

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

**SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO DE CICLO
PRECOCE, ARQUITETURA ERETA, ALTA
PRODUTIVIDADE E COZIMENTO RÁPIDO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Guilherme Godoy dos Santos

Santa Maria, RS, Brasil

2014

**SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO DE CICLO
PRECOCE, ARQUITETURA ERETA, ALTA
PRODUTIVIDADE E COZIMENTO RÁPIDO**

Guilherme Godoy dos Santos

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 a obtenção do título do grau de **Mestre em Agronomia.**

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Nerinéia Dalfollo Ribeiro

Santa Maria, RS, Brasil

2014

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

Godoy dos Santos, Guilherme
Seleção de linhagens de feijão de ciclo precoce,
arquitetura ereta, alta produtividade e cozimento rápido
/ Guilherme Godoy dos Santos.-2014.
50 p.; 30cm

Orientadora: Nerinéia Dalfollo Ribeiro
Coorientador: Thomas Newton Martin
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, RS, 2014

1. Phaseolus vulgaris 2. interação cultivar x época
de cultivo 3. caracteres fenológicos e morfológicos 4.
caracteres de produção 5. tempo de cozimento I. Dalfollo
Ribeiro, Nerinéia II. Newton Martin, Thomas III. Título.

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Guilherme Godoy dos Santos. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: guilhermepassamani@hotmail.com

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

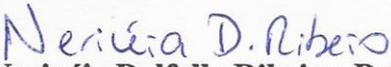
**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de
Mestrado**

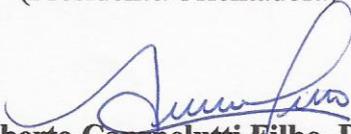
**SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO DE CICLO PRECOCE,
ARQUITETURA ERETA, ALTA PRODUTIVIDADE E COZIMENTO
RÁPIDO**

Elaborada por
Guilherme Godoy dos Santos

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

COMISSÃO EXAMINADORA:


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


Alberto Cargnelutti Filho, Dr.
(UFSM)


Rogério Luiz Backes, Dr.
(EPAGRI)

DEDICATÓRIA

*“Nenhuma tarefa executada
corretamente é realmente
particular.
É parte do trabalho do mundo...”*

Woodrow Wilson

*A todos presentes neste mundo que serviram de exemplo ou de alguma forma contribuíram
a este trabalho:*

- com sinceridade, agradeço.

Aos meus amigos e minha família:

- com muito carinho dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meu caminho e manter acesa a chama da dedicação e do amor pelo trabalho.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Centro de Ciências Rurais, ao Departamento de Fitotecnia e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do Mestrado.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Nerinéia Dalfollo Ribeiro pela amizade, ensinamentos e incansáveis contribuições a este trabalho.

Aos funcionários e professores do Departamento de Fitotecnia pela ajuda nos momentos em que foram necessários.

Aos Professores Thomas Newton Martin e Alberto Cargnelutti Filho pelo auxílio e apoio prestado sempre que necessário.

Aos amigos e colegas da Fitotecnia que auxiliaram na condução deste trabalho, o qual sem eles nada disso teria acontecido.

À minha família, em especial aos meus pais Mariano Passamani dos Santos e Rosimirian Natalina Bueno de Godoy dos Santos por estarem sempre ao meu lado, à minha irmã Greice Godoy dos Santos pela amizade e à minha namorada Emilyn Borba da Silva pelos longos dias de dedicação e ajuda neste trabalho.

A todas estas pedras fundamentais à construção deste trabalho.

Meu sincero, obrigado!

RESUMO

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

SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO DE CICLO PRECOCE, ARQUITETURA ERETA, ALTA PRODUTIVIDADE E COZIMENTO RÁPIDO

AUTOR: GUILHERME GODOY DOS SANTOS
ORIENTADORA: NERINÉIA DALFOLLO RIBEIRO

Local e data da defesa: Santa Maria, 24 de fevereiro de 2014.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar se as linhagens avançadas de feijão diferem quanto aos caracteres fenológicos, morfológicos, de produção e de qualidade de cozimento; estudar as correlações lineares entre esses caracteres; e selecionar linhagens superiores para esses caracteres para uso em programas de melhoramento. Para tanto, foram avaliadas 14 linhagens de feijão do Ensaio de Valor Cultivo e Uso Sul-brasileiro de Feijão (VCU-SB) em cultivo de safra 2012/2013 e de safrinha 2013 em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância individual e conjunta, usando o teste F a 5% de probabilidade. Sendo o efeito de linhagens significativo, a estratificação das médias obtidas foi realizada pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Interação linhagem x época de cultivo significativa foi observada para os caracteres: número de dias da emergência a floração, período reprodutivo, ciclo, acamamento, *stay green*, número de ramos laterais, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade de grãos, comprimento e largura de grãos. As linhagens e as testemunhas avaliadas diferiram significativamente para os caracteres: número de dias da emergência a floração, ciclo, número de nós no ramo principal, largura e espessura dos grãos, luminosidade dos grãos e tempo de cozimento dos grãos, possibilitando a seleção de linhagens superiores para esses caracteres. Correlação linear positiva de alta magnitude foi observada entre a produtividade de grãos e o número de vagens por planta ($r = 0,632$) e a massa de 100 grãos ($r = 0,942$), enquanto que a produtividade de grãos e o número de dias da emergência a floração ($r = -0,857$) e o ciclo ($r = -0,677$), apresentaram alta correlação linear negativa. A linhagem LP 09-40 e a testemunha BRS Valente apresentam as menores notas de acamamento nas duas épocas de cultivo, o que possibilita o uso dessas em blocos de cruzamentos para a obtenção de linhagens com porte ereto. As linhagens CNFP 10794 e DF 06-17 poderão ser utilizadas como genitores em combinações híbridas por apresentarem alta produtividade de grãos e reduzido tempo de cozimento e alta produtividade de grãos e ciclo reduzido, respectivamente.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Interação cultivar x Época de cultivo. Caracteres fenológicos. Caracteres morfológicos. Caracteres da produção. Tempo de cozimento.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Postgraduate Program in Agronomy
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

SELECTION OF COMMON BEAN LINES WITH EARLY CYCLE, ERECT GROWTH, HIGH GRAIN YIELD AND FAST COOKING

AUTHOR: GUILHERME GODOY DOS SANTOS
ADVISOR: NERINÉIA DALFOLLO RIBEIRO

Place and date of defense: Santa Maria, February 24, 2014.

The objectives of this study were to evaluate whether advanced common bean lines differ in phenological, morphological, grain yield and cooking quality characters; to study the linear correlations between these characters; and to select superior lines for these characters for use in breeding programs. For this purpose, 14 common bean lines of trial Use and Cultivation South -Brazilian Bean (VCU - SB) were growing in normal rainy 2012/2013 and in dry season 2013 in Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. Data were subjected to analysis of individual and joint variance, using the F test at 5 % probability. If the effect of line and control was significant, the stratification of averages was performed by the Scott-Knott test at 5 % probability. Interaction line x growing season significant was observed for the characters: number of days from emergence to flowering, reproductive period, cycle, lodging, stay green, number of lateral branches, number of pods per plant, number of grains per plant, number of grains per pod, weight of 100 grains, grain yield, grain length and width. The line and control evaluated differed significantly among the characters: number of days from emergence to flowering, cycle, number of nodes on main stem, width and thickness of grains, grain brightness and time of cooking, allowing you to select improved lines for these characters. Positive linear correlation of high magnitude was observed between grain yield and number of pods per plant ($r = 0.632$) and weight of 100 grains ($r = 0.942$), while the grain yield and the number of days from emergence to flowering ($r = -0.857$) and the cycle ($r = -0.677$) had high negative linear correlation. The LP 09-40 line and BRS Valente control have the lower note of lodging in the two growing seasons, allowing the use of these blocks of crosses to obtain lines with erect architecture. The CNFP 10794 and DF 06-17 lines may be used as parents in hybrid combinations for presenting high yield and reduced cooking time and high yield and early cycle, respectively.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Interaction cultivar x Growing season. Phenological characters. Morphological characters. Grain yield, cooking time.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Colorímetro modelo CR 410 usado para a determinação da coloração do tegumento dos grãos.....23
- Figura 2 - Cozedor de Mattson usado para determinar o tempo de cozimento dos grãos ...24

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Resultado da análise de solo das duas épocas de cultivo do experimento instalado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, RS, Brasil 20
- Tabela 2 - Dados meteorológicos coletados no 8o Distrito de Meteorologia, na Estação Meteorológica de Santa Maria, instalada na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS 26
- Tabela 3 - Análise de variância conjunta dos caracteres número de dias da emergência à floração (floração, dias), número de dias da floração a maturação (período reprodutivo: REPROD, dias), número de dias da emergência a maturação (CICLO, dias), acamamento (ACA), nota geral de adaptação (NG), stay green (SG), altura de inserção da primeira vagem (A1V, cm), altura de inserção da última vagem (AUV, cm), número de nós no ramo principal (NNRP), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M 100G, g), produtividade de grãos (PROD, kg ha-1), comprimento dos grãos (COMP, mm), largura dos grãos (LARG, mm), espessura dos grãos (ESP, mm), valor de luminosidade (L) e tempo de cozimento (T.COZIMENTO, segundos) de linhagens de feijão avaliadas em cultivo de safra 2012/2013 e de safrinha 2013, em Santa Maria, RS 29
- Tabela 4 - Médias* dos caracteres hábito de crescimento (HC), número de dias da emergência à floração (FLORAÇÃO, dias), número de dias da floração a maturação (período reprodutivo: REPROD, dias), número de dias da emergência a maturação (CICLO, dias), acamamento (ACA), nota geral de adaptação (NG), stay green (SG), altura de inserção da primeira vagem (A1V, cm) e altura de inserção da última vagem (AUV, cm) de linhagens de feijão avaliadas em cultivo de safra 2012/2013 e de safrinha 2013, em Santa Maria, RS 31
- Tabela 5- Médias* dos caracteres número de nós no ramo principal (NNRP), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M 100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha-1) de linhagens de feijão avaliadas em cultivo de safra 2012/2013 e de safrinha 2013, em Santa Maria, RS 35
- Tabela 6 - Médias* dos caracteres comprimento dos grãos (COMP, mm), largura dos grãos (LARG, mm), espessura dos grãos (ESP, mm), forma e achatamento dos grãos, valor de luminosidade (L), tempo de cozimento dos grãos (T.COZ, em minutos:segundos) de linhagens de feijão avaliadas em cultivo de safra 2012/2013 e de safrinha 2013, em Santa Maria, RS 38
- Tabela 7- Coeficientes de correlação fenotípica de Pearson entre os caracteres número de dias da emergência à floração (FLORAÇÃO, dias), número de dias da floração a maturação (período reprodutivo: REPROD, dias), número de dias da emergência a maturação (CICLO, dias), acamamento (ACA), número de nós no ramo principal (NNRP), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M 100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha-1) em linhagens de feijão avaliadas em cultivo de safra 2012/2013 e safrinha 2013, em Santa Maria, RS 41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4 CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) representa aproximadamente 50% dos grãos de plantas leguminosas consumidas no mundo (TALUKDER et al., 2010). Isso porque tem um alto valor nutricional, com teores significativos de proteínas, minerais, carboidratos, fibras e vitaminas que são capazes de suprir parte do requerimento nutricional diário dos consumidores (SATHE; DESHPANDE; SALUNKHE, 1984; ESTEVES, 2000; TALUKDER et al., 2010).

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão, com um consumo per capita de 19 kg habitante⁻¹ ano⁻¹ (MAPA, 2012). O grande consumo de feijão, aliado à necessidade constante de aumento na produtividade de grãos desta cultura, estimulam os pesquisadores, que trabalham com melhoramento, a identificar novas cultivares de feijão que atendam aos objetivos dos agricultores e dos consumidores, envolvendo atividades de pesquisa que demandam dedicação e, sobretudo, continuidade (RAMALHO; ABREU, 2006).

Os caracteres fenológicos, como a maturação precoce, e morfológicos, como o porte ereto, são utilizados como critérios na seleção das cultivares de feijão. O uso de cultivares de feijão de ciclo precoce possibilita o melhor aproveitamento da área de cultivo e a adequação das épocas de semeadura e de colheita para períodos mais favoráveis (RIBEIRO; HOFFMANN; POSSEBON, 2004). O uso de cultivares de ciclo precoce proporciona a diminuição do consumo de água em cultivos irrigados e a redução das perdas na colheita, evitando que esta coincida com o período mais chuvoso, que aumenta o risco de deterioração das vagens devido ao contato com o solo úmido (BURATTO et al., 2007).

Segundo Zimmermann et al (1996), no Brasil a maioria das cultivares de feijão em cultivo apresentam ciclo intermediário de, aproximadamente, 90 dias; enquanto que, as cultivares precoces apresentam ciclo de cerca de 70 dias. Para avaliar a precocidade, um caractere de importância é o número de dias da emergência a floração. Isso porque este caractere apresentou alta herdabilidade em sentido amplo (h^2_a : 94,05%) (SANTOS; VENCOVSKY, 1985) e restrito (h^2_r : 75,00 a 92,50%) (CERNA; BEAVER, 1990; SANTOS; VENCOVSKY, 1985), correlação genética positiva de alta a moderada magnitude com o número de dias da emergência a maturação ($r = 0,85, 0,73$ e $0,66$, em três diferentes cruzamentos) (CERNA; BEAVER, 1990) e foi pouco sensível às variações de ambiente

(SANTOS; VENCOVSKY, 1985). Portanto, há possibilidades de obtenção de ganhos genéticos para ciclo com a seleção indireta pelo número de dias da emergência a floração.

O período reprodutivo é uma característica importante na escolha de uma cultivar. Plantas de feijão com maior número de dias durante o período reprodutivo diminuem o risco de perdas na produtividade de grãos por efeito climático, como restrições hídricas e altas temperaturas durante o florescimento. A seleção deste caractere é dificultada pela estimativa de herdabilidade classificada como intermediária (h^2_a : 53,86%) (BONETT et al., 2006). Além disso, a seleção indireta deste caractere ainda foi pouco estudada e as correlações entre os caracteres fenológicos que possam proporcionar a seleção indireta de plantas com maior período reprodutivo ainda é desconhecida.

Outro caractere utilizado para avaliar a precocidade de cultivares de feijão é o número de dias da emergência a maturação. Cerna e Beaver (1990) observaram herdabilidade no sentido restrito de $h^2_r = 31\%$ e 40% , nos cruzamentos entre as cultivares de feijão Cuarenta x L-227 e entre Cincuentaño x RAB 205, respectivamente em gerações F_3 , demonstrando herdabilidade intermediária. Devido às estimativas de herdabilidade observadas e a elevada influência ambiental (RIBEIRO; HOFFMANN; POSSEBON, 2004), o caractere ciclo apresenta dificuldades na obtenção de ganhos por seleção nos programas de melhoramento, fato que justifica a seleção indireta do caractere ciclo com base em caracteres correlacionados.

Plantas de porte ereto têm sido uma das principais exigências dos produtores de feijão. O porte da planta deve permitir a penetração e a interceptação de luz, a resistência ao tombamento e possibilitar a eficiência fisiológica na conversão dos produtos metabólicos na produção de grãos (ADAMS, 1982). Plantas de porte ereto, com menores índices de acamamento, com maior altura de inserção da primeira vagem, facilitam a colheita, tanto mecanizada quanto manual, e os demais tratamentos culturais (MENDES; RAMALHO; ABREU, 2009).

O porte ereto possibilita uma melhor circulação do ar no dossel das plantas, desfavorecendo a incidência de patógenos (EMBRAPA, 2005). A seleção de plantas de feijão de porte ereto, com menor acamamento, não tem sido fácil em razão do grande número de genes envolvidos e, sobretudo, pelo efeito do ambiente (MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008). Mendes, Ramalho e Abreu (2011) observaram variabilidade genética para o acamamento em plantas de feijão e concluíram que há possibilidade de seleção de plantas com alta produtividade de grãos, porte ereto e menor acamamento.

Outro caractere importante e de fácil visualização em campo é a nota geral de adaptação, que consiste numa avaliação visual que considera a arquitetura das plantas e a

ocorrência de doenças, dispensando a contagem do número de vagens nas plantas e de grãos por vagem, bem como a massa de 100 grãos (CIAT, 1987). A nota geral de adaptação tem sido utilizada na seleção indireta para descartar linhagens de feijão nitidamente inferiores na maturação, pois apresenta correlação fenotípica linear negativa com a produtividade de grãos ($r = -0,613$) (RIBEIRO et al., 2010). Para tanto, foi utilizada uma escala de notas que varia de 1 a 9, sendo 1 (plantas excelentes) a 9 (plantas com aspecto péssimo). Como a avaliação da nota geral de adaptação em plantas de feijão é simples e de rápida determinação à campo, tem sido utilizada na seleção indireta de linhagens de feijão com alta produtividade de grãos.

Dentre os caracteres que se encontram associados com o porte ereto, está o fenótipo denominado *stay green* (DUNCAN; BOCKHOLT; MILLER, 1981). Segundo Carmo et al. (2007), o *stay green* é importante para manter as plantas eretas, principalmente pela senescência do caule ser mais tardia, mantendo as plantas com o caule verde até após a maturação fisiológica, fato que reduz o acamamento. Contudo, este caractere apresenta elevada sensibilidade ao ambiente (AGUIAR; RAMALHO; MARQUES JUNIOR, 2000), devendo ser avaliado em mais de um ambiente.

As plantas de feijão que apresentam maior altura de inserção da primeira vagem são menos propensas ao contato das vagens com o solo, evitando assim o desenvolvimento de doenças, melhorando a qualidade dos grãos e facilitando a operação da colheita (ALCÂNTARA et al., 1991). Outro caractere a ser observado é a altura de inserção da última vagem, onde plantas com menor altura de inserção da última vagem tendem a ser mais compactas e, portanto, apresentarão maior resistência ao acamamento (MORAIS, 2013).

Plantas com arquitetura ereta possuem menor número de nós no ramo principal e menor número de ramificações laterais e, portanto, espera-se que seu potencial produtivo seja inferior ao de plantas prostradas (NIENHUIS; SINGH, 1986; TEIXEIRA; RAMALHO; ABREU, 1999). Quando ocorre restrição hídrica, o número de nós no ramo principal (AGUIAR et al., 2008; GUIMARÃES; STONE; BRUNINI, 1996) e o número de ramos laterais (GUIMARÃES; STONE; BRUNINI, 1996) foram reduzidos, e houve diminuição da produtividade de grãos das plantas de feijão avaliadas, demonstrando o efeito do ambiente sobre esses caracteres.

A produtividade de grãos e o porte ereto são características buscadas em feijão pelos agricultores e pelos programas de melhoramento. Silva, Abreu, Ramalho (2009) observaram, em populações $F_{5;7}$ de três diferentes cruzamentos, que existe correlação genética entre a produtividade de grãos e o porte ereto, porém a correlação é negativa e de baixa a intermediária magnitude ($r = -0,140, -0,214$ e $-0,558$), dificultando a seleção simultânea para

esses caracteres. Como alternativa existe a possibilidade do uso de seleção recorrente, que possibilitou a seleção de linhagens de feijão com alta produtividade de grãos, porte ereto e grãos do tipo carioca (CUNHA; RAMALHO; ABREU, 2005).

Nos programas de melhoramento de plantas, a presença de variabilidade genética dentro de uma espécie é fundamental para o uso racional dos recursos genéticos (LOARCE; GALLEGOS; FERRER, 1996). A produtividade de grãos de feijão apresenta variabilidade genética (RODRIGUES et al., 2002; ELIAS et al., 2007; COELHO et al., 2007), possibilitando a obtenção de ganhos genéticos nos programas de melhoramento, sendo a produtividade de grãos um caractere de grande importância na seleção de uma cultivar de feijão.

No Brasil, os programas de melhoramento genético têm alcançado ganhos genéticos pouco relevantes em relação à produtividade de grãos, quando comparado com outras culturas como a soja e o milho. Isso se justifica pelo fato de que o feijão é cultivado predominantemente na agricultura familiar, recebendo pouco investimento de empresas privadas nos programas de melhoramento genético da cultura. Matos, Ramalho, Abreu (2007) observaram progresso genético de 4,36% ao ano (de 1974 a 2004) em relação à produtividade de grãos das cinco melhores linhagens de feijão desenvolvidas pelos programas de melhoramento do Estado de Minas Gerais. Já, em São Paulo, foi constatado um progresso genético relativo de 1,07% ao ano para a produtividade de grãos de cultivares de feijão desenvolvidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas, no período de 1989 a 1996 (CHIORATO et al., 2010). Entretanto, no período de 1997 a 2007, o progresso genético foi nulo, contudo a produtividade de grãos foi superior a 1.000 kg ha⁻¹, quando comparada ao período anterior. Segundo os autores, isto se justifica pelos ganhos obtidos para a sanidade e a qualidade tecnológica dos grãos.

Segundo Ramalho; Santos; Zimmermann (1993), a produtividade de grãos e os seus componentes primários são caracteres poligênicos e, portanto, são muito influenciados pelo ambiente. Além disso, a produtividade de grãos é um caractere complexo, resultante da multiplicação dos efeitos dos seus componentes primários. Coimbra, Guidolin e Carvalho (1999) observaram estimativas de herdabilidade média ($h^2_a = 0,63$) para o caractere produtividade de grãos, enquanto que Coelho et al. (2002) observaram herdabilidade baixa ($h^2_a = 0,19$), fato que dificulta a seleção direta do caractere produtividade de grãos tornando importante o conhecimento dos parâmetros genéticos dos componentes primários ao estudar a produtividade de grãos.

O número de vagens por planta apresentou correlação fenotípica positiva de moderada a alta magnitude com a produtividade de grãos ($r = 0,635$) em feijão carioca (RIBEIRO et al., 2001) e em feijão preto ($r = 0,703$) (RIBEIRO; STORCK; MELLO, 2001). Contudo, o número de vagens por planta apresentou herdabilidade no sentido amplo de baixa à intermediária magnitude ($h^2_a = 0,34$ e $0,53$) com base na relação entre a variância genotípica e fenotípica avaliada em trinta e dois genótipos de feijão (COELHO et al., 2002; COIMBRA; GUIDOLIN; CARVALHO, 1999), fato este que dificulta a seleção indireta por meio deste caractere. O número de grãos por planta, também, apresentou correlação positiva e de alta magnitude com a produtividade de grãos ($r = 0,860$) em feijão carioca (RIBEIRO et al., 2001) e em feijão preto ($r = 0,727$) (RIBEIRO; STORCK; MELLO, 2001), contudo a herdabilidade deste caractere ainda foi pouco estudada, fato que dificulta o conhecimento das possibilidades de obtenção de ganho genético com base na seleção indireta do número de grãos por planta para o aumento na produtividade de grãos.

Outro componente primário da produtividade de grãos em feijão que apresenta correlação com a produtividade de grãos é o número de grãos por vagem. Correlação genética positiva e de alta magnitude foram observadas entre a produtividade de grãos e o número de grãos por vagem em feijão carioca ($r = 0,734$) (RIBEIRO et al., 2001) e correlação genética negativa e de baixa magnitude em feijão preto ($r = -0,541$) (RIBEIRO; STORCK; MELLO, 2001). Outro fator que dificulta a seleção indireta é a magnitude da herdabilidade no sentido amplo observada para o caractere número de grãos por vagem, que varia de baixa ($h^2_a = 0,25$ a $0,16$ e $0,34$ a $0,25$) em gerações F_2 e F_3 avaliadas no cultivo das águas e em geração F_2 nas épocas de semeadura primavera-verão e verão-outono, respectivamente (LANA; CARDOSO; CRUZ, 2003; COELHO et al., 2002) a média magnitude ($h^2_a = 0,55$) avaliada em trinta e dois diferentes genótipos (COIMBRA; GUIDOLIN; CARVALHO, 1999).

Ferrão et al. (2001), observaram estimativa de correlação genética positiva em geração F_2 entre a produtividade de grãos de feijão e o número de vagens por planta em condições de frio ameno ($r = 0,503$) e correlação genética negativa em condições de frio mais intensas ($r = -0,480$), demonstrando o efeito do ambiente na expressão gênica deste caractere. Já, a massa de 100 grãos apresentou correlação positiva com a produtividade de grãos em ambas condições climáticas avaliadas, frio ameno ($r = 0,423$) e frio intenso ($r = 0,578$), propiciando maior precisão na seleção indireta do caractere massa de 100 grãos.

Segundo Cruz e Regazzi (1997), em alguns casos a seleção indireta pode levar a progressos genéticos mais rápidos do que a seleção direta do caráter desejado, devido à resposta do caráter correlacionado. Conhecer as correlações entre os componentes primários

da produtividade de grãos é de grande importância no melhoramento de feijão, pois pode possibilitar maior eficiência na seleção precoce de linhagens com maior produtividade.

O tamanho dos grãos é outro critério importante na seleção de cultivares de feijão. De acordo com a classificação apresentada por Blair et al. (2010), os grãos foram classificados como grandes quando a massa de 100 grãos foi maior do que $40 \text{ g } 100 \text{ grãos}^{-1}$, de tamanho médio quando a massa foi de 25 a $40 \text{ g } 100 \text{ grãos}^{-1}$ e pequenos, se a massa foi inferior a $25 \text{ g } 100 \text{ grãos}^{-1}$.

Em relação ao mercado de grãos de feijão, Carbonell et al. (2010) observaram a preferência de consumo pelas empacotadoras com base nos coeficientes **J** e **H**. O coeficiente **J** é determinado pela relação entre o comprimento e a largura dos grãos de feijão e é importante para classificar os grãos de acordo com o formato, sendo o padrão de mercado elíptico como desejável pelos consumidores brasileiros. Já o coeficiente **H** determina o grau de achatamento pela relação entre a espessura e a largura. De acordo com o autor, a maior demanda observada pelas empresas empacotadoras é por grãos de feijão cheios e grandes. Conhecer a demanda do mercado consumidor atual em relação à qualidade tecnológica das cultivares de feijão é importante para o desenvolvimento de novas cultivares.

Com relação à aceitação e à preferência pelos consumidores, deve-se levar em consideração aspectos relacionados à coloração, ao tamanho e ao brilho dos grãos de feijão (CARBONELL et al., 2010). A coloração do tegumento dos grãos é um caractere relevante na aceitação de uma cultivar de feijão pelo consumidor. No Brasil a preferência do consumidor é pelos grãos de cor carioca o qual representa cerca de 63% da produção nacional, sendo necessário a importação do feijão do tipo carioca em caso de quebra de safra para suprir a demanda de mercado (CTSBF, 2010).

Os programas de melhoramento genético de feijão têm levado em consideração a coloração do tegumento dos grãos, pois esta é determinante na aceitação de uma cultivar pelo mercado consumidor e agrega valor ao produto (RIBEIRO et al., 2008). Para o estudo da coloração do tegumento dos grãos do tipo carioca e preto, diferentemente da avaliação visual realizada pelo consumidor ao determinar a cultivar de sua preferência, pode ser utilizado o colorímetro, que possibilita a identificação do espectro de cores, em um sistema tridimensional, sendo que o eixo vertical, "L", refere-se à cor da amostra do preto ao branco; o eixo "a", da cor verde ao vermelho; e o eixo "b", da cor azul ao amarelo (HUNTERLAB, 1996). Para os grãos de feijão do tipo preto e carioca tem importância a claridade dos grãos, sendo assim o eixo "L" (luminosidade dos grãos) é fator importante na determinação da coloração dos grãos (RIBEIRO; JOST; CARGNELUTTI FILHO, 2004).

De acordo com Ribeiro et al. (2003), grãos de feijão do grupo preto com coloração na faixa “L” superior a 22,00, apresentam grande porcentagem de grãos arroxeados, o que é comumente associado à qualidade inferior e ao aumento do tempo de cozimento. Para essa classe de grãos deve-se priorizar a seleção de linhagens de feijão com valores “L” inferiores a 22,00, com a finalidade de suprir a necessidade dos consumidores. Já, os grãos do grupo carioca, que possuem coloração na faixa “L” superiores a 55,00, tendem a ter maior aceitação e proporcionam maior valor de mercado, pois o consumidor associa os grãos com valores de “L” inferiores a 55,00 ao maior tempo de armazenamento pela cor mais escura observada (RIBEIRO et al., 2008).

Além dos caracteres que conferem desempenho agrônômico ao feijão, outro fator importante na seleção de cultivares e na comercialização dos grãos, é a qualidade de cozimento. A qualidade de cozimento é composta pelo tempo de cozimento e pelas características físicas: cor, forma e textura dos grãos; características químicas: teores de proteínas, minerais, fibras e carboidratos; e características sensoriais: sabor, textura e coloração do caldo após o cozimento (EMBRAPA, 2012).

De acordo com Dalla Corte et al. (2003), a qualidade de cozimento dos grãos de feijão é afetada pelo manejo da cultura, pelas altas temperaturas durante o período de enchimento dos grãos, pelo beneficiamento pós-colheita, pelas condições de armazenamento e pela tecnologia de processamento. O desenvolvimento de cultivares de feijão com tempo reduzido de cozimento atende as necessidades do mercado consumidor, que disponibiliza de tempo reduzido para o preparo da refeição (OLIVEIRA et al., 2013). Para atender a demanda do mercado consumidor, são desejáveis cultivares de feijão com tempo de cocção inferior a 30 minutos (RODRIGUES et al., 2005), pois a redução no tempo de cozimento significa economia de energia e de capital (YOKOYAMA; STONE, 2000).

Variabilidade genética para o tempo de cozimento dos grãos de feijão tem sido observada por diversos autores. Carbonell et al. (2003) observaram variação de 14 min e 24 segundos a 21 min e 54 segundos. A existência de variabilidade genética para o tempo de cozimento de grãos em feijão, também, foi constatada por Carneiro et al. (1999), Scholz; Fonseca Júnior (1999), Dalla Corte et al. (2003) e Rodrigues (2004), demonstrando a possibilidade de seleção de linhagens de feijão com tempo de cozimento reduzido. É importante salientar que o sucesso de uma cultivar é determinado pelo tamanho dos grãos e demais características, como a cor, o tempo de cozimento, a porcentagem de grãos inteiros após o cozimento, o brilho dos grãos, a produtividade e a resistência da cultivar a fatores

bióticos e abióticos (CARBONELL et al, 2010), dentre outras características de interesse agrônomo.

O uso de cultivares de feijão com alto desempenho agrônomo e reduzido tempo de cozimento de grãos, representa vantagens mercadológicas para os produtores de feijão. Por isso, os programas de melhoramento genético deverão priorizar a seleção e o desenvolvimento de linhagens de feijão com ciclo precoce, arquitetura ereta, alta produtividade de grãos e cozimento rápido. Na busca por estas características, os programas de melhoramento necessitam de conhecimento sobre a variabilidade genética das linhagens avançadas que estão sendo desenvolvidas e as correlações entre os caracteres de interesse. Assim, foram objetivos deste trabalho avaliar se as linhagens avançadas de feijão diferem quanto aos caracteres fenológicos, morfológicos, de produção e de qualidade de cozimento; estudar as correlações lineares entre esses caracteres; e selecionar linhagens de feijão com alto desempenho agrônomo e reduzido tempo de cozimento dos grãos para uso em blocos de cruzamentos em programas de melhoramento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em cultivo de safra 2012/2013 e de safrinha 2013, em duas áreas experimentais do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, localizadas no município de Santa Maria (latitude 29°42'S, longitude 53°49'W, altitude 95 m; e latitude 29°43'S, longitude 53°43'W, altitude 94 m, respectivamente), no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. O solo onde foram realizados os experimentos é classificado como Argissolo Bruno-acinzentado alítico típico e foi preparado pelo sistema convencional. A adubação foi realizada conforme a interpretação do laudo de composição química do solo de cada época de cultivo (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultado da análise de solo das duas épocas de cultivo do experimento instalado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa, em Santa Maria, RS, Brasil.

Época	pH	M.O. (%)	P-Melich (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Mg ⁺⁺ (cmol _c dm ⁻³)
Safra	6,10	2,00	13,5	60,0	6,0	2,9
Safrinha	6,50	5,00	66,3	208,0	9,8	4,3

O clima da região que abrange os dois ambientes é classificado como Cfa, subtropical úmido, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961), com chuvas, normalmente, bem distribuídas durante todo o ano.

A semeadura foi realizada no dia 7 de novembro de 2012 (safra) e no dia 28 de fevereiro de 2013 (safrinha). O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por 14 linhagens de feijão, sendo 10 linhagens avançadas do Ensaio de Valor de Cultivo e Uso Sul-brasileiro: CNFC 10762, CNFP 10794 (Embrapa Arroz e Feijão), LP 09-192, LP 09-40 (Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR), DF 06-09, DF 06-17 (Universidade Federal de Santa Maria - UFSM), GEN C4-7-8-1-2, GEN C4-7-7-2-2 (Instituto Agrônômico de Campinas - IAC), CHC 98-42 e CHP 01-238

(Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI) e quatro linhagens testemunhas (cultivares): BRS Valente, Guapo Brilhante, Pérola e Carioca. BRS Valente e Guapo Brilhante apresentam grãos do grupo comercial preto e hábito de crescimento indeterminado com guias curtas (tipo II) e com guias longas (tipo III), respectivamente. Pérola e Carioca têm grãos do tipo carioca e hábito de crescimento indeterminado com guias longas (tipo III). As quatro linhagens testemunhas são do grupo gênico Mesoamericano e apresentam ciclo intermediário (ZIMMERMANN et al., 1996).

A densidade de semeadura foi ajustada de acordo com o hábito de crescimento (HC) de cada linhagem. Para as linhagens de HC do tipo II foram semeadas 16 sementes por metro linear e para as linhagens de HC do tipo III, 13 sementes por metro linear, proporcionando uma expectativa de densidade de plantas de 260.000 plantas ha⁻¹ e de 220.000 ha⁻¹, respectivamente (CTSBF, 2010).

A unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 4 m de comprimento, espaçadas a 0,5 m. Apenas as duas linhas centrais, de cada parcela, foram colhidas, sendo a área útil de 4 m². O experimento foi conduzido de acordo com as práticas de manejo recomendadas para a cultura (CTSBF, 2010). O controle de doenças não foi efetuado, com a finalidade de avaliar a ocorrência destas. O controle de insetos foi realizado com a aplicação do inseticida sistêmico de contato e ingestão Engeo™ Pleno, com o uso de pulverizador costal e dose de 300 ml ha⁻¹ do produto, de acordo com a recomendação do fabricante para o controle de *Diabrotica speciosa*. O produto foi aplicado no momento em que se observou a presença do inseto na área ou quando foi constatado o início dos danos nas folhas das plantas.

O controle de plantas invasoras foi efetuado de forma mecânica, por meio de capinas manuais, sempre que foi observado a possibilidade de competição entre as plantas daninhas e a cultura. Durante o cultivo de safra foi realizada uma aplicação do herbicida POAST® durante o estágio fenológico V4 das plantas de feijão, período em que a terceira folha trifoliada está plenamente aberta e as plantas daninhas apresentavam-se em pós emergência. O controle químico foi realizado com o uso de pulverizador costal e dose de 1,2 L ha⁻¹ do produto, de acordo com a recomendação do fabricante para o controle de gramíneas.

Os seguintes caracteres fenológicos foram avaliados: número de dias da emergência a floração (R6, floração), número de dias da floração a maturação (período reprodutivo) e número de dias da emergência a maturação (R9, ciclo). Para tanto, foi realizada a observação visual das plantas da parcela útil e a emergência, a floração e a maturação foram caracterizadas de acordo com a escala fenológica apresentada por Fernandez et al. (1986).

Na sequência foram determinados os caracteres morfológicos: hábito de crescimento, acamamento, nota geral de adaptação, caractere *stay green*, altura de inserção da primeira vagem ao solo, altura de inserção da última vagem ao solo, número de nós no ramo principal e número de ramos laterais. O hábito de crescimento foi avaliado na floração, sendo as linhagens classificadas em: tipo I - porte determinado e arbustivo, apresentando ramificações eretas e fechadas; tipo II - porte indeterminado com ramificações fechadas; tipo III - porte indeterminado com ramificações abertas; e tipo IV - porte indeterminado e trepador, de acordo com a descrição apresentada por CIAT (1981). O acamamento foi avaliado na maturação (estádio R9) por meio de observação visual das plantas e atribuindo-se notas que variaram de 1 (todas as plantas eretas) a 9 (todas as plantas caídas, tocando o solo), usando a escala apresentada por Antunes; Silveira (1993).

Ainda na maturação, foi avaliada a nota geral de adaptação pela observação visual do desenvolvimento das plantas, da carga de vagens, do acamamento, do porte e da ocorrência de doenças, com o emprego de notas que variaram de 1 (excelente) a 9 (péssimo), como descrito em CIAT (1987). O caractere *stay green*, que avalia a senescência do caule, foi avaliado no estágio R9, pelo uso de escalas de notas, variando de 1 (presença de *stay green* em todas as plantas) a 5 (ausência do caractere em todas as plantas), de acordo com o diagrama de notas apresentado por Aguiar, Ramalho e Marques Junior (2000).

Na área útil das parcelas foram colhidas 10 plantas em estágio R9, de forma aleatória, nas quais foram avaliados os caracteres morfológicos: altura de inserção da primeira vagem (cm), altura de inserção da última vagem (cm), número de nós no ramo principal e número de ramos laterais. Nestas plantas, também, foram avaliados os caracteres de produção: número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos (g). A produtividade de grãos foi estimada pelo somatório da massa de grãos das plantas colhidas na parcela útil, incluindo-se as 10 plantas amostradas de forma aleatória. A umidade dos grãos foi ajustada a 13%, possibilitando assim, a determinação da produtividade de grãos em kg ha^{-1} .

Ainda nas 10 plantas coletadas na parcela útil, foram amostrados 10 grãos de forma aleatória. Nestes foram determinados a forma e o grau de achatamento dos grãos, segundo critérios estabelecidos por Puerta Romero (1961). Para tanto, foram medidos o comprimento, a largura e a espessura dos grãos com um paquímetro. A forma dos grãos foi determinada com base no coeficiente **J**, o qual mede a relação entre o comprimento e a largura e classifica os grãos em esféricos (1,16 a 1,42), elípticos (1,43 a 1,65), oblonga/reniforme curta (1,66 a 1,85), oblonga/reniforme média (1,86 a 2,00) e oblonga/reniforme longa ($> 2,00$). O grau de

achatamento foi determinado com base no coeficiente **H**, que mede a relação entre a espessura e a largura e classifica os grãos em achatados ($< 0,69$), semi-cheios ($0,70$ a $0,79$) e cheios ($> 0,80$).

A determinação da coloração do tegumento dos grãos foi realizada em uma amostra de 200 g, em três repetições. As amostras de feijão foram dispostas em uma placa de Petri e as leituras foram realizadas durante o período diurno, em sala iluminada com lâmpadas fluorescentes, de acordo com a metodologia descrita por Brackmann et al. (2002). Para determinar a coloração do tegumento dos grãos foi utilizado um colorímetro, modelo CR 410 (Figura 1), que possibilita a identificação do espectro de cores, em um sistema tridimensional, sendo que o eixo “L” se refere à cor da amostra do preto ao branco, fornecendo a claridade dos grãos, que é de grande importância para a comercialização dos grãos do tipo carioca e preto.



Figura 1 - Colorímetro modelo CR 410 usado para a determinação da coloração do tegumento dos grãos.

Fonte: SANTOS, G. G. (2013).

O tempo de cozimento dos grãos foi avaliado com o emprego de um cozedor de Mattson, com 25 hastes metálicas de 90 g e 1,0 mm de diâmetro da ponta da haste (Figura 2), seguindo a metodologia descrita por Rodrigues et al. (2005). Para tanto, a cada 30 minutos uma amostra aleatória era colocada em embebição em 25 ml de água destilada, durante 8 horas, à temperatura ambiente ($15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Após os grãos foram levemente secos com papel toalha e dispostos no cozedor de forma que cada grão ficasse sobre uma haste. O

cozedor foi então colocado em uma panela de pressão, com volume de 7 litros, sem tampa, a qual continha 3 litros de água destilada em ebulição. Os grãos foram cozidos em fogo médio e à medida que ocorria o cozimento, os grãos amoleciam e a haste caía, perfurando o grão. O tempo médio de queda das 13 primeiras hastes (50% +1) foi considerado como o tempo de cozimento de cada amostra (RIBEIRO et al., 2007).



Figura 2 - Cozedor de Mattson usado para determinar o tempo de cozimento dos grãos.

Fonte: SANTOS, G. G. (2013)

Os dados obtidos nos dois experimentos foram submetidos à análise de variância individual e conjunta, segundo o delineamento de blocos ao acaso. O teste F a 5% de probabilidade foi utilizado para testar as hipóteses dos efeitos principais e da interação linhagem x época de cultivo (L x E). O efeito de linhagem foi considerado fixo e os demais (bloco, época e interação L x E) aleatórios. A homogeneidade das variâncias residuais foi verificada pelo teste F máximo de Hartley (CRUZ; REGAZZI, 1997). A comparação das médias entre as linhagens foi realizada pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A correlação linear de Pearson foi estimada com base na média das linhagens avaliadas entre os caracteres fenológicos, morfológicos e de produção, com base na matriz fenotípica. A significância do coeficiente de correlação linear foi verificada por meio do teste t de Student, a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio da planilha eletrônica Office Excel e do software Genes (CRUZ, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade de plantas obtidas variou em média de 230.000 plantas para as linhagens do grupo preto na safra a 245.000 plantas na safrinha. Já, para as linhagens do tipo carioca a densidade de plantas variou de 198.000 na safra a 208.000 na safrinha. Tais diferenças entre as épocas avaliadas são justificadas pela menor porcentagem de germinação observada nas sementes utilizadas para compor o experimento de safra. Além disso, as parcelas foram atacadas por formigas no início do período vegetativo, no cultivo de safra.

As principais diferenças observadas entre as épocas de cultivo foram relativas às temperaturas máximas observadas na época de semeadura da safra que variaram de 35,4 °C (novembro) à 38,6 °C (fevereiro) (Tabela 2). Além disso, as temperaturas mínimas observadas na época de semeadura da safrinha chegaram a 1,5 °C e em 13 dias houve alta intensidade de precipitação no mês de dezembro, período em que a maioria das plantas estavam em fase de floração (17/12 a 28/12/2012). Esses fatores afetaram negativamente à produtividade de grãos e os seus componentes primários no período de avaliação da safra.

Tabela 2 – Dados meteorológicos coletados no 8º Distrito de Meteorologia, na Estação Meteorológica de Santa Maria, instalada na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

Dia	-----Temperatura máxima diária (°C) -----								-----Temperatura mínima diária (°C) -----							
	----Safrinha 2012/13----				----Safrinha 2013----				----Safrinha 2012/13----				----Safrinha 2013----			
	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	25,8	28,7	30,7	38,6	31,8	23,9	22,6	20,1	55,0	21,5	18,8	21,2	13,8	18,0	17,0	11,4
2	27,4	30,4	24,2	30,7	30,3	29,2	29,1	20,4	39,0	19,3	12,8	20,3	21,3	19,6	17,1	12,9
3	29,0	34,7	28,1	26,0	28,9	28,0	31,0	20,2	32,0	16,9	13,8	15,5	19,7	20,8	17,9	8,4
4	29,5	29,8	32,3	26,5	25,7	24,0	22,1	24,1	24,0	20,4	18,1	14,8	17,8	19,4	14,6	5,6
5	30,8	32,6	27,0	27,3	24,7	25,3	21,4	24,6	97,0	31,3	25,5	26,7	23,1	24,2	20,5	24,1
6	32,4	35,8	27,0	28,9	26,7	28,8	21,9	19,8	27,0	22,4	18,8	18,7	12,0	15,2	8,8	10,5
7	32,8	32,9	26,9	29,5	29,0	25,4	18,2	19,2	43,0	22,5	21,9	18,7	13,3	14,4	10,5	4,8
8	33,6	29,6	30,9	29,0	25,0	24,2	23,7	17,4	43,0	17,5	20,9	18,3	19,1	14,5	4,7	6,3
9	35,2	31,6	29,6	29,6	27,1	24,6	25,5	19,9	35,0	14,3	21,0	20,0	20,9	13,9	6,0	10,9
10	32,8	37,7	29,8	30,1	28,3	27,9	29,5	21,3	48,0	15,2	19,8	19,4	19,7	15,2	7,4	11,3
11	29,0	33,1	26,8	29,4	30,1	30,5	29,2	19,0	62,0	19,9	15,6	18,6	20,6	17,9	10,9	10,0
12	23,9	24,2	28,2	32,0	24,5	23,4	21,8	20,7	67,0	20,2	16,1	21,6	19,0	18,6	16,1	12,8
13	24,9	27,8	30,3	32,7	24,3	20,2	22,5	22,0	40,0	19,0	16,8	20,7	16,9	12,2	13,6	5,8
14	26,0	28,8	30,1	31,7	24,4	21,7	24,8	21,0	47,0	19,2	19,4	21,1	12,9	6,8	17,3	9,9
15	28,3	31,9	30,4	30,3	21,0	25,6	22,0	17,3	40,0	19,0	19,2	22,1	16,6	9,4	14,2	10,8
16	29,8	34,2	31,3	32,3	20,9	22,3	14,5	15,4	32,0	21,2	19,2	21,6	16,5	11,4	4,1	10,0
17	30,0	31,4	32,6	30,9	23,4	22,9	14,9	15,5	40,0	18,9	19,6	21,9	11,2	8,5	1,5	14,0
18	33,7	31,9	29,7	28,7	22,3	24,5	13,2	18,0	34,0	20,6	19,8	19,1	12,4	8,1	7,6	13,1
19	30,0	29,8	29,5	28,2	19,3	26,1	14,4	15,7	51,0	20,5	17,7	21,1	16,1	9,5	11,7	12,8
20	30,5	32,2	27,5	26,8	23,4	26,7	17,3	13,4	42,0	19,8	18,5	22,3	17,3	9,8	14,4	9,4
21	31,5	23,7	28,3	29,6	26,1	24,8	18,4	15,5	33,0	19,0	16,2	23,6	17,2	13,3	13,2	12,4
22	35,4	27,4	30,4	27,7	27,6	25,6	13,2	17,2	45,0	17,9	18,0	18,3	15,1	14,9	9,1	9,5
23	30,2	32,9	32,6	30,0	27,5	26,4	19,8	16,6	66,0	18,8	18,9	16,5	13,6	11,6	8,4	4,4
24	27,6	37,3	34,9	33,3	25,1	28,1	15,3	13,7	41,0	23,3	20,5	20,4	15,3	12,3	9,8	10,8
25	26,4	37,1	30,3	27,7	27,5	28,1	17,7	15,7	33,0	29,9	19,0	21,2	15,7	12,5	7,4	12,9
26	29,3	35,9	26,8	25,4	28,3	27,0	20,1	17,4	38,0	16,5	13,4	15,9	15,6	13,2	9,5	9,4
27	31,9	19,1	28,0	25,3	25,5	28,4	24,4	17,4	25,0	16,8	11,5	10,4	13,7	14,9	9,3	4,1
28	34,4	24,9	30,5	27,9	26,2	30,9	24,0	21,0	25,0	15,9	13,4	10,7	15,0	17,1	13,5	10,0
29	32,5	27,5	32,3		26,8	26,3	22,3	19,6	33,0	18,8	18,5		15,1	20,0	17,1	12,2
30	34,0	32,4	36,3		31,0	26,5	18,0	18,3	43,0	19,4	20,1		16,1	18,5	10,3	5,2
31		34,1	36,2		32,1		20,1	24,6		22,7	21,1		22,0		6,5	4,1
T.EX	35,4	37,7	36,3	38,6	32,1	30,9	31,0	24,6	24,0	14,3	11,5	10,4	11,2	6,8	1,5	4,1

(continua)

(continuação)

Dia	----Média da umidade relativa diária do ar (%)----								-----Precipitação diária (mm) -----							
	----Safrá 2012/13----				-----Safrinha 2013----				----Safrá 2012/13----				-----Safrinha 2013----			
	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	76,9	81,6	80,3	63,5	77,5	88,6	86,3	88,2	0,0	12,6	49,2	0,0	0,0	15,6	0,0	23,0
2	69,3	76,2	68,1	83,5	68,3	85,0	88,5	89,4	0,0	0,2	0,0	25,0	0,0	0,6	0,0	0,2
3	69,2	68,3	75,4	87,1	85,5	86,2	82,5	76,5	0,0	0,0	0,0	20,2	37,6	0,0	12,2	0,0
4	68,2	82,6	72,7	72,6	80,9	94,3	88,0	78,4	0,0	19,6	0,0	0,0	8,8	74,0	0,2	0,2
5	66,0	76,1	82,8	74,7	80,8	79,5	83,7	80,9	0,0	0,4	55,6	0,0	4,8	2,6	0,2	0,2
6	61,0	70,4	87,0	75,3	78,7	67,8	80,3	70,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0
7	64,0	75,5	81,6	75,6	81,3	80,5	71,1	87,9	0,0	5,6	39,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,2
8	65,2	69,3	83,9	77,4	91,7	83,1	75,4	93,6	0,0	0,0	0,8	0,0	23,0	0,0	0,2	0,2
9	58,5	62,0	79,0	82,7	86,7	85,0	77,8	90,9	0,0	0,2	0,2	0,6	8,2	0,0	0,2	0,0
10	66,0	61,2	73,4	82,3	85,0	79,7	75,4	91,7	14,2	0,0	0,0	2,4	19,2	0,0	0,4	0,2
11	82,3	68,3	72,4	84,2	85,8	79,1	68,0	96,0	0,2	32,4	0,0	4,0	0,0	13,4	0,0	0,4
12	81,5	92,5	72,1	76,3	95,7	90,3	87,7	88,6	0,2	32,4	0,0	0,0	69,2	69,8	12,8	0,0
13	70,3	82,3	72,8	80,8	81,5	71,4	92,2	92,0	0,0	24,6	0,0	1,6	0,4	0,0	0,2	0,2
14	70,4	72,5	77,4	79,7	77,1	74,3	85,2	88,5	0,0	0,0	0,0	3,6	0,2	0,2	6,8	0,2
15	68,4	76,8	76,0	86,7	82,6	73,5	90,2	80,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	2,0	0,2
16	64,9	77,7	73,5	85,3	85,4	71,5	69,3	95,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	1,6
17	65,1	74,7	79,2	82,1	74,0	80,4	84,9	96,1	0,0	24,6	3,4	30,8	0,0	0,0	0,2	1,6
18	64,9	74,6	78,5	84,5	79,9	79,9	89,6	95,2	0,0	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	6,6
19	69,0	81,6	76,8	84,4	89,4	78,5	95,7	91,1	10,2	18,2	0,2	0,0	9,4	0,2	32,8	5,8
20	74,5	75,6	73,9	91,5	90,1	78,7	95,6	86,6	1,0	24,6	0,0	5,6	14,6	0,2	6,6	7,0
21	62,5	92,0	72,7	79,0	80,6	83,1	86,8	95,8	0,0	35,6	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	31,6
22	74,9	78,3	72,3	76,2	73,8	80,6	94,8	79,3	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	1,8
23	83,7	75,9	72,0	77,1	79,0	81,8	90,0	88,3	48,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2
24	71,9	68,9	72,9	71,9	82,9	81,7	95,6	92,4	0,8	0,0	2,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,6
25	58,1	54,6	75,5	84,2	84,7	78,8	94,3	91,7	0,0	0,0	0,8	7,2	0,2	0,2	0,4	0,2
26	65,4	87,7	59,6	68,8	75,4	80,7	94,3	86,1	0,0	53,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
27	59,2	91,3	66,6	70,8	78,3	78,0	86,9	87,9	0,0	13,8	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
28	55,8	86,0	71,2	74,3	81,3	81,3	86,0	94,0	0,0	14,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,8	3,4
29	70,1	82,0	77,1		78,8	86,1	77,8	87,0	0,0	0,0	0,0		0,0	8,0	6,2	6,8
30	68,0	81,3	68,0		73,0	82,7	67,2	81,7	0,0	0,0	0,0		0,0	0,4	0,0	0,2
31		72,9	66,3		49,6		78,4			0,2	0,0		0,0		0,0	92,8
MSO	68,2	76,5	74,5	79,0	80,5	80,7	84,5	88,0	78,8	313	152	102	204	187	83,4	92,8

T.EX = temperaturas extremas observadas; MSO: média mensal da umidade relativa do ar e somatório mensal das precipitações.

(conclusão)

A variância do erro experimental das duas épocas de cultivo foi homogênea para os caracteres avaliados (valor de $p \leq 0,05$), pelo teste F máximo de Hartley (Fm), possibilitando a realização da análise da variância conjunta dos dados.

Na análise de variância conjunta observou-se interação linhagem x época significativa para os caracteres floração, período reprodutivo, ciclo, acamamento, *stay green*, número de ramos laterais, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos

por vagem, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e largura dos grãos (Tabela 3), portanto as linhagens de feijão apresentaram resposta diferenciada em função da época de cultivo. Outros autores, também, observaram interação linhagem x ambiente de cultivo significativa para a floração, número de vagens por planta, número de grãos por planta (MAMBRIN, 2013), número de vagens por planta (AGUIAR et al., 2008), massa de 100 grãos (MAMBRIN, 2013; PEREIRA et al., 2013), ciclo (RIBEIRO; JOST; CARGNEUTTI FILHO, 2004), produtividade de grãos (RAMALHO et al., 1998; COIMBRA et al., 1999; ELIAS; HEMP; CANTOW, 1999; PEREIRA et al., 2013; RIBEIRO et al., 2013) e tamanho de grãos de feijão (DONÇA, 2012). A presença de interação significativa indica resposta diferente das linhagens quando semeadas em diferentes épocas, tornando possível a seleção de linhagens com adaptação específica para cada época de cultivo (FARIA et al., 2009).

Tabela 3 - Análise de variância conjunta dos caracteres número de dias da emergência à floração (FLORAÇÃO, dias), número de dias da floração a maturação (período reprodutivo: REPROD, dias), número de dias da emergência a maturação (CICLO, dias), acamamento (ACA), nota geral de adaptação (NG), *stay green* (SG), altura de inserção da primeira vagem (A1V, cm), altura de inserção da última vagem (AUV, cm), número de nós no ramo principal (NNRP), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M 100G, g), produtividade de grãos (PROD, kg ha⁻¹), comprimento dos grãos (comp., mm), largura dos grãos (larg., mm), espessura dos grãos (esp., mm), valor de luminosidade (L) e tempo de cozimento (T. cozimento, segundos) de linhagens de feijão avaliadas em cultivo de safra 2012/2013 e de safrinha 2013, em Santa Maria, RS.

Fonte de variação	Quadrado médio										
	GL	-FLORAÇÃO-		--REPROD--		----CICLO----		-----ACA-----		-----NG-----	
Linhagem (L)	13	23,55	*	76,64	ns	130,08	*	10,31	ns	3,05	ns
Época (E)	1	3331,44	*	3293,76	*	13250,30	*	141,44	*	27,43	*
L x E	13	8,26	*	33,99	*	44,22	*	6,57	*	1,68	ns
Bloco/Ambiente	4	10,65		4,19		17,73		2,58		0,82	
Erro	52	2,76		14,25		14,62		0,74		0,96	
Média		38,84		57,02		95,87		6,37		6,86	
C.V.(%)		4,27		6,62		3,99		13,48		14,31	
	GL	----SG----		----A1V----		----AUV----		---NNRP---		-----NRL-----	
Linhagem (L)	13	0,76	ns	16,15	ns	132,52	ns	4,93	*	7,34	ns
Época (E)	1	0,05	ns	4598,80	*	15656,82	*	20,17	*	20,91	*
L x E	13	1,59	*	33,16	ns	90,50	ns	1,01	ns	6,19	*
Bloco/Ambiente	4	0,48		26,12		132,99		1,29		1,09	
Erro	52	0,45		23,17		51,95		0,75		0,76	
Média		3,98		22,10		43,13		10,53		7,77	
C.V.(%)		16,88		21,77		16,71		8,21		11,23	
	GL	----NVP----		---NGP---		---NGV---		---M 100G---		-----PROD-----	
Linhagem (L)	13	21,91	ns	467,78	ns	0,97	ns	54,75	ns	266271,74	ns
Época (E)	1	479,82	*	25429,75	*	41,36	*	0,0	ns	8383973,42	*
L x E	13	24,63	*	368,83	*	0,64	*	24,38	*	126233,16	*
Bloco/Ambiente	4	8,75		116,90		0,26		3,43		144675,80	
Erro	52	1,92		68,92		0,30		6,50		59459,76	
Média		11,34		45,66		3,91		18,83		848,74	
C.V.(%)		12,21		18,18		14,00		13,54		28,73	
	GL	----COMP----		---LARG---		-----ESP-----		-----L-----		T.COZIMENTO	
Linhagem (L)	13	0,009	ns	0,006	*	0,002	*	1916,88	*	107337,78	*
Época (E)	1	0,003	ns	0,001	ns	0,012	*	0,00	ns	2553216,27	*
L x E	13	0,004	*	0,001	*	0,000	ns	4,79	ns	29891,17	ns
Bloco/Ambiente	4	0,000		0,000		0,001		5,43		99021,02	
Erro	52	0,000		0,000		0,000		3,01		19764,52	
Média		0,828		0,48		0,27		40,58		1255,94	
C.V.(%)		3,25		4,84		5,90		4,27		11,19	

* Significativo pelo teste F (valor de p=0,05); ns = não significativo; C.V.% = Coeficiente de variação.

Efeito significativo para linhagens foi observado para o número de nós no ramo principal, o comprimento dos grãos, o valor de luminosidade e o tempo de cozimento dos grãos (Tabela 3), demonstrando que há variabilidade genética para esses caracteres. Outros autores encontraram variabilidade genética para os caracteres, número de nós no ramo principal (COELHO et al., 2007), valor de luminosidade (RIBEIRO; JOST; CARGNELUTTI FILHO, 2004) e tempo de cozimento de grãos (RODRIGUES et al., 2005), possibilitando a seleção de linhagens de feijão superiores (MELLO et al., 2007) para estes caracteres.

O efeito de época foi significativo para os caracteres: nota geral de adaptação, altura de inserção da primeira vagem, altura de inserção da última vagem, número de nós no ramo principal, espessura de grãos e tempo de cozimento dos grãos (Tabela 3). Resultado semelhante foi observado em feijão para a altura de inserção da primeira vagem avaliada em duas épocas de cultivo em Santa Maria, Rio Grande do Sul (MAMBRIN, 2013). A ocorrência de efeito significativo para época de cultivo ocorre pelo fato da variância ambiental ser mais expressiva do que a variância genética, dificultando a seleção de linhagens superiores devido a alta influência não controlável do ambiente sobre esses caracteres (JOST et al., 2014).

O teste Skott-Knott utiliza a razão de verossimilhança para testar a significância de que os tratamentos podem ser divididos em grupos que maximizem a soma de quadrados entre grupos. A aplicação do teste Skott-Knott possibilitou a estratificação das linhagens de feijão com base nas diferenças observadas para o caractere número de dias da emergência a floração, em dois grupos no cultivo de safra e de safrinha (Tabela 4). As linhagens DF 06-17, CHP 01-238, CNFP 10794 e a testemunha Guapo Brilhante apresentaram o menor número de dias da emergência a floração nas duas épocas de cultivo. A média do número de dias da emergência a floração variou entre 32,54 e 45,14 dias, demonstrando a divergência ambiental resultante do alto índice pluviométrico e das altas temperaturas máximas registradas no cultivo de safra (Tabela 2) que resultaram na redução do número de dias da emergência a floração devido ao ambiente desfavorável para o desenvolvimento das linhagens de feijão.

Tabela 4 - Médias* dos caracteres hábito de crescimento (HC), número de dias da emergência a floração (FLORAÇÃO, dias), número de dias da floração a maturação (período reprodutivo: REPROD, dias), número de dias da emergência a maturação (CICLO, dias), acamamento (ACA), tipo de grão (TIPO), nota geral de adaptação (NG), *stay green* (SG), altura de inserção da primeira vagem (AIV, cm) e altura de inserção da última vagem (AUV, cm) de linhagens de feijão avaliadas em cultivo de safra 2012/2013 e de safrinha 2013, em Santa Maria, RS.

Linhagem	HC	---FLORAÇÃO---		-----REPROD-----		-----CICLO-----		-----ACA-----	
		Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha
GEN C4-7-8-1-2	III	35,00	a 46,67	a 40,33	a 70,67	a 90,40	a 117,33	a 7,00	a 8,33
CNFC 10762	III	34,33	a 48,67	a 37,00	a 65,67	a 82,33	a 114,33	a 4,33	b 8,00
GEN C4-7-7-2-2	III	33,67	a 45,67	a 39,67	a 70,00	a 91,40	a 115,67	a 5,67	a 8,33
DF 06-09	II	33,67	a 44,67	b 33,67	a 61,00	b 80,80	a 105,67	b 2,67	b 8,00
CHC 98-42	III	33,33	a 45,00	b 37,00	a 65,33	a 84,40	a 110,33	b 6,33	a 6,67
LP 09-40	III	33,00	a 42,00	b 38,33	a 66,00	a 85,60	a 108,00	b 7,33	a 7,33
Pérola	III	33,33	a 48,67	a 35,00	a 65,67	a 82,00	a 114,33	a 7,33	a 8,67
Carioca	III	33,00	a 47,00	a 36,33	a 60,00	b 79,80	a 107,00	b 8,00	a 8,67
LP 09-181	III	33,67	a 43,33	b 37,33	a 65,67	a 85,20	a 109,00	b 2,33	b 6,67
DF 06-17	II	31,00	b 42,00	b 36,33	a 51,00	c 80,80	a 93,00	d 6,33	a 8,33
CHP 01-238	III	31,00	b 42,33	b 36,67	a 59,33	b 81,20	a 101,67	c 2,33	b 8,00
CNFP 10794	III	29,67	b 43,33	b 38,33	a 67,00	a 78,20	a 110,33	b 1,67	b 7,67
BRS Valente	II	32,33	a 50,00	a 37,67	a 60,33	b 84,00	a 110,33	b 3,33	b 6,00
Guapo Brilhante	II	28,67	b 42,67	b 36,67	a 58,33	b 80,00	a 101,00	c 6,33	a 6,67
Média geral		32,54	45,14	50,76	63,29	83,29	108,43	5,07	7,77
Média linhagens		32,83	44,37	37,47	64,17	84,03	108,53	4,60	7,73
Média testemunhas		31,83	47,09	36,42	61,08	81,45	108,17	6,25	7,50
C.V.(%)		4,22	4,21	7,02	6,28	4,20	3,77	21,08	7,51
Linhagem	TIPO	-----NG-----		-----SG-----		-----AIV-----		-----AUV-----	
		Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha
GEN C4-7-8-1-2	C	6,00	b 7,33	a 4,00	a 3,67	a 35,43	a 13,24	b 64,80	a 26,87
CNFC 10762	C	7,67	a 8,33	a 5,00	a 4,00	a 29,10	a 12,14	b 51,63	a 22,73
GEN C4-7-7-2-2	C	6,67	a 7,33	a 4,33	a 2,67	a 33,80	a 12,44	b 57,90	a 28,43
DF 06-09	C	8,33	a 7,00	b 4,00	a 4,67	a 25,03	a 15,78	a 44,73	a 27,71
CHC 98-42	C	6,33	b 7,67	a 4,00	a 4,00	a 32,17	a 15,18	a 65,33	a 41,24
LP 09-40	C	5,67	b 6,33	b 4,00	a 4,67	a 28,37	a 15,03	a 59,27	a 31,13
Pérola	C	7,33	a 8,00	a 4,00	a 4,33	a 29,27	a 16,13	a 60,20	a 32,97
Carioca	C	7,67	a 8,00	a 4,67	a 4,00	a 28,93	a 12,52	b 70,20	a 22,80
LP 09-181	P	5,00	b 7,67	a 4,33	a 3,33	a 35,23	a 14,18	b 59,50	a 31,42
DF 06-17	P	6,00	b 8,00	a 3,67	a 4,67	a 27,80	a 18,50	a 49,90	a 32,20
CHP 01-238	P	5,00	b 7,33	a 2,33	a 4,67	a 23,77	a 15,37	a 51,40	a 29,69
CNFP 10794	P	5,33	b 6,33	b 3,67	a 3,33	a 29,03	a 16,75	a 57,17	a 33,28
BRS Valente	P	5,00	b 7,67	a 3,33	a 3,67	a 30,00	a 13,53	b 53,40	a 28,06
Guapo Brilhante	P	6,00	b 7,00	b 3,67	a 4,33	a 25,13	a 15,09	a 49,53	a 24,17
Média geral		6,29	7,43	3,95	4,00	29,50	14,71	56,78	29,48
Média linhagens		6,20	7,33	3,93	3,97	29,97	14,86	56,16	30,47
Média testemunhas		6,50	7,67	3,92	4,08	28,33	14,31	58,33	26,99
C.V.(%)		20,47	6,98	15,88	17,81	16,89	9,41	15,91	16,01

*Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical constituem grupo estatisticamente homogêneo, pelo teste de Scott-Knott (valor de $p=0,05$).

C = linhagens do tipo carioca; P = linhagens do grupo preto.

Alta estimativa de herdabilidade no sentido amplo e restrito ($h^2_a = 94,05\%$ e $h^2_r = 92,51\%$) para o número de dias da emergência a floração foi observada por Santos; Vencovsky (1985) em geração F_2 . Além disso, o número de dias da emergência a floração apresentou correlação positiva com o ciclo ($r = 0,85$) (CERNA; BEAVER, 1990), possibilitando a seleção de plantas com ciclo reduzido com base na seleção indireta via número de dias da emergência a floração, sendo este um caractere de fácil avaliação e caracterização a campo quando comparado ao ciclo.

Quanto ao período reprodutivo, o teste Skott-Knott permitiu a formação de um único grupo no cultivo de safra, provavelmente pelo fato que as condições climáticas, durante o mês de dezembro, foram desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura, fazendo com que as plantas avaliadas tivessem o período reprodutivo reduzido. O maior número de dias durante o período reprodutivo é uma característica desejada pelos agricultores, pois reduz os riscos de perdas na produtividade de grãos por ações climáticas, como altas temperaturas e restrições hídricas. Na safrinha, as plantas avaliadas que apresentaram maior período reprodutivo foram as linhagens GEN C4-7-8-1-2, GEN C4-7-7-2-2, CNFP 10794, CNFC 10762, CHC 98-42, LP 09-40, LP 09-192 e a testemunha Pérola, fato que atende as necessidades dos produtores e reduz os riscos ambientais que a cultura do feijão é exposta nas diferentes épocas de cultivo em que é semeada.

O ciclo variou de 78,20 dias (CNFP 10794, na safra) a 117,33 dias (GEN C4-7-8-1-2, na safrinha). O teste de Skott-Knott não permitiu a formação de grupos no cultivo de safra. No cultivo de safra, as linhagens e as testemunhas avaliadas apresentaram ciclo classificado como intermediário, com aproximadamente 90 dias (ZIMMERMANN et al., 1996). Já, no cultivo de safrinha foi realizada a divisão em quatro grupos, sendo a linhagem DF 06-17 a que apresentou o menor ciclo, sendo classificada como de ciclo intermediário. As demais linhagens foram classificadas como de ciclo tardio, segundo a classificação de Zimmermann et al. (1996).

As diferenças observadas entre as épocas de cultivo em estudo podem ser justificadas pelas temperaturas mínimas registradas no cultivo da safrinha (Tabela 2), fato que proporciona um aumento considerável na duração do ciclo das plantas de feijão (BARBANO, 2003). As condições climáticas ideais para o desenvolvimento da cultura do feijão são aquelas com temperatura do ar entre 18 e 24°C (VIEIRA, 1987). Segundo Arnold (1959) a temperatura do ar influencia os processos fisiológicos das plantas, e a presença de temperaturas mínimas, abaixo da ideal, interrompem as atividades fisiológicas, aumentando assim a duração dos subperíodos e, conseqüentemente, o ciclo das plantas. O ciclo das

cultivares de feijão é muito influenciado pelo ambiente e, por isso, a seleção baseada no ciclo apresenta dificuldades para ser implementada na rotina do programa de melhoramento e a seleção indireta de caracteres correlacionados é uma alternativa para a obtenção de ganhos genéticos (RIBEIRO; HOFFMANN; POSSEBON, 2004).

As notas de acamamento variaram de 1,67 (CNFP 10794) a 8,00 (Carioca) no cultivo de safra e de 6,00 (BRS Valente) e 8,67 (Pérola e Carioca) no cultivo de safrinha (Tabela 4). Na safra, as menores notas de acamamento foram apresentadas pelas linhagens CNFP 10794, CHP 01-238, LP 09-192, DF 06-09 e CNFC 10762 e pela testemunha BRS Valente. De acordo com a escala proposta por Antunes; Silveira (1993), essas linhagens apresentaram poucas plantas caídas ou inclinadas. Já, na safrinha as menores notas de acamamento foram obtidas para as linhagens LP 09-192, CHC 98-42 e LP 09-40 e para as testemunhas BRS Valente e Guapo Brilhante. No cultivo de safrinha não foi possível identificar linhagens de porte ereto. Isso porque na safrinha o ciclo médio das linhagens foi mais longo e a incidência de geadas e a maior umidade relativa do ar, registradas no cultivo de safrinha (Tabela 2), resultaram em maior acamamento das plantas. Contudo, a avaliação de acamamento no período da safrinha é importante, por ser um ambiente desfavorável à arquitetura de plantas. As cultivares que permanecem eretas sob condições adversas, tendem a permanecer eretas em condições que promovam melhorias na arquitetura das plantas (COLLICCHIO, 1997), além disso a arquitetura ereta no período de safrinha é de extrema importância devido a possibilidade de que a colheita coincida com períodos chuvosos, sendo necessário a redução do contato das vagens com o solo de modo a reduzir as perdas até o momento da colheita.

Entre as linhagens de feijão não houve diferença significativa para os caracteres nota geral de adaptação, altura de inserção da primeira vagem e altura de inserção da última vagem (Tabelas 3 e 4). No entanto, houve significância quanto ao efeito do ambiente, demonstrando que as linhagens apresentaram comportamento diferenciado de acordo com as épocas de cultivo. No cultivo da safra, as linhagens apresentaram menor nota geral de adaptação e maiores alturas de inserção da primeira e da última vagem, demonstrando o maior desenvolvimento vegetativo das plantas. Já, na safrinha, as plantas foram consideradas menos adaptadas, pois a nota geral de adaptação foi maior e as alturas de inserção da primeira e da última vagem foram menores.

As linhagens de feijão não diferiram estatisticamente pelo teste F para o caractere *stay green* devido a uniformidade das notas nos dois períodos. Contudo, a interação L x E foi significativa para esse caráter, indicando a necessidade de avaliações em vários ambientes para caracterizar a presença ou a ausência do caractere *stay green*.

Quanto ao número de nós no ramo principal, os valores variaram de 8,03 (DF 06-17) a 11,78 (DF 06-09) (Tabela 5). As plantas com maior número de nós no ramo principal foram DF 06-09, LP 09-40, GEN C4-7-7-2-2, CHC 98-42, GEN C4-7-8-1-2, BRS Valente, LP 09-192, Guapo Brilhante, CHP 01-238 e CNFP 10794, diferindo significativamente das demais. O número de nós é importante para a arquitetura de plantas de feijão, pois quanto maior o número de nós, maior será a produção de vagens e de grãos (ADAMS, 1982).

Tabela 5 - Médias* dos caracteres número de nós no ramo principal (NNRP), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M 100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha⁻¹) de linhagens de feijão avaliadas em cultivo de safra 2012/2013 e de safrinha 2013, em Santa Maria, RS.

Linhagem	NNRP	-----NRL-----		-----NVP-----		-----NGP-----	
		Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha
GEN C4-7-8-1-2	10,93 a	8,03 a	6,73 c	11,73 c	9,83 b	31,40 c	50,33 c
CNFC 10762	9,73 b	6,97 b	11,20 a	4,80 e	14,53 a	20,77 c	68,60 b
GEN C4-7-7-2-2	11,19 a	6,67 b	6,93 c	5,80 e	10,93 b	19,00 c	43,33 c
DF 06-09	11,78 a	7,87 a	9,53 b	7,93 d	12,73 b	19,13 c	55,93 c
CHC 98-42	11,04 a	8,43 a	7,47 c	8,43 d	14,87 a	26,83 c	61,80 c
LP 09-40	11,15 a	7,47 b	7,47 c	9,80 d	13,67 b	29,50 c	58,20 c
Pérola	9,79 b	6,77 b	8,07 c	7,43 d	18,27 a	22,27 c	78,73 b
Carioca	10,10 b	6,33 b	6,67 c	7,77 d	12,60 b	29,00 c	68,80 b
LP 09-192	10,78 a	6,10 b	7,33 c	6,97 d	16,40 a	21,03 c	68,13 b
DF 06-17	8,03 c	5,90 b	6,53 c	8,43 d	11,23 b	29,20 c	48,03 c
CHP 01-238	10,68 a	7,10 b	7,37 c	8,13 d	12,67 b	23,77 c	61,20 c
CNFP 10794	10,57 a	7,30 b	12,40 a	16,00 a	16,60 a	56,37 a	74,20 b
BRS Valente	10,92 a	7,47 b	10,70 b	8,67 d	16,77 a	28,03 c	93,50 a
Guapo Brilhante	10,70 a	9,47 a	7,50 c	13,43 b	11,13 b	39,40 b	52,13 c
Média geral	10,53	7,28	8,97	8,95	13,73	28,26	63,06
Média linhagens	10,59	7,18	8,30	8,80	13,35	27,70	58,98
Média testemunhas	10,38	7,51	8,24	9,33	14,69	29,68	73,29
C.V.(%)	8,21	12,89	9,72	10,28	12,58	22,70	15,09
Linhagem	-----NGV-----		-----M 100G-----		-----PROD-----		
	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	
GEN C4-7-8-1-2	2,70 a	5,07 a	21,97 a	21,60 c	817,67 a	1093,37 b	
CNFC 10762	4,57 a	4,71 b	17,43 a	23,57 b	311,00 a	1508,83 a	
GEN C4-7-7-2-2	3,27 a	3,98 b	16,03 a	12,13 e	203,25 a	944,08 b	
DF 06-09	2,40 a	4,38 b	16,57 a	24,33 b	401,08 a	1276,37 a	
CHC 98-42	3,20 a	4,14 b	20,17 a	18,60 c	496,00 a	1409,12 a	
LP 09-40	3,07 a	4,27 b	20,33 a	13,20 e	626,00 a	1429,90 a	
Pérola	3,00 a	4,29 b	19,30 a	18,33 c	194,17 a	1014,33 b	
Carioca	3,70 a	5,72 a	18,97 a	19,97 c	491,83 a	730,58 b	
LP 09-192	3,03 a	4,16 b	19,73 a	19,43 c	595,75 a	980,47 b	
DF 06-17	3,47 a	4,33 b	18,43 a	20,83 c	921,75 a	1227,23 a	
CHP 01-238	2,93 a	4,79 b	18,00 a	17,80 c	662,83 a	1222,20 a	
CNFP 10794	3,57 a	4,47 b	23,97 a	26,83 a	902,75 a	1668,27 a	
BRS Valente	3,23 a	5,57 a	16,83 a	11,50 e	325,92 a	953,17 b	
Guapo Brilhante	2,93 a	4,70 b	15,87 a	15,47 d	509,42 a	847,58 b	
Média geral	3,22	4,61	18,83	18,83	532,81	1164,67	
Média linhagens	3,22	4,43	19,26	19,83	593,81	1275,99	
Média testemunhas	3,22	5,07	17,74	16,32	380,34	886,44	
C.V.(%)	19,45	9,94	17,03	8,74	52,44	17,35	

*Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical constituem grupo estatisticamente homogêneo, pelo teste de Scott-Knott (valor de p= 0,05).

O teste de Skott-Knott realizou a estratificação em dois grupos de linhagens na safra, sendo que o grupo com maior número de ramos laterais foi formado pela testemunha Guapo Brilhante e pelas linhagens CHC 98-42, GEN C4-7-8-1-2, DF 06-09 e CHC 98-42. Já, na safrinha ocorreu a formação de três grupos, sendo o grupo com maior número de ramos laterais composto por CNFP 10794 e CNFC 10762. Segundo Vieira (1987), a faixa de temperatura ideal para o crescimento e a produção de feijão é de 18°C a 24°C. As diferenças entre as épocas de cultivo observadas podem estar relacionadas à presença de altas temperaturas máximas do ar no período da safra (Tabela 2), fato que pode ter reduzido o número de ramos laterais neste período. Isso porque as funções fotossintéticas das plantas e a organização funcional das membranas podem apresentar alterações em decorrência das altas temperaturas (PASTENES; HORTON, 1996), afetando de forma negativa o desenvolvimento das plantas de feijão.

Dentre as linhagens e as testemunhas avaliadas, a única que apresentou superioridade na produção de vagens nas duas épocas de cultivo foi a CNFP 10794, com média de 16 vagens por planta (Tabela 5). A linhagem CNFP 10794 apresentou número de vagens por planta semelhante nas duas épocas de cultivo, o que pode ser atribuído ao efeito compensatório dos componentes primários da produtividade de grãos (ZILIO et al., 2011). Nesse caso, o número de vagens por planta foi similar nas duas épocas, apesar do fato de que o número de grãos por planta foi de 56,37 na safra e de 74,20, na safrinha.

Para o número de grãos por planta, o teste Skott-Knott proporcionou a formação de três grupos na safra e de três grupos na safrinha, sendo os grupos com maior número de grãos por planta composto por CNFP 10794 (safra) e BRS Valente (safrinha) (Tabela 5). Para o número de grãos por vagem, a aplicação do teste Skott-Knott não possibilitou a estratificação das linhagens no cultivo de safra. No entanto, no cultivo de safrinha ocorreu a estratificação de dois grupos de linhagens, sendo o grupo formado por GEN C4-7-8-1-2, Carioca e BRS Valente os que apresentaram maior número de grãos por vagem.

A massa de 100 grãos das linhagens de feijão avaliadas foi classificada de acordo com Blair et al. (2010) em: pequenos, massa de 100 grãos menor do que 25 g e médios, massa de 100 grãos entre 25 e 40 g. Para grãos pretos, a preferência de mercado é para os grãos com massa de 100 grãos entre 20 a 22 g, enquanto que grãos do tipo carioca, de 22 a 24 g, têm maior aceitação.

Quanto à produtividade de grãos, o teste F não diferenciou significativamente as linhagens no cultivo de safra. Isso pode ser atribuído ao alto coeficiente de variação obtido ($CV\% = 52,44$) (Tabela 3). Por isso, no teste Skott-Knott foi possível observar um único

agrupamento das linhagens avaliadas, impossibilitando a seleção de linhagens com maior produtividade de grãos para o cultivo de safra (Tabela 5). Já, na época de semeadura da safrinha, as linhagens CNFP 10794, DF 06-17, CNFC 10762, LP 09-40, CHC 98-42, DF 06-09, DF 06-17 e CHP 01-238 diferiram estatisticamente das demais linhagens e testemunhas, sendo superiores em produtividade de grãos em relação a todas as testemunhas avaliadas. A interpretação do agrupamento realizado pelo teste Skott-Knott deixa claro a superioridade produtiva das linhagens em relação às testemunhas nas épocas avaliadas, demonstrando o bom andamento dos programas de melhoramento genético, visando o aumento da produtividade de grãos.

Quanto à forma, baseada no coeficiente **J**, determinado pela relação entre o comprimento e a largura (PUERTA ROMERO, 1961), os grãos foram classificados em oblongos (reniforme curto e reniforme médio) e elípticos. Segundo Carbonell et al. (2010), os grãos de forma elíptica deverão apresentar maior aceitação de mercado sendo assim, as linhagens CNFP 10794, LP 09-192 e DF 06-17 deverão ser preferenciais na escolha dos consumidores.

Tabela 6 - Médias* dos caracteres comprimento dos grãos (COMP, mm), largura dos grãos (LARG, mm), espessura dos grãos (ESP, mm), forma e achatamento dos grãos, valor de luminosidade (L), tempo de cozimento dos grãos (T.COZIMENTO, em minutos:segundos) de linhagens de feijão avaliadas em cultivo de safra 2012/2013 e de safrinha 2013, em Santa Maria, RS.

Linhagem	-----COMP-----		-----LARG-----		-----ESP-----
	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	
GEN C4-7-8-1-2	0,94 a	0,94 a	0,51 a	0,51 b	0,29 a
CNFC 10762	0,86 b	0,86 b	0,47 b	0,47 c	0,26 b
GEN C4-7-7-2-2	0,84 c	0,84 c	0,48 b	0,51 b	0,27 b
DF 06-09	0,78 c	0,78 c	0,41 c	0,44 d	0,24 b
CHC 98-42	0,81 c	0,81 c	0,44 c	0,48 c	0,29 a
LP 09-40	0,89 b	0,89 b	0,50 a	0,45 d	0,29 a
Pérola	0,80 c	0,80 c	0,47 b	0,50 b	0,28 a
Carioca	0,83 c	0,83 c	0,48 b	0,48 c	0,29 a
LP 09-192	0,87 b	0,87 b	0,54 a	0,55 a	0,29 a
DF 06-17	0,80 c	0,80 c	0,49 a	0,44 d	0,29 a
CHP 01-238	0,82 c	0,82 c	0,47 b	0,46 c	0,30 a
CNFP 10794	0,83 c	0,83 c	0,51 a	0,56 a	0,27 b
BRS Valente	0,83 c	0,83 c	0,46 b	0,48 c	0,28 a
Guapo Brilhante	0,78 c	0,78 c	0,44 c	0,43 d	0,32 a
Média geral	0,83	0,82	0,47	0,48	0,28
Média linhagens	0,84	0,84	0,48	0,49	0,28
Média testemunhas	0,81	0,81	0,46	0,47	0,29
C.V.(%)	3,53	2,92	5,38	4,28	5,88
Linhagem	TIPO	-----FORMA/ACHATAMENTO-----		---L---	--T.COZIMENTO--
		Safra	Safrinha		
GEN C4-7-8-1-2	C	ob/rc/acha	ob/rc/acha	58,33 a	21m 50s a
CNFC 10762	C	ob/rc/acha	ob/rc/acha	55,70 a	18m 14s b
GEN C4-7-7-2-2	C	ob/rc/acha	ob/rc/acha	56,61 a	19m 07s b
DF 06-09	C	ob/rm/acha	ob/rm/acha	53,66 a	16m 17s b
CHC 98-42	C	ob/rc/acha	ob/rc/acha	54,60 a	20m 30s b
LP 09-40	C	ob/rc/acha	ob/rc/acha	55,58 a	20m 58s a
Pérola	C	ob/rc/acha	ob/rc/acha	54,00 a	20m 16s b
Carioca	C	ob/rc/acha	ob/rc/acha	55,25 a	21m 38s a
LP 09-192	P	elip/acha	elip/acha	22,20 b	22m 29s a
DF 06-17	P	elip/acha	elip/acha	20,60 b	22m 47s a
CHP 01-238	P	ob/rc/acha	ob/rc/acha	20,72 b	23m 08s a
CNFP 10794	P	elip/acha	elip/acha	19,51 b	19m 39s b
BRS Valente	P	ob/rc/acha	ob/rc/acha	21,29 b	21m 06s a
Guapo Brilhante	P	ob/rc/semi	ob/rc/semi	20,15 b	25m 08s a
Média geral				40,58	20m 56s
Média linhagens				41,75	20m 29s
Média testemunhas				37,34	20m 56s
C.V.(%)				4,27	11,19

*Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical constituem grupo estatisticamente homogêneo, pelo teste de Scott-Knott (valor de $p=0,05$). C = grãos do tipo carioca; P = grãos do tipo preto. ¹Forma e achatamento dos grãos (oblo/rc = oblongo reniforme curto; oblo/rm = oblongo reniforme médio; oblo/rl = oblongo reniforme longo; acha = achatado; eli = elíptico; semi = semi-cheio).

Quanto ao grau de achatamento, baseado no coeficiente **H**, determinado pela relação entre espessura e largura dos grãos (PUERTA ROMERO, 1961), os grãos foram classificados como achatados, com exceção da testemunha Guapo Brilhante que teve seus grãos classificados como semi-cheios e deverão ter melhor aceitação comercial, pelo fato do consumidor associar este formato de grãos a um melhor rendimento de panela (CARBONELL et al, 2010).

Em relação à coloração dos grãos, os resultados demonstraram que os grãos do tipo carioca não diferiram significativamente das testemunhas avaliadas deste grupo (Pérola e Carioca) (Tabela 6). As linhagens GEN C4-7-8-1-2, GEN C4-7-7-2-2, CNFC 10762, LP 09-40 e a testemunha Carioca apresentaram valores de “L” superiores a 55,00, portanto foram de maior claridade e, segundo Ribeiro et al. (2008), têm maior aceitação no mercado. Já, a linhagem DF 06-09 apresentou valor de “L” de 53,66, podendo ter maior dificuldade na comercialização, pois a coloração escura do tegumento (menor valor de “L”) para grãos do tipo carioca, normalmente, é associada a grãos de cozimento demorado. As linhagens de grãos pretos, por sua vez, não diferiram significativamente das testemunhas avaliadas deste grupo (BRS Valente e Guapo Brilhante), portanto deverão ter boa aceitação comercial.

O tempo de cozimento variou entre 16 min 17 s (DF 06-09) a 25 min 08 s (Guapo Brilhante). Os menores valores de tempos de cozimento foram observados nas linhagens CNFP 10794, CNFC 10762, GEN C4-7-7-2-2, DF 06-09, CHC 98-42 e na testemunha Pérola. Portanto, todas as linhagens e as testemunhas avaliadas no presente estudo apresentaram tempo de cozimento inferior a 30 minutos (Tabela 6), fato que atende a demanda do mercado consumidor (RODRIGUES et al., 2005), pois a redução no tempo de cozimento significa economia de energia e capital (YOKOYAMA; STONE, 2000).

Os coeficientes de Pearson variaram de -0,934 (acamamento e número de ramos laterais) a 0,942 (massa de 100 grãos e produtividade de grãos) (Tabela 7). A produtividade de grãos apresentou estimativa de correlação positiva significativa e de média magnitude com o número de vagens por planta ($r = 0,632$) e de alta magnitude com a massa de 100 grãos ($r = 0,942$), tal fato pode ser explicado pelo efeito direto desses caracteres sobre a produtividade de grãos. Já, os caracteres fenológicos, floração e ciclo, apresentaram correlação negativa e de alta a média magnitude com a produtividade de grãos ($r = -0,857$ e $-0,677$, respectivamente), o motivo destas correlações pode ser explicado pela variabilidade genética das linhagens avaliadas e pela influência ambiental particular de cada época em estudo. Com base nas linhagens avaliadas foi possível constatar que plantas de feijão com os maiores número de

vagens e massa de 100 grãos e menores números de dias da emergência a floração e ciclo apresentaram maior produtividade de grãos.

No presente estudo, observou-se potencial para o aumento da produtividade de grãos em feijão pela seleção indireta pela massa de 100 grãos e pelo número de vagens por planta. Esses resultados estão de acordo com os observados por Coimbra et al. (2000) e Coimbra et al. (2006) que, também, observaram que existe correlação linear positiva entre a produtividade de grãos e a massa de 100 grãos em feijão.

Considerando que a interação G x A pode influenciar na expressão gênica dos componentes primários da produtividade de grãos de feijão, a seleção indireta pela massa de 100 grãos é mais precisa ao compará-lo com a seleção baseada no número de vagens por planta. Ferrão et al. (2001) verificaram que a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos apresentaram correlação positiva em anos de inverno com temperatura média mais altas ($r = 0,423$) e em anos de inverno com temperatura média mais baixas ($r = 0,578$). Esses mesmos autores, observaram que o número de vagens por planta e a produtividade de grãos apresentaram correlações genéticas diferentes quando estimadas em anos de inverno com temperaturas médias mais altas ($r = 0,503$) e em condições de inverno com temperatura médias mais baixas ($r = -0,480$).

Os resultados obtidos demonstram, também, que o número de dias da emergência a floração apresentou correlação linear positiva e de alta magnitude com o ciclo ($r = 0,794$) e correlação linear negativa e de alta magnitude com a produtividade de grãos ($r = -0,857$), demonstrando que as linhagens avaliadas que apresentaram menor número de dias da emergência a floração foram as que apresentaram maior produtividade de grãos.

Tabela 7 - Coeficientes de correlação fenotípica entre os caracteres número de dias da emergência à floração (FLORAÇÃO, dias), número de dias da floração a maturação (período reprodutivo: REPROD, dias), número de dias da emergência a maturação (CICLO, dias), acamamento (ACA), número de nós no ramo principal (NNRP), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg ha⁻¹) em linhagens de feijão avaliadas em cultivo de safra 2012/2013 e safrinha 2013, em Santa Maria, RS.

Caracteres	REPROD	CICLO	ACA	NNRP	-NRL-	-NVP-	-NGP-	-NGV-	M100G	PROD
FLORAÇÃO	0,519	0,794**	0,438	0,207	-0,412	-0,694*	-0,464	0,252	-0,739**	-0,857**
REPROD		0,923**	0,056	0,716*	-0,195	-0,344	-0,496	-0,529	-0,438	-0,383
CICLO			0,270	0,613*	-0,366	-0,588	-0,609*	-0,307	-0,675*	-0,677*
ACA				-0,422	-0,934**	-0,777**	-0,704*	0,145	-0,248	-0,449
NNRP					0,265	0,000	-0,188	-0,644*	-0,456	-0,289
NRL						0,819**	0,799**	0,013	0,308	0,435
NVP							0,898**	-0,065	0,538	0,632*
NGP								0,359	0,369	0,418
NGV									-0,070	-0,191
M100G										0,942**

**,*: Significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t. Número de observações = 14.

4 CONCLUSÕES

Os caracteres número de dias da emergência a floração, período reprodutivo, ciclo, acamamento, *stay green*, número de ramos laterais, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e comprimento e largura de grãos apresentam interação linhagem x época de cultivo significativa nas condições avaliadas.

As linhagens de feijão avaliadas apresentam variabilidade genética para os caracteres número de dias da emergência a floração, ciclo, número de nós no ramo principal, largura e espessura dos grãos, luminosidade dos grãos e tempo de cozimento dos grãos, possibilitando a seleção de linhagens superiores.

A seleção indireta de linhagens de feijão com maior massa de 100 grãos e com menor número de dias da emergência à floração poderá proporcionar ganhos em produtividade de grãos e na redução do ciclo de plantas de feijão devido às correlações lineares existentes entre esses caracteres.

A linhagem LP 09-40 e a testemunha BRS Valente apresentam as melhores notas de acamamento nas duas épocas de cultivo, podendo serem utilizadas em blocos de cruzamento para obtenção de linhagens de feijão com porte ereto.

As linhagens CNFP 10794 e DF 06-17 apresentam alta produtividade de grãos e reduzido tempo de cozimento dos grãos e alta produtividade de grãos e ciclo reduzido, respectivamente, devendo ser utilizadas em blocos de cruzamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M. W. Plant architecture and yield breeding. **Iowa State Journal of Research**, Iowa, v. 56, n. 3, p. 225-254, 1982.

AGUIAR, A. M.; RAMALHO, M. A. P.; MARQUES JÚNIOR, O. G. Controle genético do *stay green* no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 270, p. 155-167, jul./ago. 2000.

AGUIAR, R. F. et al. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 1-14, jan./mar. 2008.

ALCÂNTARA, J. P. et al. Avaliação de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes densidades de semeadura e condições de ambiente. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 15, n. 4, p. 331-428, ago./set. 1991.

ANTUNES, I. F.; SILVEIRA, E. P. **Feijão: manual de campo**. Pelotas: Embrapa-CPACT, 1993. 7 p.

ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 74, p. 430-445, 1959.

BARBANO, M. T. **Riscos climáticos e épocas de semeadura para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) na safra das águas no estado de São Paulo**. 2003, 93 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2003.

BLAIR, M. W. et al. Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical Applied Genetic**, Der Züchter, v. 121, p. 237-248, Juli 2010.

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

BRACKMANN, A. et al. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 911-915, dez. 2002.

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.

CARBONELL, S. A. M. et al. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379, ago. 2003.

CARBONELL, S. A. M. et al. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, out. 2010.

CARMO, S. L. M. et al. Avaliação do *stay green* em famílias segregantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31 n. 4, p. 953-957, jul./ago. 2007.

CARNEIRO, J. D. S. et al. Potencial tecnológico dos grãos de linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999. p. 408-411.

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

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Morfología de la planta del frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.):** guia de estudio. Cali, 1981, 50 p.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Standard system for the evaluation of bean germplasm.** Cali, 1987, 54 p.

CHIORATO, A. F. et al. Genetic gain in the breeding program of common beans at IAC from 1989 to 2007. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 10, n. 4, p. 329-336, Dec. 2010.

COELHO, A. D. F. et al. Herdabilidades e correlações da produção do feijão e dos seus componentes primários, nas épocas de cultivo da primavera-verão e do verão-outono. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32 n. 2, p. 211-216, abr. 2002.

COELHO, C. M. M. et al. Diversidade genética em acessos de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1241-1247, set./out. 2007.

COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; CARVALHO, F. I. F. Parâmetros genéticos do rendimento de grãos e seus componentes com implicações na seleção indireta de genótipos de feijão preto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n. 1, p. 1-6, jan. 1999.

COIMBRA, J. L. M. et al. Reflexos da interação genótipo x ambiente e suas implicações nos ganhos de seleção em genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 433-439, dez. 1999.

COIMBRA, J. L. M. et al. Correlações canônicas: II – Análise do rendimento de grãos de feijão e seus componentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 21-25, jan./fev. 2000.

COIMBRA, J. L. M. et al. Análise de causa e efeito sobre os componentes do rendimento em genótipos de feijão. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 18, n. 2, p. 102-109, abr./jun. 2006.

COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 297-304, mar. 1997.

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

CRUZ, C. D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. Viçosa: UFV, 2006, 285p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV, 2004, 300p.

CUNHA, W. G. da; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. de F. B. Selection aiming at upright growth habit of common bean with carioca type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 5, n. 4, p. 379-386, Oct. 2005.

DALLA CORTE, A. et al. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 3, p. 193-202, Oct. 2003.

DONÇA, M. C. B. **Seleção precoce para caracteres dos grãos no melhoramento do feijão-caupi**. 2012, 47 p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

DUNCAN, R. R.; BOCKHOLT, A. J.; MILLER, F. R. Descriptive comparison of senescent and nonsenescent sorghum genotypes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, n. 5, p. 849-853, 1981.

ELIAS, H. T.; HEMP, S.; CANTOW, T. Análise da interação genótipo x ambiente na avaliação de cultivares de feijão em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 5 n. 2 p. 271-275, set. 1999.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Consumo de feijão**. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_62_1311200215103.html>. Acesso em: 01 de out. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Qualidade tecnológica dos grãos**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01_8_510200683535.html>. Acesso em: 26 de out. 2013.

ESTEVES, A. M. **Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão**. 2000. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FARIA, A. P. et al. Interação genótipo x ambiente na produtividade de grãos de linhagens e cultivares de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 579-585, dez. 2009.

FERRÃO, M. A. G. et al. Causas genéticas das correlações entre caracteres do feijoeiro avaliados no inverno. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 48, n. 279, p. 573-582, jan. 2001.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.A.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. II. Produtividade e componentes agrônômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 7, p. 481-488, jul. 1996.

HUNTERLAB. **CIE L*a*b* color scale**. Applications Note, Reston, v.8, n.7, p.1-4, 1996.

JOST, E. et al. Methods of selecting common bean lines having high yield, early cycle and erect growth. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 101-110, january/march. 2014

LANA, A. M. Q.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D. Herdabilidades e correlações entre caracteres de linhagens de feijão obtidas em monocultivo e em consórcio com o milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1031-1037, nov./dez. 2003.

LOARCE, Y.; GALLEGO, R.; FERRER, E. A comparative analysis of the genetic relationship between rye cultivars using RFLP and RAPD markers. **Euphytica**, Wageningen, v. 88, n. 8, p. 107-115, Aug. 1996.

MAMBRIN, R. B. **Seleção de linhagens de feijão de alto desempenho agrônômico, nutricional, tecnológico e com qualidade de sementes**. 2013, 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

MATOS, J. W.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Trinta e dois anos do programa de melhoramento do feijoeiro comum em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1749-1754, nov. 2007.

MELLO, C. L. et al. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5, p. 715-723, maio 2007.

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

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. de. Eficiência do sistema de nove covas na seleção de progênies de feijoeiro tipo carioca para arquitetura ereta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 9, p. 1029-1034, set. 2011.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N. de; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Seleção recorrente para três caracteres de feijão. **Bragantia**, Brasil, v. 67, p. 833-838, maio 2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO E PECUÁRIA. **MAPA**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>>. Acesso em: 14 de mai. 2012.

MORAIS, N. M. **Potencial de uso agrícola e qualidade de cozimento de cultivares crioulas de feijão**. 2013. 38 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

NIENHUIS, J.; SINGH, S.P. Combining ability analyses and relationships among yield, yield components and architectural traits in dry bean. **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 1, p. 21- 27, 1986.

OLIVEIRA, V. R. et al. Perfil sensorial de cultivares de feijão. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v. 24, n. 2, p. 145-152, abr./jun. 2013.

PASTENES, C.; HORTON, P. Effect of high temperature on photosynthesis in bean. **Plant Physiology**, Rockville, v. 112, p. 1245-1251. March. 1996.

PEREIRA, H. S. et al. Interação entre genótipos de feijoeiro e ambientes no Estado de Pernambuco: estabilidade, estratificação ambiental e decomposição da interação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2603-2614, nov./dez. 2013.

PUERTA ROMERO, J. **Variedades de judias cultivadas en España**. Madrid: Ministério da Agricultura, 1961. 798 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos, ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética quantitativa em plantas alógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993.

RAMALHO, M. A. P. et al. Interações genótipos x épocas de semeadura, anos e locais na avaliação de cultivares de feijão nas Regiões sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 2, p. 176-181, 1998.

RIBEIRO, N. D. et al. Correlações genéticas de caracteres agromorfológicos e suas implicações na seleção de genótipos de feijão carioca. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 2, p. 93-99, maio/ago. 2001.

RIBEIRO, N. D.; STORCK, L.; MELLO, R. M. Correlações genéticas de caracteres agromorfológicos e suas implicações na seleção de genótipos de feijão preto. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 6, n. 1, p. 168-176, jun. 2001.

RIBEIRO, N. D. et al. Progresso genético em caracteres agronômicos no melhoramento do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 629-633, jul./ago. 2003.

RIBEIRO, N. D.; HOFFMANN JUNIOR, L.; POSSEBON, S. B. Variabilidade genética para ciclo em feijão dos grupos preto e carioca. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 19-29, jan./mar. 2004.

RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos da interação genótipo x ambiente no ciclo e na coloração do tegumento dos grãos do feijoeiro comum. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 273-380, dez. 2004.

RIBEIRO, N. D. et al. Padronização de metodologia para avaliação do tempo de cozimento dos grãos de feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 345, jan. 2007.

RIBEIRO, N. D. et al. Potencial de uso agrícola e nutricional de cultivares crioulas de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 628-634, maio/jul. 2008.

RIBEIRO, N. D. et al. Critério de seleção indireta para a produtividade de grãos em feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 986-989, abr. 2010.

RIBEIRO et al. Combined selection for grain yield, cooking quality and minerals in the common bean. **Ciências Agronômicas**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 869-877, Oct./Dec. 2013.

RODRIGUES L. S. et al. Divergência genética entre cultivares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1275-1284, set. 2002.

RODRIGUES, J. A. et al. Standardization of imbibition time of common bean grains to evaluate cooking quality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 4, n. 4, p. 465-471, Oct. 2004.

RODRIGUES J. A. et al. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 209-214, jan./fev. 2005.

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

SATHE, S. K.; DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. K. Dry beans of Phaseolus. A review Part 2. Chemical composition: Carbohydrates, fiber, minerals, vitamins and lipids. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 21, n. 2, p. 41 - 91, Dec. 1984.

SCHOLZ, M. B. S.; FONSECA JÚNIOR, N. S. Influência ambiental, genotípica e sua interação na qualidade tecnológica de feijão do grupo preto no Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO. Goiânia. **Anais...** Embrapa, 1999. p. 880.

SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1647-1652, dez. 2009.

TALUKDER, Z. I. et al. Genetic diversity and selection of genotypes to enhance Zn and Fe content in common bean. **Canadian Journal of Plant Science**, Canadá, v. 90, n. 1, p. 49 - 60, Oct. 2010.

TEIXEIRA F. F. RAMALHO, M. A. ABREU A. de F. B. Genetic control of plant architecture in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Genetics and Molecular Biology**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 577-582, dez. 1999.

VIEIRA, C. **O feijoeiro-comum: cultura, doenças e melhoramento** . Viçosa: UFV, 1967.

YOKOYAMA, L. P.; STONE, L. F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000.

ZILIO, M. et al. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciências Agronômicas**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 429-438, abr./jun., 2011.

ZIMMERMANN, M. J. O. et al. Melhoramento genético e cultivares. In: ARAUJO, S.R. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 223-273.