

ADÉLIA CRISTINA FERNANDES SILVA

**DESEMPENHO DE FAMÍLIAS DE FEIJOEIRO COMUM OBTIDAS POR
DIFERENTES MÉTODOS DE CONDUÇÃO DE POPULAÇÕES SEGREGANTES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

Orientador(a):

Prof.(a) Dr.(a) Patrícia Guimarães Santos Melo

Coorientadores:

Dr. Leonardo Cunha Melo

Dr.(a) Priscila Zaczuk Bassinello

Goiânia, GO – Brasil
2009

A todos que de forma direta ou
indiretamente tiveram participação na
elaboração desta,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por iluminar os caminhos de minha vida.

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

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Patrícia Guimarães Santos Melo pela orientação e amizade. Aos co-orientadores Leonardo Melo e Priscila Bassinello pelo grande suporte.

À EMPRAPA – Arroz e Feijão, em especial aos laboratórios de Qualidade de Grãos e Melhoramento de Feijão e à equipe da estação experimental de Ponta Grossa/PR, pela possibilidade de realização das análises e ao apóio constante dos colegas.

A todos aqueles que conheci nesta Universidade, aos colegas de curso que sempre demonstraram amizade e torceram por mim. Também aos funcionários e aos queridos professores que participaram deste período da minha vida.

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

A minha família, pelo apoio, carinho, incentivo e por terem compreendido as minhas ausências e anseios.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 IMPORTÂNCIA NUTRICIONAL DO FEIJÃO	10
2.2 FIBRA BRUTA	11
2.3 MÉTODOS DE MELHORAMENTO	13
2.3.1 Método da população	14
2.3.2 Método bulk dentro de famílias	15
2.3.3 Método descendência de uma única semente	16
2.3.4 Eficiência dos métodos de condução da população segregante	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 OBTENÇÃO E CONDUÇÃO DAS POPULAÇÕES SEGREGANTES ...	21
3.2 DETERMINAÇÃO DE FIBRA BRUTA UTILIZANDO O MÉTODO ÁCIDO BASE	23
3.3 ANÁLISES GENÉTICAS E ESTATÍSTICAS	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5 CONCLUSÕES	42
6 REFERÊNCIAS	43
APÊNDICE	49

RESUMO

SILVA, A. C. F. **Desempenho de famílias de feijoeiro comum obtidas por diferentes métodos de condução de populações segregantes.** 2009. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.¹

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) destaca-se no Brasil por sua importância econômica e, sobretudo social, sendo uma importante fonte de fibra na dieta habitual. Conhecer a variabilidade genética para teor de fibra em feijoeiro comum é muito importante, pois pode garantir o sucesso de programas de melhoramento, avaliando-se a eficiência relativa dos métodos de condução de população disponíveis. O objetivo deste trabalho consistiu em comparar o desempenho de famílias de feijoeiro comum obtidas por diferentes métodos de condução de populações segregantes, para os caracteres teor de fibra bruta e produtividade de grãos. Foram obtidas famílias a partir do cruzamento entre os genitores CNFC 7812 e CNFC 7829 com 12,7% e 17,0% de teor de fibra, respectivamente. As famílias foram conduzidas por três métodos de melhoramento: *bulk*, *bulk* dentro de famílias e o SSD até a geração F₇. O delineamento utilizado para analisar as famílias foi um látice 14x14, com três repetições, conduzido em dois locais: Santo Antônio de Goiás/GO, na safra de inverno no ano agrícola 2008 e Ponta Grossa/PR na safra das águas no ano agrícola 2008/2009. Foram realizadas avaliações para teor de fibra bruta e produtividade de grãos em todas as famílias provenientes dos três métodos de condução de populações. A partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios estimaram-se os componentes de variância e os parâmetros genéticos e fenotípicos. Dos resultados obtidos pode-se concluir que, para os caracteres fibra bruta e produtividade de grãos, o método mais indicado foi o *bulk* dentro de famílias, por gerar o maior número de famílias superiores e as melhores médias sendo, por isso, superior neste trabalho ao método SSD e ao método do *bulk*. Entre as famílias avaliadas do cruzamento CNFC 7812 x CNFC 7829 existe variabilidade genética suficiente para ser explorada para os caracteres teor de fibra bruta e produtividade de grãos.

Palavras-chave: fibra bruta, SSD, *bulk*, *bulk* dentro de famílias, parâmetros genéticos.

¹Orientador(a): Prof.(a) Dr.(a) Patrícia Guimarães Santos Melo. EA-UFG.

Co-Orientadores: Dr. Leonardo Cunha Melo e Dr.(a) Priscila Zaczuk Bassinello.
Embrapa Arroz e Feijão.

ABSTRACT

SILVA, A. C. F. **Performance of families of the common bean obtained by different methods for conducting segregating populations.** 2009. 50f. Dissertation (Master's Degree in Agronomy: Genetics and Plant Breeding) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.¹

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) stands out in Brazil because of its economic and, above all social importance, being an essential source of fiber of the human daily diet. To quantify the fiber content and the genetic variability in Brazilian genotypes is very important because it can ensure the success of breeding programs, evaluating the relative efficiency of the methods for conducting segregating populations. The objective of this research was to compare the genetic potential of segregating populations of the common bean submitted to different breeding methods for the character of crude fiber content and grain yield. Families were obtained by hybridization between the lines CNFC 7812 and CNFC 7829 with 12.7% and 17% of fiber content respectively. The families were conducted by three different breeding methods: Bulk, Bulk within F₂ and SSD until the F₇ generation. The design to analyze the families was the 14x14 lattice with three replications, conducted in two locations: Santo Antonio/GO and Ponta Grossa/PR. The crude fiber content and grain yield were evaluated in all families from the three methods. The components of variance, genetic and phenotypical parameters were then estimated from the mean square expected values. Based on the results, it can be concluded that for the crude fiber character and the grain yield, the best method was the Bulk within families, which generated the greatest number of families of high rank characteristic. In this research, this method therefore was superior for both SSD and Bulk methods. It was observed among the evaluated families obtained from the crossing CNFC 7812 x CNFC 7829, enough genetic variability to be explored for the characters of crude fiber content and grain yield.

Key words: crude fiber, SSD, bulk, bulk within F₂, genetic parameters.

¹Adviser: Prof.(a) Dr.(a) Patrícia Guimarães Santos Melo. EA-UFG.

Co-Advisers: Dr. Leonardo Cunha Melo and Dr.(a) Priscila Zaczuk Bassinello. Embrapa Arroz e Feijão.

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) destaca-se no Brasil por sua importância econômica e, sobretudo social. A qualidade nutricional vem despertando grande interesse no mercado de feijão (Mittelman et al., 2003) e o desenvolvimento de cultivares para suprirem a demanda deste mercado representa a possibilidade de adicionar valor ao produto e estimular os agricultores em aumentarem os investimentos na cultura.

O feijão apresenta quantidades significativas de proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais e fibra. Além disso, possui baixo conteúdo de gordura, sódio e ausência de colesterol (Hosfield, 1991; Morrow, 1991). Dentre estes nutrientes destacam-se as fibras, que são componentes importantes da dieta humana, por exercerem efeitos benéficos na saúde, auxiliando na prevenção de doenças do sistema digestivo e do coração, além de contribuir para a redução do colesterol, no controle glicêmico e prevenção de câncer de cólon (Olson et al., 1987; Hughes, 1991; Moore et al., 1998; Vanderhoof, 1998).

A quantificação do teor de fibra e o conhecimento da variabilidade genética em genótipos brasileiros de feijoeiro comum são muito importantes, uma vez que as informações disponíveis são poucas e o consumo deste grão é grande (Londero et al., 2005). Essas informações podem aumentar o sucesso de programas de melhoramento, que dependem da exploração eficiente da variabilidade genética gerada pelas populações segregantes.

A variabilidade é função da diversidade genética dos genitores e, também, dos métodos de condução das populações segregantes (Castanheira & Santos, 2004). As comparações entre os métodos de condução de populações segregantes em feijoeiro são poucas e visam, principalmente, a produtividade de grãos (Raposo, 1999). Um dos motivos para a existência de poucos estudos é que trabalhos desta natureza dependem de fatores ambientais, infra-estrutura e, geralmente, o tempo gasto para gerar informações é muito longo.

Na maioria dos programas de melhoramento das grandes culturas tem-se observado pequenas diferenças entre as cultivares e as linhagens elites para produtividade

de grãos e caracteres relacionados à qualidade nutricional. Assim, é importante que seja avaliada a eficiência relativa dos métodos de condução de populações segregantes disponíveis, uma vez que o sucesso dos programas de melhoramento genético depende desta diferença.

O aumento da qualidade nutricional do feijão em termos de teor de fibra aumentará o acesso a uma alimentação rica neste componente, uma vez que o feijão é uma das principais fontes alimentares com alto teor de fibra na dieta habitual e, satisfazendo às necessidades da população como um todo, inclusive das mais carentes, por apresentar-se como uma das opções mais baratas de consumo de fibra.

O desafio para o melhoramento genético está no desenvolvimento de genótipos com teores diferenciados em quantidade de fibras solúvel e insolúvel, para tornar o feijão um alimento funcional e de alta qualidade, o que possibilitaria maiores benefícios à 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 (Londero et al., 2005).

O objetivo do presente trabalho consistiu em comparar o potencial genético de famílias de feijoeiro comum obtidas por diferentes métodos de condução de populações segregantes, para os caracteres teor de fibra bruta e produtividade de grãos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA NUTRICIONAL DO FEIJÃO

Entre as plantas autógamas, o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) destaca-se no Brasil, por sua importância econômica e, sobretudo social (Ramalho et al., 1993). A qualidade tecnológica dos grãos de feijoeiro reveste-se de grande importância, uma vez que o feijão é consumido por todas as classes sociais, sendo para as de menor poder aquisitivo, a principal fonte de proteínas, minerais, vitaminas e fibras (Bassinello, 2005). Algumas das características mais importantes de interesse no mercado do feijão são aquelas relacionadas à qualidade nutricional do grão (Mittelmann et al., 2003).

Essa leguminosa é provida de quantidades significativas de proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais e fibra, além de baixo conteúdo de gordura e de sódio e não contém colesterol (Hosfield, 1991; Morrow, 1991). É constituída de 3% a 6% de fibra bruta (Antunes et al., 1995; Ribeiro et al., 2005), 20% a 25% de proteínas, 1% a 20% de fibras alimentares, 60% a 65% de carboidratos, 1% a 3% de lipídios, dos minerais Ca, Fe, Cu, Zn, P, K e Mg, e também de vitaminas, especialmente do complexo B, tais como: riboflavina, niacina e folacina (Geil & Anderson, 1994), o que lhe confere um alto valor nutritivo.

Segundo Bassinello (2005), uma fração substancial dos carboidratos presentes no feijão encontra-se na forma de fibra como celulose e hemicelulose, variando, no feijão cozido, entre 3% e 7%. A presença de fibra na dieta é essencial e está associada à prevenção de doenças cardiovasculares e do trato intestinal, além de diabetes e câncer de cólon (Olson et al., 1987; Hughes, 1991; Moore et al., 1998; Vanderhoof, 1998).

A quantidade de fibra presente nos grãos agrega maior qualidade a esse alimento que é utilizado, quase que diariamente pela população brasileira. A presença de variabilidade genética para os caracteres da qualidade nutricional do feijão têm sido observada, mostrando que os programas de melhoramento devem atentar para associar em

cultivares melhoradas bom potencial produtivo e qualidade de grãos (Londero et al., 2006b).

2.2 FIBRA BRUTA

A fibra pode ser definida como sendo o componente estrutural das plantas, ou seja, basicamente a parede celular. Sua classificação está vinculada ao método analítico empregado na sua determinação. Por exemplo, fibra bruta, fibra insolúvel em detergente ácido, fibra insolúvel em detergente neutro ou fibra alimentar.

A determinação de fibra bruta envolve o uso de ácidos e bases fortes para isolá-la. A extração ácida remove amidos, açúcares e parte da pectina e hemicelulose dos alimentos. Já a extração básica retira proteínas, pectinas e hemicelulose remanescentes e parte da lignina (Mertens, 1992).

Para evitar a solubilização da lignina que ocorre no método da fibra bruta, Van Soest (1963) desenvolveu um método que não utiliza solução básica para isolar a fibra. O método para fibra insolúvel em detergente ácido usa ácido sulfúrico 1N para solubilizar os açúcares, amidos, hemiceluloses e algumas pectinas, e detergente (Brometo de Cetil Trimetil Amônio - CTAB ou Cetremide = $C_{19}H_{42}BrN$) para remover proteínas. Esta quantificação isola principalmente celulose e lignina, com alguma contaminação por pectina, minerais (cinzas) e compostos nitrogenados. Embora este seja um método rápido e de grande confiabilidade, não é válido para uso nutricional ou para a estimativa da digestibilidade (Van Soest et al., 1991).

Na determinação da fibra insolúvel em detergente neutro, o procedimento original foi desenvolvido no início da década de 60, com a clássica referência publicada por Goering & Van Soest (1970). Desde então, várias modificações ao longo do tempo foram realizadas (Van Soest et al., 1991) devendo-se, portanto, tomar cuidado ao se fazer comparações de valores. Os reagentes usados na análise de Van Soest & Wine (1967) não dissolvem as frações indigestíveis ou lentamente digestível dos alimentos sugerindo que esse método mede com mais precisão as características nutricionais associadas à fibra. As soluções tampões a base de borato e fosfato são usadas para manter o pH próximo de 7,0 para se evitar a solubilização da hemicelulose e da lignina. O sulfato láurico de sódio (detergente) e o sulfito de sódio são usados para remover as proteínas, o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) para quelatar cálcio, o que auxilia na solubilização das

proteínas e pectinas.

O conceito de fibra alimentar total surgiu do interesse da fibra na nutrição humana, e tem sido definida como polissacarídeos e lignina resistentes a ação de enzimas digestivas de mamíferos. Vários métodos estão disponíveis, entre eles, o de Prosky et al. (1984, 1992) adotado pela AOAC (*Association of Analytical Communities*) desde 1985. Este método envolve o tratamento das amostras com amilase, protease e amiloglicosidade de forma sucessiva, seguida pela adição de quatro volumes de etanol a 95%, recuperando o precipitado e determinada gravimetricamente. Cinzas e proteína deste resíduo são determinadas separadamente e deduzidas do resíduo para chegar ao valor real de fibra alimentar total (Prosky et al., 1984).

A fração fibra bruta dos alimentos é composta principalmente de celulose, lignina, pequena quantidade de hemicelulose e substâncias pécticas (Hilton, et al., 1983; Larbier & Leclercq, 1992). A composição desta fração pode variar de acordo com a espécie e idade da planta (Andriguetto et al., 1981; Maynard et al., 1984). Na sua determinação utiliza-se o método de Weende no qual durante a digestão ácida, solubiliza-se parte da hemicelulose e na digestão alcalina, além da hemicelulose, a lignina também sofre extensa e variável solubilização (Van Soest, 1994). De acordo com esse autor, a quantidade média de lignina, pentosanas e celulose dissolvidas na determinação de fibra bruta para as leguminosas é de 30%, 63% e 28%, respectivamente. Por isso, esse método é mais adequado para a avaliação de produtos destinados à alimentação animal (Picolli & Ciocca, 1999). No entanto, muitas dietas ainda são formuladas com base em informações de fibra bruta obtidas a partir de tabelas de composição de alimentos. Por isso, apesar das limitações, o método de Weende ainda não foi totalmente descartado, pois ainda é utilizado para a composição dos cardápios dos brasileiros (Londero et al., 2008).

Dessa forma torna-se importante a quantificação do teor de fibra e o conhecimento da variabilidade genética em genótipos brasileiros de feijão (Londero et al., 2005).

O grão de feijão é composto pelo tegumento, que representa cerca de 9% na matéria seca, cotilédones, com 90%, e eixo embrionário, apenas 1% (Mesquita, 1989). Há indicativos de que a fibra se concentra em maior quantidade no tegumento (Egg Mendonça, 2001). Teores de fibra bruta variando de 3,82% a 5,67% foram encontrados por Antunes et al. (1995) ao analisarem quatro cultivares de feijão. Esses autores identificaram a cultivar 'Rico 23', do grupo preto, como a de maior teor de fibra e a de

melhor perfil nutricional, caracterizada pela presença de aminoácidos essenciais, quando comparada às demais cultivares avaliadas. Ribeiro et al. (2005) analisaram 220 genótipos de feijão, sendo 83 do grupo comercial preto e 137 de cor e verificaram em teores de fibra bruta uma variação de 5,17% a 3,40% e de 5,57% a 3,31% em feijões do grupo preto e de cor, respectivamente (Tabela 1). Segundo estes autores, em média genótipos do grupo preto e de cor apresentaram valores semelhantes, no entanto, esperava-se que feijões da classe cores se destacassem em fibra, como constatado por Soares et al. (1996).

Tabela 1. Estatísticas descritivas do caráter teor de fibra entre 83 genótipos de feijão do grupo preto e 137 de cores. Santa Maria – RS, UFSM, 2002.

Estatísticas	Grupo preto	Grupo de cor
Números de dados	83	137
Máximo	5,17	5,57
Mínimo	3,40	3,31
Média	4,14	4,17
Mediana	4,02	4,08
Moda	4,01	3,99
Variância	0,17	0,15
Desvio padrão	0,41	0,39
Erro padrão	0,045	0,033
Coefficiente de variação (%)	10,00	9,26
Assimetria	0,46	0,43
Curtose	-0,45	0,55
Coefficiente de correlação	-0,11 ^{ns}	0,17 ^{ns}

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

Fonte: Ribeiro et al., 2005.

Londero et al. (2008) selecionaram quatro genitores contrastantes de feijão preto, baseado em resultados obtidos previamente por Ribeiro et al. (2005), sendo dois com alto teor de fibra bruta - BRS Valente (4,97%) e Varre-Sai (5,17%) e dois com baixo teor - CNFP 8100 (3,40%) e FT 96-1282 (3,47%) e encontraram os seguintes teores de fibra bruta: BRS Valente (3,45%), Varre-Sai (3,94%), CNFP 8100 (4,30%) e FT 96-1282 (3,68%). Considerando que a interação genótipo x ambiente para teor de teor de fibra em feijão foi constatada por Londero et al. (2006b), isso explica porque os teores de fibra bruta verificados para os genitores em 2002 (Ribeiro et al., 2005) não se repetiram em Londero et al. (2008).

2.3 MÉTODOS DE MELHORAMENTO

O melhoramento genético das plantas está entre as principais contribuições da ciência para o bem-estar da sociedade. Especialmente quanto ao atendimento às necessidades em termos de alimentos e fibras, tanto em quantidade como em qualidade. É estimado que cerca de 50% do aumento da produtividade das principais espécies cultivadas seja atribuído ao melhoramento genético. No futuro, sua contribuição deverá ser ainda maior, para atender a uma população crescente, exigente em qualidade e, principalmente, exigente na redução dos efeitos ambientais decorrentes de insumos agrícolas utilizados na produção de alimentos (Vencovsky & Ramalho, 2000).

A disponibilidade de variabilidade genética indica a possibilidade de se continuar tendo sucesso com a seleção de plantas. É evidente, contudo, que as diferenças a serem detectadas são cada vez menores, exigindo, assim, maior eficiência dos programas de melhoramento. Entre os fatores que afetam essa eficiência está a escolha do método adequado de condução das populações segregantes em plantas autógamas. Esses métodos foram propostos no início do século XX, e algumas modificações ocorreram nas décadas de 50 e 60. De modo geral, foram limitadas as inovações introduzidas (Fehr, 1987; Borém, 1997).

Os métodos de condução de população segregante de plantas autógamas normalmente mais empregados são os métodos genealógico (*pedigree*), método da população (*bulk*), descendência de uma única semente (SSD) e *bulk* dentro de famílias F_2 e F_3 (Ramalho et al., 1993).

2.3.1 Método da população

O método da população, também conhecido como o método *bulk*, foi desenvolvido inicialmente pelo melhorista sueco Nilsson-Ehle, em 1908, a partir de trabalhos realizados na *Swedish Seed Association* (SSA), em Svalof, Suécia, com a cultura do trigo (Jensen, 1978; Fehr, 1987).

A condução do método inicia-se com o cruzamento de dois ou mais genitores selecionados conforme os objetivos do programa. As plantas F_1 são conduzidas de forma a produzir muitas sementes. As sementes F_2 são agrupadas e uma amostra é utilizada para a obtenção da população F_2 , que deve ser tão grande quanto possível. Colhem-se sementes

F₃ em um só lote e novamente utiliza-se uma amostra para se obter a geração seguinte. O procedimento é repetido até que se obtenha o nível de homozigose desejado - geralmente até F₆ ou F₇, dependendo do melhorista e da natureza do cruzamento. Assim, o método baseia-se na associação entre a capacidade de competição ou agressividade dos indivíduos e a produtividade, pois as gerações segregantes submetem seus integrantes a uma competição, devido à pressão da seleção natural, havendo pequena ou nenhuma seleção artificial (Borém, 1997).

No decorrer das gerações a população é submetida à ação da seleção natural, podendo atuar na direção desejada pelos melhoristas, segundo relatado em alguns trabalhos (Allard, 1988; Corte et al., 1998; Gonçalves et al., 2001). Durante a condução das gerações segregantes em *bulk*, é recomendado praticar seleção artificial, em caracteres de alta herdabilidade, ajudando assim, a atuação da seleção natural. Como exemplos, na cultura do feijão seriam a eliminação de alguns fenótipos que apresentem características como sementes grandes e plantas de hábito de crescimento I, embora, aparentemente, a seleção natural seja neutra para resistência a doenças (Gonçalves, 2000).

Dentre as vantagens do *bulk*, a mais evidente é a facilidade de condução, pois não são necessárias anotações nem colheita individuais de plantas, a não ser na última geração de condução da população, economizando, assim, mão-de-obra. A flexibilidade e a ação da seleção natural são outras vantagens deste método (Silva, 2003). Como desvantagens têm-se a inadequação para espécies cujo produto comercial não seja semente, a impossibilidade de se usar casa de vegetação, não permitir o uso da população para estudos de herança, risco de perda de genótipos desejáveis, com baixa competição e, principalmente de perdas de combinações genotípicas devido à amostragem (Borém & Miranda, 2009).

2.3.2 Método *bulk* dentro de famílias

O método *bulk* dentro de famílias foi proposto inicialmente por Frey (1954) e associa os métodos genealógico e da população. Com isso esperava-se diminuir o efeito de amostragem, que é um problema comum no método da população e, também, tornar o método genealógico mais barato e menos trabalhoso (Raposo, 1999).

Como originalmente proposto, a seleção intensiva só seria realizada após algumas gerações de endogamia. Por essa razão esse método foi incluído entre aqueles em

que a seleção só é efetuada após atingir a homozigose. O princípio do método consiste na colheita de plantas individuais nas gerações F_2 e F_3 , na qual cada planta originará uma família, sendo que as sementes provenientes de cada família são utilizadas para a obtenção da geração seguinte.

Esse método tem como principal vantagem a redução nas perdas por amostragem, que ocorrem no método do *bulk*, pois os descendentes das plantas F_2 ou F_3 são mantidos individualizados (Ramalho et al., 2001). Outra vantagem é o fato de que a seleção não é feita visualmente, mas sim, baseando-se em resultados experimentais. Além do mais, a seleção das famílias é feita utilizando-se experimentos conduzidos por mais de uma geração, em mais locais, o que garante maior segurança aos melhoristas na seleção, uma vez que esta será baseada na performance média das culturas, obtida de vários experimentos. Isso atenua o efeito da interação entre genótipos e ambientes (Ramalho et al., 1993). Sua principal desvantagem é o grande trabalho envolvido na avaliação das famílias em experimentos com repetição e como consequência, pode-se ter problemas com a representabilidade da variabilidade gerada no cruzamento (Borém & Miranda, 2009).

2.3.3 Método descendência de uma única semente

O método denominado *Single Seed Descendent* (SSD) foi descrito por Brim (1966). Foi proposto com o intuito de reduzir o tempo requerido para se atingir uma alta proporção de locos em homozigose, por meio do avanço das gerações fora da época normal de semeadura da cultura (Ramalho et al., 2001).

Este método consiste em avançar as gerações segregantes, tomando uma única semente de cada indivíduo, já a partir da geração F_2 , para obter a geração seguinte. Tal procedimento é repetido até que o nível de homozigose desejado seja atingido. Dessa forma, cada linhagem corresponde uma planta F_2 diferente e, portanto, reduz-se a perda devido à amostragem deficiente (Ramalho et al., 2001).

Entre as vantagens do método está em exigir apenas uma área restrita para a condução das populações segregantes (Ramalho et al., 1993), como casas de vegetação. Segundo Ramalho et al. (2001), outra vantagem é que não há perda por amostragem dos indivíduos F_2 , haja vista que todos eles estarão representados em todas as gerações. Além do mais, não ocorre a ação da seleção natural, que poderia eliminar alguns fenótipos

desejáveis. Já as desvantagens são a perda de variabilidade dentro das famílias e também com a perda de um indivíduo perde-se toda a representatividade da planta F_2 .

2.3.4 Eficiência dos métodos de condução da população segregante

Considerando que a cultura do feijoeiro comum tem grande importância social e econômica no Brasil, onde se concentra a maior parte da produção mundial dessa leguminosa, e, sobretudo, pelo fato de a escolha do método de seleção ser dependente de fatores ambientais e da disponibilidade de infra-estrutura, é importante que seja avaliada a eficiência relativa dos métodos disponíveis nas condições prevalentes no país (Raposo et al., 2000).

Avaliando-se a eficiência dos métodos genealógico, *bulk* e *bulk* dentro de famílias F_2 , Rodrigues (1990) constatou que o método *bulk* dentro de famílias F_2 apresentou-se superior aos outros métodos avaliados para produtividade de grãos de feijoeiro comum.

Urrea & Singh (1994) realizaram um trabalho comparando seleção massal, *pedigree* com linhas derivadas de F_2 e SSD na avaliação de uma população inter-racial de feijão. Foram avaliadas características como produtividade, porte, cor e tamanho das sementes e maturação. As médias de produtividade das linhas derivadas de SSD foram menores do que as obtidas nos outros métodos, e nenhuma das linhas avaliadas superou os genitores (ICA piao e UI pinto 114). Pelo método *pedigree*, com linhas derivadas de F_2 , foram geradas as linhas com maiores médias, embora fosse considerado que o tamanho amostral era pequeno para avaliação de produtividade. No método *pedigree* foram geradas linhas de sementes mais claras e de tamanho médio e porte da planta de hábito prostrado III.

Comparando-se a eficiência de cinco métodos de condução de populações segregantes de feijoeiro comum: método genealógico, *bulk*, descendentes de uma única semente (SSD), *bulk* dentro de famílias F_3 e *bulk* dentro de famílias F_2 , Raposo et al. (2000) concluíram que não houve diferenças significativas entre os métodos, na obtenção de famílias superiores. Utilizaram como critérios o desempenho médio das famílias, o ganho esperado com diferentes intensidades de seleção e o número de famílias provenientes de cada método com desempenho superior a um determinado padrão. Porém,

considerando as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, juntamente com a facilidade e flexibilidade de condução, os métodos do *bulk* e do SSD foram os mais vantajosos.

Trabalhando com o caráter produtividade em feijão e fixação simbiótica do nitrogênio por meio das bactérias *Rhizobium*, Pereira & Braidotti (2001) compararam o método *bulk* dentro de famílias F₂ com o método SSD em um cruzamento entre as cultivares Negro Argel e Rio Tibagi, com nitrogênio mineral ou inoculação com *Rhizobium*. Concluíram que o método *bulk* dentro de famílias F₂ demonstrou-se mais eficiente que o método SSD na obtenção de genótipos superiores. Também concluíram que a seleção sob o tratamento com *Rhizobium*, proporciona oportunidade para selecionar genótipos com potencial para aumentar a fixação de nitrogênio e a produtividade de grãos.

Costa et al. (2002) compararam quatro métodos de melhoramento quanto à eficiência na obtenção de linhagens de feijoeiro comum resistentes à antracnose. Os métodos analisados foram genealógico, massal modificado e famílias derivadas de populações nas gerações F₃ e F₄. Concluíram que o método de seleção massal modificada permite a obtenção de maior número de linhagens resistentes a *Colletotrichum lindemuthianum* e que dentre os quatro métodos estudados, as linhagens obtidas pelo método de famílias derivadas de população na geração F₄ apresentam a maior variabilidade genética.

Castanheira & Santos (2004) avaliaram cinco métodos de condução de população segregante de feijão por marcadores RAPD quanto ao potencial de liberação de variabilidade genética. Os métodos foram aplicados até a geração F₄, quando foram selecionadas famílias que foram avaliadas juntamente com os genitores ‘Carioca’ e ‘Flor de Mayo’ e a testemunha ‘Pérola’. O método do *bulk* demonstrou ser o mais eficiente para liberar a variabilidade genética, seguindo do *bulk* dentro de famílias F₂, SSD, *bulk* dentro de famílias F₃ e genealógico.

Silva et al. (2008) avaliaram o potencial genético de populações segregantes de feijoeiro comum para o teor total de proteína no grão, originadas do cruzamento dos genitores CNFC 7812 e CNFC 8056, conduzidos pelos métodos SSD, *bulk*, *bulk* dentro de F₂. Estes autores concluíram que existe variabilidade genética suficiente neste cruzamento, com o método *bulk* mostrando-se mais eficiente, gerando mais famílias com médias superiores dentre os métodos avaliados.

Os estudos sobre a escolha de métodos de condução de população são muito importantes e envolvem alguns pontos determinantes, como o tempo gasto, a facilidade de condução, o tamanho da área experimental e as estratégias de seleção passíveis de execução em cada método. Existem diversos trabalhos sobre comparações de métodos de populações segregantes para outras culturas além do feijoeiro, como a soja, o trigo, e a cevada.

Tee & Qualset (1975), comparando na cultura de trigo, a eficiência do método *bulk* e do método SSD para obtenção de famílias superiores para produtividade, altura e maturação, obtiveram como resultados que o método *bulk* teve a melhor avaliação, se os efeitos de competição entre as plantas não forem importantes. No método *bulk* existe o efeito da seleção natural, fazendo com que as plantas mais competitivas sobressaíssem em relação às plantas menos competitivas; para algumas espécies, a capacidade competitiva não se correlaciona positivamente com a produtividade.

Inagaki et al. (1998) comparando a eficiência para produtividade de dez linhas de trigo obtidas pelo método de diplóide, SSD e o método genealógico, obtiveram resultados nos quais não houve diferença significativa na produção de grãos entre as linhagens obtidas pelo diplóide e pelo método genealógico, no qual os genitores eram muito relacionados. Em dois resultados nos quais os genitores possuíam baixo coeficiente de parentesco, a produtividade das linhas obtidas por diplóide foi significativamente menor que as obtidas pelo método SSD e genealógico.

Quatro métodos (genealógico, *bulk* com seleção, *bulk* sem seleção e *bulk* modificado) de condução de populações segregantes na cultura do trigo foram comparados por Singh et al. (1998). Os autores avaliaram a produtividade e diversos outros caracteres em 80 famílias de cada método durante dois anos. Eles observaram que, em termos de produtividade média, o método genealógico foi superior aos demais, seguido do *bulk* modificado. Entretanto, na comparação das dez famílias mais produtivas não mostrou nenhuma diferença entre os métodos, exceto para o caráter ciclo. Já, para as vinte e trinta famílias mais produtivas, observaram uma tendência a favor do *bulk* com seleção e do modificado, este último sendo realizado retirando-se amostras de metade de uma panícula. Com relação à eficiência dos métodos, em termos de área utilizada, custos e ganho genético, o método *bulk* com seleção obteve mais destaque e evidenciou superioridade sobre os demais.

Analisando os trabalhos de comparação de métodos de condução de populações segregantes, até aqui citados neste trabalho, pode-se destacar o método *bulk* como o mais eficiente e vantajoso, também quando a seleção de progênies é realizada em famílias F_2 neste método, ou seja, o método *bulk* dentro de famílias F_2 . Os autores Tee & Qual Set (1975), Rodrigues (1990), Singh et al. (1998), Pereira & Braidotti (2001) e Silva et al. (2008) chegaram a conclusão de que o método *bulk* é mais eficiente. Os métodos mais utilizados nos estudos de comparação são os métodos genealógico, SSD, *bulk* e *bulk* modificado. Raposo et al. (2000), apesar de não detectarem diferenças significativas entre os métodos estudados, destacaram o método *bulk*, juntamente com o método SSD, como um método com facilidade e flexibilidade de condução.

A escolha de um método de melhoramento de plantas mais adequado e vantajoso depende de fatores como a eficiência e estrutura dos programas de melhoramento, características de interesse, o tamanho amostral, o parentesco entre genitores, facilidade de condução, dentre outros. Diante desta complexidade é importante a comparação de métodos de condução de população segregante para diferentes caracteres e locais, sobretudo para a cultura do feijoeiro, que apresenta grande valor econômico e social para o Brasil.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 OBTENÇÃO E CONDUÇÃO DAS POPULAÇÕES SEGREGANTES

As famílias de feijoeiro comum utilizadas neste trabalho foram obtidas do cruzamento entre as linhagens com grão tipo carioca CNFC 7812 e CNFC 7829. A linhagem CNFC-7812 advém do cruzamento BZ 3836-1// FEB 166 / AN 910523, o mesmo cruzamento que originou a cultivar lançada BRS Pontal pela Embrapa (Del Peloso et al. 2003). A linhagem CNFC-7829 originou-se do cruzamento BZ 3836-1 //AN 910518 / CB 734579. As linhagens AN 910523 e 910518 são linhagens irmãs ($\{[(\text{IPA } 7419 \times \text{TU}) \times \text{LM } 10047] \times \text{LM } 10009\}$) do programa de melhoramento da Embrapa visando à resistência a Antracnose (AN), as demais linhagens advém de programas visando resistência ao Crestamento Bacteriano (BC) e arquitetura de planta FEB (*Frijoles Experimentales Arbustivos*) e BZ proveniente de programas de melhoramento do CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical).

Em estudos preliminares constatou-se que os genitores CNFC 7812 e CNFC 7829 foram contrastantes em relação ao teor de fibra insolúvel em detergente ácido, cujos teores foram de 12,7% e 17%, respectivamente. As famílias foram conduzidas por três métodos de melhoramento: *bulk*, *bulk* dentro de famílias F₂ e SSD até a geração F₇, em que foram selecionadas, 64 famílias de cada método, no ano de 2008, para avaliação neste trabalho. A condução destas populações segregantes foi realizada segundo descrito por Ramalho et al. (2001), conforme esquema da Figura 1.

Como mencionado anteriormente, para cada método obtiveram-se 64 famílias F₈, escolhidas aleatoriamente. Foi instalado o experimento de avaliação das famílias, constituído por 196 tratamentos, sendo 192 famílias segregantes (64 provenientes de cada método) e quatro testemunhas (BRS Estilo, BRS Pontal, BRS Cometa e BRS Horizonte) representadas pelas principais cultivares de feijoeiro comum lançadas pela Embrapa.

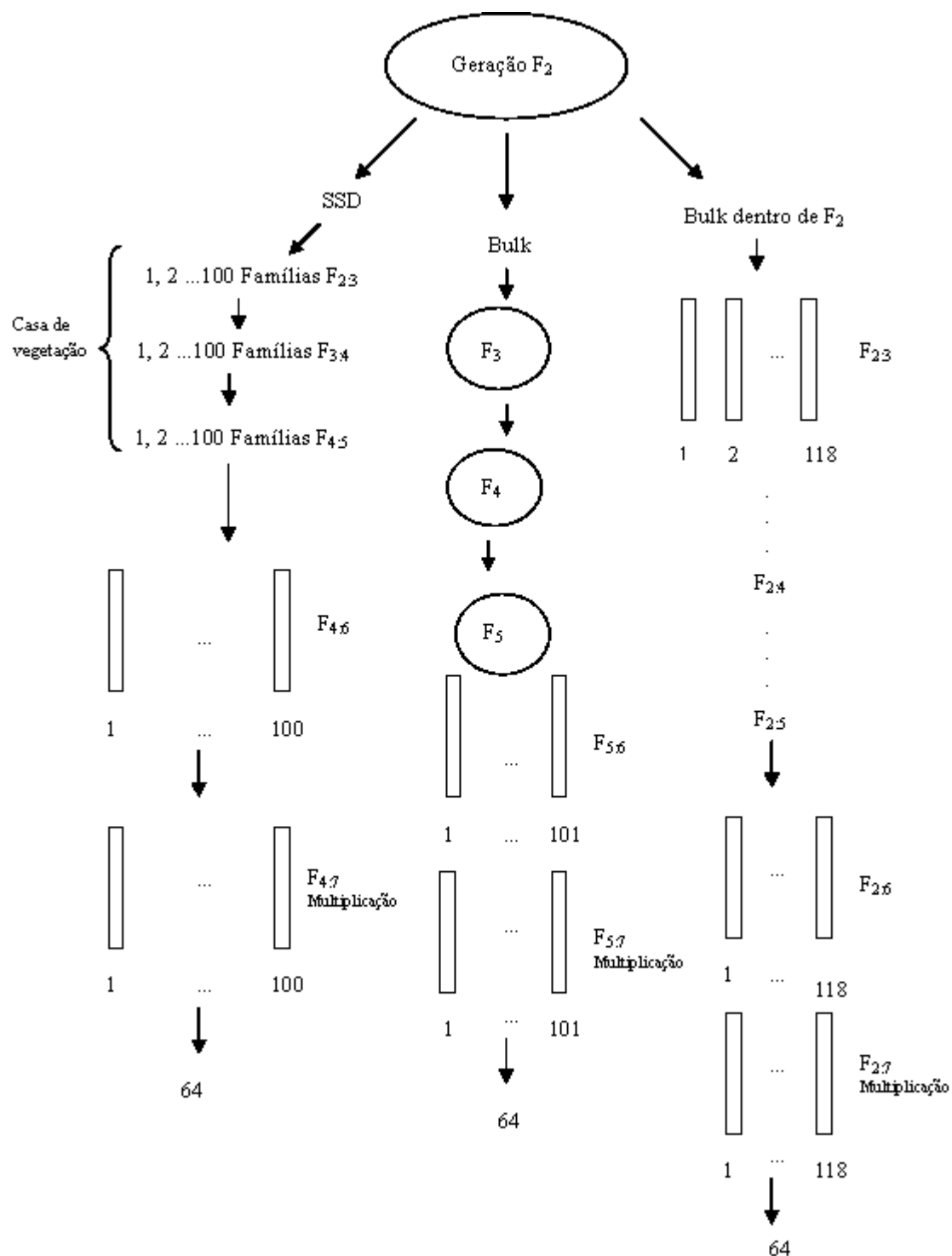


Figura 1. Esquema da condução das populações segregantes nos métodos de melhoramento SSD, *bulk* e *bulk* dentro de famílias F₂.

Os experimentos foram conduzidos em dois locais. Um foi conduzido na Embrapa Arroz e Feijão, situada no município de Santo Antônio de Goiás-GO, na fazenda

Capivara, latitude 16° 28' 00''S, longitude 49° 17' 00'' e altitude 823m. A época de plantio foi a safra de inverno de 2008, utilizando o delineamento látice triplo 14 x 14, com parcela de duas linhas de quatro metros de comprimento com 15 sementes por metro. O outro experimento foi instalado em área experimental da Embrapa Transferência de Tecnologia de Ponta Grossa - PR, localizada na latitude 25° 05' 42'', longitude 50° 09' 43'' e altitude 969m, na safra das águas de 2008, utilizando o mesmo delineamento anterior. Cada parcela foi constituída por duas linhas de dois metros de comprimento, com 15 sementes por metro. Foi obtida a produtividade em g/parcela e posteriormente convertida em kg.ha⁻¹.

3.2 DETERMINAÇÃO DE FIBRA BRUTA UTILIZANDO O MÉTODO ÁCIDO BASE

As avaliações do teor de fibra bruta foram realizadas nas famílias F₈ provenientes dos dois ensaios com as três repetições de campo. O número de grãos utilizados para cada genótipo variou de acordo com a disponibilidade de sementes, sendo amostradas aproximadamente cem sementes. As estimativas dos teores de fibra bruta de cada família foram obtidas a partir das médias das três repetições de campo.

O método utilizado na determinação do teor de fibra bruta foi o da digestão ácido-base descrito pela AOAC (1997), com modificações. Na metodologia descrita pela AOAC (1997) a quantificação da fibra bruta é realizada através de diluições ácidas e básicas em recipientes denominados cadinho de Gooch, o que dificulta a quantificação em um número grande de amostras. As modificações realizadas neste trabalho consistiram em realizar a extração da fibra bruta no equipamento denominado determinador de fibras da Tecnal®, modelo TE-149 (Figura 2), que originalmente determina fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA), possibilitando a extração em um número maior de amostras, tornando-se um método mais rápido e menos oneroso.

Foram realizados vários testes a fim de aprimorar as modificações. As mensurações foram realizadas nas farinhas obtidas por meio da moagem dos grãos de feijão recém-colhidos, com casca, selecionados por tamanho e aparência uniformes, utilizando-se um moinho analítico de faca fixa, IKA A11 Basic.



Figura 2. Equipamento utilizado para a determinação de fibra bruta em amostras de feijão carioca, realizada no Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás – GO, 2009.

Para a determinação de fibra no equipamento, utilizaram-se os seguintes materiais: pano Tecido não Tecido (TNT), para a confecção de saquinhos (5cm x 5cm); prensa seladora para vedar os saquinhos; béquer plástico de dois litros; balão volumétrico de dois litros; solução de ácido sulfúrico na concentração de 1,25%; solução de hidróxido de sódio na concentração de 1,25%; balança analítica para pesagem da farinha; estufa (105°C); moinho de facas e pinça para manipular os saquinhos.

Após o preparo dos saquinhos de TNT, os mesmos foram enumerados e, para cada lote de quatorze amostras, foi acrescentado um saquinho vazio (branco). Os saquinhos foram fervidos na solução ácida, em béquer de vidro, por mais ou menos quinze minutos e, posteriormente, realizaram-se três lavagens com água destilada fervente, sendo que, a primeira lavagem durou cinco minutos, e as outras duas, por três minutos cada. Em seguida, foram fervidos em solução básica, por mais ou menos quinze minutos, utilizando-se, em seguida, o mesmo procedimento de lavagem com água destilada descrito anteriormente. Esta lavagem prévia é realizada para ambientalizar os saquinhos, impedindo algum erro posterior na quantificação. Após as lavagens, foram colocados em estufa (105°C) por dezesseis horas, e, após este período foram colocados em dessecador, com o

auxílio de uma pinça, por quarenta minutos sendo posteriormente pesados e os valores anotados em planilha apropriada.

Para cada amostra, pesou-se uma quantia de 1 g da farinha, base úmida, de feijão cru que foi adicionado aos saquinhos. Estes saquinhos foram vedados, assim como o saquinho vazio (branco), espalhando-se uniformemente a amostra dentro do saquinho e transferindo-os posteriormente para o suporte do determinador de fibra. O equipamento contendo 2250 mL de solução ácida, à temperatura ambiente, foi fechado. Ao atingir a temperatura de 95°C foi cronometrado o tempo de 30 minutos. Passado este tempo, escoou-se a solução ácida em recipiente apropriado, para posterior neutralização e descarte e, em seguida, lavaram-se os saquinhos com água destilada fervente por três vezes, sob agitação do aparelho, para remover o excesso de solução ácida, sendo a primeira lavagem de cinco minutos e as outras duas de três minutos. Escoou-se toda a água contida no recipiente do equipamento ao término de cada lavagem, trocando-se a mesma para a lavagem seguinte.

Adicionaram-se ao aparelho 2250 mL de solução básica e aguardou-se o aquecimento da solução (95°C), em seguida, cronometrou-se o tempo de 30 minutos. Após o término da extração, desligou-se o aparelho e escoou-se a solução básica. Em seguida realizaram-se novamente as lavagens com água destilada fervente como descrito anteriormente. Os saquinhos foram então retirados do suporte do aparelho e distribuídos em bandejas inox, forradas com papel toalha (Figura 3) e levados à estufa (105°C) por dezesseis horas. Após este período, foram retirados os saquinhos e colocados em dessecador por um período de uma hora, para equilíbrio de temperatura e umidade, sendo em seguida pesados e os valores anotados em planilhas.

O teor de fibra bruta foi obtido por meio da diferença do peso do saquinho seco com a amostra, após a digestão ácido-básica, pelo peso do saquinho seco sem a amostra, antes da digestão ácido-básica. O valor obtido foi multiplicado por cem para se obter o teor de fibra bruta em porcentagem.

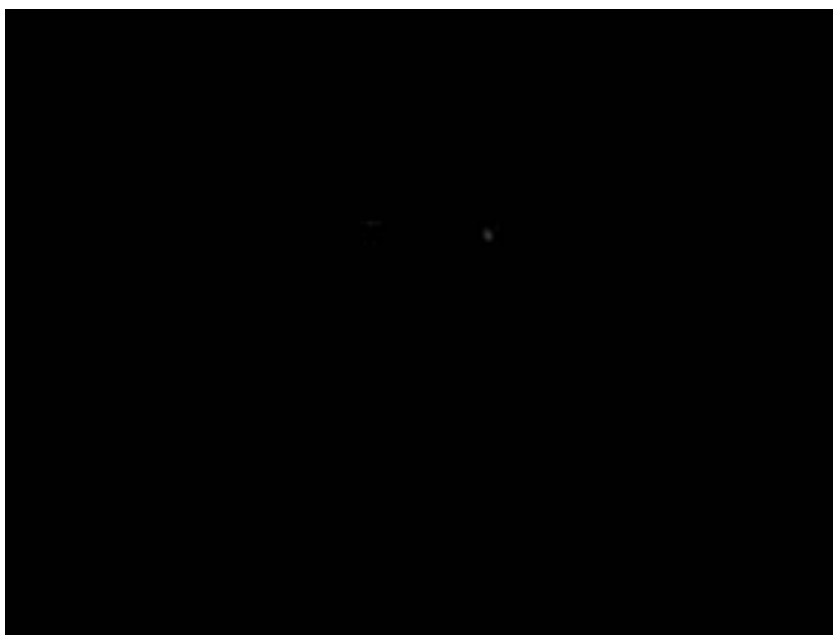


Figura 3. Saquinhos de TNT contendo a amostra de farinha de feijão carioca sendo retirados do equipamento Determinador de Fibras e levados à estufa para secagem, no Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás – GO, 2009.

3.3 ANÁLISES GENÉTICAS E ESTATÍSTICAS

Foi realizada a análise de variância individual para o teor de fibra bruta e a produtividade de grãos das famílias, nos dois locais. As análises foram realizadas com o auxílio do programa Genes (Cruz, 2006) e do aplicativo Office Excel. A partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios foram estimados os componentes de variância e os parâmetros genéticos e fenotípicos, segundo Vencovsky & Barriga (1992).

A análise conjunta de variância foi efetuada a partir das médias das famílias para teor de fibra e produtividade de grãos. O modelo matemático referente à análise conjunta dos locais como fixo e tratamentos como aleatório foi, segundo Vencovsky & Barriga (1992):

$$Y_{kjl} = \mu + t_k + a_l + b_{(l)j} + (ta)_{kl} + e_{(l)kj}$$

Em que: Y_{kjl} é o valor observado do tratamento k , no bloco j , dentro do ambiente l ; μ é a média geral; t_k é o efeito aleatório do tratamento k ; a_l é o efeito fixo do ambiente l (local ou ano); $b_{(l)j}$ é o efeito do bloco j dentro do ambiente l ; $(ta)_{kl}$ é o efeito da interação tratamento k e ambiente l e $e_{(l)kj}$ é o erro experimental médio.

O esquema da análise conjunta de variância é mostrado na Tabela 2, na qual se encontram os quadrados médios, com suas respectivas esperanças matemáticas, sendo que para o cálculo das estimativas da interação foi usada a restrição mostrada por Vencovsky & Barriga (1992).

Tabela 2. Esquema geral da análise conjunta de variância, com as respectivas esperanças matemáticas do quadrado médio (EQM).

Causas da variação	QM	E (QM)
Ambiente (A)	-	-
Tratamento (G)	Q6	$\hat{\sigma}_e^2 + r l \hat{\sigma}_g^2$
Interação G x A	Q7	$\hat{\sigma}_e^2 + r \frac{l}{l-1} \hat{\sigma}_{ga}^2$
Erro médio	Q8	$\hat{\sigma}_e^2$

Em que: $\hat{\sigma}_g^2$: variância genética entre tratamentos; $\hat{\sigma}_{ga}^2$: variância da interação tratamento com ambientes; $\hat{\sigma}_e^2$: variância ambiental; l: número de ambientes e r: número de repetições.

A partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios, apresentados na Tabela 2, foram estimados os componentes de variância e os parâmetros genéticos e fenotípicos apresentados na Tabela 3, como em Vencovsky & Barriga (1992).

A partir da análise conjunta de variância, desdobraram-se os graus de liberdade das famílias para cada método obtendo-se as respectivas estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, tanto para o caráter teor de fibra como para o caráter produtividade de grãos.

Foi estimada a correlação de Pearson entre o teor de fibra e a produtividade de grãos das famílias para cada método, segundo o modelo de Steel & Torie (1980):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Em que x_1, x_2, \dots, x_n e y_1, y_2, \dots, y_n são os valores medidos de ambas as variáveis. Então, tem-se:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{e} \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i$$

Que são as médias aritméticas de ambas variáveis. Sua significância foi testada na Tabela de Steel & Torie (1980).

Tabela 3. Estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos e fenotípicos de cada local e da análise conjunta.

Estimativas	Individual	Expressão p/ as estimativas
$\hat{\sigma}_{gl}^2$	Variância genética entre as famílias no ambiente 1	$\frac{Q_3 - Q_4}{r}$
$\hat{\sigma}_{fl}^2$	Variância fenotípica média entre as famílias no ambiente 1	$\frac{Q_3}{r}$
$\hat{\sigma}_{el}^2$	Variância do erro no ambiente 1	Q_4
h_{al}^2	Herdabilidade no sentido amplo no ambiente 1	$\frac{Q_3 - Q_4}{Q_3}$
CV_{gl}	Coefficiente de variação genético entre as médias das famílias no ambiente 1, sendo \bar{X} a média das famílias	$\frac{\hat{\sigma}_{gl}}{\bar{X}}$
Estimativas	Conjunta	Expressão p/ as estimativas
$\hat{\sigma}_l^2$	Variância genética entre famílias na análise conjunta	$\frac{Q_6 - Q_8}{rl}$
$\hat{\sigma}_f^2$	Variância fenotípica média entre as famílias na análise conjunta	$\frac{Q_6}{rl}$
$\hat{\sigma}_{fa}^2$	Variância da interação famílias x ambientes	$\frac{Q_7 - Q_8}{r \frac{1}{1-l}}$
$\hat{\sigma}_e^2$	Variância do erro	Q_8
h_a^2	Herdabilidade no sentido amplo	$\frac{Q_6 - Q_8}{Q_6}$

Em que: Q_3 : QM do tratamento ajustado; Q_4 : QM do erro efetivo, na análise de variância individual de cada local; Q_6 : QM do tratamento; Q_7 : QM da interação genótipo x ambiente; Q_8 : QM do erro médio.

O ganho de seleção das dez famílias mais produtivas dos três métodos foi calculado conforme Ramalho et al. (1993) utilizando a expressão:

$$GS = DS.h^2$$

Em que: GS é o ganho de seleção; DS é o diferencial de seleção, que corresponde à média total das famílias, menos a média das dez melhores famílias; h^2 é a herdabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância obtidos para teor de fibra e produtividade de grãos podem ser vistos nas Tabelas 4 e 5, para Santo Antônio de Goiás/GO e Ponta Grossa/PR, respectivamente. Nota-se que houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as famílias para os caracteres avaliados, indicando a variabilidade existente entre elas. O CV_e para produtividade de grãos e teor de fibra, nos dois locais, está dentro do que normalmente se encontra para estes caracteres. O CV_e para fibra foi próximo ao encontrado por Londero et al. (2008) (8,19%) e ao encontrado por Ribeiro et al. (2005) (9,26%).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os caracteres teor de fibra bruta (%) e produtividade de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) das famílias da geração F_8 , avaliadas em Santo Antônio de Goiás/GO, no ano agrícola de 2008.

FV	GL	QM	
		Teor de fibra bruta	Produtividade de grãos
Repetição	2	1,740	13357,9
Bloco/repetição	39	0,307	268934,5
Famílias	195	0,307*	311594,9*
Erro efetivo	351	0,227	134226,5
Média	—	4,64	1645,7
σ_g^2	—	0,02	59122,8
σ_f^2	—	0,10	103864,9
h^2 (%)	—	26,0	57,0
CV_e	—	10,28	22,2
CV_g	—	3,51	14,7

Em que: σ_g^2 : variância genética; σ_f^2 : variância fenotípica; h^2 : herdabilidade; CV_e : coeficiente de variação ambiental; CV_g : coeficiente de variação genético; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para os caracteres teor de fibra bruta (%) e produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) das famílias F₈ avaliadas em Ponta-Grossa/PR, no ano agrícola de 2008.

FV	GL	QM	
		Teor de fibra bruta	Produtividade de grãos
Repetição	2	0,593	2402133,6
Bloco/repetição	39	0,404	607737,3
Famílias	195	0,435*	351380,3*
Erro efetivo	351	0,302	250555,2
Média	—	4,40	2213,7
σ^2_g	—	0,044	33608,3
σ^2_f	—	0,145	117126,7
h ² (%)	—	30,5	28,7
CV _e	—	12,483	22,6
CV _g	—	4,781	8,2

Em que: σ^2_g : variância genética; σ^2_f : variância fenotípica; h²: herdabilidade; CV_e: coeficiente de variação ambiental; CV_g: coeficiente de variação genético; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

A herdabilidade encontrada para o caráter produtividade de grãos foi de 28,7% em Ponta Grossa e 57,0% em Santo Antônio de Goiás, estando próximos aos valores encontrados em outros trabalhos. Pereira et al. (2004) encontraram valores de 31,82% a 38,39% em linhagens de feijão carioca. Baldoni et al. (2006) encontraram valor de 51,29% em linhas segregantes do feijoeiro e Londero et al. (2006a) encontraram valores de 29,74% a 33,35% em população F₂ de grãos de feijoeiro.

Os coeficientes de variação genética para produtividade foram de 8,28% em Ponta Grossa e 14,77% em Santo Antônio de Goiás, valores considerados bons. Melo et al. (2005) obtiveram valor de 12,97% para o caráter produtividade de grãos avaliando linhagens de grão carioca.

Para o caráter teor de fibra bruta, a herdabilidade foi de 30,5% em Ponta Grossa e 26,0 % em Santo Antônio de Goiás; valores considerados baixos, indicando este ser um caráter influenciado pelo ambiente. Os coeficientes de variação genética foram de 4,78% em Ponta Grossa e 3,51% em Santo Antônio de Goiás. Não foram encontradas na literatura informações sobre herdabilidade e CV_g para o caráter teor de fibra bruta. Londero et al. (2006a) encontraram valores de herdabilidade variando entre 82,23% e 97,03% para

fibra alimentar total em grãos de feijoeiro em população F₂. Londero et al. (2009) encontraram coeficientes de variação genética de 13,48% para fibra insolúvel e 14,33% para fibra solúvel. Possivelmente, as diferenças encontradas sejam justificadas pelo fato de estes autores quantificarem fibra alimentar, e não fibra bruta. A fibra alimentar quantifica as diferentes frações da fibra solúvel e insolúvel, sendo o que mais se aproxima do processo de digestão humana, porque utiliza enzimas. No entanto, no presente estudo utilizou-se 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), que é o de Weende e considera a fibra bruta (Brasil, 2001).

Observa-se nas Tabelas 4 e 5 uma diferença expressiva na estimativa da variância genética para o caráter produtividade de grãos entre os dois locais, mostrando valores mais baixos deste parâmetro em Ponta Grossa, refletindo na diminuição das estimativas de outros parâmetros como coeficiente de variação genética e herdabilidade. Já para o caráter teor de fibra bruta ocorreu o efeito contrário. A variância genética foi maior em Ponta Grossa, refletindo no aumento dos parâmetros coeficiente de variação genética e herdabilidade. Este fato pode ser atribuído ao efeito do ambiente, que no presente trabalho mostrou-se significativo (Tabela 6).

No resumo da análise conjunta de variância mostrado na Tabela 6, verifica-se a presença da interação famílias x locais, indicando o comportamento diferenciado das famílias nos dois locais, para produtividade de grãos e teor de fibra bruta. A interação genótipos x ambientes para teor de fibra em feijão também foi constatada por Londero et al. (2006b).

Para os caracteres produtividade de grãos e teor de fibra, a estimativa da variância da interação foi bastante pronunciada, representando 67% da variância genética para o caráter produtividade de grãos e 57% para o caráter teor de fibra bruta. Nas Tabelas 4 e 5 observa-se que, para o caráter produtividade de grãos, a média de 1645,7 kg.ha⁻¹ em Santo Antônio de Goiás foi menor que 2213,7 kg.ha⁻¹ em Ponta Grossa. Já para o caráter teor de fibra bruta, aconteceu o contrário, a média foi maior (4,64%) em Santo Antônio de Goiás, do que em Ponta Grossa (4,40%). Esses resultados ressaltam a discrepância das condições ambientais existentes nestes dois locais afetando as duas características de forma diferente.

Tabela 6. Resumo da análise conjunta de variância para os caracteres produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) e teor de fibra bruta (%) das famílias F₈ avaliadas em Santo Antônio de Goiás/GO e em Ponta-Grossa/PR, no ano agrícola de 2008.

FV	GL	QM	
		Produtividade de grãos	Teor de fibra bruta
Famílias (F)	195	358493,0*	0,401*
Ambiente (A)	1	94856548,9*	16,049*
F x A	195	304482,2*	0,342*
Erro efetivo	702	192390,8	0,265
Média	—	1929,7	4,52
σ^2_g	—	27683,6	0,022
σ^2_f	—	59748,8	0,066
$\sigma^2_{f \times a}$	—	18681,8	0,012
h ² (%)	—	46,3	34,0
CV _e	—	22,4	11,386
CV _g	—	11,5	4,150

Em que: σ^2_g : variância genética; σ^2_f : variância fenotípica; h²: herdabilidade; CV_e: coeficiente de variação ambiental; CV_g: coeficiente de variação genético; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Para comparar a eficiência dos métodos de condução de populações segregantes, a soma de quadrado das famílias foram desdobradas, a partir da análise conjunta de variância, a fim de se estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos (Tabelas 7 e 8).

Observa-se que as famílias conduzidas pelo método do *bulk* dentro de famílias não apresentaram diferenças significativas (P≤0,05) para o caráter produtividade de grãos e teor de fibra bruta. O método do *bulk* apresentou diferenças significativas para os caracteres produtividade de grãos (P≤0,05) e teor de fibra bruta (P≤0,01). O método SSD também apresentou diferenças significativas (P≤0,05) para o caráter produtividade de grãos e para o caráter teor de fibra bruta.

Na comparação entre as testemunhas não foram observadas diferenças significativas para o caráter produtividade de grãos, mas para o caráter teor de fibra bruta foram observadas diferenças significativas (P≤0,05).

Para a interação testemunhas x famílias não foram observadas diferenças significativas para o caráter produtividade de grãos, e para teor de fibra bruta (P≤0,05),

mostrando que as testemunhas não diferiram das famílias. Na comparação entre os métodos não foram encontradas diferenças significativas para nenhum dos caracteres.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para os caracteres produtividade de grãos e teor de fibra das famílias F_8 avaliadas nos três métodos de condução de populações, 2008.

FV	GL	QM		QM	
		Produtividade de grãos	P-valor	Teor de fibra bruta	P-valor
Famílias (F)	195	314200,2	0	0,361	0,002
<i>Bulk</i> ($F_{2:8}$)	63	250703,6	0,063	0,307	0,192
<i>Bulk</i>	63	355731,6	0,012	0,396	0,009
SSD	63	354251,5	0,014	0,368	0,027
Testemunhas (T)	3	178033,8	1	0,697	0,048
T x F	1	83648,7	1	0,799	0,082
Entre métodos	2	64009,6	1	0,017	1
Erro efetivo	702	192390,8	–	0,265	–

Tabela 8. Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres produtividade de grãos e teor de fibra bruta nas famílias dentro de cada método avaliadas em Santo Antônio de Goiás/GO e em Ponta-Grossa/PR, no ano agrícola de 2008.

Métodos	σ^2_G		$h^2(\%)$		CV(%)		Média	
	PG ⁽¹⁾	Fibra	PG ⁽¹⁾	Fibra	PG ⁽¹⁾	Fibra	PG ⁽¹⁾	Fibra
<i>Bulk</i> $F_{2:8}$	9718,8	0,007	23,0	14,0	10,0	4,95	2046,02 ⁽²⁾	4,57 ⁽³⁾
<i>Bulk</i>	27223,5	0,021	46,0	33,0	12,7	5,73	1909,90	4,48
SSD	26976,8	0,017	45,0	28,0	13,2	5,53	1843,39	4,47

Em que: ⁽¹⁾: Produtividade de Grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$); ⁽²⁾: Média superior aos dois outros métodos, significativo a 5% pelo Teste t; ⁽³⁾: Média superior aos dois outros métodos, significativo a 1% pelo Teste t.

Normalmente, espera-se que os métodos do *bulk* e SSD proporcionem maior variabilidade entre as famílias (Raposo et al., 2000). Neste trabalho, isso foi observado em ambos os caracteres, quando se analisa a variância genética entre as famílias (Tabela 8). Coerentemente a este fato, observa-se uma maior herdabilidade nestes métodos, comparados ao método do *bulk* dentro de famílias - *bulk* ($F_{2:8}$). Porém, observou-se que a

média de produtividade de grãos (2046 kg.ha⁻¹) e teor de fibra bruta (4,57%) foram maiores entre as famílias conduzidas pelo método do bulk dentro de famílias (Tabela 8). Outro aspecto que merece comentário é o fato de que neste método houve menor variação ambiental, o que torna o processo seletivo mais eficiente, devido à melhor precisão experimental.

Avaliou-se o número de famílias provenientes de cada método que superou a média do melhor genitor e a média dos genitores. Os resultados podem ser observados nas Tabelas 9 e 10, para os caracteres teor de fibra bruta e produtividade de grãos, respectivamente.

Tabela 9. Número de famílias provenientes de cada método que superaram a média dos genitores ou o teor médio de fibra bruta do melhor genitor.

Método	Nº de famílias superiores à média dos genitores e porcentagem em relação ao total	Nº de famílias superiores a média do melhor genitor
<i>Bulk</i> F _{2:8}	39 (61,0%)	25
SSD	29 (45,3%)	19
<i>Bulk</i>	27 (42,2%)	15

Tabela 10. Número de famílias provenientes de cada método que superaram a média dos genitores ou a produtividade média do melhor genitor.

Método	Nº de famílias superiores à média dos genitores e porcentagem em relação ao total	Nº de famílias superiores ao valor do melhor genitor
<i>Bulk</i> F _{2:8}	6 (9,0%)	0
SSD	4 (6,25%)	0
<i>Bulk</i>	0 (0%)	0

A média do teor de fibra bruta do melhor genitor (CNFC 7812) foi de 4,64%, esta média superou as médias das famílias conduzidas pelos três métodos. Observa-se na Tabela 9 que o método do *bulk* dentro de famílias apresentou 25 famílias superiores ao melhor genitor, e 39 (61,0% do total) famílias acima da média dos genitores.

No método SSD foram identificadas 19 famílias superiores ao melhor genitor e 29 (45,3 % do total) famílias superiores às médias dos genitores. O método do *bulk* apresentou 15 famílias superiores ao melhor genitor e 27 (42,2% do total) famílias superiores às médias dos genitores.

Analisando a produtividade de grãos nos três métodos de condução de populações segregantes, nenhum método apresentou famílias com média acima do melhor genitor, que foi 2597,4 kg.ha⁻¹.

No bulk dentro de famílias foram encontradas seis famílias com médias acima da média dos genitores (2315,9 kg.ha⁻¹). No método do *bulk* foram encontradas quatro famílias acima deste valor e no SSD não foi encontrada nenhuma.

Na Figura 4, observa-se que, para os três métodos, houve variabilidade entre as famílias para o teor de fibra bruta, indicando que é possível selecionar famílias superiores. O método do *bulk* foi o que apresentou maior variação.

Na Figura 5, observa-se a variabilidade genética para o caráter produtividade de grãos. O método SSD apresentou a maior variação. Nos três métodos, houve variabilidade entre as famílias, indicando que é possível selecionar famílias superiores, mas é preciso considerar também, a média do caráter para garantir o sucesso com a seleção.

Os teores médios de fibra bruta encontrados nos três métodos variaram entre 4,47% (SSD), 4,48% (*bulk*) e 4,57% (*bulk* dentro de famílias). Tais valores são próximos aos encontrados por Antunes et al. (1995), que foram de 3,82% a 5,67%. Estes autores identificaram a cultivar Carioca como a que apresentou menor teor médio (3,82%). O teor médio de fibra bruta encontrado em grãos do grupo preto por Londero et al. (2008) foi de 3,81%. Os teores de fibra bruta encontrados por estes autores variaram de 3,42% a 4,30%.

Foram selecionadas as vinte melhores e vinte piores famílias, para ambos os caracteres, a fim de identificar o número de famílias obtidas em cada método (Tabela 11). As médias de todas as famílias, nos três métodos, para os dois caracteres, podem ser observados no Apêndice A.

Observa-se que o método do *bulk* dentro de famílias destacou-se por apresentar, dentre as vinte melhores famílias, o maior número de famílias para os dois caracteres. Nas vinte piores famílias tal método apresentou o menor número de famílias para os caracteres teor de fibra e produtividade de grãos. O método SSD, apresentou o menor número de famílias entre as vinte melhores. Dentre as vinte piores famílias, para o caráter teor de fibra, o método do *bulk* apresentou a maior frequência, já para o caráter produtividade de grãos o método SSD teve a maior frequência. Esses resultados reforçam a importância de associar a média e a variância do caráter visando alcançar genótipos superiores.

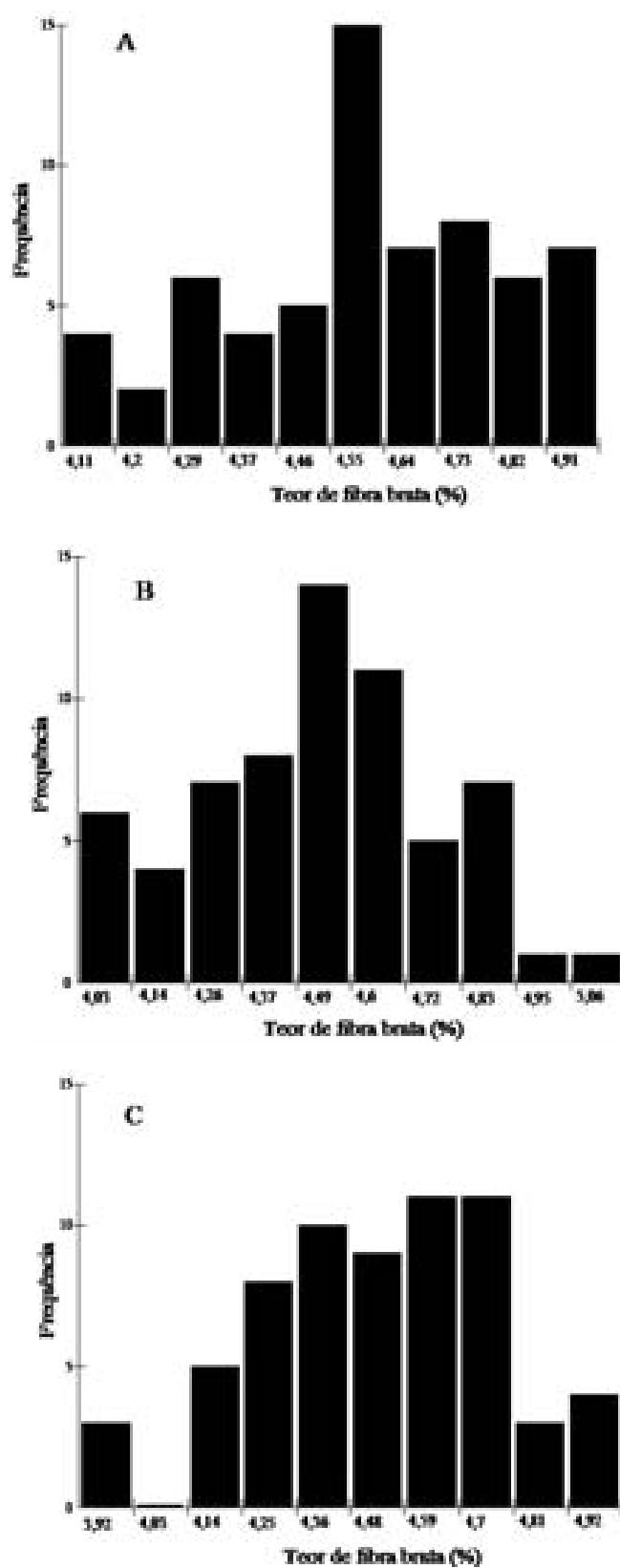


Figura 4. Distribuição de freqüências dos valores do teor de fibra bruta (%) obtidos nas análises efetuadas na Embrapa Arroz e Feijão, em 2008 pelos métodos de condução de populações segregantes. A: *bulk* dentro de famílias F₂; B: *bulk*; C: SSD.

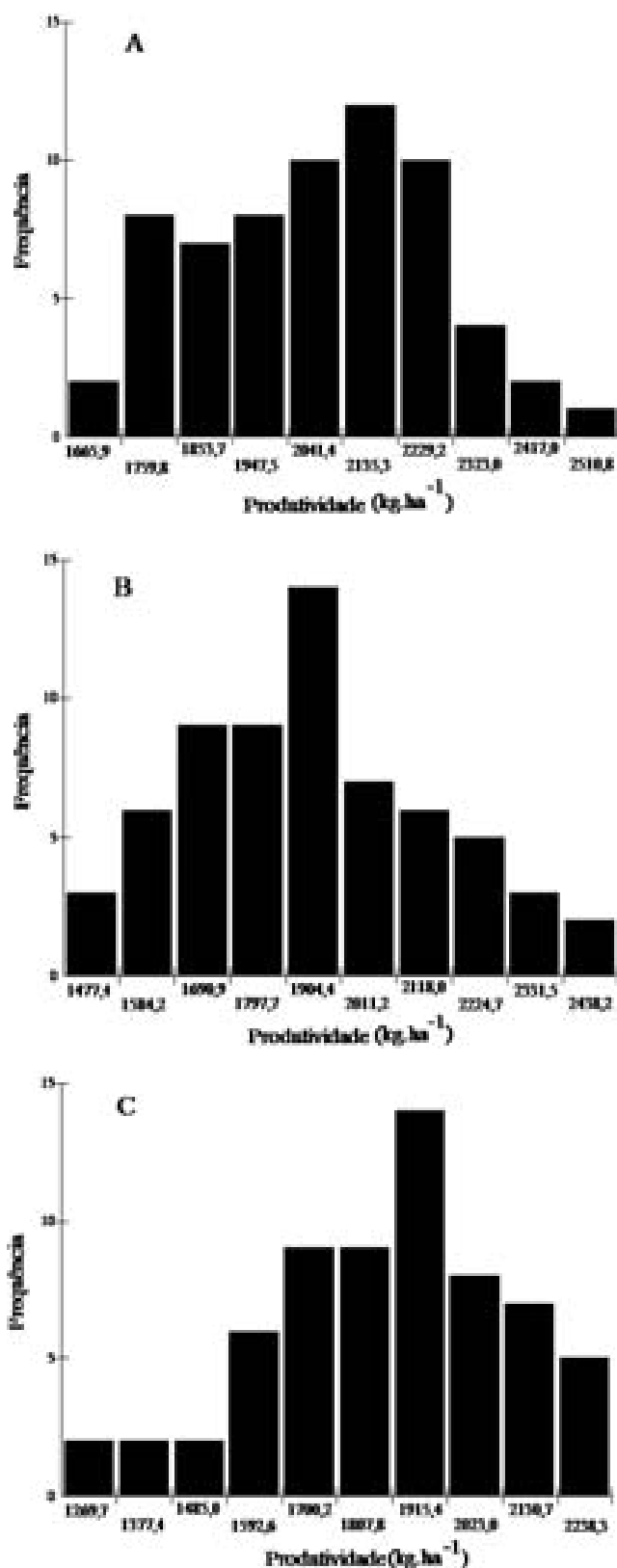


Figura 5. Distribuição de freqüências dos valores da produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) obtidos nas análises efetuadas na Embrapa Arroz e Feijão, em 2008 pelos métodos de condução de populações segregantes. A: *bulk* dentro de famílias F₂; B: *bulk*; C: SSD.

Tabela 11. Número de famílias provenientes de cada método considerando-se as vinte melhores e vinte piores famílias, para os caracteres teor de fibra bruta e produtividade de grãos.

Avaliação	Método	Número de famílias	
		Teor de fibra	Produtividade de grãos
Vinte melhores	<i>Bulk</i> F _{2:8}	8	12
	<i>Bulk</i>	7	7
	SSD	5	1
Vinte piores	<i>Bulk</i> F _{2:8}	5	1
	<i>Bulk</i>	9	8
	SSD	6	11

As medidas descritivas das dez e vinte melhores e das dez e vinte piores famílias de cada método de condução de populações, para o caráter teor de fibra podem ser observadas na Tabela 12.

Observa-se que as variâncias fenotípicas nos três métodos aumentaram quando selecionou-se as vinte melhores famílias, indicando que os métodos necessitam de uma amostragem maior para serem mais efetivos.

Pela análise dos coeficientes de variação nas dez e vinte melhores famílias, o método do *bulk* apresentou maior variação. O método que apresentou menor coeficiente de variação foi o método *bulk* dentro de famílias, devido às condições ambientais serem mais controladas.

Tabela 12. Média, variância, coeficiente de variação das dez e vinte melhores e dez e vinte piores famílias para teor de fibra bruta, obtidas pelos três métodos de condução de populações e avaliadas no laboratório de qualidade de grãos da Embrapa Arroz e Feijão em 2008.

Famílias	Método	Média (%)	σ^2_F	C.V. (%)
Dez melhores	<i>Bulk</i> F _{2:8}	4,88	0,002854	1,09
	<i>Bulk</i>	4,86	0,010805	2,13
	SSD	4,83	0,007394	1,78
Vinte melhores	<i>Bulk</i> F _{2:8}	4,82	0,005624	1,55
	<i>Bulk</i>	4,76	0,017652	2,79
	SSD	4,75	0,011292	2,23
Dez piores	<i>Bulk</i> F _{2:8}	4,19	0,008646	2,21
	<i>Bulk</i>	4,07	0,005507	1,82
	SSD	4,09	0,016795	3,16
Vinte piores	<i>Bulk</i> F _{2:8}	4,30	0,018058	3,12
	<i>Bulk</i>	4,17	0,016037	3,03
	SSD	4,18	0,017831	3,19

Em que: σ^2_F é a variância fenotípica e CV é o coeficiente de variação.

Analisando-se as dez e vinte piores famílias observa-se que o método que apresentou a menor variância fenotípica foi o do *bulk*, o que não era esperado, já que este é um método influenciado pelo efeito ambiental.

Um critério que pode ser utilizado para a comparação da eficiência dos diferentes métodos, é o número de famílias cujo desempenho médio supera, em valores absolutos, a média de um padrão previamente escolhido. Foram utilizadas quatro testemunhas e as médias obtidas em cada método foram comparadas às médias de cada uma das quatro testemunhas e com a média geral das testemunhas. Os resultados podem ser observados na Tabela 13, para os dois caracteres.

Das quatro cultivares utilizadas como testemunhas, as que apresentaram maior teor de fibra bruta foram a BRS Cometa (5,40%) e a BRS Horizonte (5,09%). Os métodos do *bulk* dentro de famílias e SSD só apresentaram famílias superiores às médias da cultivar BRS Estilo. O método do *bulk* destacou-se por ser o único a apresentar pelo menos uma família superior às cultivares BRS Pontal e BRS Horizonte, e à média das testemunhas.

Avaliando-se o desempenho das famílias comparadas às testemunhas, para o caráter produtividade de grãos, observa-se que para todos os métodos houve famílias que superaram as quatro testemunhas e a média das testemunhas. Isso evidencia o potencial produtivo das famílias. O método do *bulk* dentro de famílias apresentou a maior frequência de famílias superior às testemunhas e à média das testemunhas.

Tabela 13. Número de famílias de cada método, superiores a cada testemunha e à média das testemunhas, para os caracteres teor de fibra e produtividade de grãos.

Testemunhas	Teor de fibra			Produtividade de grãos		
	Métodos			Métodos		
	<i>Bulk</i> F _{2:8}	<i>Bulk</i>	SSD	<i>Bulk</i> F _{2:8}	<i>Bulk</i>	SSD
BRS Estilo	36	24	26	41	23	22
BRS Pontal	0	1	0	51	37	35
BRS Horizonte	0	1	0	62	54	47
BRS Cometa	0	0	0	64	59	55
Média das testemunhas	0	1	0	59	44	43

Foi efetuada a análise de correlação entre as médias de cada método para os caracteres produtividade de grãos e teor de fibra bruta. Verificou-se que não houve correlação significativa ($P \leq 0,05$) entre estes dois caracteres avaliados. Londero et al. (2006a) não encontraram associação entre as diferentes frações da fibra alimentar (solúvel, insolúvel e total) e o rendimento de grãos, ressaltando que a associação destas duas características em um genótipo será um desafio para os melhoristas.

As estimativas do ganho de seleção para os dois caracteres, nos três métodos avaliados, apresentaram valores positivos, representando o aumento das médias das características das dez famílias selecionadas, comparativamente às médias originais das 64 famílias, para cada método. Considerando-se que o ganho por seleção é função da herdabilidade na geração em que as famílias foram avaliadas (Ramalho et al., 1993), os métodos que apresentaram as maiores estimativas de herdabilidade foram também os de maior ganho por seleção. Para a produtividade de grãos, o método *bulk* apresentou o maior ganho de seleção que foi de 9,56%, seguido pelo método SSD que foi de 8,05% e pelo método *bulk* dentro de famílias que foi de 3,39%. Para o teor de fibra bruta o método *bulk* também obteve o maior ganho de seleção (2,85%), seguido pelo SSD (2,24%) e pelo *bulk* dentro de famílias (0,94%), sendo este pouco expressivo. Londero et al. (2006a) destacaram o ganho de 2,04% da combinação Valente x Varre-Sai para fibra alimentar total em feijoeiro comum. Silva et al. (2009) observaram valores de ganho de 2,36% a 16,2% para o caráter produtividade de grãos em populações de feijoeiro comum.

Do exposto, e levando-se em conta todos os critérios, o melhor método de condução de populações segregantes, considerando o número de famílias superiores obtidas e as médias para os caracteres produtividade de grãos e teor de fibra bruta, foi o *bulk* dentro de famílias. O método do *bulk*, mesmo obtendo uma maior variabilidade, gerou o menor número de famílias superiores a média geral dos genitores, para os dois caracteres. Em trabalho conduzido na Colômbia, Urrea & Singh (1994) obtiveram resultados semelhantes, em que o *bulk* dentro de famílias demonstrou ser mais eficiente que o método *bulk* e SSD, visando à identificação de famílias superiores.

5 CONCLUSÕES

1. Para os caracteres teor de fibra bruta e produtividade de grãos, o método de condução de populações mais eficiente em obter famílias superiores de feijoeiro comum do grupo carioca foi o método do *bulk* dentro de famílias.
2. Entre as famílias avaliadas do cruzamento CNFC 7812 x CNFC 7829 constatou-se que existe variabilidade genética suficiente para ser explorada para teor de fibra bruta e produtividade de grãos.

6 REFERÊNCIAS

AOAC INTERNATIONAL. **Methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Washington: AOAC, 1997. 200 p.

ALLARD, R. W. Genetic changes associated with the evolution of adaptedness in cultivated plants and their wild progenitors. **Journal of Heredity**, Washington, v. 79, p. 225-238, 1988.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA de G. A.; FILHO, A. B. **Nutrição animal. As bases e os fundamentos da nutrição animal – os alimentos**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1981. v. 1, 395 p.

ANTUNES, P. L.; BILHALVA, A. B.; ELIAS, M. C.; SOARES, G. J. D. Valor Nutricional de Feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), Cultivares Rico 23, Carioca, Piratâ-1 e Rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 1, 1995.

BALDONI, A. B.; SANTOS, J. B.; ABREU, A. F. B. Melhoramento do feijoeiro comum visando a obtenção de cultivares precoces com grãos tipo carioca e rosinha. **Ciência e Tecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 67-71, 2006.

BASSINELLO, P. Z. Grãos. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_2_28102004161635.html>. Acesso em 04 abr. 2009.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: Editora da UFV, 1997. 547 p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2009. 529 p.

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 – RNC. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 28 set. 2009.

BRIM, C. A. A modified pedigree method of selection in soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 220, 1966.

CASTANHEIRA, A. L. M.; SANTOS, J. B. RAPD marker assessment of self-pollinated inbreeding methods for common bean segregant populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, n. 1, p. 1-6, 2004.

CORTE, H. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Ganho genético com a seleção natural após 12 gerações de endogamia em populações segregantes do feijoeiro. In: ENCONTRO MINEIRO DE GENETICISTAS, 5., 1998, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: SBG/UFV, 1998. p. 68.

COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; ZIMMERMANN, F. J. P. Comparação da eficiência de métodos de seleção em gerações segregantes de feijoeiro-comum considerando a resistência à antracnose e rendimento. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 244-251, 2002.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: versão Windows, aplicativo computacional em genética e melhoramento. Viçosa: Editora UFV, 2006. 175 p.

DEL PELOSO, M. J.; MELO, L. C.; FARIA, L. C.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; CARNEIRO, G. E. S.; SOARES, D. M.; DÍAZ, J. L. C.; ABREU, A. F. B.; FARIA, J. C.; SARTORATO, A.; SILVA, H. T.; BASSINELLO, P. Z.; ZIMMERMANN, F. J. P. **BRS Pontal: nova cultivar de feijoeiro comum de tipo de grão carioca com alto potencial produtivo**. Comunicado Técnico 64. Santo Antônio de Goiás, 2003.

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

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: MacMillan, 1987. 525 p.

FREY, K. J. The use of F₂ lines in predicting the performance of F₃ selections in two barley crosses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 46, n. 12, p. 541-544, 1954.

GEIL, P. B.; ANDERSON, J. W. Nutrition and health implications of dry beans: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, Clearwater, v. 13, n. 6, p.549-558, 1994.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)**. Washington: USDA, 1970. 20 p.

GONÇALVES, F. M. A. **Seleção natural em populações segregantes do feijoeiro**. 2000. 98f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

GONÇALVES, F. M. A.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. de F. B. Natural selection in four common bean traits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n. 3, p. 213-220, 2001.

HILTON, J. W.; ATKINSON, J. L.; SLINGER, S. J. Effect of increased dietary fiber on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science**, Ontario, v. 40, p. 81-85, 1983.

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.

INAGAKI, M. N.; VARUGUESE, G.; RAJARAM S.; VAN GINKEL, M.; MUJEEB-KAZI, A. Comparison of bread wheat lines selected by double haploid, Single-seed descendent, and pedigree selection methods. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 97, p. 550-556, 1998.

JENSEN, N. F. Composite breeding methods and the DSM system in cereals. **Crop Science**, Madison, v. 18, p. 622-626, 1978.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and Feeding of Poultry**. Nottingham: University Press, 1992. 305 p.

LONDERO, P. M. G.; RIBEIRO, N. D.; FILHO, A. C.; RODRIGUES, J. de A.; POERSCH, N. L.; TRENTIN, M. Variabilidade genética para teores de fibra e rendimento de grãos em populações de feijão. In: Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CNPAF, 2005. v. 1. p. 593-596.
<http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/doc_182/pdf/conafe2005-0035.pdf>

LONDERO, P. M. G.; RIBEIRO, N. D.; FILHO, A. C.; RODRIGUES, J. A.; ANTUNES, I. F. Herdabilidade dos teores de fibra alimentar e rendimento de grãos em populações de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 51-58, 2006a.

LONDERO, P. M. G.; RIBEIRO, N. D.; POERSCH, N. L.; ROSA, S. S. da; JOST, E.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ANTUNES, I. F.; NÖRNBERG, J. L. Variabilidade genética de cultivares de feijão para fibra alimentar. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE FEIJÃO, 8., 2006, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2006b. p. 96-98.

LONDERO, P. M. G.; RIBEIRO, N. D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Teores de fibra e rendimento de grãos em populações de feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 167-163, 2008.

LONDERO, P. M. G.; RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; MAZIERO, S. M.; CERUTT, T.; POERSCH, N. L. Genética dos teores de fibras insolúvel e solúvel em grãos de feijão. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 2, p. 150-155, 2009.

MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F. **Nutrição Animal**. 3.ed. São Paulo: Livraria Freitas Bastos S.A. 1984. 756 p.

MELO, L. C.; LEMES, G. C.; DEL PELOSO, M. J.; FÁRIA, L. C.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; DIAZ, J. L. C.; ABREU, A. F. B.; CARVALHO, H. W. L.; TEIXEIRA, M. G.; WARWICK, D. R. N.; FILHO, I. A. P.; ZIMMERMAN, F. J. P. **Estimativas de parâmetros genéticos, estabilidade e adaptabilidade no programa de melhoramento do feijoeiro comum da Embrapa arroz e feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 32 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 13).

MERTENS, D. R. Análise de fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p. 188-219.

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

MITTELMANN, A.; MIRANDA FILHO, J. B. de; LIMA, G. J. M. M. de. Potential of the Esa23b Maize Population for Protein and Oil Content Improvement. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 319-327, 2003.

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. 96-121, 1991.

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.

PEREIRA, P. A. A.; BRAIDOTTI, W. Comparação de métodos de melhoramento de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para o incremento da fixação simbiótica do nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, n. 31, v. 1, p. 15-21, 2001.

PEREIRA, H. S.; SANTOS, J. B.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijoeiro com resistência à antracnose selecionadas quanto a características agronômicas desejáveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 209-215, 2004.

PICOLLI, L.; CIOCCA, M. L. S. Métodos para avaliação de fibra alimentar. In: RIBEIRO, A. M. L.; BERNARDI, M. L.; KESSLER, A. M. **Tópicos em produção animal**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 307-322.

PROSKY, L.; ASP, N. G.; FURDA, I.; DEVRIES, J. W.; SCHWEIZER, T. F.; HARLAND, B. F. Determination of total dietary fiber in foods, food products and total diets: interlaboratory study. **J. Assoc. Off. Anal. Chem.**, Washington, v. 67, p. 1044 - 1052, 1984.

PROSKY, L.; ASP, N. G.; SCHWEIZER, T. F.; DEVRIES, J. W.; FURDA, I.; LEE, S. C. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: collaborative study. **J. Assoc. Off. Anal. Chem.**, Washington, v. 75, n. 2, p. 360-367, 1992.

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

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. dos. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230.

RANALLI, P.; RUARO, G.; RE, P. del; FAETI, V. Comparison of early generation yield testing and a single seed descent procedure in two bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crosses. **Journal of Genetics & Breeding**, Rome, v. 50, n. 2, p. 103-108, 1996.

RAPOSO, F. V. **Comparação de métodos de condução de população segregantes na cultura do feijoeiro**. 1999, 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

RAPOSO, F. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Comparação de métodos de condução de população segregantes na cultura do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1991-1997, 2000.

RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; HOFFMANN, L. J.; POERSCH, N. L.; CARGNELUTTI, A.F. Dissimilaridade genética para proteína e fibra em grãos de feijão dos grupos preto e de cor. **Revista Brasileira Agrocência**, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 167-173, 2005.

RODRIGUES, R. V. **Comparação de métodos de seleção para rendimento em (*Phaseolus vulgaris*) em dois níveis de fertilidade**. 1990. 82 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SINGH, R. P.; RAJARAM, S.; MIRANDA, A.; HUERTA-ESPINO, J.; AUTRIQUE, E. Comparison of two crossing and four selection schemes for yield traits and slow rusting resistance to leaf rust in wheat. **Euphytica**, Wageningen, v. 100, n. 1, p. 35-43, 1998.

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

SILVA, G. F. O.; MELO, P. G. S.; MELO, L. C.; BASSINELLO, P. Z.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. Efficiency of methods for conducting segregating populations in the breeding of common beans for protein quality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 8, n. 2, p. 149-154, 2008.

SILVA, N. O. **Seleção natural e a decisão do melhorista sobre o melhor momento de abrir o "bulk" na cultura do feijoeiro**. 2003. 56 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SOARES, A. G.; MODESTA, R. C. D.; CARVALHO, J. L. V. Avaliação tecnológica de algumas cultivares de feijão visando avaliar as suas reais potencialidades de consumo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, 1996, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 1996. p. 495-500.

STEEL, R. G. D.; TORIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**, 2. ed., New York: Mc Graw Hill, 1980. 633 p.

TEE, T. S.; QUALSET, C. O. Bulk populations in weath breeding: Comparison of single-seed descenden and random bulk methods. **Euphytica**, Dordrecht, v. 24, n. 2, p. 186-193, 1975.

VANDERHOOF, J. A. Immunonutrition: the role of carbohydrates. **Nutrition Research**, v. 14, p. 595-598, 1998.

VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. **Journal of AOAC INTERNATIONAL**, Gaithersburg, v. 46, p. 825-829, 1963.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaka: Cornell University, 1994. 476 p.

VAN SOEST, P. J.; WINE R. H. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. **Journal of AOAC INTERNATIONAL**, Gaithersburg, v. 51, p. 780-785, 1968.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583–3597, 1991.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no melhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VENCOVSKY, R.; RAMALHO, M. A. P. Contribuição do melhoramento genético de plantas no Brasil. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Agricultura brasileira e pesquisa agropecuária**. Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 57-89.

URREA, C. A.; SINGH, S. P. Comparison of mass, F2 - derived family, and single-seed-descent selection method in an interracial population of common bean. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 74, n. 3, p. 461-464, 1994.

YOKOYAMA, L. P.; STONE, L. F. Aspectos socioeconômicos da cultura. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A. STONE, L. F. ZIMMERMANN M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Potafós: Piracicaba, 1996. p. 6-8.

APÊNDICE

Apêndice A. Teor de fibra bruta (%) e produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) das famílias avaliadas pelos três métodos de condução de populações segregantes, das testemunhas e dos genitores. Santo Antônio de Goiás – GO, 2009.

Famílias	Teor de fibra bruta			Produtividade de grãos		
	<i>Bulk</i> dentro de F ₂	<i>Bulk</i>	SSD	<i>Bulk</i> dentro de F ₂	<i>Bulk</i>	SSD
1	4,07	4,01	4,90	2107	1877	1739
2	4,41	4,48	4,46	2003	1781	1903
3	4,68	4,13	4,67	1793	1743	1953
4	4,72	4,45	4,76	2120	1826	1534
5	4,90	4,06	4,87	2077	2040	2010
6	4,54	4,70	4,25	2166	1625	2103
7	4,09	4,95	4,49	2214	1656	1791
8	4,60	4,61	4,35	2033	1614	2115
9	4,72	4,35	4,53	2110	2080	1605
10	4,37	4,37	4,32	1910	1774	1867
11	4,61	4,61	4,20	1913	1424	1499
12	4,28	4,09	4,60	1785	2492	1555
13	4,33	4,56	4,46	2017	1934	2043
14	4,57	4,54	4,46	2558	1700	2204
15	4,75	4,44	4,12	1793	1560	1963
16	4,30	4,47	4,48	1990	1801	1216
17	4,80	4,59	4,67	1857	1709	2292
18	4,96	4,69	4,63	1848	1954	1654
19	4,94	4,38	4,91	1619	1600	1792
20	4,58	4,31	4,31	1830	1908	2217
21	4,64	4,28	4,55	1939	2271	1325
22	4,78	4,25	4,18	2336	1734	1658
23	4,58	4,66	4,15	2073	1503	1913
24	4,40	4,22	4,28	2160	1921	1923
25	4,55	4,24	4,26	2102	1871	1798
26	4,30	4,63	4,25	2245	2438	2019
27	4,78	4,10	4,36	2365	1957	1622
28	4,13	4,84	4,58	1963	1955	1855
29	4,44	4,42	4,66	2155	1720	1875
30	4,72	4,42	4,66	2031	1594	1881
31	4,54	4,57	4,25	1815	1911	1677
32	4,50	4,63	4,69	2383	1828	1952
33	4,52	4,22	4,55	1883	1713	2031
34	4,90	4,21	4,59	1910	2365	1396
35	4,48	4,14	3,86	2313	1945	1655
36	4,68	4,86	4,59	2242	2127	1587
37	4,40	3,98	4,52	2123	1977	1248
38	4,81	4,33	4,89	2265	2218	2059
39	4,47	4,62	4,11	2035	1993	2065
40	4,72	4,80	4,21	2152	2184	1726
41	4,24	4,53	4,40	2442	2017	1663

Continuação Apêndice A

Famílias	Teor de fibra bruta			Produtividade de grãos		
	<i>Bulk</i> dentro de F ₂	<i>Bulk</i>	SSD	<i>Bulk</i> dentro de F ₂	<i>Bulk</i>	SSD
42	4,87	4,55	4,33	2122	2044	1807
43	4,59	4,59	4,46	1748	1895	1817
44	4,10	4,79	3,94	1794	1910	2140
45	4,93	4,52	4,49	2229	2216	2096
46	4,17	4,50	4,76	1733	1786	1582
47	4,60	4,87	4,75	2012	2362	1671
48	4,81	4,50	4,33	1942	2166	1944
49	4,60	4,51	4,57	1861	1743	1982
50	4,78	4,59	4,40	2208	1754	1867
51	4,52	4,48	4,54	2334	2000	2008
52	4,68	3,98	4,66	2073	2169	1551
53	4,52	4,85	4,23	2226	1780	2172
54	4,63	4,02	4,64	2174	2232	1792
55	4,58	4,29	4,38	1787	2066	2189
56	4,33	5,13	4,22	1636	1750	1965
57	4,54	4,52	4,58	2164	1673	1835
58	4,27	4,46	4,74	2191	1917	1785
59	4,49	4,74	4,73	1921	1523	2099
60	4,59	4,42	3,95	2087	1854	2091
61	4,88	4,69	4,66	2188	1562	1657
62	4,79	4,85	4,98	1881	2291	1866
63	4,82	4,76	4,79	1737	2040	1877
64	4,78	4,50	4,38	2221	2164	2205
	Teor de fibra bruta (%)			Produtividade de grãos (kg.ha ⁻¹)		
BRS Estilo	4,57			1962		
BRS Pontal	5,03			1853		
BRS Horizonte	5,09			1663		
BRS Cometa	5,40			1586		
CNFC 7812	4,64			2054		
CNFC 7829	4,44			2597		