, facilita a rotação de culturas e o manejo mais adequado da área. Na safrinha, o cultivo de cultivares de ciclo precoce é importante, principalmente, porque possibilita a colheita antes do período de geadas que ocorre no Estado.

A genética da precocidade do ciclo em feijão ainda não está bem elucidada na literatura. Na maioria das vezes, a precocidade em feijão é avaliada pelo número de dias da emergência até a abertura da primeira flor (florescimento) (BALDONI et al., 2008; BLAIR et al., 2012; RAMALHO et al., 1993; SANTOS; VENCOVSKY, 1985). Esse caráter apresenta facilidades para selecionar linhagens de feijão de ciclo precoce devido à alta estimativa de herdabilidade em sentido restrito (BARELLI et al., 1999; MENDES et al., 2008) e à predominância de efeitos aditivos no seu controle genético (SANTOS; VENCOVSKY, 1985; BARELLI et al., 1999; GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2008).

O período reprodutivo e o ciclo, também, foram empregados no estudo da precocidade em feijão (CERNA; BEAVER, 1990; WHITE; SINGH, 1991). No entanto, há dúvidas a respeito da genética desses caracteres e sobre qual é o caráter mais adequado para a seleção de linhagens de feijão de ciclo precoce em gerações iniciais do programa de melhoramento. Assim, foram objetivos desse trabalho estudar a genética do florescimento, do período reprodutivo e do ciclo em feijão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Centros de origem e domesticação do feijão

A origem americana do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é aceita desde o final do século XIX e, por meio de investigações arqueológicas, foram encontrados restos de plantas em vários locais dos Estados Unidos, México e Peru. Na região sudoeste dos Estados Unidos, em particular, foram encontrados restos de, aproximadamente, 2,3 mil anos, enquanto que, em diversas regiões do México foram localizados restos arqueológicos com uma antiguidade de até 7 mil anos e, por fim, no Peru, os materiais dataram até 10 mil anos (VOYSEST, 2000). No entanto, esses autores relataram que esses descobrimentos são provenientes de plantas completamente domesticadas, o que evidenciaria que a domesticação do feijão teria ocorrido antes das datas anteriormente mencionadas e que, devido à inexistência de restos arqueológicos comparativamente mais antigos não foi possível comprovar a transição completa do estado silvestre até o feijão cultivado.

O feijão tem sua origem em dois grandes grupos de germoplasma derivados dos grupos gênicos mesoamericano e andino. Esses acervos genéticos, por sua vez, foram divididos em seis raças, sendo o andino composto pelas raças Nova Granada, Chile e Peru e o mesoamericano, pelas raças Durango, Jalisco e Mesoamérica (SINGH; GEPTS; DEBOUCK, 1991).

O centro andino foi subdividido por Debouck (1988) nos centros norte andino e sul andino. A Colômbia, a Venezuela e o norte do Peru fazem parte do centro norte andino, enquanto que, o norte do Peru até o noroeste da Argentina compreendem o centro sul andino. O centro mesoamericano abrange o sudeste dos Estados Unidos até o Panamá (DEBOUCK, 1988). Gepts; Bliss (1986) e Gepts; Osborn; Rashka (1986) observaram diferenças marcantes entre os feijões dos diferentes centros de origem, uma vez que os mesoamericanos apresentam sementes pequenas e a presença mais acentuada da faseolina tipo “S”, enquanto que os de origem andina apresentam sementes de tamanho grande e mais largas, além do predomínio da faseolina do tipo “T”. De acordo com Pereira; Souza (1992) e Straliozzo; Teixeira (2000), a faseolina é a principal proteína do feijão comum e pode representar até 50% do nitrogênio total contido em suas sementes. No que diz respeito ao tamanho das sementes de feijão, as de

tamanho pequeno possuem 25 g por 100 sementes ou o calibre de mais de 250 sementes em 100 g; as sementes médias, por sua vez, possuem massa de 25 a 40 g por 100 sementes ou o calibre de 250 a 200 sementes em 100 g; e, por fim, as sementes grandes devem possuir mais de 40 g por 100 sementes ou o calibre de menos de 200 sementes em 100 g (VOYSET, 2000).

As cultivares de sementes menores e com faseolina do tipo “S”, tais como Carioca, Chumbinho, Enxofre, Preto Vagem Roxa, Rosinha e, também, as cultivares de sementes grandes e com faseolina do tipo “T” como Pintado, Amendoim, Manteigão Tosco, Jalo e Goiano Precoce, são as mais comuns no Brasil (VIEIRA et al., 2005). Os autores também relataram que o primeiro grupo é oriundo do México e América Central seguindo a rota norte da América do Sul e Brasil, pois nessas regiões predominam os feijões com faseolina “S”, enquanto que os feijões do segundo grupo, com sementes grandes e faseolina do tipo “T”, são provenientes diretamente dos Andes, mas podem ter sido introduzidos no Brasil pelos imigrantes europeus.

Comumente tem sido realizados estudos com cruzamentos entre feijões de origem andina e mesoamericana (BLAIR; IRIARTE; BEEBE, 2006; JOHNSON; GEPTS, 2002). Especificamente no Brasil, esses cruzamentos apresentam importância no que diz respeito à ampliação da variabilidade genética e, também, na introdução de genes que conferem resistência a patógenos (BALDONI; RAMALHO; ABREU, 2008). Apesar disso, há restrições na exploração dessa variabilidade, devido a ocorrência do fenômeno de incompatibilidade em cruzamentos entre cultivares de feijão andinas e mesoamericanas (BRUZZI; RAMALHO; ABREU, 2007).

2.2 Incompatibilidade em cruzamentos entre cultivares andinas e mesoamericanas

De acordo com Vieira et al. (2005), os centros andino e mesoamericano possuem relação com dois tipos de germoplasma que, quando cruzados, manifestam o chamado nanismo ou fraqueza do híbrido F_1 . Ainda conforme os autores, essas anormalidades nas plantas F_1 se manifestam na forma de esterilidade, diminuição do crescimento radical, folhas cloróticas, ausência de raízes e formação de raízes adventícias no hipocótilo, indicando que ocorreu, ao longo dos anos, um expressivo isolamento geográfico entre o germoplasma dessas duas regiões.

A incompatibilidade nos cruzamentos entre cultivares andinas e mesoamericanas é governada por dois genes dominantes (SHII et al., 1980). As cultivares mesoamericanas carregam o gene DL_1 , enquanto que as andinas são portadoras do gene DL_2 . Assim, o genótipo $DL_1 DL_2$ da geração F_1 tem a presença dos alelos dominantes nos dois genes e, em consequência, manifesta a incompatibilidade, enquanto que os genótipos recessivos $dl_1 dl_1$ $dl_2 dl_2$ sempre constituem híbridos F_1 normais (SINGH; GUTIÉRREZ, 1984). Com o intuito de estudar a incompatibilidade, Arantes; Ramalho; Abreu (2008) utilizaram a cultivar ponte Small White no cruzamento com a linhagem andina Jalo EEP e, também, no cruzamento com a cultivar mesoamericana Mulatinho da Vagem Roxa. A F_1 do primeiro cruzamento foi, a seguir, cruzada com a F_1 do segundo cruzamento, obtendo-se a nova geração F_1 , que foi avaliada a campo quanto ao caráter incompatibilidade. Os autores relataram que esse caráter teve expressividade muito variável, dificultando sua classificação fenotípica precocemente, uma vez que houve oscilação no estágio de desenvolvimento em que se expressaram os sintomas. Adicionalmente, obtiveram a segregação na proporção de três plantas normais para uma com nanismo, concluindo que devem estar envolvidos dois genes no controle genético da incompatibilidade entre cultivares andinas e mesoamericanas de feijão. Esse resultado foi similar ao relatado anteriormente por Singh; Gutiérrez (1984).

Apesar da ocorrência de incompatibilidade é possível obter sementes híbridas a partir de cruzamentos entre cultivares andinas e mesoamericanas, uma vez que, o cruzamento da cultivar mesoamericana Carioca MG com a linhagem do grupo andino ESAL 550, com a finalidade de selecionar famílias de feijão de grãos carioca, produtivas e com resistência à *Phaeosariopsis griseola* (mancha angular), resultou em variabilidade genética entre as famílias avaliadas e, ainda, em possibilidade de sucesso a partir da seleção de famílias resistentes à mancha angular e com elevada produtividade de grãos, porém com grãos sem o padrão comercial carioca (BRUZZI; RAMALHO; ABREU, 2007).

Adicionalmente, a epistasia, também, tem sido considerada para explicar o fenômeno da incompatibilidade de cruzamentos entre feijões andinos e mesoamericanos (BOREL; RAMALHO; ABREU, 2011). A epistasia ocorre quando há a interação entre alelos de diferentes genes e, portanto, é necessário que o caráter em estudo seja controlado por no mínimo dois genes (RAMALHO et al., 2012a). Apesar de Bruzzi; Ramalho; Abreu (2007) terem constatado a existência de variabilidade genética nos híbridos oriundos do cruzamento entre os dois grupos gênicos, as progênies apresentaram menor produtividade de grãos que seus parentais. Isso pode ter ocorrido porque os feijões dos dois grupos gênicos desenvolveram combinações epistáticas que culminaram em melhor adaptação devido ao

isolamento geográfico, no entanto, essas combinações não permanecem quando ocorreu os cruzamentos e, por isso o desempenho das populações decresceu (BOREL; RAMALHO; ABREU, 2011; MORETTO, 2008).

Apesar de haver estudos envolvendo a epistasia para diversos caracteres em feijão (JOHNSON; GEPTS, 2002; MIKLAS; STAVELY; KELLY, 1993; MORETO; RAMALHO; BRUZI, 2012), pouco se conhece a respeito da ocorrência de epistasia no controle gênico do número de dias da emergência até a abertura da primeira flor (florescimento), em cruzamentos entre feijões andinos e mesoamericanos. No entanto, Borel; Ramalho; Abreu (2011), empregando o “Triple Test Cross” no estudo da epistasia no florescimento, relataram que houve interação epistática aditiva x aditiva significativa em cruzamentos de mesmo conjunto gênico, enquanto que a interação aditiva x dominante e a dominante x dominante foram significativas tanto em cruzamentos de conjuntos gênicos iguais quanto diferentes. Assim, apontaram que a epistasia foi importante no controle gênico do florescimento em feijoeiro. No entanto, esse trabalho mostrou que quando o objetivo do programa de melhoramento for desenvolver linhagens de florescimento precoce originadas de cruzamentos entre feijões andinos e mesoamericanos, é possível encontrar dificuldades, uma vez que não houve a presença da epistasia aditiva x aditiva, a qual é a mais importante em plantas autógamas, pois confere maiores ganhos com a seleção (GRAVINA et al., 2004).

2.3 Influência da temperatura no desenvolvimento do feijoeiro

A temperatura do ar é considerada o elemento climático de maior importância sobre o florescimento, a porcentagem de vingamento de vagens e a frutificação do feijoeiro (SILVA; THUNG; AIDAR, 2004). As regiões ideais para o cultivo do feijão são aquelas cujas temperaturas médias do ar durante o ciclo da cultura permanecem entre 20 e 22°C, sendo a ótima em torno de 21°C (MOTA; ZAHLER, 1994). Para as cultivares brasileiras de feijão as temperaturas ótimas podem oscilar entre 20 a 25°C (PETERNELLI; BORÉM, 1999). De acordo com Silva; Didonet (2005), a temperatura do ar deve apresentar valores mínimo, ótimo e máximo de 12°C, 21°C e 29°C, respectivamente, para que o feijoeiro atinja a sua produtividade potencial.

As plantas de feijão podem ser prejudicadas pela ocorrência de temperaturas elevadas no período reprodutivo, uma vez que temperaturas acima de 35°C no período de floração

causam o abortamento de flores e de botões florais, comprometendo a produtividade de grãos (DICKSON; PETZOLDT, 1989; HEINEMANN; STONE; SILVA, 2009). Silva et al. (2007) avaliaram a frequência de temperaturas máximas do ar nos estádios de aparecimento dos botões florais até o início da formação das vagens, durante a época recomendada para o cultivo do feijão no Rio Grande do Sul. Os autores verificaram as frequências de 55% e de 33% dos dias para as temperaturas de 30 e de 32°C, respectivamente, quando a semeadura foi realizada no final da safra (15 de novembro) e, quando a semeadura aconteceu no início da safrinha (10 de janeiro), as frequências de temperaturas iguais ou superiores a 30°C e a 32°C, foram de 47% e de 24% dos dias, respectivamente. Assim, os autores concluíram que houve maior chance de prejuízos às plantas de feijão devido a alta temperatura do ar quando a semeadura foi realizada no final do período recomendado da safra e no início do período recomendado para a safrinha.

A temperatura base inferior é o valor de temperatura abaixo do qual a planta cessa seu crescimento ou reduz drasticamente a ponto de ser considerado desprezível (BURIOL et al., 1978). Hanauer et al. (2010) estudaram 11 cultivares de feijão, em Santa Maria - Rio Grande do Sul, com o objetivo de calcular a temperatura-base em feijão na fase de emergência a floração. Segundo os autores, a grande amplitude de valores encontrados com variação de 3,9°C a 15,7°C pôde ter sido consequência da resposta das plantas de feijão ao fotoperíodo. Por outro lado, em experimento conduzido em Colorado do Oeste - Rondônia, com o objetivo de quantificar a soma térmica no subperíodo emergência a maturação de feijão, Miranda; Campelo Júnior (2010), utilizaram as temperaturas base inferiores de 10°C, 12°C e 15°C e concluíram que houve similaridade nos valores de graus-dias obtidos, apontando para a possibilidade de uso destes na determinação da soma térmica para o ciclo do feijoeiro. De acordo com esses trabalhos verifica-se que a temperatura-base em feijão pode variar de acordo com a cultivar, com o método empregado e com os ambientes aos quais as plantas foram submetidas.

Adicionalmente, as temperaturas do ar inferiores a 12°C podem causar, dependendo da intensidade, abortamento de flores e conseqüente decréscimo na produtividade de grãos do feijoeiro (SILVA; DIDONET, 2005). Em cruzamentos entre cultivares de feijão, foi observado que temperaturas abaixo de 15°C, também, tendem a prejudicar o crescimento das plantas, dificultam a abertura normal das flores e impedem o crescimento dos botões florais, dificultando consideravelmente o procedimento de hibridação (PETERNELLI; BORÉM, 1999).

Além das temperaturas diurnas, as temperaturas noturnas do ar influenciam o desenvolvimento das plantas de feijão sendo que a temperatura média ideal durante a noite deve ficar na faixa de 15 a 21°C (SOUZA, 2005). Ofir et al. (1993) apud Peternelli; Borém (1999) relataram que a temperatura noturna de 27°C durante cinco dias na época da antese, em plantas de feijão, ocasionou redução significativa no número de vagens e de sementes devido ao aumento da abscisão de botões florais, flores e vagens e, também, devido à ocorrência de problemas na fertilização e no desenvolvimento das sementes.

2.4 Genética da precocidade do ciclo em feijão

A maioria das cultivares de feijão em cultivo no Brasil completa o ciclo em, aproximadamente, 90 dias (ZIMMERMANN et al., 1996). No entanto, existe demanda por cultivares de feijão de ciclo precoce, as quais segundo White; Singh (1991) entram em maturação em menos de 70 dias. Essa demanda é decorrente do fato de que o uso de cultivares precoces diminui o risco do desenvolvimento de doenças nas plantas devido ao escape de períodos favoráveis à sua ocorrência, permite a rotação de culturas e traz retorno financeiro ao produtor de feijão por meio da comercialização antecipada do produto (BURATTO et al., 2007; MENDES et al., 2008). Além disso, o cultivo de safrinha na região sul do Brasil, possibilita que a colheita seja realizada antes do período de geadas.

A precocidade em feijão é caracterizada como a capacidade das plantas de completarem o ciclo em um período menor do que o considerado normal (80 - 90 dias) (COSTA; ZIMMERMANN, 1988). Na maioria das vezes, a precocidade em feijão é avaliada pelo número de dias decorridos da emergência até a abertura da primeira flor (florescimento) (SANTOS; VENCOSKY, 1985; BALDONI et al., 2008; MENDES et al., 2008; BLAIR et al., 2012). Ampla variabilidade genética tem sido constatada para o florescimento, já tendo sido observados ciclos variando de 24,50 a 43,50 dias (ARRIEL; RAMALHO; SANTOS, 1990), de 25 a 33,20 dias (MENDES et al., 2008) e de 27,30 a 34,38 dias (BALDONI; RAMALHO; ABREU, 2008). Esses resultados justificam a realização de estudos relacionados à genética da precocidade do ciclo em feijão e que é possível o desenvolvimento de linhagens de ciclo precoce.

Nesse sentido, é de grande relevância considerar a herdabilidade do caráter precocidade de ciclo em plantas de feijão. A herdabilidade no sentido amplo é a proporção

genética da variabilidade total, enquanto que, no sentido restrito, é a porção dessa variabilidade observada em função dos efeitos aditivos dos genes (BORÉM; MIRANDA, 2007). Estimativas de herdabilidade em sentido amplo de alta magnitude para o número médio de dias da emergência até o início do florescimento foram relatadas em feijão: 66,47 a 92,94% em progênies $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$ obtidas a partir de uma combinação híbrida (BALDONI et al., 2008) e de 73,00% em progênies F_6 de feijão de ciclo precoce (NUNES et al., 1999), evidenciando que a variância genética foi mais pronunciada do que a variância ambiental na expressão fenotípica do florescimento em feijão, tanto em gerações precoces como em gerações avançadas. De modo semelhante, altas estimativas de herdabilidade em sentido restrito já foram relatadas, em feijão, para o número médio de dias da emergência até o início do florescimento: 92,51% em 28 progênies F_2 oriundas de cruzamentos dialélicos (SANTOS; VENCOVSKY, 1985), 75,00% em progênies F_3 derivadas de três combinações híbridas (CERNA; BEAVER, 1990) e 60,81 a 77,09% em progênies $F_{3:4}$ derivadas de dois cruzamentos (MENDES et al., 2008). Esses resultados observados indicam facilidades para o melhoramento para a precocidade do ciclo em feijão, uma vez que o caráter pode ser fixado em gerações precoces.

Adicionalmente, Santos; Vencovsky (1985), avaliando progênies F_2 de feijão quanto ao início médio do florescimento, relataram um valor do grau médio de dominância de 0,66, apontando para a presença de dominância parcial no sentido de tornar o florescimento mais precoce do que foi observado nos parentais. Esses autores, também, constataram o predomínio da ação gênica aditiva, o que indica que a seleção em F_2 , com base na média, pode ser eficiente. Nesse sentido, a variância aditiva tem papel fundamental na seleção, pois, segundo Ramalho et al. (2012b), estima a variação dos efeitos médios dos alelos que são repassados de uma geração para a seguinte.

Em avaliação de progênies F_3 oriundas do cruzamento entre as cultivares Pérola x Radiante, Mendes et al. (2008) constataram que a estimativa do efeito aditivo foi três vezes maior do que o efeito de dominância, denotando que o efeito aditivo possui maior importância no controle genético do florescimento, porém quando ocorre dominância tende a diminuir o tempo para o início do florescimento em feijão. Resultados semelhantes, também, foram relatados por Arriel; Ramalho; Santos (1990) e Barelli et al. (1999). Empregando a seleção recorrente em 11 populações híbridas e com o avanço dos ciclos seletivos, Silva; Ramalho; Abreu (2007), obtiveram redução de 15,3% no número de dias para o início do florescimento, e constataram que as progênies foram oito dias mais precoces que a cultivar testemunha Pérola. De forma similar, Nunes et al. (1999), em avaliação de famílias F_5 de feijão,

obtiveram ganho com a seleção e houve a redução média de 7,70 dias no florescimento em relação a média das famílias regulares. Assim, fica evidente que o florescimento é um caráter eficiente para ser empregado na seleção de linhagens de feijão de ciclo precoce, tanto em gerações iniciais, bem como em gerações avançadas com elevada endogamia.

Apesar de ser menos utilizado do que o florescimento, o período reprodutivo, que compreende o número de dias do pré-florescimento até a maturação (CERNA; BEAVER, 1990; GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2008), também, foi considerado com o intuito de avaliar a precocidade do ciclo em feijão. O pré-florescimento caracteriza o aparecimento do primeiro botão floral na planta de feijão (FERNÁNDEZ; GEPTS; LOPEZ, 1986). Cerna; Beaver (1990) avaliaram o período reprodutivo em três combinações híbridas, em dois ambientes e, observaram estimativas de herdabilidade em sentido restrito de baixa (h^2_r : 1%) a intermediária (h^2_r : 51%) magnitude, tendo sido possível identificar progênies F_3 com a média do período reprodutivo 10 dias mais tardios do que seus parentais. Para Borém; Miranda (2007), as estimativas de herdabilidade podem variar de acordo com a diversidade na população e o tipo de ambientes considerados. Adicionalmente, Gonçalves-Vidigal et al. (2008), avaliando o período reprodutivo em 24 progênies F_3 de feijão, no Estado de Santa Catarina, obtiveram ganho de seleção igual a 0,29%, uma vez que a variância genética aditiva foi superior à variância de dominância, revelando que esse caráter pode ser utilizado por programas de melhoramento que visam o desenvolvimento de linhagens de feijão de ciclo precoce.

O caráter número de dias da emergência à maturação (ciclo) (CERNA; BEAVER, 1990; WHITE; SINGH, 1991; BLAIR et al., 2012), também, tem sido empregado no estudo da precocidade do ciclo em feijão. Na Colômbia, White; Singh (1991) avaliaram 19 progênies de feijão em geração F_2 quanto ao ciclo e, constataram que os efeitos aditivos foram maiores do que os de dominância no controle genético do ciclo e, ainda, salientaram que as progênies F_2 foram mais precoces do que os seus parentais, possibilitando um ganho de seleção por meio da diminuição de 6,9 dias no ciclo das populações híbridas.

Estimativas de herdabilidade em sentido amplo variando de 66,29% em 58 cultivares crioulas (BONETT et al., 2006) a 88,39% em 154 linhagens F_7 (FALEIRO et al., 2003), evidenciaram que houve maior contribuição da variância genética do que da variância ambiental na expressão fenotípica do caráter ciclo em feijão. De maneira similar, as estimativas de herdabilidade em sentido restrito, para o ciclo, variaram de 31 a 63% em progênies F_3 (CERNA; BEAVER, 1990) até 77% em progênies F_2 (WHITE; SINGH, 1991). Esses valores mostraram que a herdabilidade não é uma característica estática e apresenta

variação de acordo com a população, a geração considerada, o ambiente, a unidade experimental na qual os dados são coletados, entre outros (BORÉM; MIRANDA, 2007). Segundo Cerna; Beaver (1990), as estimativas de herdabilidade de baixa a alta magnitude evidenciaram que a seleção com base no ciclo deve ser postergada para gerações avançadas, quando maior endogamia for constatada.

Diante do exposto e tendo em vista a escassez de trabalhos já realizados relacionados ao controle genético do período reprodutivo e do ciclo, é de grande relevância o estudo desses caracteres juntamente com o número de dias para o florescimento a fim de elucidar sua herança, de maneira a possibilitar a elaboração de estratégias eficientes de seleção de linhagens de feijão de ciclo precoce.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os cruzamentos foram realizados entre as cultivares de feijão Iraí x BRS Esplendor e Iraí x IPR Tangará. A seleção destes parentais foi baseada na avaliação do ciclo, no hábito de crescimento e na cor das sementes, sendo essas características utilizadas como marcadores morfológicos, para facilitar a identificação dos cruzamentos. A cultivar Iraí é do grupo gênico Andino, possui ciclo precoce, hábito de crescimento determinado (tipo I) e sementes do tipo manteigão (fundo bege com rajas vermelhas). A cultivar BRS Esplendor é do grupo gênico Mesoamericano, tem ciclo intermediário, hábito de crescimento indeterminado com guias curtas (tipo II) e as sementes são do grupo comercial preto. A cultivar IPR Tangará é do grupo gênico Mesoamericano, o ciclo é intermediário, o hábito de crescimento é indeterminado com guias longas (tipo III) e as sementes são do tipo carioca (fundo bege com estrias marrons).

Para tanto, as plantas de feijão foram cultivadas em casa-de-vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O cultivo foi realizado em vasos plásticos com capacidade para 5 litros, utilizando-se um substrato composto de uma mistura de solo (Argissolo Bruno- acinzentado Alítico típico), de casca de arroz carbonizada e de substrato comercial Mecplant FSC® C004914, na proporção volumétrica de 3:1:1. Em cada vaso foram semeadas seis sementes e, no estágio V2 (folhas primárias totalmente abertas) foi realizado o desbaste, mantendo-se duas plantas por vaso. As plantas foram conduzidas de acordo com as práticas de manejo recomendadas pela Comissão Técnica Sul-brasileira de Feijão (CTSBF, 2010).

Na floração (estádio R6) foram realizados os cruzamentos, usando o método de entrelaçamento com emasculação prévia do botão floral (PETERNELLI; BORÉM; CARNEIRO, 2009). Durante o outono-inverno de 2011, foram obtidas as sementes F_1 ($\text{♀ } P_1 \times \text{♂ } P_2$) para as duas combinações híbridas. No período de primavera-verão de 2011, foram obtidas as sementes F_2 , por autofecundação das plantas F_1 . Nesse período repetiram-se os cruzamentos para se dispor de maior quantidade de sementes F_1 de ambas combinações híbridas.

A colheita individual das vagens foi realizada na maturação (estádio R9), ou seja, quando as vagens perderam a pigmentação, as folhas começaram a secar e as sementes adquiriram a cor típica da cultivar. As sementes obtidas das gerações F_1 e F_2 , para cada cruzamento, foram secas em estufa de secagem e de esterilização com circulação forçada (65

a 70°C) até umidade média de 16%. As sementes foram armazenadas em câmara fria à temperatura de 1°C e umidade relativa do ar de 70% até o momento da instalação do experimento de campo.

As gerações F₁ e F₂ obtidas em cada cruzamento, juntamente com os parentais (Iraí, BRS Esplendor e IPR Tangará), foram avaliadas em condições de campo no cultivo de safrinha 2012, na área experimental do Programa de Melhoramento de Feijão, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (latitude: 29° 43' 23"S, longitude: 53° 43' 15"W e altitude: 95m). Os elementos meteorológicos, precipitação, temperatura mínima, máxima e média durante os meses de cultivo, foram coletadas na Estação Meteorológica de Santa Maria (8° Distrito de Meteorologia) (Apêndice 1).

A semeadura foi realizada em linhas de 1,5 m, espaçadas de 0,5m, sendo considerada a densidade de 10 plantas por metro linear. Foram semeadas duas linhas para cada parental, além de uma linha para a geração F₁ e 12 linhas para a geração F₂, em cada cruzamento. O experimento foi conduzido de acordo com as práticas de manejo recomendadas para a cultura do feijão (CTSBF, 2010).

As plantas foram avaliadas individualmente quanto ao florescimento, ou seja, o subperíodo compreendido entre a emergência (V1) e a abertura da primeira flor (R6); a duração do período reprodutivo, que corresponde ao intervalo entre o pré-florescimento (R5) e a maturação (R9), ou seja, o subperíodo era quantificado pela diferença entre a maturação (quando as plantas apresentaram coloração amarelada nas folhas e nas vagens) e o pré-florescimento (quando as plantas emitiram o primeiro botão floral ou o primeiro rácemo); e o ciclo, que considerou a duração do subperíodo emergência (V1) até a maturação (R9), ou seja, o subperíodo era quantificado por diferença entre a maturação e a emergência das plantas. A caracterização dos estádios fenológicos da planta de feijão foi realizada com o uso de escala desenvolvida por Fernández; Gepts; Lopez (1986) (Figura 1) e, as avaliações fenológicas foram realizadas diariamente, durante todo o período de cultivo das plantas de feijão.

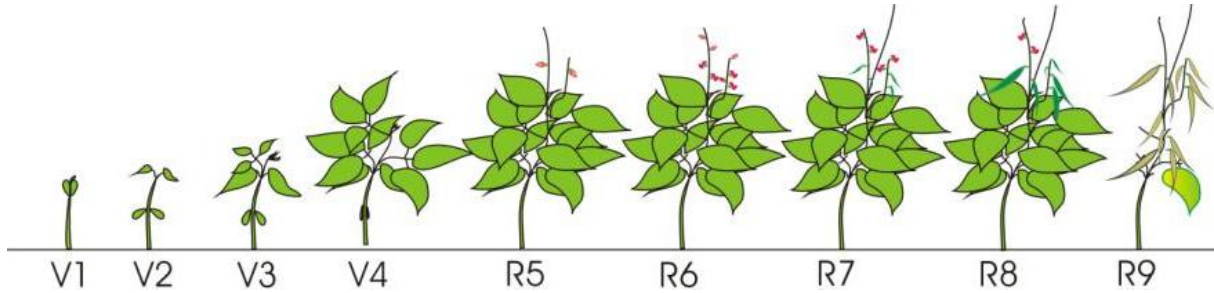


Figura 1 – Escala da caracterização dos estádios fenológicos das plantas de feijão.

Fonte: Fernandez; Gepts; Lopez (1986) apud CIAT (1987) adaptado por Zemolin (2012).

Para a realização das análises estatísticas foram considerados os seguintes números de plantas: 2 (P_1 - Iraí), 2 (P_2 - BRS Esplendor), 14 (F_1) e 144 (F_2) no cruzamento Iraí x BRS Esplendor; e 2 (P_1 - Iraí), 2 (P_2 - IPR Tangará), 15 (F_1) e 140 (F_2) no cruzamento Iraí x IPR Tangará.

Os parâmetros genéticos foram estimados a partir das variâncias dos parentais (P_1 e P_2) e das gerações F_1 e F_2 para cada cruzamento. A herdabilidade em sentido amplo foi estimada conforme descrito por Borém; Miranda (2007), por meio da seguinte expressão:

$$h_a^2 = \sigma_G^2 / \sigma_P^2; \quad (1)$$

em que:

σ_G^2 refere-se a variância genética, estimada por: $\sigma_G^2 = \sigma_P^2 - \sigma_E^2$, onde σ_P^2 é a variância fenotípica ($\sigma_P^2 = \sigma_{F_2}^2$) e a σ_E^2 representa a variância de ambiente em F_2 ($\sigma_E^2 = (\sigma_{F_1}^2 + \sigma_{P_1}^2 + \sigma_{P_2}^2) / 3$).

Para a predição de ganhos com a seleção, foi considerada a seleção de 20% das plantas F_2 mais precoces para cada um dos caracteres avaliados (número de dias da emergência até a abertura da primeira flor, período reprodutivo e ciclo), em cada cruzamento. O ganho esperado, baseado na seleção e recombinação de plantas superiores na geração F_2 , foi estimado por meio da seguinte equação:

$$\Delta G(\%) = (\Delta G \times 100) / \bar{F}_2 \quad (2)$$

em que:

ΔG refere-se ao ganho com a seleção obtido por $\Delta G = DSxh_a^2$, em que DS é o diferencial de seleção, expresso por $\bar{X}_s - \bar{X}_o$, onde \bar{X}_s é a média das plantas selecionadas em F_2 e \bar{X}_o é a média das plantas F_2 .

A média predita para o primeiro ciclo após a seleção (\bar{X}_c) foi calculada pela seguinte fórmula:

$$\bar{X}_c = \bar{X}_o + \Delta G, \quad (3)$$

sendo que:

\bar{X}_o : média original da geração F_2 ;

ΔG : ganho de seleção.

As análises estatísticas foram realizadas no aplicativo computacional Office Excel e no programa GENES (CRUZ, 2006).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Florescimento

As estatísticas descritivas para os parentais e as gerações F_1 e F_2 , nos cruzamentos Iraí x BRS Esplendor e Iraí x IPR Tangará, estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Os parentais P_1 e P_2 , nos dois cruzamentos, foram avaliados em duas linhas, considerando o valor médio para o caráter número de dias da emergência até a abertura da primeira flor. Devido a isso, as medidas de posição, média e mediana, apresentaram os mesmos valores no P_1 e P_2 , nos dois cruzamentos, evidenciando que as duas medidas foram representativas da série de dados do caráter número de dias da emergência até a abertura da primeira flor. O pequeno número de observações (plantas) contribuiu para que a amplitude entre os limites inferior e superior do intervalo de confiança de 95% da média apresentasse maior valor do que nas gerações segregantes.

Da mesma forma, as medidas de dispersão, variância e desvio padrão, apresentaram as menores estimativas nos dois cruzamentos, para os parentais P_1 e P_2 , evidenciando que a variabilidade do caráter número de dias da emergência até a abertura da primeira flor, nesses conjuntos de dados, foram superestimadas devido ao pequeno número de plantas avaliadas (Tabelas 1 e 2). Assim, a avaliação de um número maior de plantas nessas gerações é indicada para possibilitar a obtenção de estimativas de variância e desvio padrão de maior confiabilidade.

Os valores do coeficiente de variação na geração F_2 foram maiores do que os valores obtidos nos parentais, nos dois cruzamentos, denotando maior variabilidade genética entre os indivíduos que estão segregando do que entre os parentais que apresentam alto nível de homozigose (Tabelas 1 e 2). Esse fato é interessante para fins de melhoramento, uma vez que, a partir dessas duas populações de plantas é possível selecionar indivíduos diferentes dos seus parentais, possibilitando o melhoramento para a precocidade do caráter número de dias da emergência até a abertura da primeira flor em geração precoce de feijão.

Tabela 1 – Valores mínimo, máximo e médio, limites inferior e superior do intervalo de confiança de 95% da média, mediana, variância, desvio padrão e limites inferior e superior do intervalo de confiança de 95% do desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação para os caracteres número de dias da emergência (V1) até a abertura da primeira flor (R6) (florescimento, dias), número de dias do pré-florescimento (R5) até a maturação (R9) (período reprodutivo, dias) e o número de dias da emergência (V1) até a maturação (R9) (ciclo, dias), nos parentais e nas gerações F₁ e F_{2:3} oriundas do cruzamento entre as cultivares Iraí x BRS Esplendor, Santa Maria, RS.

População	Número de plantas	Mínimo	Máximo	Média	LI ¹ 95%	LS ² 95%	Mediana	Variância	Desvio Padrão	LI ³ 95%	LS ⁴ 95%	CV ⁵ (%)
----- Florescimento (dias) -----												
Iraí (P ₁)	2	29	31	30,00	17,29	42,71	30,00	2,00	1,41	0,63	45,13	4,71
BRS Esplendor (P ₂)	2	39	40	39,50	33,15	45,85	39,50	0,50	0,71	0,32	22,56	1,79
F ₁	14	27	40	33,71	31,33	36,09	33,00	16,99	4,12	2,99	6,64	12,23
F ₂	144	27	48	35,55	34,87	36,22	36,00	16,82	4,10	3,68	4,64	11,54
----- Período reprodutivo (dias) -----												
Iraí (P ₁)	2	47	50	48,50	29,44	67,56	48,50	4,50	2,12	0,95	67,69	4,37
BRS Esplendor (P ₂)	2	48	55	51,50	7,03	95,97	51,50	24,50	4,95	2,21	157,95	9,61
F ₁	14	44	56	49,29	47,10	51,47	48,50	14,37	3,79	2,75	6,11	7,69
F ₂	144	39	59	47,99	47,28	48,71	47,50	18,76	4,33	3,88	4,90	9,03
----- Ciclo (dias) -----												
Iraí (P ₁)	2	73	77	75,00	49,59	100,41	75,00	8,00	2,83	1,26	90,26	3,77
BRS Esplendor (P ₂)	2	86	90	88,00	62,59	113,41	88,00	8,00	2,83	1,26	90,26	3,21
F ₁	14	69	90	80,79	77,02	84,56	84,00	42,64	6,53	4,73	10,52	8,08
F ₂	144	66	94	80,99	80,00	81,97	80,00	35,79	5,98	5,36	6,77	7,39

¹ LI: limite inferior do intervalo de confiança de 95% da média; ² LS: limite superior do intervalo de confiança de 95% da média; ³ LI: limite inferior do intervalo de confiança de 95% do desvio padrão; ⁴ LS: limite superior do intervalo de confiança de 95% do desvio padrão; ⁵ CV: coeficiente de variação.

Tabela 2 – Valores mínimo, máximo e médio, limites inferior e superior do intervalo de confiança de 95% da média, mediana, variância, desvio padrão e limites inferior e superior do intervalo de confiança de 95% do desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação para os caracteres número de dias da emergência (V1) até a abertura da primeira flor (R6) (florescimento, dias), número de dias do pré-florescimento (R5) até a maturação (R9) (período reprodutivo, dias) e o número de dias da emergência (V1) até a maturação (R9) (ciclo, dias), nos parentais e nas gerações F₁ e F_{2:3} oriundas do cruzamento entre as cultivares Iraí x IPR Tangará, Santa Maria, RS.

População	Número de plantas	Mínimo	Máximo	Média	LI 95%	LS 95%	Mediana	Variância	Desvio Padrão	LI 95%	LS 95%	CV (%)
----- Florescimento (dias) -----												
Iraí (P ₁)	2	29	31	30,00	17,29	42,71	30,00	2,00	1,41	0,63	45,13	4,71
IPR Tangará (P ₂)	2	38	40	39,00	26,29	51,71	39,00	2,00	1,41	0,63	45,13	3,63
F ₁	15	30	51	38,87	35,59	42,14	39,00	34,98	5,91	4,33	9,33	15,22
F ₂	140	27	53	38,43	37,62	39,24	39,00	23,57	4,85	4,35	5,50	12,63
----- Período reprodutivo (dias) -----												
Iraí (P ₁)	2	47	50	48,50	29,44	67,56	48,50	4,50	2,12	0,95	67,69	4,37
IPR Tangará (P ₂)	2	52	53	52,50	46,15	58,85	52,50	0,50	0,71	0,32	22,56	1,35
F ₁	15	39	56	49,07	46,52	51,61	49,00	21,07	4,59	3,36	7,24	9,35
F ₂	140	38	63	51,01	50,24	51,79	51,00	21,29	4,61	4,13	5,23	9,05
----- Ciclo (dias) -----												
Iraí (P ₁)	2	73	77	75,00	49,59	100,41	75,00	8,00	2,83	1,26	90,26	3,77
IPR Tangará (P ₂)	2	87	90	88,50	69,44	107,56	88,50	4,50	2,12	0,95	67,69	2,40
F ₁	15	76	98	84,80	81,07	88,53	87,00	45,46	6,74	4,94	10,63	7,95
F ₂	140	66	103	86,69	85,49	87,90	90,00	52,11	7,22	6,46	8,18	8,33

¹ LI: limite inferior do intervalo de confiança de 95% da média; ² LS: limite superior do intervalo de confiança de 95% da média; ³ LI: limite inferior do intervalo de confiança de 95% do desvio padrão; ⁴ LS: limite superior do intervalo de confiança de 95% do desvio padrão; ⁵ CV: coeficiente de variação.

Plantas F₂ com florescimento mais precoce do que a Iraí e com florescimento mais tardio do que a BRS Esplendor e do que a IPR Tangará foram obtidas nos dois cruzamentos, pois se observou a existência de segregação transgressiva (Figuras 2A e 3A). Assim, a partir dessas populações é possível selecionar plantas individuais de florescimento mais precoce e mais tardio do que os parentais para o avanço das gerações. Contudo, nos dois cruzamentos constatou-se a maior frequência de plantas na classe fenotípica de 38 dias para o início do florescimento, ou seja, 13,19% e 17,14 % do total de plantas avaliadas em geração F₂, para os cruzamentos Iraí x BRS Esplendor e Iraí x IPR Tangará, respectivamente. Por sua vez, Coimbra et al. (1998), em avaliação de linhagens de feijão quanto ao florescimento, relataram que a maior frequência de plantas ocorreu na classe fenotípica de 40,50 dias, ou seja, foram mais tardios para o início do florescimento que as progênies avaliadas no presente trabalho.

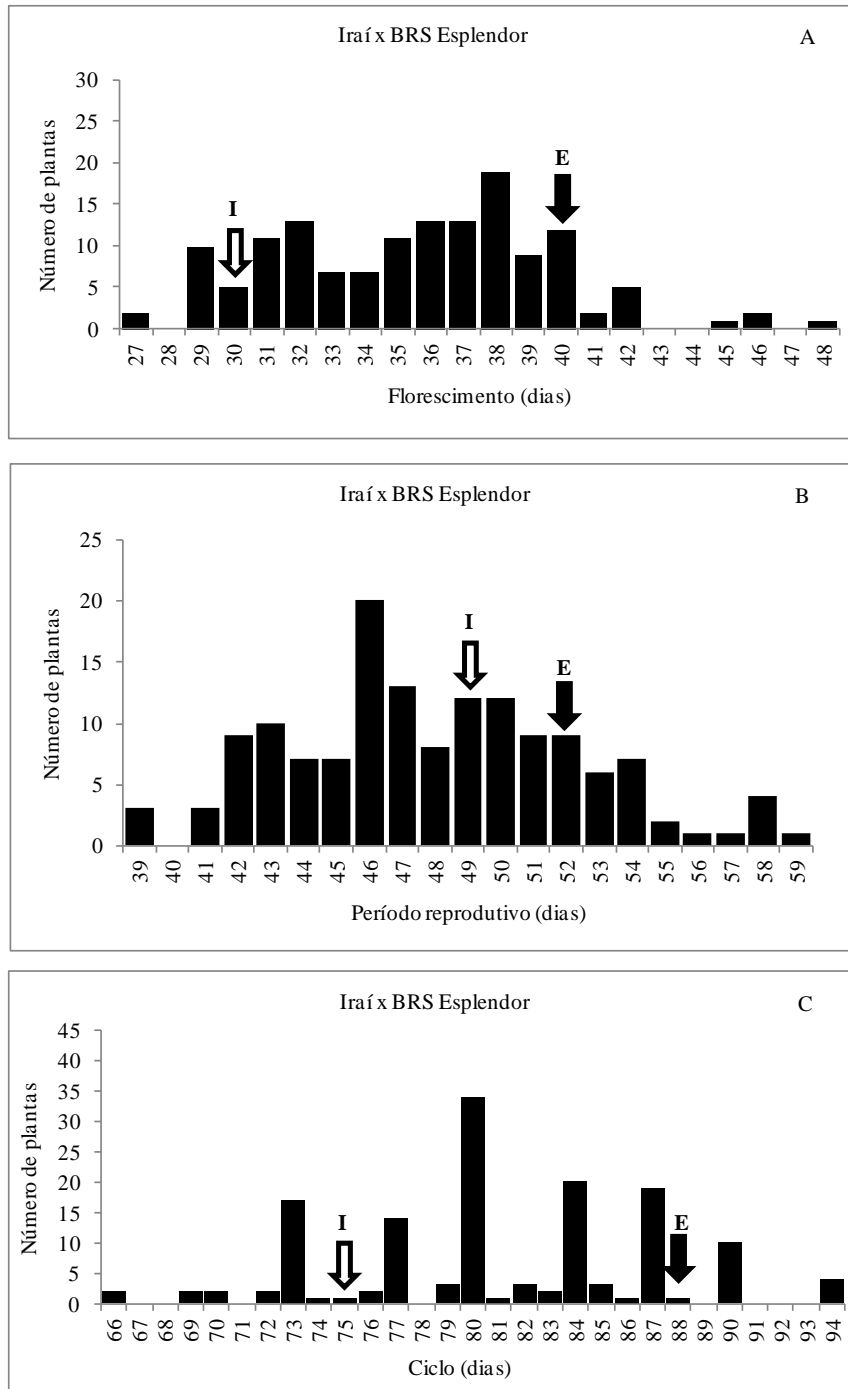


Figura 2 – Distribuição de frequência para os caracteres número de dias da emergência (V1) até a abertura da primeira flor (R6) (florescimento, dias) - (A), número de dias do pré-florescimento (R5) até a maturação (R9) (período reprodutivo, dias) - (B) e o número de dias da emergência (V1) até a maturação (R9) (ciclo, dias) - (C), em plantas de feijão da geração $F_{2,3}$, obtidas a partir do cruzamento entre as cultivares Iraí x BRS Esplendor. Santa Maria, UFSM, 2013.

(*) Setas de cor branca referem-se ao genitor feminino e setas de cor preta referem-se ao genitor masculino. I: refere-se a cultivar Iraí; B: refere-se a cultivar BRS Esplendor.

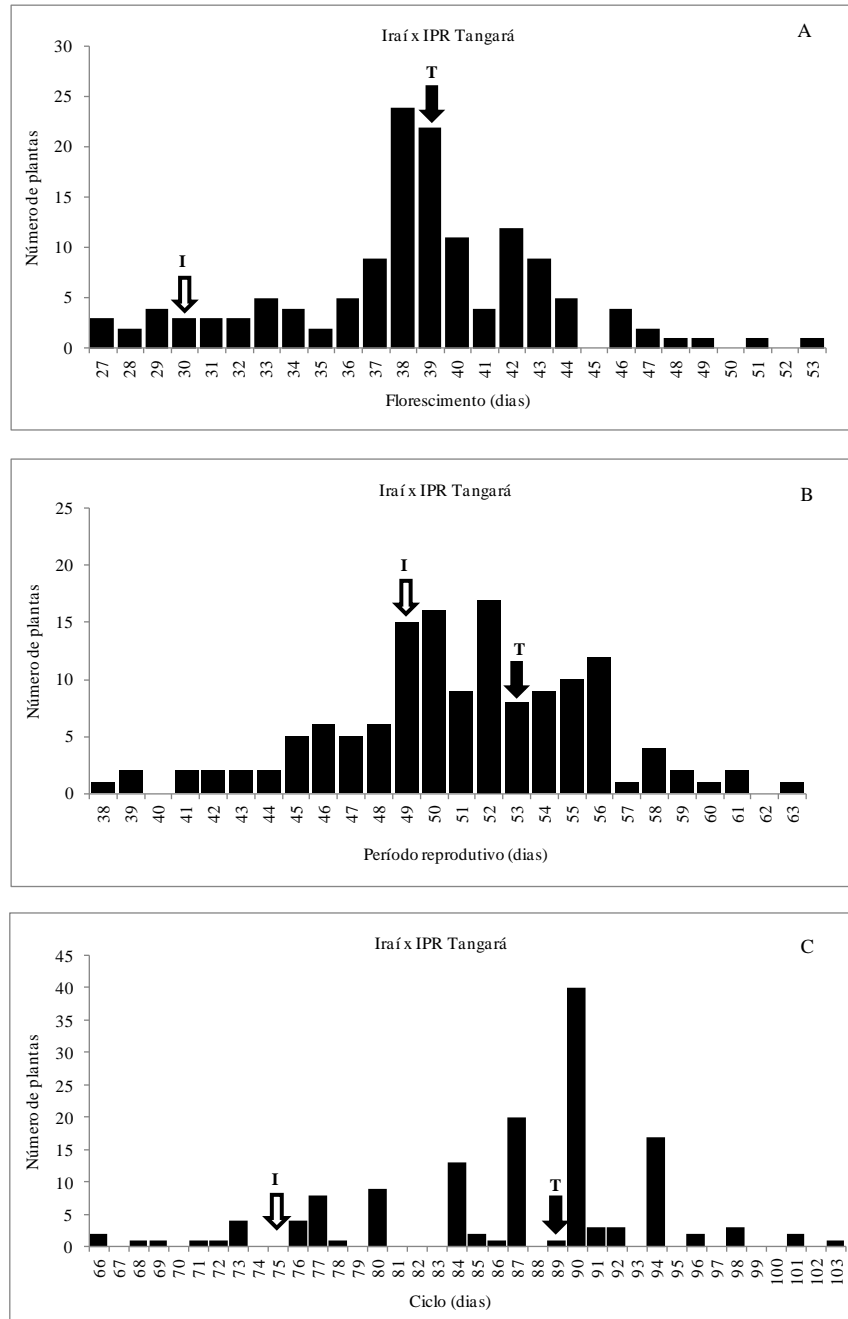


Figura 3 – Distribuição de frequência para os caracteres número de dias da emergência (V1) até a abertura da primeira flor (R6) (florescimento, dias) - (A), número de dias do pré-florescimento (R5) até a maturação (R9) (período reprodutivo, dias) - (B) e o número de dias da emergência (V1) até a maturação (R9) (ciclo, dias) - (C), em plantas de feijão da geração F_{2:3}, obtidas a partir do cruzamento entre as cultivares Iraí x IPR Tangará. Santa Maria, UFSM, 2013.

(*) Setas de cor branca referem-se ao genitor feminino e setas de cor preta referem-se ao genitor masculino. I: refere-se a cultivar Iraí; T: refere-se a cultivar IPR Tangará.

A maior porção da variância fenotípica foi constituída pela variância genética, sendo que a variância de ambiente apresentou a menor estimativa, denotando baixa influência de

fatores ambientais na expressão fenotípica do início do florescimento no cruzamento Iraí x BRS Esplendor (Tabela 3). Isso possibilitou a obtenção de estimativas de herdabilidade em sentido amplo de alta magnitude para o início do florescimento em feijão, de 61,38% (Iraí x BRS Esplendor). Valores superiores de estimativas de herdabilidade em sentido amplo para o início do florescimento em gerações precoces de feijão foram obtidos por Santos; Vencosvsky (1985) e por Mendes et al. (2008). Por outro lado, no cruzamento Iraí x IPR Tangará observou-se maior contribuição da variância de ambiente na constituição da variância fenotípica e, por isso a estimativa de herdabilidade em sentido amplo foi de intermediária magnitude (h^2_a : 44,87%) (Tabela 4). Entretanto, Gonçalves-Vidigal et al. (2008) observaram que o caráter início do florescimento em feijão apresentou baixa herdabilidade em sentido amplo (h^2_a : 27,40%) em progênies F_3 de feijão. As diferenças observadas podem ser justificadas pela diversidade genética entre os parentais utilizados nos cruzamentos, pelo método de estimação da herdabilidade e pelas condições de ambiente no período de safra da seca, onde predominaram temperaturas mínimas e máximas menores e precipitação pluviométrica média nos meses de fevereiro a junho de 113,7 mm, o que caracterizou um ambiente pouco favorável ao pleno desenvolvimento das plantas de feijão (Apêndice 1).

O ganho com a seleção esperado, considerando a pressão de seleção de 20% das plantas com florescimento precoce, foi de ΔG : -9,89% e ΔG : -8,67% para os cruzamentos Iraí x BRS Esplendor e Iraí x IPR Tangará, respectivamente (Tabelas 3 e 4). O valor tem sinal negativo, pois a seleção foi realizada no sentido de reduzir o número de dias para o início do florescimento. A herdabilidade em sentido amplo pôde ser empregada para a predição dos ganhos com a seleção, uma vez que a média dos parentais foi semelhante a média da geração F_1 e F_2 , nos dois cruzamentos, indicando a predominância da interação alélica aditiva. Devido a esses ganhos esperados, a média predita após o primeiro ciclo de seleção será de 32,03 e de 35,10 dias, respectivamente. Assim, a seleção das progênies de feijão com florescimento precoce pode ser empregada com sucesso, pois foram obtidos ganhos já no primeiro ciclo após a seleção. De igual modo, Silva; Ramalho; Abreu (2007) obtiveram o ganho de 2,2% ao ano, empregando a seleção recorrente para precocidade no florescimento em gerações precoces de feijão. Em Minas Gerais, Nunes et al. (1999), também, relataram ganho de seleção de 7,50% na precocidade do florescimento em linhagens de feijão em geração F_6 , os quais poderiam ser ainda maiores se não tivessem realizado a seleção simultânea para três caracteres (produtividade de grãos, florescimento e resistência ao oídio (*Erysiphe polygoni*). Portanto, os ganhos advindos da seleção para florescimento precoce são satisfatórios em gerações precoces, bem como em gerações avançadas de feijão.

Tabela 3 – Parâmetros genéticos e predição dos ganhos por seleção para os caracteres número de dias da emergência (V1) até a abertura da primeira flor (R6) (florescimento, dias), número de dias do pré-florescimento (R5) até a maturação (R9) (período reprodutivo, dias) e o número de dias da emergência (V1) até a maturação (R9) (ciclo, dias) em gerações precoces de feijão oriundas do cruzamento entre as cultivares Iraí x BRS Esplendor, Santa Maria, RS.

Estatísticas	Florescimento	Período reprodutivo	Ciclo
Variância fenotípica (σ^2_P)	16,82	18,76	35,79
Variância de ambiente (σ^2_E)	6,50	14,46	19,55
Variância genética (σ^2_G)	10,33	4,30	16,24
Herdabilidade em sentido amplo (h^2_a %)	61,38	22,94	45,38
Média das plantas selecionadas em F ₂	29,82	42,14	72,14
Diferencial de seleção (DS)	-5,73	-5,85	-8,84
Ganho por seleção (ΔG)	-3,52	-1,34	-4,01
Ganho por seleção ($\Delta G\%$)	-9,89	-2,80	-4,96
Média predita 1° ciclo	32,03	46,65	76,97
Número de plantas avaliadas em F ₂	144	144	144
Número de plantas selecionadas em F ₂	29	29	29

Tabela 4 – Parâmetros genéticos e predição dos ganhos por seleção para os caracteres número de dias da emergência (V1) até a abertura da primeira flor (R6) (florescimento, dias), número de dias do pré-florescimento (R5) até a maturação (R9) (período reprodutivo, dias) e o número de dias da emergência (V1) até a maturação (R9) (ciclo, dias) em gerações precoces de feijão oriundas do cruzamento entre as cultivares Iraí x IPR Tangará, Santa Maria, RS.

Estatísticas	Florescimento	Período reprodutivo	Ciclo
Variância fenotípica (σ^2_P)	23,57	21,29	52,11
Variância de ambiente (σ^2_E)	12,99	8,69	19,32
Variância genética (σ^2_G)	10,58	12,61	32,79
Herdabilidade em sentido amplo (h^2_a %)	44,87	59,20	62,93
Média da geração F ₂	38,43	51,01	86,69
Média das plantas selecionadas em F ₂	31,00	44,29	75,07
Diferencial de seleção (DS)	-7,43	-6,73	-11,62
Ganho por seleção (ΔG)	-3,33	-3,98	-7,31
Ganho por seleção ($\Delta G\%$)	-8,67	-7,81	-8,44
Média predita 1° ciclo	35,10	47,03	79,38
Número de plantas avaliadas em F ₂	140	140	140
Número de plantas selecionadas em F ₂	28	28	28

Assim, os resultados obtidos nesse trabalho evidenciaram facilidades no desenvolvimento de linhagens de feijão de ciclo precoce, para o cultivo de safrinha na região sul do Brasil, por meio do caráter número de dias da emergência até a abertura da primeira flor. Isso porque foram obtidas estimativas de herdabilidade em sentido amplo de

intermediária a alta magnitude, apontando para ganhos satisfatórios por meio dos sucessivos ciclos de seleção.

4.2 Período reprodutivo

O caráter período reprodutivo apresentou maior variação entre os valores mínimos e máximos nas gerações F_1 e F_2 do que nas gerações dos parentais nos cruzamentos Iraí x BRS Esplendor e Iraí x IPR Tangará (Tabelas 1 e 2). Isso ocorreu devido ao maior número de plantas avaliadas nas gerações F_1 e F_2 . Apesar da geração F_1 ter sido avaliada com 14 plantas no cruzamento Iraí x BRS Esplendor e 15 plantas no cruzamento Iraí x IPR Tangará, esse número ainda é considerado pequeno e está relacionado com a baixa taxa de eficiência dos cruzamentos (Tabela 5). O abortamento de flores e de vagens pode estar relacionado à ocorrência de baixas temperaturas do ar no estágio de florescimento no período de outono-inverno de 2011. As temperaturas inferiores à 15°C tendem à prejudicar o crescimento das plantas de feijão, dificultar a abertura normal das flores e impedir o crescimento dos botões florais, dificultando consideravelmente o procedimento de hibridação (PETERNELLI; BORÉM, 1999). Além de fatores ambientais, a pequena obtenção de indivíduos na geração F_1 pode ser atribuída à fatores genéticos devido à presença do fenômeno de incompatibilidade genética, que é de comum ocorrência quando as hibridações são realizadas entre cultivares de origem andina e mesoamericana e tem sido amplamente relatada na literatura (ARANTES; RAMALHO; ABREU, 2008; SINGH; GUTIÉRREZ, 1984; VIEIRA et al., 2005).

Devido ao pequeno número de plantas avaliadas no parental BRS Esplendor (P_2) e, tendo o valor mínimo de 48 dias e o máximo de 55 dias para a duração do período reprodutivo, obteve-se maior amplitude entre os limites inferior e superior do intervalo de confiança de 95% da média, tornando o valor médio do período reprodutivo menos confiável em relação à média da geração F_1 e F_2 , em que foram avaliadas maior quantidade de plantas (Tabela 1). A variância do P_2 no cruzamento Iraí x BRS Esplendor foi de 24,50, ou seja, a maior entre as quatro gerações avaliadas, contribuindo para a obtenção do desvio padrão de maior magnitude. A partir desse valor pode-se verificar que o parental BRS Esplendor possui maior amplitude para a duração do período reprodutivo do que o Iraí, podendo ser preferencialmente utilizado em cruzamentos para a obtenção de plantas de maior e de menor período reprodutivo, de acordo com os objetivos do programa de melhoramento.

Tabela 5 – Taxa de eficiência média dos cruzamentos realizados entre as cultivares Iraí x IPR Tangará, IPR Tangará x Iraí, Iraí x BRS Esplendor e BRS Esplendor x Iraí, no período de outono-inverno de 2011 em Santa Maria-RS.

Cruzamentos (♀ x ♂)	Taxa de eficiência média (%)
Iraí x IPR Tangará	5,00
IPR Tangará x Iraí	19,20
Iraí x BRS Esplendor	10,20
BRS Esplendor x Iraí	20,50

No cruzamento Iraí x IPR Tangará, o período reprodutivo teve maior variação entre o valor mínimo (38 dias) e máximo (63 dias) na F₂, devido a maior variabilidade genética da geração e as diferenças entre os parentais utilizados (Tabela 2). Maior amplitude de variação para a duração do período reprodutivo em feijão foi relatada por Cerna; Beaver (1990), com valores entre 24 a 52 dias em gerações precoces. Acredita-se que as estimativas de variância e desvio padrão na geração F₂ são de maior confiabilidade em relação as demais gerações estudadas, uma vez que foram avaliadas 140 plantas.

No cruzamento Iraí x BRS Esplendor o coeficiente de variação variou de 4,37 (P₁) a 9,61 (P₂), enquanto que no cruzamento Iraí x IPR Tangará houve variação de 1,35% (P₂) a 9,35% (F₁) (Tabelas 1 e 2). Com exceção do P₂ no cruzamento Iraí x BRS Esplendor, as gerações F₁ e F₂, nos dois cruzamentos, apresentaram os maiores valores de coeficiente de variação, evidenciando que houve maior variabilidade em relação aos parentais. Assim, é possível obter plantas distintas dos parentais para o caráter duração do período reprodutivo, a partir dos dois blocos de cruzamentos. Da mesma forma, Gonçalves-Vidigal et al. (2008) avaliando 24 progênies F₃ de feijão no Estado de Santa Catarina, quanto ao período reprodutivo, obtiveram valor de coeficiente de variação semelhante ao obtido no presente trabalho.

O período reprodutivo apresentou segregação transgressiva nos dois cruzamentos, ou seja, é possível selecionar plantas com menor duração do período reprodutivo do que a Iraí e com maior duração de período reprodutivo do que a BRS Esplendor e a IPR Tangará (Figuras 2B e 3B). Nessas duas populações pode-se selecionar progênies de feijão em geração precoce, com maior duração do período reprodutivo do que os parentais e que geralmente são mais produtivas ou, plantas de menor duração do período reprodutivo, atendendo objetivos distintos dos programas de melhoramento.

No cruzamento Iraí x BRS Esplendor a maior porção da variância fenotípica foi composta pela variância de ambiente, enquanto que no cruzamento Iraí x IPR Tangará houve o predomínio da variância genética (Tabelas 3 e 4). Em virtude disso, foram obtidas estimativas de herdabilidade de baixa (h^2_a : 22,94%) e de intermediária (h^2_a : 59,20%) magnitude nos cruzamentos Iraí x BRS Esplendor e Iraí x IPR Tangará, respectivamente. Estimativa de herdabilidade em sentido amplo de baixa magnitude (h^2_a : 11,50%), também, foi observada em gerações precoces de feijão avaliadas por Gonçalves-Vidigal et al. (2008). Como as estimativas de herdabilidade podem variar de acordo com o método de estimação, com a variabilidade genética da população, com o número de plantas avaliadas, com a quantidade e o tipo de ambientes avaliados, com a unidade experimental utilizada e com a precisão na condução do experimento e na coleta dos dados experimentais (BORÉM; MIRANDA, 2007), esses fatores contribuíram para as diferenças entre as estimativas de herdabilidade obtidas no presente estudo para o cruzamento Iraí x IPR Tangará e por Gonçalves-Vidigal et al. (2008).

No cruzamento Iraí x BRS Esplendor, se verificou que o caráter período reprodutivo apresentou herança complexa, devido à baixa estimativa de herdabilidade em sentido amplo (h^2_a : 22,94%), o que contribuiu para a obtenção de pequeno ganho predito com a seleção (ΔG : -2,80%) (Tabela 3). Por outro lado, para a combinação Iraí x IPR Tangará o ganho esperado com a seleção foi maior (ΔG : -7,81%) em virtude da intermediária estimativa de herdabilidade em sentido amplo (h^2_a : 59,20%) (Tabela 4). A herdabilidade em sentido amplo pôde ser empregada para a predição dos ganhos com a seleção, uma vez que a média dos parentais foi semelhante à média da geração F_1 e F_2 , nos dois cruzamentos, indicando a predominância da interação alélica aditiva. Devido aos ganhos obtidos, a média para o primeiro ciclo após a seleção foi de 46,65 e 47,03 dias para os cruzamentos Iraí x BRS Esplendor e Iraí x IPR Tangará, respectivamente. Ao contrário, Gonçalves-Vidigal et al. (2008) obtiveram ganho inferior (ΔG : 0,29%) ao do presente estudo para o período reprodutivo em geração F_3 de feijão em experimento conduzido no Estado de Santa Catarina. Comparativamente ao caráter número de dias da emergência até a abertura da primeira flor, foi obtido um ganho com a seleção inferior para a duração do período reprodutivo, nos dois blocos de cruzamentos e, portanto a seleção precoce com base no número de dias da emergência até a abertura da primeira flor é mais promissora para o desenvolvimento de progênies de feijão de ciclo precoce.

Por fim, se o programa de melhoramento optar pela seleção precoce com base na duração do período reprodutivo, a população oriunda do cruzamento entre as cultivares Iraí x IPR Tangará é a mais promissora, uma vez que foi constatada intermediária estimativa de herdabilidade em sentido amplo e maior ganho com a seleção a partir desse bloco de cruzamento.

4.3 Ciclo

O ciclo variou de 73 a 77 dias no parental Iraí e de 86 a 90 dias no parental BRS Esplendor (Tabela 1). Valores semelhantes a esses, também, foram verificados para os parentais no cruzamento Iraí x IPR Tangará (Tabela 2). Ampla variação para ciclo foi previamente descrita em feijão, com amplitude de 60 a 76 dias (CERNA; BEAVER, 1990), de 55 a 75 dias (WHITE; SINGH, 1991) e de 54 a 88 dias (BURATTO et al., 2007). A existência de variabilidade genética para ciclo em feijão possibilita a seleção e o desenvolvimento de novas linhagens de feijão de ciclo precoce, intermediário e tardio.

No cruzamento Iraí x BRS Esplendor, a variância e o desvio padrão obtidos para a Iraí e a BRS Esplendor foram de 8,00 e de 2,83, respectivamente (Tabela 1). Devido ao número restrito de plantas avaliadas nos parentais, essas estimativas contribuíram para a obtenção da alta amplitude entre o limite inferior (1,26) e superior (90,26) do intervalo de confiança de 95% do desvio padrão. Grande amplitude entre os limites superior e inferior do intervalo de confiança de 95% do desvio padrão também foi verificado para o P_1 no cruzamento Iraí x IPR Tangará (Tabela 2). Para minimizar a amplitude entre esses valores, o número de plantas avaliadas nos parentais deveria ser maior, o que contribuiria para diminuir o valor do desvio padrão. Por outro lado, as altas estimativas de variância e de desvio padrão obtidas para as gerações F_1 e F_2 , para o caráter ciclo, nos dois cruzamentos, reforçam a idéia de que nessas gerações existe maior variabilidade, uma vez que houve maior dispersão dos valores em torno da média do que quando comparado com os parentais P_1 e P_2 (Tabelas 1 e 2). Assim, é possível selecionar indivíduos que possuem ciclo mais precoce ou mais tardio do que seus parentais, a partir dos dois blocos de cruzamentos.

O coeficiente de variação do ciclo variou de 3,21% (P_2) até 8,08% (F_1) no cruzamento Iraí x BRS Esplendor e, de 2,40% (P_2) a 8,33% (F_2) no cruzamento Iraí x IPR Tangará (Tabelas 1 e 2). Portanto, se verificou que houve maior homogeneidade nos parentais, nos

dois cruzamentos, enquanto que nas gerações F_1 e F_2 se constatou maior variabilidade das plantas para a duração do ciclo. A existência de variabilidade possibilitou a seleção de plantas F_2 mais precoces, as quais apresentaram redução de 7 dias no ciclo em relação aos parentais, nas duas combinações híbridas (Tabelas 1 e 2). As estimativas de coeficiente de variação do presente estudo foram próximas às relatadas por Coimbra et al. (1998) e maiores do que as estimativas descritas por Elias et al. (2007) para o ciclo em feijão.

Os valores do coeficiente de variação na geração F_2 foram concordantes com o alto número de classes fenotípicas da distribuição de frequência, para o ciclo, nos cruzamentos Iraí x BRS Esplendor e Iraí x IPR Tangará, salientando a existência de variabilidade genética entre as progênies (Figuras 2C e 3C). A maior frequência de progênies foi constatada na classe fenotípica de 80 dias, ou seja, 23,61% do total das plantas avaliadas no cruzamento Iraí x BRS Esplendor (Figura 2C). Nessa combinação apenas 2,78% das plantas F_2 avaliadas apresentaram ciclo menor do que 70 dias, evidenciando a dificuldade de obtenção de plantas precoces, uma vez que o ciclo é um caráter quantitativo e apresenta várias classes fenotípicas (BLAIR et al., 2012; PEREZ-VEGA et al., 2010), dificultando a seleção de plantas de feijão de ciclo precoce em gerações iniciais. Adicionalmente, no cruzamento Iraí x IPR Tangará, o maior número de plantas entrou em maturação com 90 dias, sendo mais tardios e, isso representou 28,57% das plantas avaliadas na geração F_2 , enquanto que apenas 2,86% das plantas F_2 entraram em maturação com menos de 70 dias (Figura 3C), evidenciando a dificuldade de praticar a seleção em gerações iniciais. Portanto a seleção com base no ciclo, nas populações de plantas oriundas dos dois blocos de cruzamentos deve ser, preferencialmente, postergada para gerações avançadas, onde há maior probabilidade de se obter sucesso na seleção de caracteres quantitativos assim como o ciclo.

Foram obtidas estimativas de herdabilidade em sentido amplo variando de intermediária magnitude (h^2_a : 45,38%) no cruzamento Iraí x BRS Esplendor à alta magnitude (h^2_a : 62,93%) na combinação Iraí x IPR Tangará (Tabelas 3 e 4). Apesar da avaliação ter ocorrido em geração precoce, o emprego da herdabilidade em sentido amplo foi viável, uma vez que, as médias das gerações F_1 e F_2 foram semelhantes às médias dos parentais apontando para a predominância da interação alélica aditiva no controle genético do ciclo em feijão. Igualmente, Coimbra et al. (1998) obteve alta estimativa de herdabilidade em sentido amplo (h^2_a : 73,49%) em avaliação de linhagens de feijão. Portanto, nos dois estudos a seleção tardia de linhagens de feijão de ciclo precoce pode ser eficiente, uma vez que em gerações avançadas a variância de dominância tende a diminuir. De igual modo, Baldoni; Ramalho; Abreu (2008) avaliando progênies de feijão de gerações $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$, com diferentes proporções

de alelos da cultivar Carioca, obtiveram estimativa de herdabilidade em sentido amplo de alta magnitude (h^2_a : 86,31%). Essa estimativa é importante para o uso em programas de melhoramento, pois nas progênes avançadas com maior proporção de alelos da cultivar Carioca, a proporção da variância de dominância na variância genética foi maior ($\frac{3}{4} \sigma^2_D$), enquanto que, nas progênes com menor proporção de alelos da Carioca, a variância de dominância foi reduzida ($\frac{1}{4} \sigma^2_D$). Portanto, nesse caso a herdabilidade em sentido amplo, a qual engloba a variância de dominância, tem papel importante nas estratégias de seleção empregadas no programa de melhoramento.

Os ganhos com a seleção nas plantas de ciclo mais precoces foram de ΔG : -4,96% e de ΔG : -8,44% para as combinações Iraí x BRS Esplendor e Iraí x IPR Tangará, respectivamente (Tabelas 3 e 4). Comparativamente ao caráter número de dias da emergência até a abertura da primeira flor, os ganhos preditos foram inferiores em geração inicial e, por isso a seleção deve ser preconizada em gerações avançadas. De igual modo, pequeno ganho com a seleção (2,57%) para ciclo foi relatado por Coimbra et al. (1998) em linhagens de feijão do grupo comercial preto.

Assim, se o programa de melhoramento optar pela seleção precoce com base no ciclo, a população mais promissora para a seleção e avanço das gerações é a oriunda do cruzamento Iraí x IPR Tangará, uma vez que esta proporcionou ganho com a seleção, aproximadamente, duas vezes superior ao ganho obtido no cruzamento Iraí x BRS Esplendor, além de estimativa de herdabilidade em sentido amplo de alta magnitude em geração inicial.

5 CONCLUSÃO

O número de dias da emergência até a abertura da primeira flor é o caráter mais eficiente para a seleção de progênies de feijão de ciclo precoce, nas condições de safrinha no Estado do Rio Grande do Sul, uma vez que é um caráter de fácil avaliação visual e possui alta estimativa de herdabilidade em sentido amplo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANTES, L. de O.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Controle genético da incompatibilidade do cruzamento entre cultivares andinas e mesoamericanas de feijoeiro comum. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 978-980, maio/jun., 2008.

ARRIEL, E. F.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Análise dialéctica do número de dias para o florescimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 5, p. 753-758, maio, 1990.

BALDONI, A. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Allele frequency and selection efficiency in cross populations of Andean x Mesoamerican common beans (*Phaseolus vulgaris* L. Fabales, Fabaceae). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 31, n. 4, p. 914-919, Dec. 2008.

BARELLI, M. A. A. et al. Genetic control on number of days to flowering and yield components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 21, n. 3, p. 423-427, July/Sept. 1999.

BLAIR, M. W. et al. Development of a Mesoamerican intra-genepool genetic map for quantitative trait loci detection in a drought tolerant x susceptible common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross. **Molecular Breeding**, Berlin, v. 29, n. 1, p. 71-88, Oct. 2012.

BLAIR, M. W.; IRIARTE, E. G.; BEEBE, E. S. QTL analysis of yield traits in an advanced backcross population derived from a cultivated Andean wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 112, n. 6, p. 1149-1163, Apr. 2006.

BONETT, L. P. et al. Divergência genética em germoplasma de feijoeiro comum coletado no Estado do Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 547-560, out./dez. 2006.

BOREL, J. C.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. Análise genética do início do florescimento em feijoeiro pelo "Triple Test Cross". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Búzios. **Anais...** Búzios: SBMP, 2011. CD-ROM

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: UFV, 2007, 525 p.

BRUZI, A. T.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Desempenho de famílias do cruzamento entre linhagens de feijões andinos e mesoamericanos em produtividade e resistência a (*Phaeoisariopsis griseola*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 650-655, maio/jun., 2007.

BURATTO, J. S. et al. Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 373-380, jul./set. 2007.

BURIOL, G. A. et al. Temperatura base dos subperíodos emergência-floração e floração maturação de quatro linhagens de lentilha (*Lens culinaris medic*). **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p.175-184, 1978.

CERNA, J.; BEAVER, J. S. Inheritance of early maturity of indeterminate dry bean. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 6, p. 1215-1218, Nov./Dec. 1990.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT. **Standart system for the evaluation of bean germoplasm**. Cali: CIAT, 1987. 54p.

COIMBRA, J. L. M. et al. Análise quantitativa de parâmetros genéticos e fenotípicos em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Pelotas, v. 4, n. 2, p. 163 - 171, fev. 1998.

COMISSÃO TÉCNICA SUL BRASILEIRA DE FEIJÃO. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira 2009**. Florianópolis: Epagri. 2010. 164 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2012/2013: quarto levantamento**. Brasília: CONAB, 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_01_09_17_44_20_boletim_graos_janeiro_2013.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2013a.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2012/2013: sexto levantamento**. Brasília: CONAB, 2013. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_03_07_10_39_19_levantamento_safra_graos_6.pdf. Acesso em 09 mar. 2013b.

COSTA, J. G. C.; ZIMMERMANN, M. J. O. Melhoramento genético. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.229-245.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**. Viçosa: UFV, 2006. 382 p.

DEBOUCK, D. G. Phaseolus germplasm exploration. In: GEPTS, P (ed.). **Genetic resources of Phaseolus beans**. Dordrecht. Kluwer, p. 3-29, 1988.

DICKSON, M. H.; PETZOLD, R. Heat tolerance and pod set in green beans. **Journal Of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 114, n. 5, p. 833-836, Sept. 1989.

ELIAS, H. T. et al. Variabilidade genética em germoplasma tradicional de feijão-preto em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1443-1449, out. 2007.

FALEIRO, F. G. et al. Caracterização de linhagens endogâmicas recombinantes e mapeamento de locos de características quantitativas associados a ciclo e produtividade do feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1387-1397, dez. 2003.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPEZ, M. **Etapas de desarrollo della planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)**. CIAT, Cali, Colombia. 1986. 34 p.

GEPTS, P. L.; BLISS, F. A. Phaseolin variability among wild and cultivated common beans (*Phaseolus vulgaris*) from Colombia. **Economic Botany**, New York, v. 40, n. 4, p. 469-478, Oct/Dec. 1986.

GEPTS, P. L.; OSBORN, T. C.; RASHKA, K. Phaseolin seed proteins variability in wild forms and landraces of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): evidence for multiple centers of domestications. **Economic Botany**, New York, v. 40, n. 4, p. 451-456, Oct/Dec 1986.

GONÇALVEZ-VIDIGAL, M. C. et al. Heritability of quantitative traits in segregating common bean families using a Bayesian approach. **Euphytica**, Wageningen, v. 164, n. 2, p. 551-560, July/Aug. 2008.

GRAVINA, G de A. et al. Parâmetros genéticos da resistência da soja a *Cercospora sojina*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 653-659, jul. 2004.

HANAUER, J. G. et al. Estimativa da temperatura-base da fase emergência-floração em cultivares de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010. Belém. **Anais...** Belém: SBMET, 2010.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; SILVA, S. C da. Feijão. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília – DF: INMET, 2009, p. 185-201.

JOHNSON, W. C.; GEPTS, P. The role of epistasis in controlling seed yield and other agronomic traits in an andean x mesoamerican cross of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 125, n. 1, p. 69-79, May, 2002.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento agrícola de risco climático: cultivares de feijão – ano – safra 2012/2013**. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 22 jan 2013.

MENDES, M. P. et al. Genetic control of the number of days to flowering in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 8, n. 4, p. 279-282, Dec. 2008.

MIKLAS, P. N.; STAVELY, J. R.; KELLY, J. D. Identification and potencial use of a molecular marker for rust resistance in common bean. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 85, n. 6-7, p. 745-749, Feb. 1993.

MIRANDA, M. N.; CAMPELO JÚNIOR, J. H. Soma térmica para o subperíodo semeadura-maturação de feijão cv. Carioca em Colorado do Oeste, Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 180-185, abr./jun. 2010.

MORETO, A. L. **Epistasia em cruzamento de feijão Andino x Mesoamericano**. 2008. 67p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MORETO, A. L.; RAMALHO, M. A. P.; BRUZI, A. T. Epistasis in an Andean x Mesoamerican cross of common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 186, n. 3, p. 755-760, Aug. 2012.

MOTA, F. S.; ZAHLER, P. J. M. **Clima, agricultura e pecuária no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Livraria Mundial, 1994. 166 p.

NUNES, G. H. de S. et al. Seleção de famílias de feijão adaptadas às condições de inverno do sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2051-2058, nov. 1999.

OFIR, M. et al. High temperature effects on pod and seed production as related to hormone levels and abscission of reproductive structures in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v. 55, n. 3, p. 201-211, Sept. 1993.

PEREIRA, P. A. A.; SOUZA, C. R. B de. Tipos de faseolinas em raças “crioulas” de feijão no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 8, p. 1219-1221, ago. 1992.

PÉREZ-VEGA, E. et al. Mapping of QTLs for morpho-agronomic and seed quality traits in a RIL population of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 120, n. 7, p. 1367-1380, May, 2010.

PETERNELLI, L. A.; BORÉM, A. Hibridação em feijão. In: BORÉM, A (Ed). **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 270-294.

PETERNELLI, L. A.; BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. Hibridação em Feijão. In: BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2009. p. 320-348.

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

RAMALHO, M. A. P. et al. **Genética na Agropecuária**. 5º ed. revisada. Lavras: UFLA, 2012a. 566 p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Desempenho de progênies precoces de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes locais e épocas de plantio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 40, n. 229, p. 272-280, maio/jun. 1993.

SANTOS, J. B.; VENCOSKY, R. Controle genético do início do florescimento em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 841-845, jul. 1985.

SHII, C. T. et al. Expression of developmental abnormalities in hybrids of *Phaseolus vulgaris* L.: interaction between temperature and allelic dosage. **The Journal of Heredity**, Cary, v. 71, n. 4, p. 218-222, July.1980.

SILVA, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1437-1442, out. 2007.

SILVA, J. C. da. et al. Risco de estresse térmico para o feijoeiro em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 643-648, Jun. 2007.

SILVA, S. C. da.; DIDONET, A. D. Cultivo do feijão irrigado na região Noroeste de Minas Gerais. **Embrapa Arroz e Feijão**, Goiânia, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/clima.htm#ta>>. Acesso em: 08 abril. 2013.

SILVA, S. C. da.; THUNG, M.; AIDAR, H. **Produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais**. Goiânia, 2004. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/clima.htm>. Acesso em 31 mar. 2013.

SINGH, S. P.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D. G. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabacea). **Economic Botany**, New York, v. 45, n. 3, p. 379-396, July-Sept. 1991.

SINGH, S. P.; GUTIERREZ, J. A. Geographical distribution of the DL₁ and DL₂ genes causing hybrid dwarfism in *Phaseolus vulgaris* L., their association with seed size, and their significance to breeding. **Euphytica**, Wageningen, v. 33, n. 2, p. 337-345, June. 1984.

SOUZA, F. de F. **Cultivo de feijão comum em Rondônia**. Rondônia, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijaoComumRO/clima.htm>> Acesso em: 08 abril 2013.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G. **A Variabilidade Genética do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): aplicações nos estudos das interações simbióticas e patogênicas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. (Documentos, 126). 2000. 59 p.

VIEIRA, C. et al. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A (ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 301-313.

VOYSEST, O. V. **Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.):** legado de variedades de America Latina 1930-1999. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2000. 195 p.

WHITE, J. W.; SINGH, S. P. Sources and inheritance of earliness in tropically adapted indeterminate common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 55, n. 1, p. 15-19, May, 1991.

YOKOYAMA, L. P. **Cultivo do feijoeiro comum:** importância econômica. Embrapa Arroz e Feijão, Goiânia, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/importancia.htm>>. Acesso em: 09 mar. 2013.

ZEMOLIN, A. E. M. **Estágio supervisionado em melhoramento de plantas na Universidade Federal de Santa Maria.** 2012. 42 f. Relatório de estágio (Graduação em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

ZIMMERMANN, M. J. O. et al. Melhoramento genético e cultivares. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Eds.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Potafós, 1996. p. 223-273.

APÊNDICE

Apêndice A – Dados meteorológicos dos meses de fevereiro a junho de 2012 coletados da Estação Meteorológica de Santa Maria (8° Distrito de Meteorologia) instalada na Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS.

Meses	Precipitação (mm)	T Mínima (°C)	T Máxima (°C)	T média (°C)
Fevereiro	135,4	21,2	33,0	26,1
Março	151,1	17,4	30,4	22,8
Abril	108,7	13,7	25,3	18,3
Maiο	138,2	11,8	24,8	17,0
Junho	35,1	10,1	19,6	13,9

Fonte: Estação Meteorológica de Santa Maria - 8° Distrito de Meteorologia.