

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

**PARÂMETROS GENÉTICOS DOS TEORES DE
PROTEÍNA E DE FIBRA ALIMENTAR ASSOCIADOS
AO RENDIMENTO DE GRÃOS EM FEIJÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Patrícia Medianeira Grigoletto Londero

Santa Maria, RS, Brasil

2005

PARÂMETROS GENÉTICOS DOS TEORES DE PROTEÍNA E DE FIBRA ALIMENTAR ASSOCIADOS AO RENDIMENTO DE GRÃOS EM FEIJÃO

por

Patrícia Medianeira Grigoletto Londero

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 grau de
Mestre em Agronomia

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

Santa Maria, RS, Brasil

2005

© 2005

Todos os direitos autorais reservados a Patrícia Medianeira Grigoletto Londero. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Rua João da Fontoura e Souza, n.60, Aptº 302, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, 97105-210

Fone: (0xx) 55 99871919; End. Eletr: patricia.londero@bol.com.br

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

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

**PARÂMETROS GENÉTICOS DOS TEORES DE PROTEÍNA E DE
FIBRA ALIMENTAR ASSOCIADOS AO RENDIMENTO DE GRÃOS EM
FEIJÃO**

elaborada por
Patrícia Medianeira Grigoletto Londero

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA

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

Irajá Ferreira Antunes, Dr. (EMBRAPA/CNPCT)

Alberto Cargnelutti Filho, Dr. (FEPAGRO)

Santa Maria, 23 de fevereiro de 2005.

AGRADECIMENTOS

A Deus e ao São Pio de Pietrelcina por estarem sempre presentes na minha vida nos momentos em que mais preciso.

Ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade em realizar o Curso de Mestrado.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Nerinéia Dalfollo Ribeiro pela orientação e sugestões dadas a este trabalho.

Ao pessoal do Laboratório NIDAL, pela possibilidade de realização das análises, em especial a professora Leila Picolli da Silva pela colaboração.

Ao Alberto Cargnelutti Filho e professor Lindolfo Storck pelo auxílio nas análises estatísticas.

À colega Josana, pela amizade, companheirismo, convivência e valiosa contribuição na qual foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos bolsistas de iniciação científica, Nerison, Marcinéia, Evandro, Rômulo e Simone pela ajuda imprescindível na condução deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, pela ajuda na condução do trabalho de campo.

Ao meu marido, José Antônio, pela compreensão, companheirismo, amor e apoio em todos os momentos de minha vida.

A minha família por todo incentivo, carinho, ajuda e por terem compreendido as minhas ausências.

À Maristela Cassassola, pelo apoio e amizade.

A todos aqueles que direta ou indiretamente apoiaram e participaram deste período da minha vida, **MUITO OBRIGADO**.

RESUMO

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

PARÂMETROS GENÉTICOS DOS TEORES DE PROTEÍNA E DE FIBRA ALIMENTAR ASSOCIADOS AO RENDIMENTO DE GRÃOS EM FEIJÃO

AUTORA: PATRÍCIA MEDIANEIRA GRIGOLETTO LONDERO

ORIENTADORA: NERINÉIA DALFOLLO RIBEIRO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 23 de fevereiro de 2005.

O desenvolvimento de cultivares de feijão com alta qualidade nutricional aliado ao alto rendimento de grãos é desejável. Como consequência, este trabalho buscou avaliar os genitores e as populações F_1 , recíprocos, F_2 e retrocruzamentos obtidos das combinações entre quatro genitores para o teor de proteína (TPS Nobre, Guapo Brilhante, BRS Expedito e UTF-1 Balisa) e de quatro genitores para o teor de fibras (CNFP 8100, FT 96-1282, Valente e Varre Sai). Os cruzamentos foram realizados em casa-de-vegetação, segundo a metodologia de dialelos completos, e avaliados a campo utilizando o delineamento experimental de blocos ao acaso com duas repetições. As análises laboratoriais foram realizadas quanto aos teores de proteína bruta e fibra alimentar. Correlação fenotípica negativa entre proteína bruta e rendimento de grãos foi observada. Híbridações controladas entre genitores com alto teor de proteína, possibilitaram a obtenção de populações F_2 com alto teor protéico. Foi encontrada variabilidade genética para teor de fibra alimentar para genitores, F_1 's e recíprocos. As maiores estimativas de herdabilidade foram observadas para teor de fibras e as menores para rendimento de grãos. Não foi encontrada correlação fenotípica entre fibra alimentar, suas diferentes frações (solúvel e insolúvel) e rendimento de grãos. As correlações fenotípicas entre o teor de fibra insolúvel e de fibra alimentar foram positivas, enquanto que entre fibra solúvel e insolúvel foram negativas. Nas populações estudadas, a seleção para teor de proteína e de fibras associadas ao elevado rendimento de grãos poderá ser realizada com sucesso, desde que se tenha melhor entendimento do controle genético, dos efeitos ambientais e da interação genótipo x ambiente que atuam nessas características.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., variância genética, correlações fenotípicas, análise dialélica, herdabilidade, ganho na seleção.

ABSTRACT

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

GENETIC PARAMETERS OF PROTEIN CONTENT AND DIETARY FIBER ASSOCIATED GRAIN YIELD IN COMMON BEAN

AUTHOR: PATRÍCIA MEDIANEIRA GRIGOLETTO LONDERO

ADVISER: NERINÉIA DALFOLLO RIBEIRO

Santa Maria, February 23th, 2005.

Common bean cultivars development with high nutritional quality joined with grain yield is desirable. In consequence, of this study evaluated the genitors, F_1 and its reciprocals, F_2 and backcrosses populations obtained in the combination among four genitors. For protein content were used TPS Nobre, Guapo Brilhante, BRS Expedito and UTF-1 Balisa. For fibers content, CNFP 8100, FT 96-1282, Valente and Varre Sai were used. The crossings were performed inside a greenhouse using complete diallel approach and assessed in the field using a randomized complete block design with two replications. The laboratory analyses were realized to protein and dietary fiber content. Negative phenotypic correlation between protein content and grain yield was observed. The crossings between the high protein content genitors produced F_2 populations with high protein content. Genetic variability was observed for genitors, F_1 's and their reciprocals for dietary fiber content. The largest heritability estimates were obtained for fibers content and the smallest for grain yield. Phenotypic correlation between dietary fiber, their different fractions (soluble and insoluble) and grain yield was not observed. Phenotypic correlation between fiber insoluble and dietary fiber content was positive, while between soluble and insoluble fiber was negative. In the populations studied, the selection for protein content and fibers associated with high grain yield could be performed with success as long as we have better understanding of the genetic control, environmental effect and genotype x environment interaction that influence these characteristics.

Key-words: *Phaseolus vulgaris* L., genetic variance, phenotypic correlations, diallel analysis, heritability, gain from selection.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo da análise de variância da proteína bruta e do rendimento de grãos de 28 populações de feijão. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	14
Tabela 2 - Médias do teor de proteína bruta e do rendimento de grãos de 28 populações de feijão. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	15
Tabela 3 - Graus de liberdade (GL) e quadrado médio para teor de proteína bruta e rendimento de grãos para as causas de variação, média e coeficiente de variação (CV) nas quatro gerações (P1, P2, F ₁ e F ₂) nas diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	29
Tabela 4 - Média do teor de proteína bruta e do rendimento de grãos de feijão nas quatro gerações (P1, P2, F ₁ e F ₂) nas diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	30
Tabela 5 - Coeficientes de correlação fenotípico entre teor de proteína bruta e rendimento de grãos de feijão de quatro gerações (P1, P2, F ₁ e F ₂) em diferentes combinações e no geral (16 populações). Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	31
Tabela 6 - Parâmetros genéticos do teor de proteína bruta e do rendimento de grãos da população F ₂ nas diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	32
Tabela 7 - Predição de ganhos por seleção do teor de proteína bruta e do rendimento de grãos baseada na seleção de duas linhas da população F ₂ nas diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	33
Tabela 8 - Análise da variância para teor de fibra alimentar (%) em grãos de feijão, com decomposição dos efeitos de cultivares, nas capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinação, resultantes dos cruzamentos dialélicos entre quatro cultivares de feijão, de acordo com o método 1 de GRIFFING (1956). Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	43
Tabela 9 - Valores médios de fibra alimentar (%) em grãos de feijão obtidos de quatro genitores, de seus híbridos F ₂ s e dos recíprocos. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	44

Tabela 10 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ($\hat{\sigma}_i$) para teor de fibra alimentar em grãos de feijão em quatro cultivares e desvios-padrão (DP) dos efeitos de genitores diferentes. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	45
Tabela 11 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ($\hat{\sigma}_{ij}$) para teor de fibra alimentar em grãos de feijão e desvios-padrão (DP) dos efeitos de dois F_2 s. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	46
Tabela 12- Graus de liberdade (GL) e quadrado médio em relação à fibra solúvel, fibra insolúvel, fibra alimentar e rendimento de grãos de feijão para as causas de variação, média e coeficiente de variação (CV) nas quatro gerações (P1, P2, F_1 e F_2) em diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	59
Tabela 13 – Média da percentagem de fibra solúvel, fibra insolúvel, fibra alimentar e rendimento de grãos de feijão nas quatro gerações (P1, P2, F_1 e F_2) em diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	60
Tabela 14 - Coeficientes de correlação fenotípicos entre percentagem de fibra solúvel (FS), fibra insolúvel (FI), fibra alimentar (FA) e rendimento de grãos (Rend) nas diferentes combinações e no geral. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	61
Tabela 15 – Parâmetros genéticos da percentagem de fibra solúvel, fibra insolúvel, fibra alimentar e rendimento de grãos de feijão da população F_2 em diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	62
Tabela 16 – Predição de ganhos por seleção considerando as duas linhas F_2 de maior valor de fibra solúvel (%), fibra insolúvel (%), fibra alimentar (%) e rendimento de grãos (gramas planta ⁻¹) obtidos em diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dendrograma de dissimilaridade obtido pelo método de agrupamento “vizinho mais próximo”, baseado nas distâncias generalizadas de Mahalanobis entre 28 populações de feijão. Santa Maria- RS, UFSM, 2004.....16

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO 1 – Variabilidade genética para proteína e rendimento de grãos em populações de feijão	
Resumo.....	04
Abstract.....	05
Introdução.....	05
Material e Métodos.....	07
Resultados e Discussão.....	08
Conclusões.....	11
Referências Bibliográficas.....	12
CAPÍTULO 2 – Herança do teor de proteína e do rendimento de grãos em populações de feijão	
Resumo.....	17
Abstract.....	18
Introdução.....	18
Material e Métodos.....	20
Resultados e Discussão.....	22
Conclusões.....	25
Referências Bibliográficas.....	26
CAPÍTULO 3 – Capacidade de combinação para teor de fibra alimentar em populações de feijão	
Resumo.....	34
Abstract.....	34
Introdução.....	35
Material e Métodos.....	36
Resultados e Discussão.....	38
Conclusões.....	40
Referências Bibliográficas.....	41

CAPÍTULO 4 – Herança dos teores de fibra alimentar e rendimento de grãos em populações de feijão

Resumo.....	47
Abstract.....	48
Introdução.....	48
Material e Métodos.....	50
Resultados e Discussão.....	52
Conclusões.....	55
Referências Bibliográficas.....	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS.....	65

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos produtos agrícolas de maior importância para o Brasil, por ser considerado um alimento básico da população, sendo amplamente valorizado em todo o território nacional e em vários países pelo alto valor nutricional de seus grãos.

O consumo de feijão está associado a efeitos benéficos para a saúde humana pelo fato de possuir alto teor protéico, presença de fibra alimentar, alto conteúdo de carboidratos complexos, presença de minerais, principalmente potássio, fósforo, ferro, cálcio, cobre, zinco e magnésio e de vitaminas do complexo B que podem estar envolvidas na prevenção de certos defeitos fetais, doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (LAJOLO et al., 1996; YOKOYAMA & STONE, 2000).

Essa leguminosa é considerada a principal fonte de proteína que está presente na dieta alimentar das famílias brasileiras. A razão disso pode estar associada ao seu fácil acesso a todas as classes socioeconômicas do País, principalmente devido ao seu baixo preço quando comparado a outras fontes.

Um aspecto importante, do ponto de vista nutricional, é o aumento da qualidade protéica de dietas mistas, contendo feijões e cereais, em decorrência do efeito complementar do alto conteúdo de lisina do feijão com o de aminoácidos sulfurados dos cereais (BRESSANI, 1993). Sendo assim, o hábito da população brasileira, de ingerir arroz com feijão, torna o valor biológico da proteína da dieta próximo ao das proteínas de origem animal (LAJOLO et al., 1996).

Estudos realizados nas últimas décadas revelaram a essencialidade da presença de fibra na dieta. O feijão é um dos poucos alimentos que possui quantidades significativas de fibra solúvel e de insolúvel. Essas duas frações estão relacionadas a efeitos benéficos distintos no organismo, sendo que a fibra solúvel atua como importante agente hipoglicêmico e hipocolesterolêmico, ajudando no controle dos níveis de glicose no sangue em diabéticos e na prevenção de doenças cardiovasculares; enquanto que a fibra insolúvel ajuda na prevenção de câncer de cólon e de problemas intestinais (OLSON et al., 1987; TOPPING, 1991; MOORE et al., 1998).

O grão de feijão é constituído pelo tegumento que representa cerca de 9% na matéria seca, os cotilédones 90% e o eixo embrionário 1% (MESQUITA, 1989).

Aproximadamente 25% da proteína encontra-se no grão (LAJOLO et al., 1996), mas ainda há dúvidas quanto a sua localização, se no tegumento ou nos cotilédones. LELEJI et al. (1972) observaram efeito materno para a geração F₁, indicando que o teor protéico em feijão encontra-se no tegumento, que é tecido materno desenvolvido a partir da parede do óvulo. Já POLIGNANO (1982) não encontrou efeito materno, indicando que a proteína pode estar presente nos cotilédones, representando os produtos da fertilização na geração F₁. MA & BLISS (1978) determinaram o teor de proteína presente nos cotilédones e encontraram valores entre 18,9 a 32,2% de proteína em dez linhas F₅.

Com relação ao teor de fibra alimentar, sugere-se que este encontra-se no tegumento do feijão, pelo fato desse tecido ser composto por celulose, hemicelulose e lignina (PAULA, 2004) que representam algumas das frações que compõem a fibra. No entanto, é preciso a determinação do teor de proteína e de fibras no tegumento e nos cotilédones, para se ter certeza em qual tecido estão presentes essas características para que se possa otimizar os ganhos com a seleção.

As pesquisas de melhoramento do feijoeiro, nos últimos anos, priorizaram o aumento da produtividade e da resistência às doenças. No entanto, atualmente, cada vez mais é crescente o interesse em associar a qualidade nutricional dos grãos ao alto rendimento. Estudos desenvolvidos ultimamente têm apenas quantificado o conteúdo de determinados componentes nutricionais presentes nos grãos de feijão de diversos genótipos brasileiros. Entretanto, não foi encontrada na literatura, pesquisa com o objetivo de selecionar genótipos através da sua composição nutricional para que possam ser utilizados no desenvolvimento de genótipos superiores, atendendo as exigências dos consumidores e tornando-o um alimento funcional.

Pelo fato do feijão fornecer a principal fonte protéica na dieta da população brasileira, e proporcionar efeitos benéficos ao organismo pelo conteúdo de fibras presentes nos seus grãos, justifica-se o estudo desses componentes no presente trabalho. No entanto, para que se possa obter sucesso em programas de melhoramento para a qualidade do teor de proteína e de fibras, é necessário estimar os parâmetros genéticos envolvidos na expressão dessas características para poder prever e maximizar os ganhos que serão obtidos através da seleção.

Diante desses aspectos, os objetivos deste trabalho foram:

- Identificar populações segregantes de feijão com alto teor de proteína e alto rendimento de grãos, bem como estudar a correlação fenotípica entre essas características.

- Determinar a herdabilidade e o ganho na seleção para teor de proteína e para rendimento de grãos, em populações resultantes de seis diferentes cruzamentos entre genótipos brasileiros de feijão, e identificar a população mais adequada, visando a seleção para maior teor de proteína no grão, associada a elevado rendimento de grãos.

- Estimar as capacidades geral e específica de combinação de cultivares de feijão do grupo comercial preto, com vistas a conhecer seu potencial de utilização, em programas de melhoramento, para o aumento do teor de fibra alimentar.

- Estimar a herdabilidade e o ganho na seleção para os teores de fibra alimentar, suas diferentes frações - fibra solúvel e insolúvel - e rendimento de grãos, bem como estudar a correlação fenotípica entre essas características em populações obtidas de cinco diferentes cruzamentos entre genótipos brasileiros de feijão e identificar a população considerada promissora, visando a seleção para maiores teores de fibras e alto rendimento de grãos.

CAPÍTULO 1

VARIABILIDADE GENÉTICA PARA PROTEÍNA E RENDIMENTO DE GRÃOS EM POPULAÇÕES DE FEIJÃO

GENETIC VARIABILITY FOR PROTEIN AND GRAIN YIELD IN COMMON BEAN POPULATIONS

RESUMO

O feijão é muito consumido em função da qualidade protéica e o desenvolvimento de alimentos mais nutritivos é constante. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi o de identificar populações segregantes de feijão com alto teor de proteína e alto rendimento de grãos, bem como estudar a correlação fenotípica entre essas características. Os cruzamentos foram realizados em casa-de-vegetação, segundo o esquema de dialélicos completos, incluindo os recíprocos, entre quatro genitores (TPS Nobre, Guapo Brilhante, BRS Exedito e UTF1-Balisa). As populações obtidas (genitores, F_1 's, recíprocos, F_2 's e RC) foram avaliadas a campo durante a primavera/verão de 2003/04, em delineamento de blocos ao acaso, com duas repetições. Após a colheita, determinou-se o teor de proteína bruta em amostras de grãos de feijão. Os resultados obtidos não revelaram presença de variabilidade genética para teor de proteína bruta nas populações. Correlação fenotípica negativa entre proteína bruta e rendimento de grãos foi encontrada. A formação de três grupos foi possível, com distâncias próximas a 55% entre os mesmos, diferenciados pelo teor de proteína e de rendimento de grãos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., similaridade genética, correlação fenotípica.

ABSTRACT

Common bean is an important food because of its high protein. The development of high quality food is of interest and has been the subject of research in crop breeding programs. The objective this study was identified common bean segregant populations with high protein content and high grain yield as well as the possible phenotypic correlation of these characteristics. Crossings were performed inside a greenhouse using the complete diallel approach, including the reciprocals, among four genitors (TPS Nobre, Guapo Brilhante, BRS Expedito and UTF-1 Balisa). The populations obtained (genitors, F₁'s, reciprocals, F₂'s and RC) were assessed in the field during spring/summer 2003/04, using a randomized complete block design with two replications. The content protein in common bean grains were determined in the different populations. The results no showed genetic variability for protein content in the populations. Negative phenotypic correlation between protein and grain yield was observed. It was possible to form three groups with distance around of 55% among them, it was distinguished by protein content and grain yield.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., similarity genetic, phenotypic correlation.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais espécies que contribui como fonte protéica para a alimentação da população em vários países, sobretudo no Brasil (RAMALHO et al., 1993). Além disso, fornece quantidades significativas de outros nutrientes, essenciais ao organismo humano, como carboidratos, vitaminas, minerais e fibra (LAJOLO et al., 1996).

O consumo de proteínas na dieta é imprescindível pelo fato de serem componentes essenciais a todas as células vivas e estarem relacionadas a praticamente todas as funções fisiológicas (BOBBIO & BOBBIO, 1989). A proteína encontrada no feijão é rica em lisina, porém limitada em aminoácidos sulfurados, metionina e cisteína (LAJOLO et al., 1996).

Presença de variabilidade genética para teor de proteína em grãos de feijão tem sido relatada, com valores compreendidos na faixa de 18 a 30% de proteína bruta (MUTSCHLER & BLISS, 1981; HOSFIELD et al., 1984; ANTUNES et al., 1995;

LEMOS et al., 1996; ESCRIBANO et al., 1997; RAMOS JÚNIOR & LEMOS, 2002; RAMOS JÚNIOR et al., 2002; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004). Genótipos com mais de 23% de proteína bruta são destacados na literatura nacional pelos altos valores apresentados (ANTUNES et al., 1995; LEMOS et al., 1996; RAMOS JÚNIOR & LEMOS, 2002; RAMOS JÚNIOR et al., 2002; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004). Também, há relatos de que cultivares de feijão do grupo comercial preto apresentam maior teor médio de proteína bruta nos grãos (RAMOS JÚNIOR et al., 2002; RAMOS JÚNIOR & LEMOS, 2002).

Acredita-se que dois ou quatro genes maiores estejam envolvidos no controle genético do teor de proteína em feijão e estimativas de herdabilidade no sentido amplo variando de 30% a 64% foram encontradas, indicando forte efeito da variância ambiental (LELEJI et al., 1972). Entretanto, herdabilidade no sentido restrito de 88% foi observada mais recentemente, sugerindo que eventualmente pouco efeito do ambiente, pode ser observado para essa característica (ELIA et al., 1996). Os resultados conflitantes encontrados na literatura sugerem que a seleção para maior teor de proteína em grãos de feijão será eficiente, desde que se tenha melhor entendimento dos efeitos genéticos, ambientais e da interação desses sobre essa característica.

Hibridações controladas entre genitores com alto teor de proteína possibilitaram a obtenção de populações F_2 com alto teor protéico nos grãos de feijão (MUSTCHLER & BLISS, 1981; WASSIMI et al., 1988). Sendo assim, espera-se que a utilização de cruzamentos direcionados possibilite a identificação de linhagens de feijão de melhor qualidade protéica.

No entanto, correlação negativa entre o teor de proteína e o rendimento de grãos foi encontrada (LELEJI et al., 1972; LEMOS et al., 2004). Por sua vez, efeitos significativos da interação genótipo x ambiente têm sido relatados na literatura para proteína em feijão (LEMOS et al., 1996; DALLA CORTE et al., 2003). Além do que, o rendimento de grãos, também é uma característica muito influenciada pelo ambiente e possui baixa herdabilidade (CARVALHO et al., 2001).

Dessa maneira, o desafio para o melhoramento da qualidade nutricional do feijão está na identificação de linhagens com alto teor de proteína e com alto rendimento de grãos. Assim, o objetivo desse trabalho foi o de identificar populações segregantes de feijão com alto teor de proteína e alto rendimento de grãos, bem como estudar a correlação fenotípica entre essas características.

MATERIAL E MÉTODOS

Os genitores utilizados foram definidos em experimento prévio, conduzido no ano agrícola de 2001/02, em área do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul (RS). Assim, com base no alto teor de proteína bruta (PB) e de rendimento de grãos, selecionou-se quatro genitores (TPS Nobre, Guapo Brilhante, BRS Exedito e UTF-1 Balisa).

As combinações híbridas foram realizadas entre os quatro genitores, segundo a metodologia de dialelos completos, com a utilização dos recíprocos (CRUZ & REGAZZI, 1997). As hibridações controladas foram feitas em casa-de-vegetação, utilizando a técnica sem emasculação, descrita em PETERNELLI & BORÉM (1999). Assim, os cruzamentos, para a obtenção das sementes F_1 's, foram realizados durante o período de fevereiro a maio, e repetidos entre os meses de julho a novembro de 2003. As sementes F_2 's, foram obtidas pela autofecundação das plantas F_1 's, e as sementes dos retrocruzamentos (RC) foram obtidas em novembro, a partir do cruzamento entre plantas F_1 com um dos genitores.

Os blocos de cruzamentos foram conduzidos em vasos plásticos com capacidade para 5kg de solo, com duas plantas por vaso. A fim de garantir o desenvolvimento normal das plantas de feijão foram realizadas irrigações diárias, controle de doenças e de insetos, sempre que necessário. À medida que as vagens de feijão atingiam a maturação fisiológica realizou-se a colheita de forma individual.

Os genitores e as populações obtidas foram avaliados a campo em solo caracterizado como Alissolo Hipocrômico argilúvico típico. A semeadura ocorreu em 21 de novembro de 2003 em área do Departamento de Fitotecnia, da UFSM-RS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com duas repetições, e 28 tratamentos (genitores, F_1 's, recíprocos, F_2 's e RC). Cada parcela foi constituída de uma linha de 1m de comprimento para as populações F_1 's, recíprocos, RC e genitores, com 10 plantas por metro linear. Para as populações F_2 's usaram-se duas linhas de 1m de comprimento, devido a presença de maior variabilidade genética.

O solo foi preparado de forma convencional e a adubação foi realizada no sulco de semeadura, de acordo com a interpretação da análise química do solo. A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações de $40\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrogênio nos estádios vegetativos de primeira (V3) e de terceira (V4) folhas

trifolioladas. Os tratamentos culturais, como controle de insetos e de plantas invasoras, foram realizados sempre que necessário, de maneira que a cultura não sofresse competição.

A colheita e a trilha das plantas foram realizadas manualmente e, após a retirada das impurezas, os grãos foram secos ao sol e em estufa, até atingir umidade média de 12%. Amostras de 20g de grãos de cada população foram tomadas ao acaso e moídas em micro moinho a fim de se obter tamanho de partículas (< 1mm). Logo após a este processamento as amostras foram armazenadas em potes plásticos, devidamente identificados, e conservadas sob refrigeração até o momento de realização das análises de proteína bruta que foi realizada por microkjeldal (N x 6,25), segundo a metodologia descrita pela AOAC (1995). O rendimento de grãos foi obtido em gramas por planta. O tamanho das amostras para proceder-se as análises foram de 20 plantas (10 plantas/repetição) para os genitores e as populações F₁'s, recíprocos e retrocruzamentos. Já para as populações F₂ a amostra foi de 40 plantas (20 plantas/repetição) devido a maior heterogeneidade de plantas. A razão de se avaliar poucas plantas por população F₂ foi o alto custo das análises e o tempo demasiadamente longo requerido para a realização das mesmas, o que inviabiliza a realização do estudo em amostragens maiores.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância e as médias das populações foram comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott. A seguir, determinou-se a matriz de distância generalizada de Mahalanobis entre as 28 populações de feijão, que foi utilizada como medida de dissimilaridade para a análise de agrupamento dos genótipos pelo método hierárquico de ligação simples, considerando o modelo do vizinho mais próximo (CRUZ & REGAZZI, 1997). As análises foram realizadas com o auxílio do programa de informática Genes (CRUZ, 2001). Também realizou-se a análise de correlação linear de Pearson entre as variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram encontradas diferenças significativas para o teor de proteína bruta em grãos de feijão nas diferentes populações (Tabela 1). Esses resultados sugerem que, nas populações avaliadas, não foi possível a identificação de variabilidade entre os tratamentos.

Como o teor de proteína bruta em feijão é governado por dois ou quatro genes maiores com interação complexa (LELEJI et al., 1972), isso explicaria a não observância de diferenças significativas para teor de proteína bruta nas populações avaliadas, enquanto que outros autores encontraram variabilidade genética (LELEJI et al., 1972; WASSIMI et al., 1988; ELIA et al., 1996; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004).

Com relação ao rendimento de grãos, diferenças significativas foram observadas (Tabela 1) e a utilização do teste de Scott-Knott possibilitou a formação de dois grupos: maior rendimento (22,03 a 14,31g/planta) e menor rendimento (13,45 a 4,71g/planta) (Tabela 2).

Os coeficientes de variação ambiental (C_{Ve}) obtidos para proteína bruta (7,05%) e para rendimento de grãos (19,34%) indicam presença de efeito ambiental atuando sobre essas características (Tabela 1).

O índice B, que corresponde a relação entre o coeficiente de variação da variabilidade genética (C_{Vg}) e o coeficiente de variação ambiental (C_{Ve}), demonstra maior variabilidade genética nas populações estudadas para rendimento de grãos quando comparada a proteína bruta. Além disso, o coeficiente de determinação genotípico (h^2) obtido foi considerado alto para rendimento (72,72%) e médio para proteína bruta (33,39%), indicando maior facilidade para a seleção e também maior ganho genético para rendimento de grãos.

As variáveis – teor de proteína e rendimento de grãos - apresentaram correlação fenotípica negativa ($r = -0,46$) (Tabela 1), indicando que à medida que ocorre o incremento na percentagem de proteína bruta, reduz-se o rendimento de grãos em feijão, como já observado por LELEJI et al. (1972), MUSTCHLER & BLISS (1981) e por LEMOS et al. (2004). No presente estudo, a população RC5 [(Guapo Brilhante x UTF1 – Balisa) / UTF1 – Balisa] apresentou 28,71% PB, o que correspondeu a um incremento de 17% de proteína bruta em relação a média dos seus genitores (24,5%PB); já o rendimento de grãos foi extremamente baixo (4,71g/planta), comparado com a média dos genitores (13,17g/planta). Esses resultados sugerem dificuldades para a seleção de linhagens que agreguem alto teor de proteína bruta e alto potencial de rendimento de grãos.

No entanto, LELEJI et al. (1972) verificaram que, apesar de existir correlação negativa entre teor de proteína bruta e rendimento de grãos, muitas variações podem ocorrer, não inviabilizando assim a seleção para as duas características

simultaneamente. O baixo rendimento de grãos, provavelmente, está relacionado com a alta quantidade de proteína produzida, o que, segundo os autores, é justificado pelo fato de que as plantas de feijão que possuem alto teor protéico tendem a produzir poucas flores e poucas vagens, resultando numa baixa eficiência de produção.

Os teores de proteína bruta verificados nos grãos das populações de feijão variaram de 22,32% em F₁A' (2 x 1) a 28,87% em RC4 [(2 x 3) x 3] (Tabela 2). Os valores encontrados estão dentro da faixa de variação protéica normalmente encontrada em feijão (MUTSCHLER & BLISS, 1981; HOSFIELD et al., 1984; LEMOS et al., 1996; ESCRIBANO et al., 1997; RAMOS JÚNIOR & LEMOS, 2002; RAMOS JÚNIOR et al., 2002; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004).

Os genitores utilizados apresentaram alto teor de proteína bruta, acima de 23% de PB, (TPS Nobre: 25,72%; Guapo Brilhante: 23,43%; BRS Expedito: 25,36%; UTF1 – Balisa: 25,04%) (Tabela 2). As hibridações controladas entre genitores com alto teor de proteína, possibilitaram a obtenção de populações F₂ com alto teor protéico (Tabela 2), a semelhança do observado por WASSIMI et al. (1988).

Através da interpretação dos resultados do dendrograma, constatou-se a formação de dois grupos, com 100% de dissimilaridade (Figura 1). O grupo 1 foi formado pelo RC5 [(2x4) x4] e o grupo 2 constituído pelas demais populações. Alternativamente, pode-se considerar a formação de três grupos, com distâncias próximas a 55% entre os mesmos: grupo 1, composto pelo RC5 [(2x4) x4]; grupo 2, constituído pelo RC4 [(2x3) x3], esses dois grupos destacam-se pelo teor de proteína bruta (28,71% e 28,87%PB, respectivamente), e o grupo 3 formado pelas demais populações, foi onde identificaram-se os genótipos com maiores valores para o rendimento de grãos, destacando-se o G2 (Guapo Brilhante) e o G1 (TPS Nobre), com 22,03gramas planta⁻¹ e 19,99gramas planta⁻¹, respectivamente.

A formação desses grupos é importante para a avaliação de duplicidade nas populações. Nesse sentido, pode-se constatar a formação de um grande grupo que envolveu 26 populações semelhantes quanto ao teor protéico e ao rendimento de grãos.

Acredita-se que a seleção de linhagens de feijão com qualidade nutricional superior - quanto ao teor de proteína bruta, e incremento no rendimento de grãos poderá ser eficiente, desde que os fatores ambientais sejam melhor controlados.

CONCLUSÕES

1. Não houve presença de variabilidade genética para teor de proteína bruta nas populações de feijão.
2. Correlação negativa entre proteína bruta e rendimento de grãos foi obtida.
3. Três grupos foram formados com distâncias próximas a 55% entre os mesmos, diferenciados pelo teor de proteína e de rendimento de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, P.L. et al. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivares Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 12-18, 1995.

AOAC. Association Of Official Analytical Chemistry. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Washington, DC.: AOAC, 1995. 2000p.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. 2 ed. São Paulo, Livraria Varela, 1989. 223p.

CARVALHO, F.I.F. et al. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas:UFPEL, Universitária, 2001. 98p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

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

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, 2003.

ELIA, F.M.; HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A. Inheritance of cooking time, water absorption, protein and tannin content in dry bean and their expected gain from selection. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 39, n. 2, p. 266-267, 1996.

ESCRIBANO, M.R.; SANTALLA, M.; RON, A.M. Genetic diversity in pod and seed quality traits of common bean populations from northwestern Spain. **Euphytica**, Netherlands, v. 93, n. 1, p. 71-81, 1997.

HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A.; ISLEIB, T.G. Seasonal and genotypic effects on yield and physic-chemical seed characteristics related to food quality in dry, edible beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 109, n. 2, p. 182-189, 1984.

LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, S.R. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 23-56.

LELEJI, O.I. et al. Inheritance of crude protein percentage and its correlation with seed yield in beans, *Phaseolus vulgaris* L. **Crop Science**, Madison, v. 12, n. 2, p. 168-171, 1972.

LEMOS, L.B. et al. Absorção de água e teor protéico em sementes de genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 1996. p. 515-517.

LEMOS, L.B. et al. Características agrônômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

MUTSCHLER, M.A.; BLISS, F.A. Inheritance of bean seed globulin content and its relationship to protein content and quality. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 2, p. 289-294, 1981.

PETERNELLI, L.A.; BORÉM, A. Hibridação em feijão. In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 269-294.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento genético do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

RAMOS JÚNIOR, E.U.; LEMOS, L.B. Comportamento de cultivares de feijão quanto à produtividade e qualidade dos grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 263-266.

RAMOS JÚNIOR, E. U.; LEMOS, L.B.; PALOMINO, E.C. Características produtivas e tecnológicas de genótipos de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 267-269.

WASSIMI, N.N.; HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A. Combining ability of tannin content and protein characteristics of raw and cooked dry beans. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 3, p. 452-458, 1988.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância da proteína bruta e do rendimento de grãos de 28 populações de feijão. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio ⁽¹⁾	
		Proteína bruta (%)	Rendimento (gramas planta ⁻¹)
Blocos	1	0,87	12,14
Populações	27	4,85 ^{ns}	31,14*
Resíduo	27	3,23	8,50
Média		25,49	15,07
CVg (%)		3,53	22,33
CVe (%)		7,05	19,34
Índice B (CVg/CVe)		0,50	1,15
h ² (%)		33,39	72,72
DMS-Tukey (5%)		7,41	12,02
Correlação fenotípica	-0,46 ⁺		

⁽¹⁾ * = Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ^{ns} = não significativo.

CVg (%) = coeficiente de variação da variabilidade genética.

CVe (%) = coeficiente de variação ambiental.

Índice B = relação CVg/CVe.

h² = coeficiente de determinação genotípico.

⁺ coeficiente de correlação fenotípico linear significativo, em nível de 5%, pelo teste t com 54 graus de liberdade.

Tabela 2 - Médias do teor de proteína bruta e do rendimento de grãos de 28 populações de feijão. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Populações*	Proteína bruta (%)	Rendimento de grãos** (gramas planta ⁻¹)
G2 (2x2)	23,43	22,03 a
G1 (1x1)	25,72	19,99 a
F ₁ A' (2x1)	22,32	19,88 a
F ₁ F(3x4)	22,68	19,84 a
RC1 [(1x2)x1]	23,56	19,49 a
G3 (3x3)	25,36	17,87 a
F ₂ 1 (1x2)	26,13	17,23 a
F ₁ A (1x2)	23,69	17,08 a
F ₂ 4 (2x3)	25,43	16,86 a
F ₂ 2 (1x3)	25,86	16,74 a
F ₁ B (1x3)	25,19	16,57 a
F ₁ E' (4x2)	26,05	16,44 a
F ₁ C' (4x1)	25,63	16,23 a
F ₁ C (1x4)	26,09	16,07 a
F ₁ B' (3x1)	25,61	15,70 a
RC3 [(1x4)x4]	26,71	15,46 a
F ₁ D (2x3)	25,18	14,52 a
F ₁ D' (3x2)	26,25	14,51 a
RC2 [(1x3)x3]	24,17	14,31 a
G4 (4x4)	25,04	13,45 b
RC4 [(2x3)x3]	28,87	13,38 b
F ₁ E (2x4)	23,95	12,90 b
F ₁ F' (4x3)	25,89	12,61 b
RC6 [(3x4)x3]	27,34	11,23 b
F ₂ 3 (1x4)	26,68	9,43 b
F ₂ 5 (2x4)	25,46	9,31 b
F ₂ 6 (3x4)	26,77	8,12 b
RC5 [(2x4)x4]	28,71	4,71 b
Média	25,49	15,07
C.V. (%)	7,05	19,34

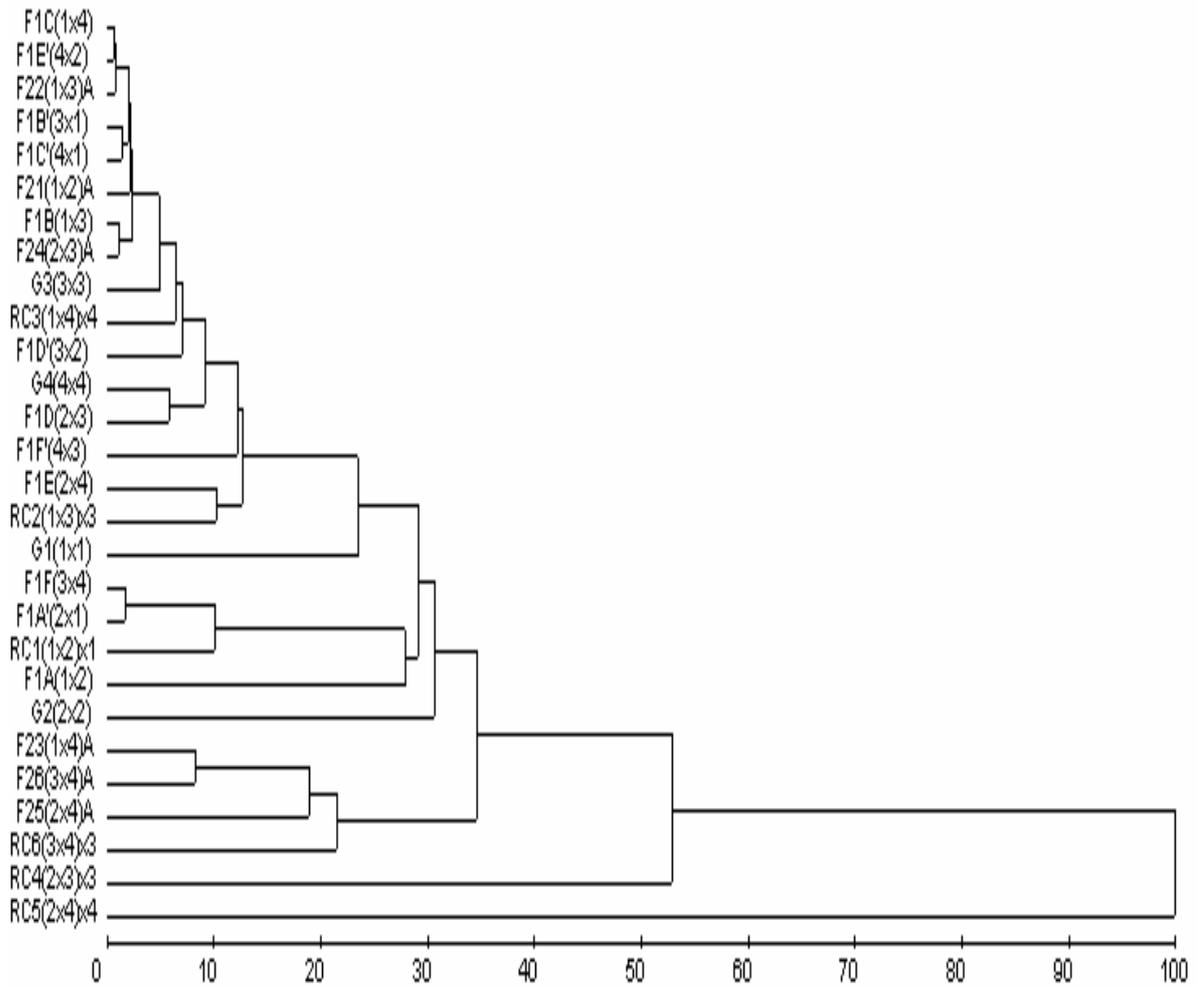
*: G: genitor (1. TPS Nobre; 2. Guapo Brilhante; 3. BRS Expedito; 4. UTF1 – Balisa).

F₁: população obtida do cruzamento entre dois genitores.

F₂: população obtida da autofecundação de plantas F₁.

RC: população obtida do cruzamento entre plantas F₁ com um dos genitores.

** Genótipos com médias não seguidas da mesma letra diferem, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott.



G: genitor (1. TPS Nobre; 2. Guapo Brilhante; 3. BRS Expedito; 4. UTF1 – Balisa).

F₁: população obtida do cruzamento entre dois genitores.

F₂: população obtida da autofecundação de plantas F₁.

RC: população obtida do cruzamento entre plantas F₁ com um dos genitores.

Figura 1 - Dendrograma de dissimilaridade obtido pelo método de agrupamento “vizinho mais próximo”, baseado nas distâncias generalizadas de Mahalanobis entre 28 populações de feijão. Santa Maria- RS, UFSM, 2004

CAPÍTULO 2

HERANÇA DO TEOR DE PROTEÍNA E DO RENDIMENTO DE GRÃOS EM POPULAÇÕES DE FEIJÃO

INHERITANCE OF PROTEIN CONTENT AND YIELD GRAIN IN COMMON BEAN POPULATIONS

RESUMO

O desenvolvimento de cultivares de feijão com maior teor de proteína associado a elevado rendimento de grãos é desejável. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a herdabilidade e o ganho na seleção para teor de proteína e para rendimento de grãos, em populações resultantes de seis diferentes cruzamentos, e identificar a população mais adequada, visando a seleção para os dois caracteres simultaneamente. Os cruzamentos foram realizados em casa-de-vegetação entre os genitores TPS Nobre, Guapo Brilhante, BRS Expedito e UTF1-Balisa. As populações obtidas foram avaliadas a campo durante a primavera/verão de 2003/04, em delineamento de blocos ao acaso, com duas repetições. Os resultados obtidos não revelaram presença de variabilidade genética para teor de proteína bruta e para rendimento de grãos nas populações. Alta estimativa de herdabilidade no sentido amplo e alto ganho por seleção para teor de proteína bruta foram observados nas combinações TPS Nobre x Guapo Brilhante, TPS Nobre x UTF-1 Balisa e BRS Expedito x UTF-1 Balisa. A seleção de genótipos com alto teor de proteína e elevado rendimento de grãos poderá ser eficiente na combinação TPS Nobre x Guapo Brilhante, desde que os fatores da variação não genética sejam controlados.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., variância genética, herdabilidade, ganho na seleção, correlação fenotípica.

ABSTRACT

The bean cultivars development with high protein content and grain yield is desirable. The objective of this study was to estimate the heritability and gain from selection for protein content and grain yield, in populations obtained from six different crossings and to identify more favorable population aiming the selection for both characters simultaneously. Crossings were performed inside a greenhouse, among four genitors (TPS Nobre, Guapo Brilhante, BRS Expedito and UTF-1 Balisa). The genitors and offspring were assessed in the field during spring/summer 2003/04, using a randomized complete block design with two replications. The results no showed genetic variability for protein content and grain yield in the populations. Broad-sense heritability estimates and gain from selection were high for protein content in the TPS Nobre x Guapo Brilhante, TPS Nobre x UTF-1 Balisa and BRS Expedito x UTF-1 Balisa populations. The genotypes selection with high protein content and grain yield could be obtained from the TPS Nobre x Guapo Brilhante population, as long as no genetic variation factors are controlled.

Key-words: *Phaseolus vulgaris* L., genetic variance, heritability, gain from selection, phenotypic correlation.

INTRODUÇÃO

O grão de feijão possui aproximadamente 25% de proteína, sendo que as principais frações solúveis encontradas são as globulinas e as albuminas que correspondem a 75% do total (LAJOLO et al., 1996). A proteína presente no feijão torna o seu consumo vantajoso sob o ponto de vista nutricional (YOKOYAMA & STONE, 2000), sendo então utilizado como a principal fonte protéica consumida diariamente pelas famílias de baixa renda da população brasileira, em razão do seu baixo custo.

Além disso, presença de variabilidade genética para teor de proteína bruta em grãos de feijão tem sido encontrada nos genótipos, com valores compreendidos entre 18 a 30% (MUTSCHLER & BLISS, 1981; HOSFIELD et al., 1984; ANTUNES et al., 1995; LEMOS et al., 1996; ESCRIBANO et al., 1997; RAMOS JÚNIOR & LEMOS, 2002; RAMOS JÚNIOR et al., 2002; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et

al., 2004). A existência de variabilidade genética é condição essencial para que o melhorista possa exercer pressão de seleção artificial e obter o ganho esperado (COIMBRA et al., 1999).

No entanto, para que seja possível o estabelecimento de critérios de seleção para aumentar o teor de proteína bruta em grãos de feijão, faz-se necessário o conhecimento da herdabilidade e do ganho por seleção. O estudo de um determinado caráter começa a partir da herdabilidade que possibilita prever o ganho a ser obtido na próxima geração e, com isso, alcançar genótipos superiores (CARVALHO et al., 2001). Com a estimativa do ganho, pode-se avaliar a eficiência dos métodos de melhoramento, bem como o êxito alcançado com o material melhorado (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Valores de herdabilidade no sentido amplo para teor de proteína em grãos de feijão variando entre 30 a 64% (LELEJI et al., 1972), 32 a 71% (KELLY & BLISS, 1975), 19 a 65% (MUTSCHLER & BLISS, 1981) e 56% (POLIGNANO, 1982), têm sido encontrado em gerações precoces. Já, estimativa de herdabilidade no sentido restrito de 20%, utilizando gerações de retrocruzamentos, e de 5 a 12% (baseada em análises de regressão pai-progênie das gerações F_3/F_2) foram descritas por LELEJI et al. (1972). KELLY & BLISS (1975) encontraram valores de herdabilidade no sentido restrito compreendidos entre 32 a 79%, usando a regressão pai-progênie das gerações F_3/F_2 e F_4/F_3 . Por sua vez, MUTSCHLER & BLISS (1981) obtiveram estimativas que variaram de 59 a 86%, usando a regressão da médias das progênies F_3 e F_2 , e ELIA et al. (1996) encontraram estimativa de herdabilidade no sentido restrito de 88%. Os resultados obtidos por esses autores revelam que o teor de proteína bruta em grãos de feijão pode apresentar herdabilidade variando de baixa a alta, dependendo da variabilidade genética entre os genótipos considerados, do método de estimação e da geração avaliada.

A característica teor de proteína em feijão é governada por dois ou quatro genes maiores com interação complexa, e acredita-se que presença de herança materna e de dominância parcial de baixa para alta proteína ocorram (LELEJI et al., 1972; KELLY & BLISS, 1975; POLIGNANO, 1982). Além do que, o teor de proteína do grão de feijão apresenta distribuição contínua em F_2 , o que sugere ser um caráter quantitativo, sendo muito influenciado pelas condições ambientais (MUTSCHLER & BLISS, 1981; RAMALHO et al., 2000) e presença de interação genótipo x ambiente

tem sido constatada (LEMOS, et al., 1996; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS, et al., 2004).

A associação entre alta proteína no grão com elevado rendimento de grãos é oportuna e de grande interesse. No entanto, correlação negativa e de baixa magnitude é referida na literatura, o que pode dificultar a seleção concomitante dessas duas características (LELEJI et al., 1972; KELLY & BLISS, 1975; MUTSCHLER & BLISS, 1981; POLIGNANO, 1982). Sendo assim, a seleção para maior teor de proteína e de rendimento de grãos em feijão somente será eficiente, com o melhor entendimento dos efeitos genéticos, ambientais e da interação genótipo x ambiente sobre essa característica.

Embora o interesse em melhorar a qualidade nutricional em genótipos de feijão tenha sido crescente, poucas informações são disponibilizadas na literatura sobre o estudo genético dessas características usando cultivares brasileiras. Logo, para que os melhoristas possam explorar essa variabilidade, é importante que se tenha o conhecimento das estimativas de herdabilidade, de modo que a seleção possa ser maximizada, visando o desenvolvimento de cultivares com qualidade protéica superior. Este trabalho teve como objetivo determinar a herdabilidade e o ganho na seleção para teor de proteína e para rendimento de grãos, em populações resultantes de seis diferentes cruzamentos entre genótipos brasileiros de feijão, e identificar a população mais adequada, visando a seleção para maior teor de proteína no grão, associada a elevado rendimento de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os genitores utilizados foram definidos em experimento prévio, conduzido no ano agrícola de 2001/02, em área do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul (RS). Assim, com base no teor de proteína bruta (PB), selecionaram-se quatro genitores (TPS Nobre, Guapo Brilhante, BRS Expedito e UTF-1 Balisa), que foram cruzados aos pares, segundo a metodologia de dialelos completos, sem considerar os recíprocos (CRUZ & REGAZZI, 1997).

As hibridações controladas foram feitas em casa-de-vegetação, utilizando a técnica sem emasculação, descrita em PETERNELLI & BORÉM (1999). Os cruzamentos, para a obtenção das sementes F_1 's, foram realizados durante o

período de fevereiro a maio, e repetidos entre os meses de julho a novembro de 2003. As sementes F_2 's, foram obtidas pela autofecundação das plantas F_1 's.

Os blocos de cruzamentos foram conduzidos em vasos plásticos com capacidade para 5kg de solo e com duas plantas por vaso. A fim de garantir o desenvolvimento normal das plantas de feijão foram realizadas irrigações diárias, controle de doenças e de insetos, sempre que necessário. À medida que as vagens de feijão atingiram a maturação fisiológica realizou-se a colheita de forma individual.

Os genitores e as populações obtidas (F_1 's e F_2 's) foram avaliados a campo, em delineamento experimental de blocos acaso, com duas repetições, em área do Departamento de Fitotecnia, da UFSM-RS. As parcelas foram constituídas de uma linha de 1m de comprimento, com 10 plantas por metro linear, para os genitores e as populações F_1 's. Para as populações F_2 , usaram-se parcelas maiores, 2 linhas de 1m, devido a maior variabilidade genética das plantas. O espaçamento entre linhas foi de 0,50m e a semeadura foi realizada em 21 de novembro de 2003.

O solo foi preparado de forma convencional e a adubação foi realizada no sulco de semeadura, de acordo com a interpretação da análise química do solo. A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações de $40\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrogênio nos estádios vegetativos de primeira (V3) e de terceira (V4) folhas trifolioladas. Os tratos culturais, como controle de insetos e de plantas invasoras, foram realizados sempre que necessário, de maneira que a cultura não sofresse competição (CEPEF, 2003).

A colheita e a trilha das plantas foram realizadas manualmente e, após a retirada das impurezas, os grãos foram secos ao sol e em estufa, até atingir umidade média de 12%, quando quantificou-se o rendimento de grãos em gramas planta⁻¹. Amostras de 20g de grãos de cada população foram tomadas ao acaso e moídos em micro moinho a fim de se obter tamanho de partículas (< 1mm). Logo após a este processamento as amostras foram armazenadas em potes plásticos, devidamente identificados, e conservadas sob refrigeração até o momento de realização das análises de proteína bruta (PB%) que foi realizada por microkjeldal ($N \times 6,25$), segundo a metodologia descrita pela AOAC (1995). O tamanho das amostras para proceder-se as análises foram de 20 plantas (10 plantas/repetição) para os genitores e as populações F_1 's. Já para as populações F_2 a amostra foi de 40 plantas (20 plantas/repetição) devido a maior heterogeneidade de plantas. A razão de se avaliar poucas plantas por população F_2 foi o alto custo das análises e o

tempo demasiadamente longo requerido para a realização das mesmas, o que inviabiliza a realização do estudo em amostragens maiores.

Os dados das variáveis teor de proteína bruta e rendimento de grãos das quatro gerações (P1, P2, F₁ e F₂) de cada uma das seis combinações entre os genitores, foram submetidos à análise da variância e teste F. Realizou-se a análise de correlação linear de Pearson entre as variáveis, em cada combinação e no geral. Fez-se a análise de gerações (P1, P2, F₁ e F₂) em cada uma das seis combinações (CRUZ, 2001), obtendo-se as estimativas dos parâmetros genéticos nas populações F₂ e a predição do ganho baseado na seleção de duas linhas da geração F₂, conforme metodologia descrita em CRUZ & REGAZZI (1997). As análises foram realizadas com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito não significativo para teor de proteína bruta e para rendimento de grãos foi constatado nas seis diferentes combinações, o que indica que não foi possível a identificação de variabilidade genética nas populações avaliadas (Tabela 3). Como o teor de proteína bruta em feijão é governado por dois ou quatro genes maiores com interação complexa (LELEJI et al., 1972), isso explicaria porque no presente estudo não foram observadas diferenças significativas entre os genitores e as populações obtidas (Tabela 4), enquanto que outros autores encontraram variabilidade genética (LELEJI et al., 1972; MUTSCHLER & BLISS, 1981; WASSIMI et al., 1988; ELIA et al., 1996; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004).

Em média, todas as combinações apresentaram valores altos de proteína, acima de 24,67% (Tabela 3). Do ponto de vista nutricional, todas as populações podem ser consideradas promissoras, pois genótipos com mais de 23% de proteína bruta são destacados na literatura nacional pelos altos valores apresentados (ANTUNES et al., 1995; LEMOS et al., 1996; RAMOS JÚNIOR & LEMOS, 2002; RAMOS JÚNIOR et al., 2002; DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004).

Os coeficientes de correlação fenotípicos obtidos entre o teor de proteína bruta e o rendimento de grãos não foram significativos nas diferentes combinações e no geral (Tabela 5). Esse resultado difere de outros autores que encontraram correlação negativa entre essas características (LELEJI et al., 1972; KELLY & BLISS, 1975; MUTSCHLER & BLISS, 1981; POLIGNANO, 1982). No entanto,

convém mencionar que as estimativas apresentadas nesses trabalhos foram de baixa magnitude e, muitas vezes, também não significativas, dependendo do cruzamento realizado, e que o melhoramento de ambas características é desejável. Considerando que cruzamentos entre genitores com alta proteína produziram populações F_2 com alto conteúdo protéico no grão de feijão (Tabela 4), a semelhança do observado por MUTSCHLER & BLISS (1981) e por WASSIMI et al. (1988), acredita-se que a seleção para alta proteína e elevado rendimento de grãos possa ser realizada de maneira simultânea e que poderá culminar com a identificação de genótipos superiores para ambas características.

Os maiores valores de variância fenotípica para teor de proteína bruta foram obtidos nas combinações TPS Nobre x Guapo Brilhante, TPS Nobre x UTF-1 Balisa e BRS Exedito x UTF-1 Balisa, devido a maior variância genética encontrada nessas populações (Tabela 6). Como a variância é um critério importante para a seleção, essas três populações são promissoras para a seleção do teor de proteína bruta, já que valores de variâncias genéticas superiores implicam em maiores diferenças entre os genótipos.

As estimativas de herdabilidade no sentido amplo para teor de proteína apresentaram variações nas diferentes combinações (Tabela 6). Assim, herdabilidade alta (61,86% a 83,43%) foi obtida para as combinações TPS Nobre x Guapo Brilhante (61,86%), TPS Nobre x UTF-1 Balisa (83,43%) e BRS Exedito x UTF-1 Balisa (73,39%). Já, herdabilidade baixa também pode ser constatada nas combinações TPS Nobre x BRS Exedito, Guapo Brilhante x BRS Exedito e Guapo Brilhante x UTF-1 Balisa. Resultado semelhante também foi obtido em gerações precoces, com estimativas de herdabilidade no sentido amplo variando de alta a baixa, dependendo do cruzamento realizado (LELEJI et al., 1972; KELLY & BLISS, 1975; MUTSCHLER & BLISS, 1981).

A herdabilidade no sentido amplo fornece a proporção da variância genética presente na variância fenotípica total (RAMALHO et al., 1993). Assim, coeficientes de herdabilidade mais altos podem ser associados com maior variância genética aditiva, menor variação do ambiente e menor interação genótipo x ambiente (FEHR, 1987). Dessa maneira, as combinações TPS Nobre x Guapo Brilhante, TPS Nobre x UTF-1 Balisa e BRS Exedito x UTF-1 Balisa são de maior interesse para o melhoramento do teor de proteína em feijão pelo fato de possuírem os mais altos coeficientes de herdabilidade, pois segundo CARVALHO et al. (2001) os caracteres

com maior coeficiente de herdabilidade propiciam, através da seleção, progressos genéticos maiores.

Com relação ao rendimento de grãos, baixa estimativa de herdabilidade no sentido amplo foi obtida para a maioria das combinações, devido a maior contribuição da variância ambiental (Tabela 6). No entanto, herdabilidade alta foi verificada na combinação TPS Nobre x BRS Expedito (69,79%), o que não era esperado, haja vista que esse é um caractere quantitativo e muito influenciado pelo ambiente.

Considerando que o ganho por seleção é função da herdabilidade na geração em que as famílias foram avaliadas (RAMALHO et al., 1993), as combinações que apresentaram estimativas altas de herdabilidade foram também as de maior ganho por seleção (Tabela 7). Assim, destaca-se as combinações de maior ganho por seleção para teor de proteína bruta em feijão: TPS Nobre x Guapo Brilhante (4,27%), TPS Nobre x UTF-1 Balisa (6,35%) e BRS Expedito x UTF-1 Balisa (6,75%). Esses resultados podem ser considerados satisfatórios, pois a média predita para o 1º ciclo após a seleção será de 27,25% (TPS Nobre x Guapo Brilhante), 28,37% (TPS Nobre x UTF-1 Balisa) e de 28,58% (BRS Expedito x UTF-1 Balisa). A seleção de plantas F₂, nessas populações, poderá resultar em genótipos com maior quantidade protéica, em função do ganho esperado com a seleção ser considerado de alta magnitude para teor de proteína bruta em feijão.

Para a variável rendimento de grãos (Tabela 7), as combinações TPS Nobre x Guapo Brilhante e TPS Nobre x BRS Expedito, apresentaram estimativas de ganho por seleção positivo de baixa e de média magnitude, respectivamente. Assim, considerando unicamente a variável rendimento de grãos, a combinação e TPS Nobre x BRS Expedito é mais promissora pois apresentou herdabilidade alta (69,79%) e o maior ganho por seleção (14,46%).

No entanto, o melhoramento concomitante dos caracteres teor de proteína bruta e rendimento de grãos é desejado pelos melhoristas de feijão. Considerando o fato de que alta percentagem de proteína bruta pode ser encontrada em genótipos de elevado rendimento de grãos (LELEJI et al., 1972; KELLY & BLISS, 1975; MUTSCHLER & BLISS, 1981), acredita-se que a seleção simultânea de ambos caracteres poderá ser efetiva. Assim a combinação TPS Nobre x Guapo Brilhante é promissora para a seleção de genótipos com alto teor de proteína no grão e elevado rendimento de grãos, desde que os fatores da variação não genética sejam

controlados, como já sugerido por MUTSCHLER & BLISS (1981) para se obter maior eficiência na seleção para proteína.

CONCLUSÕES

1. Não foi possível observar variabilidade genética para teor de proteína bruta e para rendimento de grãos nas populações avaliadas.

2. As combinações TPS Nobre x Guapo Brilhante, TPS Nobre x UTF-1 Balisa e BRS Expedito x UTF-1 Balisa apresentaram alta estimativa de herdabilidade no sentido amplo e alto ganho por seleção para teor de proteína bruta.

3. A seleção de genótipos com alto teor de proteína e elevado rendimento de grãos poderá ser eficiente na combinação TPS Nobre x Guapo Brilhante, desde que os fatores da variação não genética sejam controlados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, P.L. et al. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivares Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 12-18, 1995.

AOAC. Association Of Official Analytical Chemistry. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Washington, DC.: AOAC, 1995. 2000p.

CARVALHO, F.I.F. et al. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas:UFPEL, Universitária, 2001. 98p.

CEPEF. **Indicações técnicas para a cultura do feijão no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: UPF, 2003. 149p.

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 em genótipos de feijão preto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 1-6, 1999.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

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

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, 2003.

ELIA, F.M.; HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A. Inheritance of cooking time, water absorption, protein and tannin content in dry bean and their expected gain from selection. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 39, n. 2, p. 266-267, 1996.

ESCRIBANO, M.R.; SANTALLA, M.; RON, A.M. Genetic diversity in pod and seed quality traits of common bean populations from northwestern Spain. **Euphytica**, Netherlands, v. 93, n. 1, p. 71-81, 1997.

FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**. Iowa: Macmillan Publishing Company. v. 1, 1987. 768p.

HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A.; ISLEIB, T.G. Seasonal and genotypic effects on yield and physico-chemical seed characteristics related to food quality in dry, edible beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 109, n. 2, p. 182-189, 1984.

KELLY, J.D.; BLISS, F.A. Heritability estimates of percentage seed protein and available methionine and correlations with yield in dry beans. **Crop Science**, Madison, v. 15, p. 753-757, 1975.

LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, S.R. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 23-56.

LELEJI, O.I. et al. Inheritance of crude protein percentage and its correlation with seed yield in beans, *Phaseolus vulgaris* L. **Crop Science**, Madison, v. 12, n. 2, p. 168-171, 1972.

LEMOS, L.B. et al. Absorção de água e teor protéico em sementes de genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia, GO. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA, 1996. p. 515-517.

LEMOS, L.B. et al. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

MUTSCHLER, M.A.; BLISS, F.A. Inheritance of bean seed globulin content and its relationship to protein content and quality. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 2, p. 289-294, 1981.

PETERNELLI, L.A.; BORÉM, A. Hibridação em feijão. In: BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 269-294.

POLIGNANO, G.B. Breeding for protein percentage and seed weight in *Phaseolus vulgaris* L. **The Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 1, n. 99, p. 191-197, 1982.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.A.B. **Genética na agropecuária**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2000. 472p.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento genético do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

RAMOS JÚNIOR, E.U.; LEMOS, L.B. Comportamento de cultivares de feijão quanto à produtividade e qualidade dos grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 263-266.

RAMOS JÚNIOR, E.U.; LEMOS, L.B.; PALOMINO, E.C. Características produtivas e tecnológicas de genótipos de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 267-269.

WASSIMI, N.N.; HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A. Combining ability of tannin content and protein characteristics of raw and cooked dry beans. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 3, p. 452-458, 1988.

YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 2000. 75p.

Tabela 3 - Graus de liberdade (GL) e quadrado médio para teor de proteína bruta e rendimento de grãos para as causas de variação, média e coeficiente de variação (CV) nas quatro gerações (P1, P2, F₁ e F₂) nas diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Causas de variação	GL	Combinação					
		TPS Nobre x G. Brilhante	TPS Nobre x BRS Expedito	TPS Nobre x UTF 1 Balisa	G. Brilhante x BRS Expedito	Guapo Brilhante x UTF 1 Balisa	BRS Expedito x UTF 1 Balisa
... Proteína bruta (%) ...							
Bloco	3	8,31 ^{ns}	1,98 ^{ns}	7,54 ^{ns}	0,22 ^{ns}	3,52 ^{ns}	10,68 ^{ns}
Geração	3	2,16 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,18 ^{ns}	1,69 ^{ns}	2,51 ^{ns}	3,05 ^{ns}
Erro	3	3,91	7,99	1,44	5,61	1,37	5,37
Média	-	25,02	25,60	26,04	24,97	24,67	25,33
CV (%)	-	7,90	11,04	4,60	9,49	4,75	9,15
... Rendimento de grãos (gramas planta ⁻¹) ...							
Bloco	3	16,20 ^{ns}	18,30 ^{ns}	0,02 ^{ns}	13,23 ^{ns}	4,48 ^{ns}	4,72 ^{ns}
Geração	3	8,29 ^{ns}	15,84 ^{ns}	39,82 ^{ns}	28,43 ^{ns}	58,94 ^{ns}	56,54 ^{ns}
Erro	3	15,24	5,97	14,84	22,59	16,36	5,59
Média	-	18,71	17,58	13,68	17,63	13,40	13,48
CV (%)	-	20,86	13,90	28,17	26,96	30,18	17,53

* = efeito significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} = efeito não significativo.

Tabela 4 - Média do teor de proteína bruta e do rendimento de grãos de feijão nas quatro gerações (P1, P2, F₁ e F₂) nas diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Geração	Combinação					
	TPS Nobre x G. Brillhante	TPS Nobre x BRS Expedito	TPS Nobre x UTF 1 Balisa	G. Brillhante x BRS Expedito	G. Brillhante x UTF 1 Balisa	BRS Expedito x UTF 1 Balisa
	... Proteína bruta (%) ...					
P1	25,73	25,73	25,73	23,43	23,43	25,36
P2	23,43	25,36	25,04	25,36	25,04	25,04
F ₁	23,70	25,20	26,09	25,19	23,96	22,69
F ₂	26,13	25,87	26,68	25,44	25,46	26,77
	... Rendimento de grãos (gramas planta ⁻¹) ...					
P1	19,99	19,99	19,99	22,03	22,03	17,88
P2	22,03	17,87	13,45	17,88	13,45	13,45
F ₁	17,09	16,58	16,08	14,52	12,91	19,85
F ₂	17,23	16,74	9,43	16,86	9,31	8,12

Tabela 5 - Coeficientes de correlação fenotípico entre teor de proteína bruta e rendimento de grãos de feijão de quatro gerações (P1, P2, F₁ e F₂) em diferentes combinações e no geral (16 populações). Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Combinação ⁽¹⁾						Geral ⁽²⁾
TPS Nobre x G. Brilhante	TPS Nobre x BRS Expedito	TPS Nobre x UTF 1 Balisa	G. Brilhante x BRS Expedito	G. Brilhante x UTF 1 Balisa	BRS Expedito x UTF 1 Balisa	
-0,186 ^{ns}	-0,003 ^{ns}	-0,293 ^{ns}	0,281 ^{ns}	-0,324 ^{ns}	-0,319 ^{ns}	-0,288 ^{ns}

⁽¹⁾ * = significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t, com 8 graus de liberdade. ns = não significativo.

⁽²⁾ * = significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t, com 42 graus de liberdade. ns = não significativo.

Tabela 6 - Parâmetros genéticos do teor de proteína bruta e do rendimento de grãos da população F₂ nas diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Parâmetro	Combinação					
	TPS Nobre x G. Brilhante	TPS Nobre x BRS Expedito	TPS Nobre x UTF 1 Balisa	G. Brilhante x BRS Expedito	G. Brilhante x UTF 1 Balisa	BRS Expedito x UTF 1 Balisa
	... Proteína bruta (%) ...					
Variância fenotípica	8,27	4,76	7,52	0,20	1,40	12,29
Variância de ambiente	3,15	4,51	1,25	4,22	3,39	3,27
Variância genotípica	5,11	0,25	6,27	—*	—	9,02
Herdabilidade ampla (%)	61,86	5,29	83,43	—	—	73,39
Valor máximo na F ₂	28,59	28,96	29,72	26,11	26,43	31,11
Valor mínimo na F ₂	21,99	24,25	23,23	25,15	23,80	22,64
	...Rendimento de grãos (gramas planta ⁻¹) ...					
Variância fenotípica	15,53	15,50	8,24	13,78	3,87	3,72
Variância de ambiente	12,19	5,29	9,90	16,55	13,79	5,02
Variância genotípica	3,33	12,21	—	—	—	—
Herdabilidade ampla (%)	21,47	69,79	—	—	—	—
Valor máximo na F ₂	21,82	21,44	12,89	20,77	11,69	9,95
Valor mínimo na F ₂	12,39	12,45	5,86	12,82	7,17	5,78

* = variância negativa.

Tabela 7 - Predição de ganhos por seleção do teor de proteína bruta e do rendimento de grãos baseada na seleção de duas linhas da população F₂ nas diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Parâmetro	Combinação					
	TPS Nobre x G. Brilhante	TPS Nobre x BRS Expedito	TPS Nobre x UTF 1 Balisa	G. Brilhante x BRS Expedito	G. Brilhante x UTF 1 Balisa	BRS Expedito x UTF 1 Balisa
	... Proteína bruta (%) ...					
Linhas selecionadas em F ₂	3 e 2	1 e 3	4 e 2	4 e 1	2 e 4	4 e 1
Média original da F ₂	26,13	25,87	26,68	25,44	25,46	26,77
Média das linhas selecionadas	27,94	27,40	28,71	25,68	26,31	29,24
Diferencial de seleção	1,80	1,53	2,03	0,25	0,84	2,46
Ganho por seleção	1,12	0,08	1,69	—*	—	1,81
Ganho por seleção (%)	4,27	0,31	6,35	—	—	6,75
Média predita para 1º ciclo após seleção	27,25	25,95	28,37	20,62	24,27	28,58
	... Rendimento de grãos (gramas planta ⁻¹) ...					
Linhas selecionadas em F ₂	1 e 2	3 e 4	1 e 3	3 e 4	3 e 1	1 e 3
Média original da F ₂	17,23	16,74	9,43	16,86	9,31	8,12
Média das linhas selecionadas	20,09	20,21	11,23	19,94	10,85	9,69
Diferencial de seleção	2,86	3,47	1,79	3,09	1,54	1,57
Ganho por seleção	0,61	2,42	—	—	—	—
Ganho por seleção (%)	3,56	14,46	—	—	—	—
Média predita para 1º ciclo após seleção	17,84	19,16	9,07	16,23	5,37	7,58

* = variância negativa.

CAPÍTULO 3

CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO PARA TEOR DE FIBRA ALIMENTAR EM POPULAÇÕES DE FEIJÃO

COMBINING ABILITY FOR DIETARY FIBER CONTENT IN COMMON BEAN

RESUMO

O feijão é um dos principais alimentos que compõem a dieta da população brasileira, fornecendo diversos nutrientes e fibra. Sendo assim, os objetivos deste trabalho foram estimar as capacidades geral e específica de combinação de cultivares de feijão, para conhecimento do seu potencial de utilização para o aumento do teor de fibra alimentar. Os cruzamentos foram realizados na forma de dialelos completos incluindo os recíprocos, obtendo-se 12 híbridos entre as combinações possíveis entre quatro genitores (CNFP 8100, FT 96-1282, Valente e Varre-Sai). Os genitores e as populações obtidas foram avaliados, em delineamento de blocos ao acaso, com duas repetições. Os resultados obtidos revelaram presença de variabilidade genética para teor de fibra alimentar nas populações. O genitor CNFP 8100 apresentou maior estimativa dos efeitos da capacidade geral de combinação. Linhagens de feijão com maior teor de fibra alimentar poderão ser obtidas através de seleção nas populações desenvolvidas a partir do cruzamento entre CNFP 8100 x FT 96-1282.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., fibra alimentar, análise dialélica.

ABSTRACT

Common bean is one of the most important food of Brazilian's diet in nutrient and fiber. The objective of this study was to estimate general (GCA) and specific (SCA) combining ability of common bean cultivars to determine their potential use for the increase dietary fiber content. Crossings were performed using the complete

diallel approach including the reciprocals. Twelve hybrids were obtained from crossing of four genitors (CNFP 8100, FT 96-1282, Valente and Varre-Sai). Genitors and offspring were assessed in the field using a randomized complete block design with two replications. The results showed genetic variability for dietary fiber content in the populations. The CNFP 8100 showed the highest estimation of GCA. Bean lines with high dietary fiber content may be obtained through selection of the offspring of CNFP 8100 x FT 96-1282.

Key Words: *Phaseolus vulgaris* L., dietary fiber, diallel analysis.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é considerado um alimento essencial à nutrição humana, pois se constitui numa importante fonte de diversos nutrientes (proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais) e fibra (LAJOLO et al., 1996).

O teor de fibra pode ser determinado por diferentes metodologias. O método mais adequado é o que considera a fibra alimentar, pois quantifica as diferentes frações da fibra (solúvel e insolúvel), além de utilizar enzimas, o que possibilita uma melhor aproximação do processo de digestão humana (PICOLLI & CIOCCA, 1999). A fibra alimentar é classificada de acordo com o padrão de solubilidade em solúvel (substâncias pécicas, gomas, hemiceluloses e β glucanas) e em insolúvel (a maioria hemiceluloses, celulose e lignina) (GUERRA et al., 2004).

As frações que compõem a fibra alimentar exercem efeitos benéficos na saúde, auxiliando na prevenção de doenças do sistema digestivo e do coração, de câncer de cólon e de mama, contribuindo também para a redução do colesterol e no controle glicêmico (OLSON et al., 1987, MOORE et al., 1998, GUILLON & CHAMP, 2000).

A maior ingestão de fibra na dieta é recomendável e o feijão é um dos poucos alimentos integrais que contém significativa quantidade de fibra solúvel e insolúvel (LAJOLO et al., 1996). Considerando que é um dos principais alimentos consumidos pela população brasileira, o benefício social do produto com maior teor de fibra seria considerável. Além disso, o feijão é, muitas vezes, a única fonte de fibra utilizada diariamente pelas famílias de baixa renda.

No entanto, a avaliação da composição nutricional dos grãos de genótipos brasileiros ainda é muito recente. Estudos de quantificação de níveis desejáveis de fibra alimentar (solúvel e insolúvel) em grãos e a avaliação da variabilidade genética em diferentes cultivares de feijão não foram encontrados na literatura. Sendo assim, há necessidade de pesquisas nessa linha, haja vista os efeitos benéficos proporcionados pela ingestão da fibra que é agregada ao valor nutricional do feijão (LAJOLO et al., 1996).

O grão de feijão é composto pelo tegumento que representa cerca de 9% na matéria seca, os cotilédones constituem 90% e o eixo embrionário, apenas 1% (MESQUITA, 1989). Há indicativos de que a fibra se concentra em maior quantidade no tegumento (EGG MENDONÇA, 2001). Como o tegumento é tecido materno - desenvolvido a partir da parede do óvulo, o genótipo da geração F_1 representará o genótipo materno, ou seja, o genótipo da F_1 somente se expressará em F_2 (RAMALHO et al., 2000). Sendo assim, a geração F_1 somente representaria os produtos da fertilização, se a maior concentração de fibra fosse encontrada nos cotilédones. Nesse sentido, como estes tecidos estão em gerações diferentes, a utilização de cruzamentos recíprocos pode responder este questionamento (PAULA et al., 2004).

Entretanto, as técnicas de hibridação controladas, utilizadas nessa cultura, são bastante trabalhosas e, muitas vezes, de baixa eficiência (PETERNELLI & BORÉM, 1999). Sendo assim, o emprego de metodologias de análise dialélica pode auxiliar na definição dos genitores a serem utilizados para a obtenção de populações segregantes com variabilidade genética superior, pois é baseada na capacidade de combinação (RAMALHO et al., 1993).

Considerando esses aspectos, os objetivos desse trabalho foram estimar as capacidades geral e específica de combinação de cultivares de feijão do grupo comercial preto, com vistas a conhecer seu potencial de utilização, em programas de melhoramento, para o aumento do teor de fibra alimentar.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento prévio foi conduzido a campo, no ano agrícola de 2001/02, para a quantificação do teor de fibra em grãos pertencentes do Banco de Germoplasma de Feijão da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio

Grande do Sul (RS). Assim, com base no teor de fibra e no desempenho dos genótipos a campo (produtividade, arquitetura de planta e outros descritores agromorfológicos de importância) selecionaram-se quatro genitores para o estudo da capacidade de combinação (CNFP 8100, FT 96-1282, Valente e Varre-Sai).

As combinações híbridas foram estruturadas segundo a metodologia de dialelos completos, com a utilização dos recíprocos, obtendo-se 12 híbridos (CRUZ & REGAZZI, 1997). As hibridações controladas foram realizadas em casa-de-vegetação, utilizando a técnica sem emasculação, durante o período de fevereiro a maio, e repetidos entre os meses de julho a novembro de 2003 (PETERNELLI & BORÉM, 1999).

Os blocos de cruzamentos foram conduzidos em vasos plásticos, com capacidade para 5kg de solo, e com duas plantas por vaso. A fim de garantir o desenvolvimento normal das plantas de feijão foram realizadas irrigações diárias, controle de doenças e de insetos, e adubação nitrogenada em cobertura sempre que necessário. À medida que as vagens de feijão atingiram a maturação fisiológica realizou-se a colheita individualizada das vagens de cada população.

Considerando que o genótipo da geração F_1 se expressa em geração F_2 - efeito materno, sementes F_1 das diferentes populações obtidas foram semeadas a campo, em novembro de 2003, juntamente com os genitores. O experimento foi conduzido em área do Departamento de Fitotecnia, da UFSM-RS, em solo caracterizado como Alissolo Hipocrômico argilúvico típico. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com duas repetições. Cada parcela foi constituída de uma linha de 1m de comprimento, com 10 plantas por metro linear.

O solo foi preparado de forma convencional e a adubação foi realizada no sulco de semeadura, de acordo com a interpretação da análise química do solo. A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações de $40\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrogênio nos estádios vegetativos V3 e V4, primeira e terceira folhas trifolioladas, respectivamente.

Os tratos culturais, como controle de insetos e de plantas invasoras, foram realizados sempre que necessário, de maneira que a cultura não sofresse competição. A colheita e a triagem das plantas foram realizadas manualmente e, após a retirada das impurezas, os grãos foram secos ao sol e em estufa, até atingir umidade média de 12%.

A fibra alimentar foi determinada de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (1995), que quantifica analiticamente os teores de fibra total e insolúvel e quantifica, por diferença, o teor da fibra solúvel da amostra. As avaliações foram realizadas nos grãos das sementes F_2 - expressão da genética das plantas da geração F_1 , e dos quatro genitores – obtidos pela autofecundação. Os dados foram submetidos a análise de variância, considerando o delineamento de laboratório o inteiramente casualizado, com duas repetições, e a análise de capacidade combinatória foi realizada de acordo com o método 1 de GRIFFING (1956), que considera o efeito de tratamento fixo e estima a capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos evidenciaram que diferenças significativas foram encontradas para teor de fibra alimentar em grãos de feijão para as diferentes fontes de variação (Tabela 8). A existência de variabilidade nas populações avaliadas sugere que germoplasma superior para essa característica poderá ser identificado em gerações mais avançadas do programa de melhoramento.

Os teores de fibra alimentar (FA) nos grãos das diferentes populações de feijão variaram de 33,39% (Valente) a 39,39% (CNFP 8100 x FT 96-1282) (Tabela 9). A utilização do teste de Scott-Knott permitiu a formação de quatro grupos, sendo proposta a seguinte classificação para fibra alimentar: alta FA (acima de 37%), baixa FA (inferior a 35%) e intermediária FA (valores compreendidos entre as classes anteriores). As populações que apresentaram alto teor de FA foram CNFP 8100 x FT 96-1282, Valente x CNFP 8100, Varre-Sai x CNFP 8100 e Valente x Varre-Sai.

Em feijão vermelho, após cozimento por 40 min em panela de pressão, o teor de fibra alimentar encontrada foi de 15,83% (OLIVEIRA et al., 1999). Já em feijão branco, 19,8% de fibra alimentar foi quantificada pelo método de Berlin (BECKER et al., 1986), o que sugere que variabilidade genética para teor de fibra alimentar pode ser encontrada em grãos de feijão de diferentes grupos comerciais. No entanto, não é possível a comparação dos dados obtidos neste trabalho com os citados em feijão vermelho e branco, porque esses trabalhos utilizaram diferentes metodologias para a determinação da fibra alimentar.

A interpretação dos resultados obtidos na análise dialélica envolvendo os genitores CNFP 8100, FT 96-1282, Valente e Varre-Sai permitiu verificar a existência de efeito materno para fibra em feijão. Esse resultado confirma o que foi observado por EGG MENDONÇA (2001), ao identificar que o teor de fibra se encontra, principalmente, no tegumento do grão de feijão, o que é tecido materno. Nos cruzamentos ($\text{♀}/\text{♂}$) - CNFP 8100 x FT 96-1282, Valente x CNFP 8100, Varre-Sai x CNFP 8100, Valente x FT 96-1282, Varre-Sai x FT 96-1282 e Valente x Varre-Sai – foi possível obter populações com teor de fibra alimentar superior ao genitor feminino (Tabela 9). Entretanto, nos cruzamentos recíprocos, as populações obtidas, em cada uma dessas combinações, sempre apresentaram genótipo igual ao genitor feminino. Isso é possível porque o efeito materno na expressão de um determinado caráter nos descendentes poderá ocorrer por uma ou duas gerações (RAMALHO et al., 2001).

O conhecimento desse tipo de herança é de grande importância na escolha de qual dos genitores será utilizado como fêmea em um cruzamento, pois a utilização de um ou de outro resultará em progênies diferentes em F_1 ou F_2 . Além disso, como o genótipo da geração F_1 se expressa em F_2 , o genótipo da F_2 na geração F_3 e assim sucessivamente, a seleção somente ocorrerá quando se proceder à seleção entre as progênies de cada semente F_2 , que corresponde à geração F_3 (RAMALHO et al., 2001).

O CNFP 8100 apresentou maior valor de capacidade geral de combinação ($\hat{\sigma}_i = 0,7615$) (Tabela 10). Sendo assim, pode-se sugerir a sua utilização em programas de hibridação controlada, visando ao aumento do teor de fibra alimentar, haja vista que as estimativas dos efeitos de $\hat{\sigma}_i$ proporcionam informações sobre a concentração de genes predominantemente aditivos e são de grande utilidade para a indicação de genitores em programas de melhoramento intrapopulacional (CRUZ & REGAZZI, 1997). Assim, um cruzamento utilizando o CNFP 8100 como um dos genitores deverá ser potencialmente superior para a seleção de linhagens, devido ao maior valor de $\hat{\sigma}_i$ (RAMALHO et al., 1993).

As estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ($\hat{\sigma}_{ij}$) para o teor de fibra alimentar e os desvios-padrão (DP) dos efeitos de dois híbridos F_2 s encontram-se na Tabela 11. Os cruzamentos FT 96-1282 x CNFP 8100 ($\hat{\sigma}_{ij}$: 1,5225) e Valente x Varre-Sai ($\hat{\sigma}_{ij}$: 1,4022) apresentaram as estimativas de $\hat{\sigma}_{ij}$ mais elevadas

e positiva, sendo, portanto, as combinações de maior capacidade específica de combinação.

No entanto, apesar dos efeitos da capacidade específica de combinação serem úteis na indicação das melhores combinações híbridas, não especificam qual dos genitores deverá ser utilizado como macho ou fêmea no cruzamento específico e, por isso utilizam-se os efeitos recíprocos para se obter essa informação (CRUZ & REGAZZI, 1997). Sendo assim, em função do maior valor médio de fibra alimentar obtida do cruzamento entre CNFP 8100 x FT 96-1282, sugere-se a utilização do CNFP 8100 como genitor feminino.

Normalmente, no melhoramento de autógamias, a relação custo/benefício, muitas vezes, inviabiliza a produção de sementes híbridas. Assim, as estimativas de $\hat{\sigma}_{ij}$ (mais elevadas e positivas) não são consideradas unicamente para a obtenção de híbridos superiores, mas sim os seus valores 'per se'. Dessa maneira, interessa ao melhorista as combinações com estimativas da capacidade específica de combinação mais favorável, que envolva pelo menos um genitor que tenha apresentado o mais favorável efeito da capacidade geral de combinação (CRUZ & REGAZZI, 1997). Assim, a seleção nas populações resultantes do cruzamento entre CNFP 8100 x FT 96-1282 poderá ser eficiente na identificação de linhagens de feijão com maior teor de fibra alimentar.

Considerando que as populações desenvolvidas apresentaram variabilidade para fibra alimentar, acredita-se que será possível, a longo prazo, agregar os efeitos benéficos da fibra ao valor nutricional do feijão fornecendo um alimento de melhor qualidade que beneficiará, sobretudo, as camadas sociais menos favorecidas da população brasileira.

CONCLUSÕES

1. Há variabilidade genética para teor de fibra alimentar em feijão.
2. Linhagens com maior teor de fibra alimentar poderão ser obtidas através de seleção nas populações desenvolvidas a partir do cruzamento entre CNFP 8100 x FT 96-1282.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. Association Of Official Analytical Chemistry. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Washington, DC.: AOAC, 1995. 2000p.

BECKER, H.G. et al. Dietary fiber and bread: intake, enrichment, determination and influence on colonic function. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 31, p. 306, 1986.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

EGG MENDONÇA, C.V.C. **Caracterização química e enzimática de famílias de feijões obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI-107**. 2001. 48f. Dissertação (Mestrado em Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, East Melbourne, v. 9, n. 4, p. 463-493, 1956.

GUERRA, N.B. et al. Modificações do método gravimétrico não enzimático para determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel em frutos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 45-52, 2004.

GUILLON, F.; CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**. Ontario, v. 33, n. 3-4, p. 233-245, 2000.

LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, S.R. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 23-56. 1975.

MESQUITA, I.A. **Efeito materno na determinação do tamanho da semente do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1989. 70f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1989.

MOORE, M.A.; PARK, C.B.; TSUDA H. Soluble and insoluble fiber influences on cancer development. **Critical Reviews in Oncology/Hematology**, New York, v. 27, n. 3, p. 229-242, 1998.

OLIVEIRA, L.F.A. et al. Teores de fibra alimentar e de inibidores de proteases em arroz polido (*Oriza sativa*, L.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 2, n. 1,2 p. 161-165, 1999.

OLSON, A.; GRAY, M.G.; CHIU, M.C Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. **Food Technology**, Chicago, v. 4, n. 2, p. 71-82, 1987.

PAULA, S.R.R. **Efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro**. 2004. 53f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

PETERNELLI, L.A.; BORÉM, A. Hibridação em feijão. In: BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 269-294.

PICOLLI, L.; CIOCCA, M.L.S. Métodos para avaliação de fibra alimentar. In: Ribeiro, A.M.L., Bernardi ML and Kessler AM **Tópicos em produção animal 1**. Departamento de Zootecnia da UFRGS, Porto Alegre, 1999, p. 307-322.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento genético do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.A.B. **Genética na agropecuária**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2000. 472p.

Tabela 8 - Análise da variância para teor de fibra alimentar (%) em grãos de feijão, com decomposição dos efeitos de cultivares, nas capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinação, resultantes dos cruzamentos dialélicos entre quatro cultivares de feijão, de acordo com o método 1 de GRIFFING (1956). Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio
Cultivares	15	5,2502*
CGC	3	6,1600*
CEC	6	5,1933*
Efeito Recíproco	6	4,8523*
Resíduo	15	1,0000

Média (%)	36,74	
Coefficiente de Variação (CV%)	6,08	

* = significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9 - Valores médios de fibra alimentar (%) em grãos de feijão obtidos de quatro genitores, de seus híbridos F₂s e dos recíprocos. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Cultivares (♀/♂)	1. CNFP 8100	2. FT 96-1282	3. Valente	4. Varre-Sai
1. CNFP 8100	37,44 c*	39,39 a	36,64 c	36,35 c
2. FT 96-1282	36,34 c	35,63 d	33,98 d	36,77 c
3. Valente	38,34 b	37,28 c	33,39 d	37,86 b
4. Varre-Sai	38,10 b	38,30 b	37,08 c	35,03 d

* Grupos de médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo critério de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para teor de fibra alimentar em grãos de feijão em quatro cultivares e desvios-padrão (DP) dos efeitos de genitores diferentes. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Cultivares	Estimativa
1. CNFP 8100	- 0,7615
2. FT 96-1282	- 0,0797
3. Valente	- 0,7509
4. Varre-Sai	- 0,0690
DP (g_i)	- 0,2165
DP ($g_i - g_j$)	- 0,3535

Tabela 11 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ($\hat{\sigma}_{ij}$) para teor de fibra alimentar em grãos de feijão e desvios-padrão (DP) dos efeitos de dois F_2 s. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Cultivares ($\text{♀}/\text{♂}$)	1. CNFP 8100	2. FT 96-1282	3. Valente	4. Varre-Sai
1. CNFP 8100	-0,8278	0,4359	0,7372	-0,3453
2. FT 96-1282	1,5225	-0,9553	-0,2816	0,8009
3. Valente	-0,8525	-1,6525	-1,8578	1,4022
4. Varre-Sai	-0,8750	-0,7650	0,3900	-1,8578

DP (sij)	0,3953			
DP (sii)	- 0,5303			
DP (sii - sij)	- 0,7071			
DP (sii - sij)	- 0,7906			
DP (sii – sjk)	- 0,6124			
DP (sij – sik)	- 0,6124			
DP (sij – sk)	- 0,5000			

CAPÍTULO 4

HERANÇA DOS TEORES DE FIBRA ALIMENTAR E RENDIMENTO DE GRÃOS EM POPULAÇÕES DE FEIJÃO

INHERITANCE OF DIETARY FIBER CONTENT AND GRAIN YIELD IN COMMON BEAN

RESUMO

O desenvolvimento de cultivares de feijão com maior teor de fibra alimentar associada a elevado rendimento de grãos é desejável. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a herdabilidade e o ganho na seleção para os teores de fibra alimentar, suas diferentes frações - fibra solúvel e insolúvel - e para rendimento de grãos, em populações resultantes de cinco diferentes cruzamentos, e identificar a população mais adequada, considerando as diferentes frações da fibra. Os cruzamentos foram realizados em casa-de-vegetação entre os genitores CNFP 8100, FT 96-1282, Varre-Sai e Valente. As populações obtidas foram avaliadas a campo durante a primavera/verão de 2003/04, em delineamento de blocos ao acaso, com duas repetições. Os resultados obtidos não revelaram presença de variabilidade genética para fibra solúvel, fibra insolúvel e para rendimento de grãos nas populações. Correlação fenotípica positiva foi encontrada entre fibra insolúvel e fibra alimentar. Alta herdabilidade no sentido amplo e maior ganho por seleção foram obtidos nas combinações FT 96-1282 x Varre-Sai, para fibra solúvel, e entre CNFP 8100 x Varre-Sai, para fibra insolúvel. A seleção de plantas F_2 em populações segregantes desenvolvidas a partir desses cruzamentos poderá ser efetiva no desenvolvimento de germoplasma de feijão com melhor qualidade nutricional.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., variância genética, herdabilidade, ganho na seleção, correlação fenotípica.

ABSTRACT

Bean cultivars development with high dietary fiber content and grain yield is desirable. The objective of this study was to estimate the heritability and gain from selection of dietary fiber content, their fractions different - soluble and insoluble fiber - and grain yield, in populations obtained from five different crossings and to identify more adequate population considering the fraction different fibers. Crossings were performed inside a greenhouse among four genitors (CNFP 8100, FT 96-1282, Varre Sai and Valente). The populations obtained were assessed in the field during spring/summer 2003/04, using a randomized complete block design with two replications. The results no showed genetic variability for soluble and insoluble fiber and grain yield in populations. Positive phenotypic correlation between insoluble and dietary fiber was observed. Broad-sense heritability estimations and gain from selection were high for soluble and insoluble fiber content respectively in combinations between FT 96-1282 x Varre Sai and CNFP 8100 x Varre Sai. F₂ selection plants in segregant population developed from these crossings could be effective in the development of germplasm bean with better nutritional quality.

Key-words: *Phaseolus vulgaris* L., genetic variance, heritability, gain from selection, phenotypic correlation.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos mais importantes constituintes da dieta do brasileiro, por ser considerado um alimento de alto valor nutricional. Essa leguminosa é provida de quantidades significativas de proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais e fibra, tem baixo conteúdo de gordura e de sódio, e não contém colesterol (HOSFIELD, 1991; MORROW, 1991).

Nas últimas décadas, tem sido reconhecido que as fibras presentes nos alimentos são componentes importantes da dieta humana e muitos países industrializados têm recomendado o incremento do consumo de fibra e a redução de ingestão de gordura (TOPPING, 1991), o que estaria associado a efeitos benéficos para o organismo.

Existem vários métodos para determinar a fibra contida nos alimentos. O método oficial adotado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para a inscrição de cultivares de feijão no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) é o de Weende, que considera a fibra bruta (BRASIL, 2001). No entanto, esse método não é mais aceito no fornecimento de dados para a alimentação humana, uma vez que leva a um erro grave na estimação do valor nutritivo do alimento. Sendo assim, o método enzimico-gravimétrico, que considera a fibra alimentar, é o mais indicado, pois é o que melhor imitaria o processo de digestão no organismo humano, pois utiliza enzimas, quantifica as diferentes frações da fibra e se aproxima mais do valor real da fibra presente no alimento.

A fibra alimentar pode ser classificada quanto a sua solubilidade em fibra solúvel e fibra insolúvel. A primeira é composta por substâncias pécticas, gomas, hemiceluloses e β glucanas, enquanto que celulose, lignina e a maioria das hemiceluloses compõe a fração insolúvel (GUERRA, et al., 2004).

As frações que compõem a fibra alimentar exercem efeitos fisiológicos distintos no organismo humano. As fibras solúveis tem a propriedade de diminuir a absorção da glicose e do colesterol plasmático, enquanto que, as fibras insolúveis aceleram o tempo de trânsito intestinal, auxiliando na prevenção de doenças do trato gastrointestinal (OLSON et al., 1987; MOORE et al., 1998; VANDERHOOF, 1998). O feijão é um dos poucos alimentos que possui conteúdo balanceado de ambas as frações de fibra (HUGHES, 1991), tornando o seu consumo vantajoso para a saúde humana.

Teores de fibra alimentar tem sido determinado por alguns pesquisadores. OLIVEIRA et al. (1999) encontraram teores de 15,83% de fibra alimentar (FA), sendo 12,40% fibra insolúvel (FI) e 3,43% fibra solúvel (FS) em feijão vermelho. BECKER et al. (1986) observaram teores de 19,8% de FA, com 9,6% de FI e 10,2% de FS em feijão branco. Sendo assim, pode-se inferir que há variabilidade genética e essa é condição essencial para que o melhorista possa exercer pressão de seleção artificial e obter o ganho esperado (COIMBRA et al., 1999).

No entanto, para que seja possível o estabelecimento de critérios de seleção para aumentar o teor de fibra alimentar em grãos de feijão, faz-se necessário o conhecimento da herdabilidade e do ganho por seleção. O estudo de um determinado caráter começa a partir da herdabilidade que possibilita prever o ganho a ser obtido na próxima geração e, com isso, alcançar genótipos superiores

(CARVALHO et al., 2001). Com a estimativa do ganho, pode-se avaliar a eficiência dos métodos de melhoramento, bem como o êxito do material melhorado (CRUZ & REGAZZI, 1997).

O desafio para o melhoramento genético está no desenvolvimento de genótipos com teores diferenciados em quantidade de fibra solúvel e insolúvel, tornando o feijão um alimento funcional e de alta qualidade, o que possibilitaria maiores benefícios a alimentação da população brasileira. Contudo, um dos aspectos menos estudados da composição química dos grãos de feijão produzidos no Brasil é a fibra alimentar e suas frações. Pesquisas referentes a avaliação da variabilidade genética e de parâmetros genéticos desse componente nutricional não foram encontrados na literatura. Assim, há necessidade do conhecimento das estimativas de herdabilidade, e do ganho de seleção dessa característica, de modo que se possa obter êxito com a seleção visando o desenvolvimento de genótipos com qualidade química superior.

Considerando esses aspectos, os objetivos desse trabalho foram estimar a herdabilidade e o ganho na seleção para os teores de fibra alimentar, suas diferentes frações - fibra solúvel e insolúvel - e rendimento de grãos, bem como estudar a correlação fenotípica entre essas características em populações obtidas de cinco diferentes cruzamentos entre genótipos brasileiros de feijão e identificar a população considerada promissora, visando a seleção para maiores teores de fibras e alto rendimento de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento prévio foi conduzido a campo, no ano agrícola de 2001/02, para a quantificação do teor de fibra em grãos pertencentes do Banco de Germoplasma de Feijão da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul (RS). Assim, com base no teor de fibra e no desempenho dos genótipos a campo (produtividade, arquitetura de planta e outros descritores agromorfológicos de importância) selecionaram-se quatro genitores (CNFP 8100, FT 96-1282, Valente e Varre-Sai). Esses foram cruzados aos pares, segundo a metodologia de dialelos completos, sem considerar os recíprocos (CRUZ & REGAZZI, 1997).

As hibridações controladas foram realizadas em casa-de-vegetação, utilizando a técnica sem emasculação, descrita em PETERNELLI & BORÉM (1999). Os cruzamentos para a obtenção das sementes F_1 's foram realizados durante o período de fevereiro a maio, e repetidos entre os meses de julho a novembro de 2003. As sementes F_2 's, foram obtidas pela autofecundação das plantas F_1 's. Na combinação entre CNFP 8100 x Valente, não obteve-se sementes da geração F_2 , sendo assim, esta combinação não pode ser analisada no presente estudo, desta maneira as avaliações foram feitas em cinco combinações.

Os blocos de cruzamentos foram conduzidos em vasos plásticos, com capacidade para 5kg de solo, com duas plantas por vaso. A fim de garantir o desenvolvimento normal das plantas de feijão foram realizadas irrigações diárias, controle de doenças e de insetos, e adubação nitrogenada em cobertura sempre que necessário. À medida que as vagens de feijão atingiram a maturação fisiológica realizou-se a colheita de forma individual de cada população.

As populações obtidas foram avaliadas a campo em solo caracterizado como Alissolo Hipocrômico argilúvico típico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com duas repetições, e a semeadura ocorreu em 21 novembro de 2003. As parcelas foram constituídas de uma linha de 1m de comprimento, com 10 plantas por metro linear para os genitores e para as populações F_1 's. Para as populações F_2 's, usaram-se parcelas maiores, 2 linhas de 1m, devido a maior variabilidade genética das plantas.

O solo foi preparado de forma convencional e a adubação foi realizada no sulco de semeadura, de acordo com a interpretação da análise química do solo. A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações de $40\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrogênio nos estádios vegetativos de primeira (V3) e de terceira (V4) folhas trifolioladas. Os tratos culturais, como controle de insetos e de plantas invasoras, foram realizados sempre que necessário, de maneira que a cultura não sofresse competição (CEPEF, 2003).

A colheita e a triagem das plantas foram realizadas manualmente e, após a retirada das impurezas, os grãos foram secos ao sol e em estufa, até atingir umidade média de 12%, quando quantificou-se o rendimento de grãos em $\text{gramas planta}^{-1}$. Amostras de 20g de grãos de cada população foram tomadas ao acaso e moídos em micro moinho a fim de se obter tamanho de partículas ($< 1\text{mm}$). Logo após a este processamento as amostras foram armazenadas em potes plásticos,

devidamente identificados, e conservadas sob refrigeração até o momento de realização das análises de fibra alimentar que foi realizada segundo a metodologia descrita pela AOAC (1995), que determina analiticamente os teores de fibra alimentar total e insolúvel e quantifica, por diferença, o teor da fibra alimentar solúvel da amostra. O tamanho das amostras para proceder-se as análises foram de 20 plantas (10 plantas/repetição) para os genitores e as populações F_1 's. Já para as populações F_2 a amostra foi de 40 plantas (20 plantas/repetição) devido a maior heterogeneidade de plantas. A razão de se avaliar poucas plantas por população F_2 foi o alto custo das análises e o tempo demasiadamente longo requerido para a realização das mesmas, o que inviabiliza a realização do estudo em amostragens maiores.

Os dados das variáveis fibra alimentar, fibra solúvel, fibra insolúvel e rendimento de grãos das quatro gerações (P1, P2, F_1 e F_2) de cada uma das cinco combinações entre os genitores, foram submetidos à análise da variância e teste F. Realizou-se a análise de correlação linear de Pearson entre as variáveis, em cada combinação e no geral. Fez-se a análise de gerações (P1, P2, F_1 e F_2) em cada uma das cinco combinações (CRUZ, 2001), obtendo-se as estimativas dos parâmetros genéticos nas populações F_2 e a predição do ganho baseado na seleção de duas linhas da geração F_2 , conforme metodologia descrita em CRUZ & REGAZZI (1997). As análises foram realizadas com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os caracteres fibra solúvel, fibra insolúvel e rendimento de grãos não apresentaram efeito significativo nas diferentes combinações, indicando que não foi possível a identificação de variabilidade genética (Tabela 12). Já para o teor de fibra alimentar, apenas na combinação Valente x Varre Sai foi observada diferença significativa.

O teor de fibra solúvel variou de 8,04% a 11,11% e o teor de fibra insolúvel variou de 24,82% a 31,35%, e pode-se inferir, de maneira geral, que cerca de 1/4 da fibra alimentar presente em feijão preto é fração solúvel, enquanto que 3/4 é fração insolúvel (Tabela 13).

A fibra alimentar variou de 33,39% a 39,39% (Tabela 13). Apenas na combinação Valente x Varre Sai foi possível a obtenção de populações segregantes

com maiores teores de fibra alimentar, o que sugere que germoplasma superior poderá ser identificado em gerações mais avançadas do programa de melhoramento. No entanto, era esperado que presença de variabilidade genética fosse observada em todas as combinações, haja vista que em trabalho preliminar foi possível a estratificação de três grupos, alta FA (acima de 37%), baixa FA (inferior a 35%) e intermediária FA (valores compreendidos entre as classes anteriores) (LONDERO et al., 2005). Acredita-se que a inclusão dos valores médios das populações F₂, geração com maior variabilidade genética e heterogeneidade de plantas, tenha contribuído para aumentar o erro experimental, e como consequência, acrescer a diferença mínima significativa entre as médias das populações.

Em feijão vermelho, após cozimento por 40 min em panela de pressão, o teor de fibra alimentar encontrada foi de 15,83%, sendo 12,40% de fibra insolúvel e 3,43% de fibra solúvel (OLIVEIRA et al., 1999). Já em feijão branco, 19,8% de fibra alimentar foi quantificada pelo método de Berlin, com 9,6% de fibra insolúvel e 10,2% de fibra solúvel (BECKER et al., 1986), o que sugere que variabilidade genética para teores de fibra alimentar pode ser encontrada em grãos de feijão de diferentes grupos comerciais. No entanto, não é possível a comparação dos dados obtidos neste trabalho com os citados em feijão vermelho e branco, porque esses trabalhos utilizaram diferentes metodologias para a determinação da fibra alimentar.

Coefficiente de correlação fenotípico negativo ($r = -0,48$), entre os teores de fibra solúvel e insolúvel foi obtido no geral, e resposta semelhante foi observada apenas na combinação entre CNFP 8100 x FT 96-1282 (Tabela 14). Assim, quando considera-se o que foi constatado na média geral das populações avaliadas, pode-se inferir que à medida que ocorre o incremento no teor de fibra solúvel, há a diminuição do teor de fibra insolúvel, o que pode dificultar o incremento de ambas frações da fibra alimentar (solúvel e insolúvel) em genótipos de feijão.

Os coeficientes de correlação fenotípicos obtidos entre o teor de fibra insolúvel e o teor de fibra alimentar foram positivos ($r = 0,68$ a $0,93$) nas diferentes combinações e no geral (Tabela 14). Esse resultado indica que à medida que ocorre o aumento no teor de fibra insolúvel, ocorre também o incremento no teor de fibra alimentar e que a seleção de genótipos de feijão que agreguem alto teor de fibra insolúvel e de fibra alimentar poderá ser efetiva.

Não foi encontrada associação entre a fibra alimentar, suas diferentes frações (solúvel e insolúvel) e o rendimento de grãos, pois os coeficientes de correlação

fenotípicos não foram significativos. Sendo assim, pode-se sugerir que num primeiro momento do programa de melhoramento se priorize a identificação de linhagens de feijão de alto potencial de rendimento de grãos, para só depois então se realize a seleção para maiores teores de fibra alimentar e suas frações solúvel e insolúvel, dependendo da necessidade de mercado pelas diferentes frações da fibra alimentar.

Os maiores valores de variância fenotípica para teor de fibra solúvel foram obtidos nas combinações CNFP-8100 x FT 96-1282, FT 96-1282 x Varre Sai e Valente x Varre Sai, devido a maior variância genética encontrada nessas populações (Tabela 15). Como a variância é um critério importante para a seleção, essas três populações são promissoras para a seleção do teor de fibra solúvel, já que valores de variâncias genéticas superiores implicam em maiores diferenças entre os genótipos.

As estimativas de herdabilidade no sentido amplo para teor de fibra solúvel apresentaram variações nas diferentes combinações (Tabela 15). Assim, herdabilidade alta (87,34%) foi obtida para na combinação FT 96-1282 x Varre Sai. Já, herdabilidade moderada (50,71% a 48,59%) também pode ser constatada nas combinações CNFP-8100 x FT 96-1282 e Valente x Varre Sai. Nas demais combinações, herdabilidade baixa foi obtida.

A herdabilidade no sentido amplo fornece a proporção da variância genética presente na variância fenotípica total (RAMALHO et al., 1993). Assim, coeficientes de herdabilidade mais altos podem ser associados com maior variância genética aditiva, menor variação do ambiente e menor interação genótipo x ambiente (FEHR, 1987). Dessa maneira, a combinação FT 96-1282 x Varre Sai é de maior interesse para o melhoramento do teor de fibra solúvel em feijão pelo fato de possuir o mais alto coeficiente de herdabilidade, pois segundo CARVALHO et al. (2001) os caracteres com maior coeficiente de herdabilidade propiciam, através da seleção, progressos genéticos maiores. A seleção de genótipos nessa população poderá ser efetiva para o desenvolvimento de cultivares de feijão que poderão ser utilizadas para a prevenção de doenças cardiovasculares e no controle glicêmico, devido ao maior teor de fibra solúvel presente nos grãos (OLSON et al., 1987; MOORE et al., 1998, HUGHES, 1991).

Com relação a fibra insolúvel, herdabilidade alta foi obtida apenas na combinação CNFP 8100 x Varre-Sai, devido a maior variância genética encontrada (Tabela 15). Acredita-se que a seleção de genótipos desenvolvidos a partir dessa

combinação possam ser utilizados para reduzir a ocorrência de constipação intestinal, diverticulite e outras doenças intestinais devido ao alto teor de fibra insolúvel que pode ser obtida dessa população (SCHNEEMAN, 1989).

Quanto ao conteúdo de fibra alimentar, herdabilidade alta foi encontrada nas combinações CNFP-8100 x Varre-Sai, FT 96-1282 x Valente, FT 96-1282 x Varre-Sai e Valente x Varre Sai, sendo que a variância de natureza genética prevaleceu sobre a ambiental (Tabela 15). Logo, é de interesse que essas populações permaneçam no programa de melhoramento do teor de fibra alimentar devido a maior variância genética apresentada.

Com relação ao rendimento de grãos, baixas estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram obtidas para todas as combinações, devido a maior contribuição da variância ambiental (Tabela 15). Considerando que esse é um caractere quantitativo e muito influenciado pelo ambiente (CARVALHO et al., 2001), menor contribuição da variância genética era esperada.

Considerando que o ganho por seleção é função da herdabilidade na geração em que as famílias foram avaliadas (RAMALHO et al., 1993), as combinações que apresentaram estimativas altas de herdabilidade foram também as de maior ganho por seleção (Tabela 16). Assim, destaca-se para teor de fibra solúvel em feijão a combinação FT 96-1282 x Varre-Sai (25,07%), para teor de fibra insolúvel a combinação CNFP 8100 x Varre-Sai (6,35%) e para teor de fibra alimentar, as combinações CNFP 8100 x Varre-Sai, FT 96-1282 x Valente, FT 96-1282 x Varre-Sai e Valente x Varre-Sai. A seleção de plantas F_2 , nessas populações, poderá resultar em genótipos com maior quantidade de fibra alimentar ou de suas diferentes frações, em função do ganho esperado com a seleção ser considerado de alta magnitude para esses caracteres em feijão.

O melhoramento concomitante dos caracteres rendimento de grãos e do teor de fibra alimentar é desejado pelos melhoristas de feijão. Acredita-se que a seleção simultânea de ambos caracteres poderá ser efetiva, desde que os fatores da variação não genética sejam controlados, para se obter maior eficiência na seleção.

CONCLUSÕES

1. Os caracteres fibra alimentar e fibra insolúvel apresentaram correlação fenotípica positiva nas diferentes combinações.

2. Alta herdabilidade no sentido amplo e maior ganho por seleção foram obtidos nas combinações FT 96-1282 x Varre-Sai, para fibra solúvel, e entre CNFP 8100 x Varre-Sai, para fibra insolúvel.

3. A seleção de plantas F_2 em populações segregantes desenvolvidas a partir desses cruzamentos poderá ser efetiva no desenvolvimento de germoplasma de feijão com melhor qualidade nutricional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. Association Of Official Analytical Chemistry. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Washington, DC.: AOAC, 1995. 2000p.

BECKER, H.G. et al. Dietary fiber and bread: intake, enrichment, determination and influence on colonic function. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 31, p. 306, 1986.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anexo IV. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares – RCN. 2001.

CARVALHO, F.I.F.; et al. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas:UFPEL, Universitária, 2001. 98p.

CEPEF. **Indicações técnicas para a cultura do feijão no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: UPF, 2003. 149p.

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 em genótipos de feijão preto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 1-6, 1999.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

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

FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**. Iowa: Macmillan Publishing Company. v. 1, 1987. 768 p.

GUERRA, N.B. et al. Modificações do método gravimétrico não enzimático para determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel em frutos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 45-52, 2004.

HOSFIELD, G.L. Genetic control of production and food quality factors in dry bean. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 9, p. 98-103, 1991.

HUGHES, J.S. Potential contribution of dry bean dietary fiber to health. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 9, p. 122-126, 1991.

LONDERO, P.M.G. et al. Genetic variability for dietary fiber content in common bean populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, 2005.(no prelo)

MOORE, M.A.; PARK, C.B.; TSUDA H. Soluble and insoluble fiber influences on cancer development. **Critical Reviews in Oncology/Hematology**, New York, v. 27, n. 3, p.229-242, 1998.

MORROW, B. The rebirth of legumes. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 9, p. 96 e 121, 1991.

OLIVEIRA, L.F. et al. Teores de fibra alimentar e de inibidores de proteases em arroz polido (*Oriza sativa*, L.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 2, n. 1,2 p. 161-165, 1999.

OLSON, A.; GRAY, M.G.; CHIU, M.C Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. **Food Technology**, Chicago, v. 4, n. 2, p. 71-82, 1987.

PETERNELLI, L.A.; BORÉM, A. Hibridação em feijão. In: BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p.269-294.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento genético do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

SCHNEEMAN, B.O. Dietary fiber. A scientific status summary by the institute of Food Technologists' Expert Panel on Food Safety & Nutrition. **Food Technology**, Chicago, v. 43, n. 10, p. 133-139, 1989.

TOPPING, D.L. Soluble fiber polysaccharides: Effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. **Nutrition Reviews**, Catalunya, v. 49, n. 7, p. 195-203, 1991.

VANDERHOOF, J.A. Immunonutrition: The role of carbohydrates. **Nutrition Research**, New York, v. 14, n. 7/8, p. 595-598, 1998.

Tabela 12 - Graus de liberdade (GL) e quadrado médio em relação à fibra solúvel, fibra insolúvel, fibra alimentar e rendimento de grãos de feijão para as causas de variação, média e coeficiente de variação (CV) nas quatro gerações (P1, P2, F₁ e F₂) em diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Causas de variação	GL	Combinação				
		CNFP 8100 x FT 96-1282	CNFP 8100 x Varre-Sai	FT 96-1282 x Valente	FT 96-1282 x Varre-Sai	Valente x Varre-Sai
... Fibra solúvel (%) ...						
Blocos	3	2,58 ^{ns}	0,64 ^{ns}	2,42 ^{ns}	11,728 ^{ns}	5,16 ^{ns}
Geração	3	2,22 ^{ns}	0,51 ^{ns}	3,15 ^{ns}	4,93 ^{ns}	2,65 ^{ns}
Erro	3	1,83	0,48	5,95	2,01	4,80
Média	-	8,85	9,08	9,55	9,00	9,01
CV (%)	-	15,33	7,65	25,55	15,75	24,31
... Fibra insolúvel (%) ...						
Blocos	3	0,60 ^{ns}	6,85 ^{ns}	18,69 ^{ns}	3,07 ^{ns}	8,07 ^{ns}
Geração	3	8,28 ^{ns}	10,37 ^{ns}	5,25 ^{ns}	2,88 ^{ns}	5,44 ^{ns}
Erro	3	17,46	2,71	6,93	12,86	5,93
Média	-	28,24	27,75	25,73	26,82	27,44
CV (%)	-	14,80	5,93	10,24	13,38	8,88
... Fibra alimentar (%) ...						
Blocos	3	1,86 ^{ns}	8,86 ^{ns}	10,66 [*]	4,56 ^{ns}	12,04 [*]
Geração	3	6,50 ^{ns}	9,69 ^{ns}	1,84 ^{ns}	2,03 ^{ns}	12,62 [*]
Erro	3	8,06	2,13	0,77	19,66	0,22
Média	-	37,09	36,83	35,27	35,82	36,46
CV (%)	-	7,66	3,97	2,50	12,38	1,29
... Rendimento de grãos (gramas planta ⁻¹) ...						
Blocos	3	8,09 [*]	18,53 ^{ns}	14,92 ^{ns}	19,33 ^{ns}	11,17 ^{ns}
Geração	3	3,80 ^{ns}	13,87 ^{ns}	5,39 ^{ns}	8,37 ^{ns}	13,04 ^{ns}
Erro	3	0,42	33,09	10,66	14,53	41,95
Média	-	11,59	12,65	13,26	13,68	16,12
CV (%)	-	5,64	45,49	24,62	27,88	40,18

* = efeito significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} = efeito não significativo pelo teste F.

Tabela 13 – Média da percentagem de fibra solúvel, fibra insolúvel, fibra alimentar e rendimento de grãos de feijão nas quatro gerações (P1, P2, F₁ e F₂) em diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Geração ⁽¹⁾	Combinação				
	CNFP 8100 x FT 96-1282	CNFP 8100 x Varre-Sai	FT 96-1282 x Valente	FT 96-1282 x Varre-Sai	Valente x Varre-Sai
	... Fibra solúvel (%) ...				
P1	10,00 a	10,00 a	8,87 a	8,87 a	8,57 a
P2	8,87 a	8,92 a	8,57 a	8,92 a	8,92 a
F ₁	8,04 a	9,32 a	8,70 a	8,67 a	11,11 a
F ₂	8,66 a	8,57 a	10,80 a	9,29 a	8,24 a
	... Fibra insolúvel (%) ...				
P1	27,44 a	27,44 a	26,77 a	26,77 a	24,82 a
P2	26,77 a	26,11 a	24,82 a	26,11 a	26,11 a
F ₁	31,35 a	27,04 a	25,28 a	28,11 a	26,75 a
F ₂	27,83 a	29,09 a	25,88 a	26,55 a	29,77 a
	... Fibra alimentar (%) ...				
P1	37,44 a	37,44 a	35,63 a	35,63 a	33,39 b
P2	35,63 a	35,03 a	33,39 a	35,03 a	35,03 b
F ₁	39,39 a	36,36 a	33,98 a	36,77 a	37,86 a
F ₂	36,49 a	37,65 a	36,69 a	35,84 a	38,01 a
	... Rendimento de grãos (gramas planta ⁻¹) ...				
P1	10,35 a	10,35 a	11,54 a	11,54 a	13,08 a
P2	11,54 a	14,34 a	13,08 a	14,34 a	14,34 a
F ₁	11,61 a	9,80 a	15,53 a	12,46 a	18,11 a
F ₂	12,22 a	14,38 a	13,08 a	15,02 a	17,54 a

⁽¹⁾ Médias de tratamentos não seguidas pela mesma letra na vertical diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 14 - Coeficientes de correlação fenotípicos entre percentagem de fibra solúvel (FS), fibra insolúvel (FI), fibra alimentar (FA) e rendimento de grãos (Rend) nas diferentes combinações e no geral. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Característica	FI (%)	FA (%)	Rend (gramas planta ⁻¹)
CNFP 8100 x FT 96-1282 ⁽¹⁾			
FS (%)	-0,68 *	-0,29 ns	-0,32 ns
FI (%)		0,89 *	0,16 ns
FA (%)			0,01 ns
CNFP 8100 x Varre-Sai ⁽¹⁾			
FS (%)	-0,16 ns	0,22 ns	-0,30 ns
FI (%)		0,93 *	0,20 ns
FA (%)			0,08 ns
FT 96-1282 x Valente ⁽¹⁾			
FS (%)	-0,59 ns	0,09 ns	-0,19 ns
FI (%)		0,75 *	0,02 ns
FA (%)			-0,13 ns
FT 96-1282 x Varre-Sai ⁽¹⁾			
FS (%)	-0,20 ns	0,58 ns	0,02 ns
FI (%)		0,68 *	-0,23 ns
FA (%)			-0,18 ns
Valente x Varre-Sai ⁽¹⁾			
FS (%)	-0,43 ns	0,30 ns	0,01 ns
FI (%)		0,73 *	0,53 ns
FA (%)			0,57 ns
Geral ⁽²⁾			
FS (%)	-0,48 *	0,18 ns	-0,06 ns
FI (%)		0,78 *	0,12 ns
FA (%)			0,09 ns

⁽¹⁾ * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t, com 8 graus de liberdade. ns = não significativo.

⁽²⁾ * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t, com 36 graus de liberdade. ns = não significativo.

Tabela 15 – Parâmetros genéticos da percentagem de fibra solúvel, fibra insolúvel, fibra alimentar e rendimento de grãos de feijão da população F₂ em diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Parâmetros	Combinação				
	CNFP 8100 x FT 96-1282	CNFP 8100 x Varre-Sai	FT 96-1282 x Valente	FT 96-1282 x Varre-Sai	Valente x Varre-Sai
	... Fibra solúvel (%) ...				
Variância fenotípica	3,29	0,66	1,07	12,63	7,33
Variância de ambiente	1,62	0,57	10,82	1,59	3,76
Variância genotípica	1,67	0,09	—*	11,03	3,56
Herdabilidade ampla (%)	50,71	14,46	—	87,34	48,59
Valor máximo na F ₂	11,00	9,18	11,83	14,13	11,91
Valor mínimo na F ₂	6,57	7,38	9,45	6,58	5,45
	... Fibra insolúvel (%) ...				
Variância fenotípica	6,85	7,95	13,05	9,08	9,79
Variância de ambiente	15,46	1,24	18,59	10,05	6,23
Variância genotípica	—	6,71	—	—	3,55
Herdabilidade ampla (%)	—	84,40	—	—	36,30
Valor máximo na F ₂	31,14	32,60	29,69	28,87	33,88
Valor mínimo na F ₂	24,82	26,12	22,15	22,22	27,04
	... Fibra alimentar (%) ...				
Variância fenotípica	4,50	9,50	10,42	21,51	12,01
Variância de ambiente	7,20	1,56	1,27	3,82	0,35
Variância genotípica	—	7,93	9,14	17,68	11,65
Herdabilidade ampla (%)	—	83,53	87,78	82,23	97,03
Valor máximo na F ₂	38,17	41,29	39,50	42,44	41,26
Valor mínimo na F ₂	33,46	35,05	32,74	31,99	33,10
	... Rendimento de grãos (gramas planta ⁻¹) ...				
Variância fenotípica	4,70	17,82	13,69	5,51	7,87
Variância de ambiente	3,30	28,22	9,12	21,40	39,09
Variância genotípica	1,39	—	4,56	—	—
Herdabilidade ampla (%)	29,74	—	33,35	—	—
Valor máximo na F ₂	14,77	18,68	17,34	18,04	20,40
Valor mínimo na F ₂	9,49	9,09	8,38	12,43	13,84

* = variância negativa.

Tabela 16 – Predição de ganhos por seleção considerando as duas linhas F₂ de maior valor de fibra solúvel (%), fibra insolúvel (%), fibra alimentar (%) e rendimento de grãos (gramas planta⁻¹) obtidos em diferentes combinações. Santa Maria – RS, UFSM, 2004

Parâmetros	Combinação				
	CNFP 8100 x FT 96-1282	CNFP 8100 x Varre-Sai	FT 96-1282 x Valente	FT 96-1282 x Varre-Sai	Valente x Varre-Sai
	... Fibra solúvel (%) ...				
Linhas selecionadas em F ₂	4 e 2	1 e 3	1 e 3	2 e 1	1 e 2
Média original da F ₂	8,66	8,57	10,80	9,29	8,24
Média das linhas selecionadas	9,82	9,10	11,59	11,95	10,06
Diferencial de seleção	1,16	0,53	0,78	2,67	1,82
Ganho por seleção	0,59	0,08	—*	2,33	0,88
Ganho por seleção (%)	6,78	0,90	—	25,07	10,74
Média predita para 1 ^o ciclo após seleção	9,25	8,64	3,69	11,61	9,12
	... Fibra insolúvel (%) ...				
Linhas selecionadas em F ₂	1 e 3	2 e 1	4 e 3	3 e 2	3 e 2
Média original da F ₂	27,83	29,09	25,88	26,55	29,77
Média das linhas selecionadas	29,67	31,28	28,93	28,59	32,20
Diferencial de seleção	1,83	2,19	3,04	2,04	2,43
Ganho por seleção	—	1,85	—	—	0,88
Ganho por seleção (%)	—	6,35	—	—	2,96
Média predita para 1 ^o ciclo após seleção	25,53	30,93	24,59	26,33	30,65
	... Fibra alimentar (%) ...				
Linhas selecionadas em F ₂	4 e 1	2 e 1	3 e 4	2 e 3	3 e 1
Média original da F ₂	36,49	37,65	36,69	35,84	38,01
Média das linhas selecionadas	37,94	40,21	39,32	38,99	40,11
Diferencial de seleção	1,45	2,56	2,64	3,15	2,10
Ganho por seleção	—	2,14	2,31	2,59	2,04
Ganho por seleção (%)	—	5,67	6,30	7,23	5,36
Média predita para 1 ^o ciclo após seleção	35,62	39,79	39,00	38,43	40,04
	... Rendimento de grãos (gramas planta ⁻¹) ...				
Linhas selecionadas em F ₂	1 e 2	3 e 2	4 e 2	1 e 4	3 e 2
Média original da F ₂	12,22	14,38	13,08	15,02	17,54
Média das linhas selecionadas	13,67	17,68	15,63	16,70	19,60
Diferencial de seleção	1,46	3,30	2,55	1,68	2,06
Ganho por seleção	0,43	—	0,85	—	—
Ganho por seleção (%)	3,54	—	6,50	—	—
Média predita para 1 ^o ciclo após seleção	12,65	12,45	13,93	10,18	9,39

* = variância negativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seleção para maiores teores de proteína e de fibras, associadas ao elevado rendimento de grãos, é dificultada devido ao forte efeito ambiental que afeta a expressão fenotípica dessas variáveis. Desta maneira, para se obter sucesso em programas de melhoramento, faz-se necessário mais estudos sobre o controle genético, o efeito do ambiente e da interação genótipo x ambiente que atuam na expressão fenotípica desses caracteres. Além disso, sugere-se que um número maior de populações e de gerações sejam avaliadas. No entanto, sabe-se da dificuldade de avaliar um grande número de populações, devido a baixa eficiência obtida nos cruzamentos em feijão, bem como o alto custo e o tempo demasiadamente longo requerido para a realização das análises laboratoriais.

Contudo, pesquisas na área da qualidade nutricional aliado ao elevado rendimento de grãos são oportunas devido aos benefícios proporcionados a saúde dos consumidores, bem como pela rentabilidade que pode ser proporcionada aos produtores rurais devido a produção de alimentos diferenciados com maiores teores de proteína e de fibras e com maior rendimento de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

ANTUNES, P.L. et al. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivares Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 12-18, 1995.

AOAC. Association Of Official Analytical Chemistry. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Washington, DC.: AOAC, 1995. 2000p.

BECKER, H.G. et al. Dietary fiber and bread: intake, enrichment, determination and influence on colonic function. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 31, p. 306, 1986.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. 2 ed. São Paulo, Livraria Varela, 1989. 223p.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anexo IV. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares – RCN. 2001.

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, v. 9, p. 237-297, 1993.

CARVALHO, F.I.F. et al. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas:UFPEL, Universitária, 2001. 98p.

CEPEF. **Indicações técnicas para a cultura do feijão no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: UPF, 2003. 149p.

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 em genótipos de feijão preto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 1-6, 1999.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

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

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, 2003.

EGG MENDONÇA, C.V.C. **Caracterização química e enzimática de famílias de feijões obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI-107**. 2001. 48f. Dissertação (Mestrado em Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

ELIA, F.M.; HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A. Inheritance of cooking time, water absorption, protein and tannin content in dry bean and their expected gain from selection. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 39, n. 2, p. 266-267, 1996.

ESCRIBANO, M.R.; SANTALLA, M.; RON, A.M. Genetic diversity in pod and seed quality traits of common bean populations from northwestern Spain. **Euphytica**, Netherlands, v. 93, n. 1, p. 71-81, 1997.

FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**. Iowa: Macmillan Publishing Company. v. 1, 1987. 768p.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, East Melbourne, v. 9, n. 4, p. 463-493, 1956.

GUERRA, N.B. et al. Modificações do método gravimétrico não enzimático para determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel em frutos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 45-52, 2004.

GUILLON, F.; CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**. Ontario, v. 33, n. 3-4, p. 233-245, 2000.

HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A.; ISLEIB, T.G. Seasonal and genotypic effects on yield and physico-chemical seed characteristics related to food quality in dry, edible beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 109, n. 2, p. 182-189, 1984.

HOSFIELD, G.L. Genetic control of production and food quality factors in dry bean. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 9, p. 98-103, 1991.

HUGHES, J.S. Potential contribution of dry bean dietary fiber to health. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 9, p. 122-126, 1991.

KELLY, J.D.; BLISS, F.A. Heritability estimates of percentage seed protein and available methionine and correlations with yield in dry beans. **Crop Science**, Madison, v. 15, p. 753-757, 1975.

LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, S.R. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 23-56.

LELEJI, O.I. et al. Inheritance of crude protein percentage and its correlation with seed yield in beans, *Phaseolus vulgaris* L. **Crop Science**, Madison, v. 12, n. 2, p. 168-171, 1972.

LEMOS, L.B. et al. Absorção de água e teor protéico em sementes de genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 1996. p. 515-517.

LEMOS, L.B. et al. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

LONDERO, P.M.G. et al. Genetic variability for dietary fiber content in common bean populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, 2005.(no prelo)

MA, Y.; BLISS, F.A. Seed proteins of common bean. **Crop Science**, Madison, v. 18, n. 3, p. 431-437, 1978.

MESQUITA, I.A. **Efeito materno na determinação do tamanho da semente do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1989. 70f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1989.

MOORE, M.A.; PARK, C.B.; TSUDA H. Soluble and insoluble fiber influences on cancer development. **Critical Reviews in Oncology/Hematology**, New York, v. 27, n. 3, p. 229-242, 1998.

MORROW, B. The rebirth of legumes. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 9, p. 96 e 121, 1991.

MUTSCHLER, M.A.; BLISS, F.A. Inheritance of bean seed globulin content and its relationship to protein content and quality. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 2, p. 289-294, 1981.

OLIVEIRA, L.F.A. et al. Teores de fibra alimentar e de inibidores de proteases em arroz polido (*Oriza sativa*, L.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 2, n. 1,2 p. 161-165, 1999.

OLSON, A.; GRAY, M.G.; CHIU, M.C Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. **Food Technology**, Chicago, v. 4, n. 2, p. 71-82, 1987.

PAULA, S.R.R. **Efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro**. 2004. 53f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

PETERNELLI, L.A.; BORÉM, A. Hibridação em feijão. In: BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 269-294.

PICOLLI, L.; CIOCCA, M.L.S. Métodos para avaliação de fibra alimentar. In: Ribeiro, A.M.L., Bernardi ML and Kessler AM **Tópicos em produção animal 1**. Departamento de Zootecnia da UFRGS, Porto Alegre, 1999, p. 307-322.

POLIGNANO, G.B. Breeding for protein percentage and seed weight in *Phaseolus vulgaris* L. **The Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 1, n. 99, p. 191-197, 1982.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento genético do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.A.B. **Genética na agropecuária**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2000. 472p.

RAMOS JÚNIOR, E.U.; LEMOS, L.B. Comportamento de cultivares de feijão quanto à produtividade e qualidade dos grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 263-266.

RAMOS JÚNIOR, E. U.; LEMOS, L.B.; PALOMINO, E.C. Características produtivas e tecnológicas de genótipos de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 267-269.

SCHNEEMAN, B.O. Dietary fiber. A scientific status summary by the institute of Food Technologists' Expert Panel on Food Safety & Nutrition. **Food Technology**, Chicago, v. 43, n. 10, p. 133-139, 1989.

TOPPING, D.L. Soluble fiber polysaccharides: Effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. **Nutrition Reviews**, Catalunya, v. 49, n. 7, p. 195-203, 1991.

VANDERHOOF, J.A. Immunonutrition: The role of carbohydrates. **Nutrition Research**, New York, v. 14, n. 7/8, p. 595-598, 1998.

WASSIMI, N.N.; HOSFIELD, G.L.; UEBERSAX, M.A. Combining ability of tannin content and protein characteristics of raw and cooked dry beans. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 3, p. 452-458, 1988.

YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 2000. 75p.