

**ENSAIOS DE COMPETIÇÃO DE LINHAGENS PROMISSORAS DE FEIJÃO-DE-  
VAGEM (*Phaseolus vulgaris* L.) PARA AS REGIÕES NORTE E NOROESTE  
FLUMINENSE**

**FRANCISCO MAURÍCIO ALVES FRANCELINO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO - UENF  
CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
MAIO – 2009**

**ENSAIOS DE COMPETIÇÃO DE LINHAGENS PROMISSORAS DE FEIJÃO-DE-VAGEM (*Phaseolus vulgaris* L.) PARA AS REGIÕES NORTE E NOROESTE FLUMINENSE**

**FRANCISCO MAURÍCIO ALVES FRANCELINO**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”.

Orientador: Prof. Geraldo de Amaral Gravina

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ  
MAIO– 2009

**ENSAIOS DE COMPETIÇÃO DE LINHAGENS PROMISSORAS DE FEIJÃO-DE-VAGEM (*Phaseolus vulgaris* L.) PARA AS REGIÕES NORTE E NOROESTE FLUMINENSE**

**FRANCISCO MAURÍCIO ALVES FRANCELINO**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”.

Aprovada em 18 de maio de 2009.

**Comissão Examinadora**

---

Prof. Gilmar Santos Costa (D.Sc., Em Produção Vegetal) - IFF

---

Prof. Fábio Cunha Coelho (D.Sc., Fitotecnia) - UENF

---

Prof. Rogério Figueiredo Daher (D.Sc., Produção Vegetal/Melhoramento de Plantas)  
- UENF

---

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., em Fitotecnia/Produção Vegetal) -  
orientador

Dedico esta dissertação às pessoas que me apoiaram e acreditaram em mim sempre;

E com muito amor dedico também àquelas que são especiais e mais importantes em minha vida;

Aos meus pais, Heleno Francelino Félix e Maria Socorro Alves Francelino (in memoriam).

*“... Para que todos vejam, e saibam e considerem, e juntamente entendam que a mão do Senhor fez isto...” Isaías. 41:20*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por todo amor, força e esperança, sem o qual eu jamais teria chegado até aqui. A Ele toda honra e toda glória para sempre amém;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação;

A FAPERJ pelo auxílio financeiro ao projeto de pesquisa e a CAPES pela concessão da bolsa;

Ao professor Geraldo de Amaral Gravina, pela confiança, apoio e grande amizade conquistados ao longo deste trabalho;

Ao Professor Antônio Teixeira do Amaral Júnior por ter cedido o material genético, pela confiança, amizade, incentivo e pelas valiosas sugestões a este trabalho;

À minha noiva e grande amor Carmen, pelo apoio, dedicação e, sobretudo, paciência nos momentos difíceis;

Ao diretor do Colégio Técnico Agrícola Idelfonso Bastos Borges, de Bom Jesus de Itabapoana, Prof. Fernando Antônio Abrantes Ferrara, pela permissão e pelo apoio para a realização do experimento de campo no Colégio Agrícola;

Ao Professor Lanusse Cordeiro de Araújo pela amizade, incentivo, apoio, dedicação e elevada colaboração em todas as etapas do experimento;

Aos professores Sebastião Ney Costa de Almeida e Sebastiana Cláudia Correa de Azevedo, pela amizade e pelas valiosas colaborações em várias etapas do experimento de campo realizado no Colégio Agrícola;

Aos estudantes do Colégio Técnico Agrícola José Idelfonso de Moraes pela participação em várias atividades do experimento;

A todos os funcionários e, principalmente, aos de campo que muito contribuíram com suas atividades mais laboriosas para o sucesso deste experimento.

*MUITO OBRIGADO!*

## SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVO.....	05
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	06
3.1. Botânica, Origem e Evolução do feijão-de-vagem ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	06
3.2. Aspectos Morfoagronômicos.....	07
3.2.1. Clima e Época de Plantio.....	07
3.2.2. Solo e Adubação.....	08
3.2.3. Propagação.....	08
3.2.4. Tratos Culturais.....	08
3.3. Classificação e comercialização.....	09
3.4. Importância Econômica do feijão-de-vagem.....	11
4. Correlações entre caracteres.....	12
4.1. Correlações Fenotípicas, Genotípicas e de Ambiente.....	12
4.2. Análise de Trilha.....	13
4.3. Análise Multivariada.....	13
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
5.1. Caracterização dos experimentos.....	15
5.2. Características avaliadas.....	17
5.3. Análises estatísticas.....	18
5.3.1. Análises individuais.....	18
5.3.2. Análise de variância conjunta.....	19
5.4. Correlações entre caracteres.....	22
5.4.1. Coeficientes de correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais.....	22
5.4.2. Coeficientes de trilha.....	23
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
6.1.	

6.1. Caracteres biométricos e componentes da produção do feijão-de-vagem para o município de Bom Jesus do Itabapoana.....	26
6.1.1. Correlações Fenotípicas e Genotípicas.....	31
6.1.2. Análise de trilha.....	32
6.1.3. CONCLUSÕES.....	39
7. Interação genótipo x ambiente para a característica teor de fibras nas vagens.....	39
7.1. CONCLUSÕES.....	46
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
9. APÊNDICES.....	55



## RESUMO

Francelino, Francisco Maurício Alves; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Abril, 2009. **Ensaio de Competição de Linhagens Promissoras de feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) para as Regiões Norte e Noroeste fluminense.** Professor Orientador: Geraldo de Amaral Gravina.

O feijão-de-vagem é uma cultura importante para as Regiões Norte e Noroeste Fluminense por ser cultura com boa adaptação a climas quentes e amenos. Seus grãos são colhidos ainda verdes e consumidos juntamente com a vagem, sendo rico em fibras, com apreciável quantidade de vitaminas B1 e B2, possui fósforo, potássio, cálcio, ferro e vitaminas A e C, além de ser fonte de proteína. É um alimento adequado para complementar a dieta básica da população, sendo que a necessidade de obtenção de cultivares mais adaptadas à região é evidente. A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) iniciou um programa de melhoramento com feijão-de-vagem de hábito indeterminado, com o objetivo de selecionar genótipos produtivos e de qualidade comercial para o Norte e Noroeste Fluminense. O programa iniciou-se com a caracterização e estudo da diversidade genética de 25 acessos do Banco de Germoplasma da UENF, de hábito indeterminado. A partir de então foram realizados o cruzamento entre cinco acessos divergentes e com características desejáveis, obtendo dez híbridos dialélicos. Foram realizadas seleções nas populações F<sub>2</sub>, em campo; avançando as gerações F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub> e

F<sub>5</sub> pelo método SSD - descendente de uma única semente por planta (*"Single seed descent"*), em casa de vegetação; abrindo e selecionando linhas em F<sub>6</sub>. Foram selecionadas 30 linhas promissoras desta geração F<sub>6</sub>. Na continuidade do programa, a geração F<sub>7</sub> foi cultivada, em campo, em duas localidades das Regiões Norte e Noroeste Fluminense, para avaliação das 30 linhagens selecionadas a fim de analisar as interações entre as linhagens selecionadas e as localidades (Campos dos Goytacazes e Bom Jesus do Itabapoana). Estudou-se a adaptabilidade e estabilidades das linhagens selecionadas de feijão-de-vagem para essas regiões, além de lançamento de material melhorado de feijão-de-vagem para os produtores do Norte e Noroeste fluminense. Os experimentos foram instalados no delineamento de blocos casualizados com duas repetições, sendo que cada repetição foi constituída por uma linha de 12 plantas, avaliando-se 10 plantas individuais por linha. As características avaliadas foram a altura de inserção da primeira vagem (APV); altura da planta (AP); o número médio de vagens por planta (NMV); o comprimento médio das vagens (CMV); peso médio de grãos por vagem (PMGV); teor de fibras nas vagens (FIB); a produtividade de vagens por hectare (ProdVagens) e a produtividade de grãos por hectare (ProdGrãos). Não houve interação genótipo x ambiente (local) para a característica teor de fibra nas vagens, indicando ser esta bastante estável aos ambientes estudados. Houve diferença significativa entre os genótipos e o teste de Scott-Knot formou três grupos quanto ao teor de fibras nas vagens frescas, sendo que somente as linhagens 22 e 31 apresentaram teores elevados de fibras nas vagens, as demais se comportaram dentro do esperado, ou seja, apresentando baixos teores de fibra. Houve efeito significativo de genótipos para todas as características avaliadas, exceto para o número médio de vagens por planta (NMVP). Os genótipos 13, 6, 25, 29, 1, 3, 2, 24, 10, 22 e 31 foram respectivamente os mais produtivos, com rendimentos de 20.052 a 15.873 Mg.ha<sup>-1</sup> de vagens, destacando aí oito linhagens promissoras e o genótipo 1 (progenitor). Estas oito linhagens também se destacaram na produção de grãos, produzindo 2.693 a 2.014 Mg.ha<sup>-1</sup> de grãos. A característica mais correlacionada com os rendimentos de vagens e de grãos foi número médio de vagens por planta (NMVP) seguido do comprimento médio das vagens (CMV). Pela análise de trilha, o NMVP foi a que apresentou maiores efeitos diretos com a produtividade de vagens. O NMVP pode ser empregado como caráter auxiliar em programas de melhoramento genético que visam à obtenção de cultivares mais produtivas de feijão-de-vagem.

## ABSTRACT

Francelino, Francisco Maurício Alves; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. April, 2009. **Competition trials of promising lines of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in North and Northwest regions of the Rio de Janeiro State.** Advisor: Geraldo de Amaral Gravina.

The snap bean is an important culture for the North and Northwest Regions of the Rio de Janeiro State for being a culture with wide hot climates adaptation. Its grains was harvested still green and consumed together with the pod, being rich in fibers, with quantities appreciable of vitamins B1 and B2, possess phosphorus, potassium, calcium, iron and A and C vitamins, beyond being protein source. It is an adjusted food to complement the basic diet of the population, being evident the necessity of obtain more suitable cultivars to the region. The Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) initiated a breeding program with snap bean of indeterminate growth habit, with the objective to select productive genotypes and commercial quality for the North and Northwest regions of the Rio de Janeiro State. The breeding program was initiated with the characterization and study of the genetic diversity of 25 accesses of the indeterminate habit, of the Germoplasm Bank in UENF. From now on, crossing were accomplished between five divergent accesses and with desirable characteristics, ten diallelics hybrids were obtained. Selections in

F<sub>2</sub> populations were done, in field; advancing generations F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub> e F<sub>5</sub> for method SSD - descending of an only seed for plant ("*Single seed descent*"), in greenhouse; opening and selecting lines in F<sub>6</sub>. 30 lines promising of this generation were selected. In the continuity of the breeding program, the generation F<sub>7</sub> was cultivated, in field, in two localities in the North and Northwest regions of the Rio de Janeiro State, for evaluation of the 30 selected lines to analyze the interactions between the lines selected and the localities (Campos dos Goytacazes and Bom Jesus do Itabapoana). were studied the adaptability and stability of the lines selected of snap bean for these regions, beyond recommend of improved snap bean genotypes for the producers in North and Northwest regions Rio de Janeiro State. The experiments were installed in complete blocks design with two replications, being that each replication constituted by a line of 12 plants, evaluating themselves individual plants for line. The evaluated characteristics were the height of insertion of the first pod bean (APV); plant height (AP); the number mean of pod for bean plant (NMV); the length mean of the pod beans (CMV); mean weight of grains for pod bean (PMGV); content of fiber in the pod beans (FIB); the productivity of pod beans (Prod. Beans) and the productivity of grains (Prod. Grains). Did not have interaction genotype x environment (location) to the characteristic content of fiber in pod beans, indicating to be this sufficiently steady to study environments conditions. Significant difference were obtained between the genotypes and were formed three groups by the Scott-Knot test, in relation to the content of fiber in the fresh pod beans, only the 22 and 31 lines had presented high fiber content in the pod beans, the others lines presented low fiber content. It had significant effect of genotypes for all the evaluated characteristics, except for the number means of pod beans for plant (NMVP). The genotypes 13, 6, 25, 29, 1, 3, 2, 24, 10, 22 and 31 had been most productive, with the 15,873 to 20.052 Kg.ha<sup>-1</sup> of snap, eight promising lines and the genotype 1 (ancestor) was superior. These eight lines had also been distinguished in the production of grains, producing 2,693 the 2,014 Kg.ha<sup>-1</sup> of grains. The more correlated characteristic with the incomes of pod beans and grains was number mean of pod beans for plant (NMVP) followed of the length mean of the pod beans (CMV). For the path analysis, the NMVP presented largest direct effect with the snap beans productivity. The NMVP can be used as auxiliary character in genetics breeding programs that aim at to the attainment to more productive cultivars of snap bean..

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo das hortaliças gera cerca de 2,5 milhões de empregos diretos no campo, produzindo cerca de 15 milhões de toneladas de produtos hortícolas anualmente IBGE, (2006). Segundo dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2006), o valor de produção das hortaliças, no Brasil, foi estimado em R\$ 11,696 milhões, com área cultivada de 776,8 mil hectares e uma produção total de 17,399 mil toneladas. As hortaliças, de maneira geral, (aproximadamente 60%), são cultivadas por pequenos produtores (exploração familiar com menos de 10 de hectares) e chegam a ocupar 800 mil hectares no Brasil IBGE, (2006) e Melo, (2006). Pelo grande número de empregos gerados e pelo volume expressivo de recursos movimentado, as hortaliças possuem grande importância social.

Devido à importância da cultura do feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) no contexto da agricultura fluminense, a busca por materiais genéticos com características desejáveis à produção é de elevada importância. A alta produtividade pode ser obtida pelo uso de técnicas de cultivo mais aprimoradas ou pela utilização de cultivares geneticamente superiores, que se entende ser o mais promissor.

A produção de hortaliças no Estado do Rio de Janeiro tem sua maior expressão na Região Serrana. Nas Regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, a tradição de se cultivar cana-de-açúcar, torna o volume de produção de hortaliças pequeno CEASA-RJ, (2006).

A agricultura familiar é um segmento do setor agropecuário de relevante importância econômica e social, onde é fundamental a diversificação da produção para gerar renda e absorver mão-de-obra, cujo trabalho é fundamentalmente familiar. Dentre as possíveis alternativas, a horticultura é uma das atividades mais promissoras, por apresentar características como: produtos de alto valor agregado; exigir mão-de-obra intensiva, implicando em maior empregabilidade; as hortaliças serem, em sua grande parte, importadas pelo Estado do Rio, de Estados vizinhos, como Espírito Santo, São Paulo e Minas Gerais CEASA-RJ, (2006). Dentre as hortaliças, o feijão-de-vagem é uma opção de inequívoco valor para as Regiões Norte e Noroeste Fluminense. Sob o aspecto comercial, enquanto o CEASA-RJ comercializou 700 toneladas por mês, em 2005, do produto CEASA-RJ, (2006), as Regiões Norte e Noroeste produziram apenas 1,2 toneladas por mês, no mesmo ano CEASA-RJ, (2006), o que equivale a apenas 0,17 % do total do feijão-de-vagem comercializado no CEASA do Estado do Rio, em 2005.

Para as Regiões Norte e Noroeste Fluminense, não obstante a inexistência de cultivar adaptada, a importância da produção de feijão-de-vagem, torna-se ainda mais evidente por ser uma cultura com larga adaptação a climas quentes. Ademais, o feijão-de-vagem diferencia-se de outros feijões pelo fato dos grãos serem colhidos ainda verdes e consumidos juntamente com a vagem, sendo rico em fibras, com apreciável quantidade de vitaminas B1 e B2, além de possuir fósforo, potássio, cálcio, ferro e vitaminas A e C (EMBRAPA, 2006).

Dados recentes apresentados pela EMBRAPA (2006), indicam que o feijão-de-vagem é uma importante fonte de proteína alimentar de origem vegetal (3%), sendo, portanto um alimento adequado para complementar a dieta básica necessária da população

A agricultura fluminense tem a olericultura como atividade promissora e, entre as culturas de valor econômico, está o feijão-de-vagem, que é uma olerícola de expressão para o Estado do Rio de Janeiro, sendo desenvolvida em regiões serranas, assim como em condições de baixada, como é o caso do Norte e Noroeste do estado. A cultura oferece condições de contribuir para a fixação do homem no campo e, inclusive, permite ao produtor manter sob controle a produção de suas próprias sementes.

Nas maiores regiões produtoras do Estado do Rio de Janeiro têm sido utilizadas cultivares de hábito de crescimento indeterminado (Abreu, (2001)) como

uma opção de rotação de culturas em áreas já tradicionais no cultivo de tomate de mesa. Porém, a tendência é que novas cultivares com melhor ideótipo, que apresentem o porte mais ereto e com maior tolerância ao acamamento sejam desenvolvidas e recomendadas, visando aumentar o rendimento da produção, atualmente próximo de  $17 \text{ t/ha}^{-1}$  (Anuário Estatístico do Rio de Janeiro, (1998)), com o máximo de retorno econômico (Zimmermann et al., (1996)).

O feijão-de-vagem, também conhecido como vagem, é uma variedade do feijão comum que é cultivada e consumida como hortaliça. De acordo com Santos et al., (2002), a vagem é um alimento rico em proteínas, vitaminas como: A, B1, B2 e C, além de sais minerais como cálcio, fósforo, ferro, potássio e sódio. Também é rica em fibras. Estes nutrientes garantem à vagem, a capacidade de favorecer uma boa visão, a saúde da pele, estimular as funções intestinais e agir como antioxidante devido à vitamina C, diminuindo a ação dos radicais livres sobre as células e combatendo os processos infecciosos.

O feijão-de-vagem é classificado na mesma espécie botânica do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) Filgueira, (2000), e qualquer cultivar de feijão pode ser usado para colheita de vagens, porém, frutos de boa qualidade para o consumo na forma de vagem imatura são aqueles que possuem poucas fibras (Vieira et al., (2006)). A planta apresenta caule volúvel, folhas trifoliadas e raízes superficiais, os frutos são vagens que apresentam polpa espessa e carnosa. As vagens devem ser colhidas em seu ponto máximo de desenvolvimento, antes que se tornem fibrosas e com sementes salientes (Abreu et al., (2004)).

No Brasil, a grande maioria da população é de baixa renda e sofre com problemas de saúde e desnutrição, causados pelas más condições de vida e, principalmente, por uma dieta pobre em proteínas. De acordo com estudos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2006), o feijão-de-vagem contém cerca de 3% de proteína, o que contribui para sua importância na complementação na dieta básica da população (Santos et al., (2002)). As proteínas do feijão-de-vagem, bem como as de outras leguminosas, são ricas em lisina e limitadas em aminoácidos sulfurados como a metionina, cisteína e cistina (EMBRAPA, (2006)).

Pesquisas com o feijão-de-vagem têm sido desenvolvidas no Brasil, ao longo dos anos, e têm refletido em melhorias no manejo e na produtividade da cultura (Rodrigues et al., (1997)). No Brasil, as empresas privadas de produção de

sementes constituem as principais fontes de produção e liberação de novos cultivares de feijão-de-vagem. Entretanto, o feijão-de-vagem é uma cultura que necessita de implementação de pesquisa, principalmente no sentido de incrementar suas características com a finalidade de se obter maior produtividade. Neste sentido, pesquisas visando o melhoramento são de elevada importância.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) possui um programa de melhoramento com feijão-de-vagem de hábito indeterminado, com o objetivo de selecionar genótipos produtivos e de qualidade comercial para o Norte e Noroeste Fluminense. O programa iniciou-se com a caracterização e estudo da diversidade genética de 25 acessos do Banco de Germoplasma da UENF, de hábito de crescimento indeterminado. A partir de então foram realizados os cruzamentos, de modo dialélico, entre cinco acessos divergentes e com características desejáveis, obtendo dez híbridos. Dando continuidade ao programa, foram realizadas seleções nas populações  $F_2$ , em campo; avançando as gerações  $F_3$ ,  $F_4$  e  $F_5$  pelo método SSD, em casa de vegetação; abrindo e selecionando linhas em  $F_6$ . Deste material, 30 linhagens foram selecionadas como promissoras (Abreu, et al., (2004); Silva, et al., (2004); Vilela, et al., (2008)).



## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho foi de realizar seleções e cultivar as gerações F7 (das 30 linhagens selecionadas) do programa de melhoramento do feijão-de-vagem da UENF, em campo, em duas localidades, para avaliação das linhagens em comparação a testemunhas, visando o lançamento de material melhorado para os produtores do Norte e Noroeste Fluminense.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Botânica, Origem e Evolução do feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.)

Segundo Castellane et al (1988), o feijão-de-vagem é classificado na mesma espécie botânica do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), apresentando caule volúvel, folhas trifolioladas, raízes superficiais, flores esbranquiçadas e vagens alongadas.

Devido à estrutura de sua flor, o feijão-de-vagem é uma planta autógama, pois os órgãos masculinos e femininos estão protegidos pelas pétalas e, por ocasião da abertura da flor, os grãos de pólen caem sobre o estigma (Vieira, (1967)).

O feijão-de-vagem é uma fabácea anual, herbácea, podendo apresentar dois tipos de crescimento: o indeterminado, que é mais comum, e o determinado. O sistema radicular é superficial e os frutos são vagens que apresentam polpa espessada e formato afilado, dentro das quais se desenvolve as sementes. Neste caso, esta planta olerácea se destina ao consumo do fruto, ou seja, das vagens; portanto, as cultivares mais produtivas que possuem menor teor de fibras, quando colhidas em ponto de comercialização, têm maior preferência comercial (Filgueira, (2000)).

De acordo com Debouck (1993), o gênero *Phaseolus* originou-se nas Américas e possui cerca de 55 espécies, das quais cinco são cultivadas: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman, e *P.*

*polyanthus* Greenman, sendo que o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie mais importante, por ser a mais cultivada (Santos e Gavilanes, (1998)).

Segundo Gepts e Debouck (1993), os genótipos existentes hoje no Brasil podem ter sido introduzidos depois de percorrerem uma longa rota: originando-se no México, percorrendo a Guatemala, Colômbia e Venezuela, chegando ao Brasil; outra rota sugerida seria através dos Andes, no Peru; e uma terceira rota sugerida seria a introdução de feijões através de imigrantes vindos da Europa, no período colonial. Inicialmente houve uma distribuição do feijão silvestre, posteriormente passando por um período de domesticação e evolução do material. Através do cultivo, forças evolutivas, como mutação e seleção, promoveram mudanças na planta do feijão comum, formando sua morfologia, fisiologia e características genéticas das cultivares exigentes atualmente.

Em suas análises, Filgueria (2000) sugere que os indígenas já cultivavam a espécie *Phaseolus vulgaris* na ampla região delimitada pelo México e Peru, antes mesmo da colonização espanhola.

Acredita-se, pelo método fitogeográfico desenvolvido por Vavilov (1950), que o centro de diversidade de *P. vulgaris* L., *P. coccineus*, *P. lunatus* e *P. acutifolius* localiza-se no México e na América Central, devido à grande variedade de espécies encontradas naquelas regiões. Posteriormente, o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) teria sido levado ao Velho Mundo como planta ornamental (Zimmermann e Teixeira, (1988)), onde, segundo Oca (1987), o feijão-de-vagem originou-se através de mutações genéticas. Porém, de acordo com Lana\* (2007), citado por Barbé, (2008), tais mudanças não ocorreram, pois por pertencerem a mesma espécie, o que diferencia o feijão-de-vagem dos outros feijões é o ponto de colheita (maturação) e sua forma de consumo, onde o órgão é colhido ainda verde e consumido juntamente com a vagem; e também diferenças entre cultivares e variedades. Daí, a origem do feijão-de-vagem poder mesmo ser explicada pelos múltiplos eventos de domesticação ao longo dos tempos.

## **3. 2. Aspectos Morfoagronômicos**

### **3. 2.1. Clima e Época de Plantio**

Da mesma forma que o feijão comum, a vagem é uma cultura de larga adaptação a climas quentes e amenos, dentro de uma faixa térmica ampla (18°C a

30° C). Em temperaturas superiores a 35° C, todavia, a produtividade diminui significativamente, pois o pólen é prejudicado pelo calor excessivo, além de ocorrer o aparecimento de vagens deformadas. Assim, temperaturas abaixo de 15° C retardam o bom desenvolvimento das plantas, sendo que solos frios também promovem o apodrecimento das sementes, além do frio também ser um fator limitante à cultura, por promover maior incidência de ferrugem (Peixoto et al., (2002)).

### **3. 2. 2. Solo e Adubação**

A vagem produz melhor em solos de textura média (areno-argilosos), férteis, ricos em matéria orgânica e com boa disponibilidade de água em todo o seu desenvolvimento, sendo que aqueles excessivamente argilosos e compactados são menos indicados. Como a quase totalidade das fabáceas, não tolera alta acidez no solo, produzindo melhor na faixa de pH 5,6 a 6,8. Em solos mais ácidos, a calagem é benéfica, sendo que, além do efeito corretivo, também fornece cálcio, macronutriente importantíssimo para o feijoeiro (Filgueira, (2000)), Manual de Recomendação de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro, (1988).

### **3. 2. 3. Propagação**

A vagem é uma hortaliça de semeadura direta, absolutamente intolerante ao transplante. Adapta-se muito bem à semeadura mecânica, tal como se usa para o feijão comum. Manualmente, deve-se proceder com semeadura a uma profundidade de 2,5 a 5,0 cm, com o intervalo de 100 x 20 cm, no sulco de plantio (Filgueira, (2000)).

### **3. 2. 4. Tratos Culturais**

A vagem anã é cultivada no sistema rasteiro, sendo idêntica ao feijão comum nos tratos culturais, podendo ser mecanizada da semeadura à colheita. Ao contrário, a vagem trepadora é exigente em tratos culturais manuais, razão do seu custo de produção ser elevado.

O primeiro trato cultural é o desbaste manual, deixando-se apenas de 2 a 3 plantas selecionadas, no espaçamento preestabelecido, nas cultivares de porte alto; para as anãs, apenas uma planta é aconselhável. O tutoramento deve ser feito em

cerca cruzada, do mesmo tipo utilizado pelos tomaticultores, porém com varas e mourões mais finos, pois o peso a ser suportado é muito menor.

Durante o período chuvoso, raramente a vagem exige irrigações, desde que não ocorram períodos secos – os chamados “veranicos”.

### **3. 3. Classificação e comercialização**

As características gerais da planta de feijão-de-vagem possibilitam agrupá-la segundo o porte, a cor da vagem e o corte transversal da vagem (Castellane et al., (1988)). Considerando o porte da planta, o hábito de crescimento é um dos caracteres mais importantes para a classificação, pois é essencial tanto na descrição das cultivares quanto na escolha das mais adequadas cultivares para o plantio nas mais variadas condições de cultivo e, também, na obtenção de novas cultivares pelo melhoramento.

As cultivares podem ser arbustivas, cujas plantas apresentam hábito de crescimento determinado, normalmente atingindo 0,50 m de comprimento, não formam guias e apresentam ciclo mais curto; ou trepadeiras com hábito de crescimento indeterminado, que necessitam de tutores para seu cultivo, podendo até atingir 2,5 m de comprimento. A cor da vagem pode ser verde, como no caso da maioria das cultivares comerciais, tanto para consumo “in natura” quanto para a industrialização; ou amarela, que apresenta mercado mais restrito. Segundo o corte transversal da vagem, as cultivares podem ser classificadas em redondas, ovaladas ou achatadas. Tanto as de hábito determinado quanto indeterminado apresentam vagens unicarpelares, indeiscentes, ou tardiamente deiscentes, com número variável de sementes, que são em geral reniformes, com hilo branco, e um pouco mais compridas que as do feijoeiro comum (Castellane et al., (1988)).

Referindo-se ao hábito de crescimento da planta e ao formato das vagens, Maluf et al (2002) relataram que as cultivares podem ser reunidas em três grupos ou tipos:

- a) grupo Macarrão, com hábito de crescimento indeterminado e plantas altas, ultrapassando 2,5 m de altura, exigindo tutoramento; as vagens possuem seção circular e formato cilíndrico; apresentam ainda, número médio de seis sementes por fruto;
- b) grupo Manteiga, que possuem vagens com formato achatado, número médio de oito sementes por fruto;

c) grupo Macarrão Rasteiro (Anão), em que as plantas apresentam crescimento determinado, com caule ereto e porte baixo, atingindo 50 cm, no máximo; as vagens são iguais às do tipo Macarrão e a colheita é realizada em poucos dias, proporcionando uma produtividade inferior à apresentada pela cultura tutorada.

As cultivares de feijão-de-vagem de crescimento indeterminado são apropriadas para cultivo com tutoramento, possibilitando sua exploração após cultura do tomate e cultivares de ciclos mais curtos. As diferentes cultivares desta hortaliça são todas altamente nutritivas, frágeis, sensíveis à desidratação e entram rapidamente em senescência (Calbo, (2002)).

O início da colheita é feito aos 60 – 70 dias para cultivares de hábito indeterminado, e 55 – 60 dias, em colheita única para cultivares de hábito determinado, sendo realizada quando as vagens apresentam-se imaturas, tenras e completamente expandidas, com polpa carnosa e espessa, e sementes pouco desenvolvidas, porém, antes de tornarem-se fibrosas e com sementes salientes (Ruralnet, (2002)). Segundo Maluf et al (2002), conhece-se esse ponto, na prática, quando as pontas das vagens são facilmente quebradas. De acordo com Kranz (1981), citado por Castellane et al. (1988), em termos de produção de sementes, as plantas com crescimento determinado apresentam vantagens, uma vez que possuem ciclo mais curto e a floração ocorre em curto espaço de tempo, o mesmo ocorrendo para a maturação das vagens.

A utilização de feijão-de-vagem de crescimento determinado se mostra promissora, pois uma planta bem ereta apresenta inúmeras vantagens, entre as quais facilidade nos tratamentos culturais como eliminação do tutoramento, especialmente no cultivo mecânico; adubação em cobertura; aplicação de defensivos; colheita mecanizada e redução acentuada do período de produção e do número de colheitas. Além disso, possibilita a mais fácil locomoção dos implementos sem danificar as plantas, evitando a redução de perdas na colheita, com produção de grãos de melhor qualidade. ( Castellane et al., (1988)); (Vieira et al., (1998)).

Os feijões-de-vagem com hábito de crescimento determinado, por apresentarem ciclo curto, proporcionam melhor aproveitamento e proteção do solo, menor tempo de utilização da área cultivada, elevada produção, economia de mão-de-obra e insumos em geral e boa aceitação do produto colhido. Na planta ereta, as vagens não encostam no solo úmido e, desse modo, não apodrecem; além disso, se a colheita coincidir com período prolongado de chuvas, é possível retardá-la com

menor prejuízo. A incidência de alguns patógenos é menor, pois na planta ereta, a circulação do ar é maior e as condições são menos favoráveis aos patógenos (Castellane et al., (1988)) e (Vieira et al., (1998)).

Em 1990, Leal lançou duas cultivares de feijão-de-vagem de hábito de crescimento determinado. Adaptadas para as regiões de baixada e serrana do Estado do Rio de Janeiro, com produtividade média de 13,5 t/ha de vagens verdes para a cultivar “Andra” e 11,5 t.ha<sup>-1</sup> para a cultivar “Alessa”. A cultivar Andra é originária do cruzamento entre as cultivares Blush Blue Lake 274 e Cascade, apresenta vagens com comprimento médio de aproximadamente 17 cm, secção transversal redonda, sem fibras e plantas ereta (Leal, (1990)). Alessa é uma cultivar com fruto de secção transversal achatada, hábito determinado e sem fibra; apresenta origem comum a cultivar Andra, portanto, da combinação entre Blush Blue Lake 274 e Grem Isle Leal, (1990). Espera-se que o lançamento de novas cultivares contribua para a maior difusão da cultura no Estado do Rio de Janeiro.

### **3. 4. Importância Econômica do feijão-de-vagem**

De acordo com Maluf et al (2002) e citado por Silva, (2003), o feijão-de-vagem é uma hortaliça de importância mundial, constituindo uma boa fonte de proteínas para a nutrição humana. A exploração comercial dessa cultura tem por finalidade o aproveitamento das vagens produzidas pela planta em seu estado imaturo; nesse estágio, as vagens são utilizadas na alimentação de várias formas, podendo ser consumidas “in natura” ou utilizadas na industrialização.

Santos e Braga (1998) observam que o cultivo do feijão está deixando de ser de subsistência para tornar-se tecnificado; porém, estas modificações não ocorrem de forma homogênea, variando tanto em relação aos diferentes tipos de feijão, quanto às regiões de produção. Entre as principais modificações tecnológicas, destaca-se a pesquisa genética, a qual afeta substancialmente a produtividade e a qualidade do produto.

Dados do Censo Agropecuário de 1996 fornecidos pelo IBGE – Sidra (2002) revelam uma quantidade produzida de aproximadamente 70 mil toneladas de feijão-de-vagem no Brasil, sendo que cerca de 12,5 mil toneladas foram produzidas no Estado do Rio de Janeiro; destas, apenas 13,6 toneladas correspondem à região Norte Fluminense.

Dados da PESAGRO – Rio revelaram que no ano de 2006 o Estado do Rio de Janeiro produziu 13 mil toneladas de feijão-de-vagem, ocupando uma área total de aproximadamente 743 hectares. Neste mesmo ano, dados do CEASA - RJ informam que foram comercializados um total de aproximadamente 7,7 mil toneladas do tipo macarrão, tendo o Município de Campos dos Goytacazes, contribuído com 1,2 mil toneladas do produto comercializado. Tais informações demonstram a potencialidade de expansão de mercado para a cultura, principalmente para os pequenos produtores do Norte e Noroeste Fluminense.

No Estado do Rio de Janeiro, há maior cultivo das variedades de hábito indeterminado, por possibilitarem grande rendimento econômico, além de permitirem, quando adequadamente conduzidas, rotação de culturas em áreas já tradicionais no cultivo de tomate de mesa, tornando-se uma alternativa a mais na geração de empregos no meio rural e, por conseguinte, uma fonte de renda a mais aos produtores (Abreu et al., (2001)).

No Brasil, o consumo é de aproximadamente  $0,7 \text{ kg.pessoa}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , enquanto em alguns países como China e Turquia, alcança  $3,0$  e  $8,0 \text{ kg.pessoa}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , respectivamente (Janssen, (1992)). O maior consumo “per capita”, no Brasil, é de  $1,2 \text{ kg/pessoa/ano}$ , observado para o estado de Goiás (Peixoto et al., (1993)).

#### **4. Correlações entre caracteres**

##### **4.1. Correlações Fenotípicas, Genotípicas e de Ambiente**

O conhecimento da associação entre caracteres é de grande importância nos trabalhos de melhoramento, principalmente se a seleção em um deles apresenta dificuldades, em razão da baixa herdabilidade e, ou, tenha problemas de medição e identificação Cruz e Regazzi, (2001).

Existem três tipos de correlação, a fenotípica, a genotípica e a de ambiente. Para o melhorista de plantas, a mais importante delas é a correlação genética, pois esta envolve uma associação de natureza herdável. Se dois caracteres apresentam correlação genética favorável, é possível obter ganhos para um deles por meio da seleção indireta no outro associado. Em alguns casos a seleção indireta, com base na resposta correlacionada pode levar a processos mais rápidos do que a seleção direta do caráter desejado. Entretanto, se um caráter correlacionar-se negativamente



com alguns e positivamente com outros, deve-se tomar o cuidado de, ao selecionar esse, não provocar mudanças indesejáveis em outros.

O ambiente torna-se causa de correlações quando dois caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais. Valores negativos desta correlação indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro, e valores positivos indicam que os dois caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais.

De maneira geral, as correlações genéticas e ambientais apresentam o mesmo sinal, entretanto, nos casos em que isso não ocorre, há indicativo de que as causas da variação genética e ambiental influenciam os caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos (Falconer. (1996)).

#### **4.2. Análise de Trilha**

Com o objetivo de decompor as correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais nas suas relações de causas e efeitos, foram feitas análises de trilhas.

Os coeficientes de correlação, apesar de serem de grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências de fatores na determinação de caracteres complexos, não dão a exata importância relativa dos efeitos diretos e indiretos destes fatores. Estudo sobre o desdobramento do coeficiente de correlação são feitos pela análise de trilha, desenvolvida por Wright (1921) e (1923) e pormenorizada por Li (1975).

A análise de trilha (ou “path analysis”) consiste no estudo dos efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre a variável básica, cujas estimativas são obtidas por meio de equações de regressão, em que as variáveis são previamente padronizadas.

#### **4.3. Análise Multivariada**

Segundo Pereira, (1999), citado por Abreu, (2001) a aplicação de técnicas multivariadas permite quantificar a divergência genética existente na população, sendo um fator crucial para o desenvolvimento de programa de melhoramento genético, principalmente quando o objetivo é o aumento de produtividade.

A técnica de análise multivariada permite ao pesquisador combinar uma série de informações consideradas relevantes, permitindo realizar a seleção de genótipos mais promissores por meio da consideração da contribuição relativa das várias características para a variância total (Pereira, (1999)).

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1- Caracterização dos experimentos

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) iniciou um programa de melhoramento com feijão-de-vagem de hábito indeterminado, com o objetivo de selecionar genótipos produtivos e de qualidade comercial para o Norte e Noroeste Fluminense. O programa teve início com a caracterização e estudo da diversidade genética de 25 acessos do Banco de Germoplasma da UENF, de hábito indeterminado. A partir de então foram realizados o cruzamento entre cinco acessos divergentes e com características desejáveis, obtendo dez híbridos dialélicos. Foram realizadas seleções nas populações F<sub>2</sub>, em campo; avançando as gerações F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub> e F<sub>5</sub> pelo método SSD (“single seed descent” - descendente de uma única semente por planta), em casa de vegetação; abrindo e selecionando linhas em F<sub>6</sub>. Foram selecionadas 30 linhas promissoras desta geração F<sub>6</sub>.

O presente trabalho foi realizado em duas estações experimentais do convênio UENF/PESAGRO-RIO em Campos dos Goytacazes (RJ) e UENF/EAIBB – Escola Agrícola Idelfonso Bastos Borges em Bom Jesus do Itabapoana (RJ). Os tratamentos utilizados foram as 30 linhagens selecionadas de feijão-de-vagem, de hábito de crescimento indeterminado, do Programa de melhoramento da Universidade Estadual do Norte Fluminense, em andamento e para fins de comparação dos genótipos, em cada bloco foram incluídas as testemunhas “Top Seed Blue Line”, “Feltrin” e o Progenitor 19 (UENF 1445).

**Quadro 1.** Identificação dos 33 genótipos de feijão-de-vagem utilizados nos experimentos, sendo 30 linhas F<sub>7</sub> mais três testemunhas (um progenitor e duas variedades comerciais). Seqüência numérica: FAMÍLIA-LINHA-POPULAÇÃO

Genótipo	Identificação
1	PROGENITOR 19 (UENF 1445)
2	FELTRIN
3	TOP SEED Blue Line
4	UENF 7-3-1
5	UENF 7-4-1
6	UENF 7-5-1
7	UENF 7-6-1
8	UENF 7-7-1
9	UENF 7-9-1
10	UENF 7-1 0-1
11	UENF 7-12-1
12	UENF 7-14-1
13	UENF 7-20-1
14	UENF 7-28-1
15	UENF 9-1 -2
16	UENF 9-3-2
17	UENF 9-1-2
18	UENF 9-24-2
19	UENF 9-27-2
20	UENF 14-3-3
21	UENF 14-4-3
22	UENF 14-6-3
23	UENF 14-1 1-3
24	UENF 14-16-3
25	UENF 14-22-3
26	UENF 14-23-3
27	UENF 15-6-4
28	UENF 15-7-4
29	UENF 15-8-4
30	UENF 15-22-4
31	UENF 15-23-4
32	UENF 15-25-4
33	UENF 15-25-4

Os genótipos de 1 a 3 são variedades e os de 4 a 33 são linhagens.

Os experimentos foram conduzidos no período de março a agosto de 2008.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso com duas repetições, sendo avaliadas plantas individuais dentro de cada repetição (bloco). A parcela experimental era composta por 12 plantas, no espaçamento de 1,0 x 0,5 m e, as análises foram realizadas com base nas 10 plantas centrais da fileira, sendo as duas plantas das extremidades mantidas para a produção de sementes. Utilizou-se bordadura ao redor de cada unidade experimental.

A semeadura foi realizada em maio de 2008, colocando-se três sementes por cova, e cerca de 15 dias após a emergência, as plantas foram desbastadas mantendo-se uma planta por cova e tutoradas com bambu e arame. Durante a condução do experimento, foram efetuados os tratos culturais e fitossanitários recomendados para a cultura, segundo Filgueira (2000), bem como irrigação por aspersão. Realizaram-se colheitas de vagens para análises e avaliações durante o período de produção do experimento, que teve duração de aproximadamente 120 dias.

## **5.2. Características avaliadas**

Foram avaliadas as seguintes características, sendo que para todas elas, exceto para o teor de fibra na vagem (item g), foram avaliadas 10 plantas individualmente, por linha, em cada bloco. Para o teor de fibra, foi constituída uma amostra composta de cinco vagens, sendo uma de cada planta, escolhida aleatoriamente por linha, em cada bloco.

- a) Altura média da inserção da primeira vagem (APV) expressa em cm, obtida pela medição da distância do colo até a inserção da primeira vagem;
- b) Altura de plantas (ALT): medida da altura das plantas, correspondendo à distância do colo até o final da haste principal, na data da última colheita, expressa em centímetro;
- c) Número médio de vagens por planta (NMVP);
- d) Número médio de sementes por vagem (NS), obtido pela contagem do número de sementes em uma amostra de dez vagens por planta;

- e) Comprimento médio da vagem (CMV), expresso em cm, obtido pela quantificação do comprimento longitudinal de uma amostra de dez vagens por planta;
- f) Peso médio de vagens por planta (PMV), obtido pela razão entre o peso total de vagens e o número de plantas, expresso em g;
- g) Teor de fibra na vagem (FIB): obtido a partir de 10 g de vagens *in natura*, trituradas por três minutos em liquidificador; rotação média; em seguida, as amostras foram colocadas em peneiras de 30 mesh, lavadas em água corrente e, posteriormente, lavadas com acetona (100%) e secas em estufa a 105 °C por cerca de uma hora, procedendo-se em seguida à pesagem do material. Adaptado de Frank et al., (1961);
- h) Produtividade média de vagens (Kg.ha<sup>-1</sup> de vagens frescas);
- i) Produtividade de grãos (Kg.ha<sup>-1</sup> de grãos secos).

### 5.3. Análises estatísticas

As análises genético-estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa GENES Cruz, (2006). Foi utilizado o critério de Scott-Knott, em nível de significância de 5% de probabilidade, para comparar as médias entre as linhagens.

#### 5.3.1- Análises individuais

Inicialmente foram realizadas as análises estatísticas individuais para cada um dos locais onde os experimentos foram implantados. As análises de variâncias para cada experimento individual foram de acordo com o seguinte modelo matemático-estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = observação do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, g$ ), no bloco  $j$  ( $j=1, 2, \dots, b$ );

$\mu$  = média geral do experimento;

$G_i$  = efeito do  $i$ -ésimo genótipo ( $i = 1, 2, \dots, g$ );

$B_j$  = efeito do  $j$ -ésimo bloco ( $j= 1, 2, \dots, b$ );

$\varepsilon_{ij}$  = erro experimental associado à observação  $Y_{ij}$ .

O quadro da análise de variância, segundo esse modelo estatístico, será apresentado na tabela 1a.

**Tabela 1 a.** Esquema da análise de variância individual do modelo em Blocos Casualizados para o experimento de competição de linhagens de feijão-de-vagem, 2008.

Fontes de variação	de Graus de Liberdade	de Soma de Quadrados	de Quadrado Médio
Blocos	b-1	SQB	QMB
Genótipos	g-1	SQG	QMG
Resíduo	(b-1) (g-1)	SQR	QMR
Total	bg -1	SQT	

As esperanças dos quadrados médios para as fontes de variações descritas no modelo anterior são apresentadas na tabela 1b.

**Tabela 1 b.** Esperanças dos Quadrados Médios para as Fontes de Variação do modelo para a análise individual, em Blocos Casualizados, para o experimento de competição de linhagens de feijão-de-vagem, 2008.

Fontes de Variação	E (QM)
Blocos	$\sigma^2 + g \sigma_b^2$
Genótipos*	$\sigma^2 + b\Phi_g$
Resíduo	$\sigma^2$

\*Efeitos fixos de genótipos; efeitos aleatórios de blocos

### 5.3.2 – Análise de variância conjunta

Após as análises de variâncias individuais, realizou-se o agrupamento dos experimentos dos dois locais, para uma análise conjunta. Este agrupamento obedeceu ao critério onde a ordem de grandeza dos quadrados médios dos resíduos não ultrapassa a relação de 7:1, de acordo com Gomes, (2000) e Ribeiro Júnior, (2001).

O objetivo da análise de variância conjunta foi de avaliar a interação genótipo x ambiente, a qual é de grande importância no melhoramento, pois, no caso de sua

existência, há possibilidades de o melhor genótipo em um ambiente não o ser em outro. Este fato influencia o ganho de seleção e dificulta a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade.

As análises conjuntas foram realizadas conforme o modelo matemático-estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + B/A_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Em que:

$Y_{ijk}$  = observação do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, g$ ), no ambiente (local)  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, a$ ), e no bloco  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, r$ );

$\mu$  = média geral do experimento;

$G_i$  = efeito do  $i$ -ésimo genótipo ( $i = 1, 2, \dots, g$ );

$A_j$  = efeito do  $j$ -ésimo ambiente ou local ( $j = 1, 2, \dots, a$ );

$GA_{ij}$  = efeito da interação do  $i$ -ésimo genótipo com o  $j$ -ésimo ambiente (local);

$B/A_{jk}$  = efeito do  $k$ -ésimo bloco dentro do  $j$ -ésimo ambiente ( $k = 1, 2, \dots, r$ );

$\varepsilon_{ijk}$  = erro experimental associado à observação  $Y_{ijk}$ .

E o quadro da análise de variância, segundo esse modelo estatístico, foi o seguinte apresentado na tabela 2.

**Tabela 2.** Esquema da análise de variância conjunta do modelo em Blocos Casualizados, com interação de primeira ordem, para o experimento de competição de linhagens de feijão-de-vagem, 2008.

Fontes de variação	de Graus Liberdade	de Soma Quadrados	de Quadrado Médio
Blocos/Ambientes	$a(r-1)$	SQB	QMB
Ambientes (A)	$a-1$	SQA	QMA
Genótipos (G)	$g-1$	SQG	QMG
Interação G x A	$(a-1)(g-1)$	SQGA	QMGA
Resíduo Médio	$a(r-1)(g-1)$	SQR	QMR
Total	$agr-1$	SQT	

Considerando-se o genótipo um parâmetro de efeito fixo e os demais parâmetros de efeito aleatório, as esperanças dos quadrados médios para as fontes de variação no modelo da análise conjunta são apresentadas na tabela 4.



**Tabela 3.** Esquema dos Quadrados Médios para as Fontes de Variação do modelo para Análise Conjunta, em Blocos Casualizados, com interação de primeira ordem, no experimento de competição de linhagens de feijão-de-vagem, 2008.

Fontes de Variação	E(QM)
Blocos/Ambientes	$\sigma^2 + g \sigma_b^2$
Ambientes (A)	$\sigma^2 + g \sigma_b^2 + gr\sigma_a^2$
Genótipos (G)	$\sigma^2 + r\sigma_{ga}^2 + ar\Phi_g$
Interação G x A	$\sigma^2 + r\sigma_{ga}^2$
Resíduo	$\sigma^2$

$l = g/(g-1); \Phi_g = \sum G_i^2/(g-1)$

Conhecidas as esperanças dos quadrados médios, os componentes de variâncias associados aos efeitos aleatórios e os componentes quadráticos associados aos efeitos fixos, obtêm-se os seguintes estimadores:

$$\hat{\sigma}^2 = \text{QMR}$$

$$\hat{\sigma}_{ga}^2 = \frac{\text{QMGA} - \text{QMR}}{rl} = \frac{(0,2623 - 0,2112)}{(2 - 33/32)} = 0,0511/2,0625 = 0,02477$$

$$\hat{\sigma}_a^2 = \frac{\text{QMA} - \text{QMB}}{gr}$$

$$\hat{\Phi}_g = \frac{\text{QMG} - \text{QMGA}}{ar}$$

$$\hat{\sigma}_b^2 = \frac{\text{QMB} - \text{QMR}}{g}$$

Além da estimação dos componentes de variância ou componentes quadráticos, as expressões acima são de grande utilidade nos testes de significância, para indicar, para determinadas hipóteses, qual o denominador apropriado para o teste F.

A tabela 4 apresenta algumas hipóteses avaliadas com o teste F apropriado, com os seus respectivos graus de liberdade, considerando o esquema de análise de variância da tabela 3.

**Tabela 4** – Hipóteses estatísticas, estatística F apropriada e seus respectivos graus de liberdade, para o experimento de campo dos ensaios de competição de linhagens de feijão-de-vagem, 2008.

Hipóteses (H <sub>0</sub> )*	Estatística F	Graus de liberdade
H <sub>01</sub> : $\sigma_a^2 = 0$	F <sub>01</sub> = QMA/QMB	(a-1), a(r-1)
H <sub>02</sub> : G <sub>i</sub> = 0 para todo i	F <sub>02</sub> = QMG/QMGA	(g-1), (a-1)(g-1)
H <sub>03</sub> : $\sigma_{ga}^2 = 0$	F <sub>03</sub> = QMGA/QMR	(a-1)(g-1), a(r-1)(g-1)

(\*) no caso de H<sub>02</sub> a restrição  $\sum_i G_i = 0$  é parte integrante do modelo

## 5.4. Correlações entre caracteres

### 5.4.1. Coeficientes de correlações genóticas, fenotípicas e ambientais

Primeiramente, foram obtidos os produtos médios entre os vários caracteres analisados utilizando o método relatado por Kempthorne (1966). A partir destas análises, foram obtidas as estimativas da co-variância genotípica, fenotípica e ambiental entre os caracteres dois a dois e finalmente os coeficientes de correlação como segue:

Coeficiente de correlação genotípica ( $r_g$ ) -

$$r_g = \frac{C\hat{v}_g(X, Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_g^2(X) \cdot \hat{\sigma}_g^2(Y)}}$$

Coeficiente de correlação fenotípica ( $r_f$ ) -

$$r_f = \frac{C\hat{v}_f(X, Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_f^2(X) \cdot \hat{\sigma}_f^2(Y)}}$$

Coeficiente de correlação ambiental ( $r_a$ ) -

$$r_a = \frac{C\hat{v}_a(X, Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}^2(X) \cdot \hat{\sigma}^2(Y)}}$$

em que:

$C\hat{v}_g(X, Y)$ ,  $C\hat{v}_f(X, Y)$  e  $C\hat{v}_a(X, Y)$  = Estimadores da co-variância genotípica, fenotípica e ambiental, respectivamente, entre dois caracteres X e Y;

$\hat{\sigma}_g^2(X)$ ,  $\hat{\sigma}_f^2(X)$  e  $\hat{\sigma}^2(X)$  = Estimadores da variância genotípica, fenotípica e ambiental, respectivamente, do caráter X;

$\hat{\sigma}_g^2(Y)$ ,  $\hat{\sigma}_f^2(Y)$  e  $\hat{\sigma}^2(Y)$  = Estimadores da variância genotípica, fenotípica e ambiental, respectivamente, do caráter Y.

#### 5.4.2. Coeficientes de Trilha

As análises de trilha foram realizadas segundo o modelo proposto por Wright (1921) e (1923) e pormenorizada por Li (1975) e Cruz e Regazzi (1997). Os coeficientes de correlação genotípica e fenotípica foram desdobrados em efeitos diretos e indiretos sobre a produção por planta.

Para obtenção dos coeficientes de trilha foram considerados os seguintes princípios estatísticos: Sendo Y o caráter complexo, resultante da ação conjunta de outros caracteres estudados ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) então é possível estabelecer o modelo:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

Para a análise de trilha, os dados de cada caráter em estudo são padronizados, através da divisão de seu desvio em relação à média pelo seu respectivo desvio padrão, fazendo-se com que a variância dos caracteres padronizados seja igual à unidade e a média seja zero. Desse modo tem-se:

$$y = \frac{Y - \bar{Y}}{\hat{\sigma}_y}, \quad x_i = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\hat{\sigma}_{x_i}}, \quad u = \frac{\varepsilon}{\hat{\sigma}_y}, \quad p_\varepsilon = \frac{\hat{\sigma}_\varepsilon}{\hat{\sigma}_y} \quad \text{e} \quad p_i = \frac{\beta_i \hat{\sigma}_{x_i}}{\hat{\sigma}_y}$$

então:

$$y = p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n + p_\varepsilon u$$

Por este modelo estimam-se os efeitos diretos e indiretos dos caracteres explicativos sobre o caráter principal, considerando a produção por planta. Os coeficientes de trilha são estimados a partir do sistema de equações  $X'X\hat{\beta} = X'Y$ , sendo:

$$X'Y = \begin{bmatrix} r_{1y} \\ r_{2y} \\ \dots \\ r_{ny} \end{bmatrix}; \quad X'X = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{12} & 1 & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{1n} & r_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad \hat{\beta} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \dots \\ p_n \end{bmatrix}$$

Assim, tem-se:

$$r_{0i} = p_i + \sum_{j \neq i}^n p_j r_{ij} \quad \text{onde:}$$

$r_{0i}$  = correlação (fenotípica ou genotípica) entre o caráter principal e o i-ésimo caráter explicativo;

$p_i$  = efeito direto do caráter explicativo i sobre o principal;

$p_j r_{ij}$  = efeito indireto do caráter explicativo i, via caráter explicativo j, sobre o principal.

Neste trabalho, os coeficientes de trilha foram calculados com base tanto na matriz de correlações genotípicas quanto na matriz de correlações fenotípicas. Foram também calculados o coeficiente de determinação do diagrama de trilha ( $R^2$ ) e o efeito residual ( $\hat{p}_e$ ), com base nos seguintes estimadores:

$$R^2 = p_1 r_{1y} + p_2 r_{2y} + \dots + p_n r_{ny}$$

$$\hat{p}_e = \sqrt{1 - R^2}$$

Para evitar problemas de multicolinearidade nas matrizes de correlações utilizadas na análise de trilha, foi realizado o diagnóstico de multicolinearidade. Para quantificar o grau de multicolinearidade da matriz  $X'X$ , utilizada na análise de trilha foram utilizados os critérios indicados por Montgomery e Peck (1981), que se baseiam nos valores do determinante e do número de condição (NC = razão entre o maior e o menor autovalor) dessas matrizes. Para detectar e eliminar os caracteres que contribuíram para o aparecimento da multicolinearidade e de pouca importância na explicação do modelo foi feita a análise dos elementos dos autovetores associados aos autovalores das matrizes de correlações, descrita por Belsley et al. (1980).

*O diagnóstico de multicolinearidade, a análise de variância, a estimação dos parâmetros genéticos, correlações e análise de trilha* foram realizados com o auxílio do Aplicativo computacional GENES Cruz, (1997).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Caracteres biométricos e componentes da produção do feijão-de-vagem para o município de Bom Jesus do Itabapoana.

Verificou-se que houve efeito significativo de genótipos para todas as características avaliadas no experimento (Tabela 5). As três variáveis número médio de vagens por planta, altura de plantas e a produtividade de vagens em Kg por hectare foram significativas a 5% de probabilidade pelo teste F. As cinco demais foram altamente significativas (1% de probabilidade), indicando que existe variabilidade genética entre as linhagens de feijão-de-vagem em estudo.

**Tabela 5.** Quadrados médios da análise de variância para o efeito de genótipos para oito características avaliadas no experimento de competição de linhagens de feijão-de-vagem, Bom Jesus de Itabapoana, 2008.

Caráter	Média	Quadrado Médio	CV%
NMVP (n <sup>o</sup> )	50,98	188,6954*	17,73
APV (cm)	8,71	6,8005*	22,17
ALT (m)	2,41	0,1707**	6,32
PMV (g)	2,92	0,3575**	11,51
CMV (cm)	13,86	11,3729**	7,67
NMGV (n <sup>o</sup> )	7,33	1,0513**	6,79
ProdGrãos (Kg.ha <sup>-1</sup> )	1.898,85	303165,6**	18,77
ProdVag. (Kg.ha <sup>-1</sup> )	14.656,77	11743970,0*	17,66

\* , \*\*significativo a 5% e a 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

Número médio de vagens por planta (NMVP); altura média da inserção da primeira vagem (APV), em cm; altura da planta (ALT) em m; peso médio de vagens por planta (PMV) em gramas; comprimento médio da vagem (CMV), em cm e número médio de grãos por vagem (NMGV), produtividade de grãos ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ ) e produtividade de vagens ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ ).

A característica comprimento médio de vagens (CMV) apresentou maior variabilidade entre os genótipos, formando cinco classes diferentes, de acordo com o teste de Scott-Knott, seguida da característica altura de planta (ALT), que permitiu a formação de quatro classes distintas. As características peso médio de vagens (PMV) e número médio de grãos por vagem (NMGV) permitiram a formação de três classes e as características altura da primeira vagem (APV), produtividade de grãos (PrdGrãos) e produtividade de vagens (ProdVagens) formaram duas classes cada (tabela 6).

A característica altura da primeira vagem (APV) teria maior importância na cultura do feijão comum para a colheita mecanizada, o que não é interessante para o feijão-de-vagem de habito indeterminado por ser uma cultura onde visa o emprego da mão-de-obra familiar. Entretanto, é de interesse dos melhoristas selecionar genótipos que possuam mais alta altura de inserção das primeiras vagens, pois vagens baixas, devido ao contato com o solo podem ser facilmente deterioradas. As linhagens 7, 10, 6, 31, 12, 4, 27, 32, 28, 9 e 29 apresentaram médias mais altas para esta característica (tabela 6).

Os genótipos 13, 11, 3, 26, 2, 10, 25, 1, 9, 27, 33 e 28 foram os que apresentaram maiores alturas de planta. Vale a pena ressaltar que os genótipos 1, 2 e 3 são testemunhas, sendo o genótipo 1 um dos genitores e os genótipos 2 e 3 são variedades comerciais utilizadas para efeito de comparação com as linhagens em teste. Desta forma, estas linhagens citadas acima possuem altura semelhante às comerciais. A linhagem 17 foi a que apresentou menor altura de planta (1,47m), constituindo isoladamente uma classe. Os demais genótipos ficaram distribuídos nas duas classes intermediárias (Tabela 6).

Os resultados obtidos neste trabalho, para altura de plantas, variaram de 1,47 a 2,49m, podendo ser considerados como altos quando comparados com os encontrados por Abreu et al. (2004), que variaram de 0,79 a 1,83m. Os altos valores para as alturas de plantas podem ser explicados pelo ótimo

desenvolvimento da cultura devido às condições de solo, irrigação, e ao manejo da cultura.

Analisando a tabela 6, dentre as características relacionadas com a produção, uma das mais importantes para a separação das médias foi o NMVP. Para esta variável, o teste F da análise de variância detectou diferenças significativas entre as linhagens avaliadas no experimento, e o teste de Skott-knott formou três grupos, confirmando as diferenças, apresentando variabilidade de 31 a 79,6 vagens por planta, respectivamente, para as linhagens 30 e 25.

Abreu et al. (2004) estudando a diversidade genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado utilizando análise multivariada, encontraram que dentre as características avaliadas, o número médio de vagens por parcela foi a de maior contribuição relativa para o agrupamento dos acessos, sendo esta uma característica de grande importância nos estudos da diversidade genética.

**Tabela 6-** Valores Médios para cada uma das características morfoagronômicas, avaliados no experimento de competição de linhagens de feijão-de-vagem, em Bom Jesus de Itabapoana, 2008.

<b>Acessos</b>	<b>APV (cm)</b>	<b>ALT (m)</b>	<b>NMVP</b>	<b>PMV (g)</b>	<b>CMV (cm)</b>	<b>NMGV</b>	<b>Prod. Vagens (Kg/há)</b>	<b>Prod. Grãos (Kg/há)</b>
1	8,70 B	2,69 A	46,55 B	3,75 A	17,66 A	7,90 A	17.243 A	2.636,8A
2	8,10 B	2,70 A	61,00 A	2,80 C	13,42 C	6,85 B	17.066 A	1.593,0B
3	8,05 B	2,74 A	54,29 A	3,12 B	14,64 B	6,80 B	17.225 A	2.013,8B
4	10,60 A	2,44 B	43,55 C	3,20 B	14,73 B	8,10 A	13.844 B	1.512,4B
5	7,17 B	2,40 B	46,25 B	3,08 B	15,07 B	6,65 B	14.199 B	1.845,3B
6	11,87 A	2,46 B	62,25 A	3,16 B	15,30 B	7,70 A	19.699 A	2.341,6A
7	<b>13,10 A</b>	2,48 B	47,05 B	2,65 C	14,22 B	7,85 A	12.371 B	1.803,0B
8	9,10 B	2,18 C	36,65 C	3,78 A	16,15 B	8,40 A	13.739 B	1.756,6B
9	9,55 A	2,66 A	57,15 A	2,48 C	12,93 C	7,05 B	14.238 B	1.963,9B
10	12,35 A	2,70 A	46,25 B	3,53 A	<b>18,79 A</b>	8,10 A	16.403 A	2.067,3B
11	<b>5,38 B</b>	2,75 A	47,95 B	2,65 C	14,30 B	7,25 B	12.515 B	1.980,0B
12	10,70 A	2,27 C	46,75 B	2,57 C	13,87 C	7,20 B	12.052 B	1.683,6B
13	8,07 B	<b>2,79 A</b>	54,80 A	3,68 A	17,78 A	7,05 B	<b>20.052 A</b>	2.630,8A
14	6,90 B	2,44 B	42,60 C	3,11 B	15,31 B	7,45 A	13.040 B	1.419,3B
15	5,48 B	2,32 B	52,25 A	2,64 C	13,00 C	8,00 A	13.823 B	1.883,4B
16	6,80 B	2,14 C	52,85 A	2,42 C	11,71 D	7,30 B	12.814 B	1.814,5B
17	7,08 B	<b>1,47 D</b>	53,92 A	2,74 C	11,83 D	7,20 B	14.879 B	1.647,3B
18	8,17 B	2,19 C	51,48 A	2,57 C	13,54 C	7,45 A	13.244 B	1.598,1B
19	7,85 B	2,39 B	53,40 A	2,52C	11,93 D	7,30 B	13.469 B	1.750,6B
20	7,63 B	2,51 B	42,20 C	2,84 C	13,80 C	8,30 A	12.173 B	1.486,9B
21	8,70 B	2,48 B	48,1 B	<b>3,81 A</b>	12,26 D	7,45 A	14.220 B	1.526,7B
22	9,12 B	2,12 C	50,90 A	2,83 C	11,84 D	6,95 B	16.102 A	2.333,3A
23	8,40 B	2,51 B	53,20 A	2,53 C	13,78 C	7,35 B	11.900 B	1.635,6B
24	7,35 B	2,38 B	58,45 A	3,03 B	15,32 B	7,65 A	16.782 A	2.014,0A
25	8,00 B	2,69 A	<b>79,60 A</b>	2,41 C	<b>9,31 E</b>	<b>5,05 C</b>	19.135 A	2.222,3A
26	8,17 B	2,76 A	53,70 A	2,66 C	11,88 D	7,15 B	14.257 B	1.832,0B
27	10,45 A	2,60 A	47,70 B	3,04 B	14,54 B	7,60 A	14.491 B	2.027,9B
28	9,90 A	2,58 A	48,05 B	2,96 C	14,56 B	7,85 A	14.132 B	1.854,7B
29	9,50 A	2,04 C	77,05 A	<b>2,27 C</b>	11,59 D	6,55 B	17.416 A	2.533,7A
30	7,25 B	2,06 C	<b>31,00 C</b>	3,14 B	13,42 C	6,55 B	<b>9.742 B</b>	<b>910,6B</b>
31	10,90 A	2,16 C	50,85 A	3,17 B	15,15 B	<b>8,90 A</b>	15.873 A	<b>2.693,0A</b>
32	10,25 A	1,92 C	47,85 B	2,86 C	13,32 C	6,35 B	13.522 B	1.860,5B
33	6,80 B	2,59 A	47,65 B	2,52 C	10,53 E	6,50 B	12.017 B	1.700,8B

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo critério de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Número médio de vagens por planta (NMVP); altura de inserção da primeira vagem (APV) em cm; altura da planta (ALT) em m; peso médio das vagens (PMV)



em gramas; comprimento médio das vagens (CMV) em cm e número médio de grãos por vagem (NMGV), produtividade de grãos ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ ) e produtividade de vagens ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ )

Para o peso médio das vagens (PMV), os genótipos 21, 8, 1, 13 e 10 foram os que produziram vagens com maiores valores, sendo que os demais genótipos ficaram distribuídos em outras duas classes. O comprimento médio de vagens (CMV) teve as maiores médias nos genótipos 10, 13 e 1, com 18,79, 17,78 e 17,66cm, respectivamente. Os genótipos 25 e 33 apresentaram 10,53 e 9,31cm, respectivamente, sendo os de menores CMV. Os demais genótipos ficaram distribuídos nas três classes intermediárias.

O número médio de grão por vagem (NMGV) formou três classes, sendo os genótipos 31, 8, 20, 10, 4, 15, 1, 28, 7, 6, 24, 27, 21, 18 e 14 pertencentes à classe com maior NMGV; a linhagem 25 foi a que apresentou menor NMGV (5,05), formando isoladamente uma classe. Os demais genótipos constituíram a classe intermediária.

A produtividade do feijão-de-vagem foi avaliada considerando-se uma segunda alternativa para a comercialização da cultura, a produção de grãos. Apesar de esta cultura destinar-se à produção de vagens frescas para o mercado consumidor, outra possibilidade seria deixar a cultura no campo até a produção de grãos. Esta situação poderia ocorrer se o preço pago pelas vagens estivesse muito baixo no mercado, no momento da colheita, ou se o produtor tivesse escassez de mão-de-obra para colheita das vagens. Esta alternativa seria importante, pois seus grãos são de boa qualidade para o consumo e seria possível obter preços mais altos no mercado do que com o feijão comum.

Avaliando a produtividade de vagens (ProdVagens), os genótipos mais produtivos foram 13, 6, 25, 29, 1, 3, 2, 24, 10, 22 e 31, produzindo de 15.873 a 20.052  $\text{Kg.ha}^{-1}$  de vagens. Nota-se que dentre este grupo de 11 genótipos mais produtivos, incluindo-se as três testemunhas, existem oito linhagens promissoras que são tão produtivas quanto o material comercial disponível no mercado e que poderão ser disponibilizadas para os produtores com alternativa, uma vez que existem poucos materiais genotípicos disponíveis no mercado e com preço elevado. Os demais genótipos formaram o grupo de produtividade inferior.

Produtividades médias acima de 20  $\text{Mg.ha}^{-1}$  de vagens são consideradas altas para cultivares de feijão-de-vagem de hábito indeterminado (Oliveira et al.

(2003)), portanto, estes mesmos autores atingiram produtividades máximas de até 29 t.ha<sup>-1</sup> para esta cultura, no Estado da Paraíba. Peixoto et al. (2002) estudando a adaptabilidade e estabilidade de 15 genótipos de feijão-de-vagem de crescimento indeterminado, em oito ambientes, obtiveram produtividades de 8,09 Mg.ha<sup>-1</sup> (menor produtividade) até genótipos com 35,7 Mg.ha<sup>-1</sup> de vagens (maior produtividade). Estes resultados demonstram o potencial produtivo do feijão-de-vagem.

Para a produtividade de grãos (ProdGrãos), os genótipos 31, 1, 13, 29, 6, 22, 25 e 24 formaram a classe mais produtiva. Está incluído neste grupo o genótipo 1 que é um dos progenitores que deu origem às linhagens no programa de melhoramento. Assim, observa-se que este grupo é constituído por sete linhagens que foram mais produtivas do que as variedades comerciais (trat. 2 e 3), as quais, junto com os demais genótipos pertenceram ao grupo menos produtivo.

### **6.1.1 Correlações Fenotípicas e Genotípicas**

Os valores das estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson (fenotípicas e genotípicas) encontram-se na tabela 7. Os caracteres da planta e os componentes da produção estão inter-relacionados entre si e com a produtividade de vagens e/ou de grãos. Para a característica altura da primeira vagem (APV) não se observou correlação fenotípica significativa com nenhuma outra característica; entretanto, observou-se correlação genotípica significativa da APV com as produtividades de grãos e de vagens.

O número médio de vagens por planta (NMVP) foi a característica que correlacionou positiva e altamente significativa ( $P < 0,01$ ) com as produtividades de grãos e de vagens, tanto para as correlações fenotípicas quanto para as correlações genotípicas (tabela 7), mostrando ter influência marcante nos rendimentos de vagens e/ou de grãos, podendo o NMVP ser empregado como caráter auxiliar em programas de melhoramento genético que visam à obtenção de cultivares mais produtivos de feijão-de-vagem. Resultados semelhantes foram encontrados por Andrade (1999) e Oliveira et al. (2000) trabalhando com feijão-de-vagem de crescimento indeterminado e por Furtado et al., (2002), trabalhando com feijão comum.

Outra característica também importante foi o comprimento médio das vagens (CMV). Esta apresentou correlações genotípicas positivas e significativas ( $P < 0,05$ ) com as produtividades.

**Tabela 7** – Estimativas dos Coeficientes de Correlação Fenotípica (triângulo superior) e Correlação Genotípica (triângulo inferior) entre oito caracteres agronômicos, avaliados na cultura do feijão-de-vagem, em Bom Jesus de Itabapoana, 2008.

<b>Caracteres</b>	<b>Prod. Grãos</b>	<b>APV (cm)</b>	<b>AP (m)</b>	<b>NMVP (n<sup>o</sup>)</b>	<b>CMV (cm)</b>	<b>NMGV (n<sup>o</sup>)</b>	<b>PMV (g)</b>	<b>Prod. Vagens</b>
Prod.Grãos	-	0,26	0,18	0,54**	0,25	0,059	0,13	0,76**
APV (cm)	<b>0,54**</b>	-	0,04	0,007	0,33	0,30	0,21	0,21
AP (m)	<b>0,22</b>	<b>-0,03</b>	-	0,09	0,28	-0,02	0,17	0,25
NMVP (n <sup>o</sup> )	<b>0,49**</b>	<b>0,005</b>	<b>0,15</b>	-	-0,37*	-0,47**	-0,52**	0,65**
CMV (cm)	<b>0,43*</b>	<b>0,45**</b>	<b>0,29</b>	<b>-0,46**</b>	-	0,58**	0,72**	0,23
NMGV (n <sup>o</sup> )	<b>0,47**</b>	<b>0,59**</b>	<b>-0,02</b>	<b>-0,75**</b>	<b>0,68**</b>	-	0,43*	-0,14
PMV (g)	<b>0,35*</b>	<b>0,46**</b>	<b>0,16</b>	<b>-0,66**</b>	<b>0,43*</b>	<b>0,47**</b>	-	0,27
Prod.Vag.	<b>1,09**</b>	<b>0,59**</b>	<b>0,40*</b>	<b>0,56**</b>	<b>0,36*</b>	<b>-0,35</b>	<b>0,23</b>	-

\*\* \* Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste "t". As produtividades de vagens e de grãos estão expressas em Kg.ha<sup>-1</sup>

O conhecimento do inter-relacionamento entre caracteres é de grande importância no melhoramento de plantas. Correlações entre o rendimento de grãos e seus componentes primários têm sido objeto de estudo de vários trabalhos em diversas culturas Cruz et al. (2004).

Apesar da utilidade dessas estimativas no entendimento de um caráter complexo como o rendimento de grãos e/ou de vagens, elas não determinam a importância relativa das influências diretas e indiretas desses caracteres que compõem o rendimento. No presente trabalho verificam-se correlações positivas, negativas, significativas e não significativas entre os caracteres avaliados. A análise de trilha permitirá desdobrar tais coeficientes de correlação nos efeitos diretos e indiretos sobre uma variável básica (produtividade). Este desdobramento será útil para determinar a importância relativa de cada um deles sobre os rendimentos de vagens e/ou de grãos.

### 6.1.2 Análise de trilha

As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípicos decompostos em efeitos diretos e indiretos encontram-se na tabela 8.

**Tabela 8** – Estimativa dos efeitos fenotípicos diretos e indiretos dos componentes da produção (Altura da primeira vagem – APV; Altura da planta – AP; Comprimento médio de vagens – CMV; número médio de grão por vagem – NMGV; peso médio de vagem - PMV) sobre a produtividade de vagens e de grãos, para a cultura do feijão-de-vagem, Bom Jesus do Itabapoana, 2008.

Descrição dos Efeitos		Produtividades (Kg.ha <sup>-1</sup> )	
		Vagens	Grãos
Efeito direto de	<b>APV</b>	0,0106	0,0441
Efeito indireto	via NMVP	0,0069	-0,0001
	via AP	0,0003	-0,0007
	via PMV	0,1529	-0,0676
	via CMV	0,0063	0,0509
	via NMSV	-0,1010	0,0599
	via ProdGrãos	0,0391	-
	via Prod.Vagens	-	0,1782
Total		0,252	0,2645
Efeito direto de	<b>AP</b>	0,0086	-0,0191
Efeito indireto	via NMVP	0,0834	-0,0034
	via APV	0,0004	0,0016
	via PMV	0,1276	-0,0564
	via CMV	0,0054	0,0431
	via NMSV	0,0006	-0,0031
	via ProdGrãos	0,0269	-
	via Prod.Vagens	-	0,2196
Total		0,2529	0,1822
Efeito direto de	<b>NMVP</b>	0,9406	-0,0385
Efeito indireto	via APV	0,0001	0,0003
	via AP	0,0008	-0,0017
	via PMV	-0,3803	0,1680
	via CMV	-0,0071	-0,0573
	via NMGV	0,0172	-0,0943
	via ProdGrãos	0,0801	-
	via Prod.Vagens	-	0,5657
Total		0,6514	0,5423

Efeito direto de	<b>CMV</b>	0,0192	0,1538
Efeito indireto	via NMVP	-0,3502	0,0143
	via APV	0,0035	0,0146
	via AP	0,0024	-0,0054
	via PMV	0,5345	-0,2362
	via NMGV	-0,0213	0,1163
	via ProdGrãos	0,0374	-
	via Prod.Vagens	-	0,1958
Total		0,2255	0,2533
Efeito direto de	<b>NMGV</b>	-0,0367	0,2004
Efeito indireto	via NMVP	-0,4426	0,0181
	via APV	0,0032	0,0132
	via AP	-0,0001	0,0003
	via PMV	0,3138	-0,1387
	via CMV	0,0111	0,0893
	via ProdGrãos	0,0087	-
	via Prod.Vagens	-	-0,1237
Total		-0,1425	0,0589
Efeito direto de	<b>ProdGrãos</b>	0,1477	-
Efeito indireto	via NMVP	0,5101	-0,0251
	via APV	0,0028	0,0090
	via AP	0,0016	-0,0048
	via PMV	0,0994	-0,0893
	via CMV	0,0049	0,0347
	via NMGV	-0,0022	-0,0286
Efeito direto de	<b>Prod.Vagens</b>	-	0,8684
Total		0,7643	0,7643
	Coeficiente de Determinação ( $R^2$ )	0,9417	0,6579
	Efeito da variável Residual ( $\rho_\varepsilon$ )	0,2415	0,5849

Observa-se que as características altura da primeira vagem (APV) e altura de planta (ALT) foram as menos importantes na análise de trilha porque apresentaram baixos efeitos diretos sobre os rendimentos do feijão-de-vagem e também baixos efeitos indiretos via outras características, sendo que todos estes efeitos foram menores que o efeito da variável residual.

A característica número médio de vagens por planta (NMVP) foi a que apresentou maior efeito fenotípico direto sobre a produtividade de vagens frescas (0,9406), tabela 8, e também maior efeito genotípico direto sobre o rendimento de vagens (1,2308 – aproximadamente 1,00), valores estes superiores ao das correlações simples encontradas na tabela 7.

O NMVP apresentou correlações genotípicas significativas e altos valores de correlação genotípica direta com a produtividade de vagens, por isso esta característica pode ser considerada a melhor característica, dentre as estudadas, para auxiliar no melhoramento genético do feijão-de-vagem para obtenção de cultivares mais produtivos. Resultados semelhantes foram encontrados por Furtado et al. (2002) trabalhando com análise de trilha no rendimento do feijoeiro comum em consórcio com milho e em mono cultivo. Estes autores estudaram a influência de três variáveis explicativas sobre o rendimento do feijão (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso médio de grãos) e a única variável que apresentou boa combinação de coeficiente de trilha e correlação, ambos altos, tanto no mono cultivo quanto no consórcio, foi o número de vagem por planta.

O comprimento médio das vagens (CMV) deverá receber atenção especial do melhorista, pois seus efeitos (fenotípicos e genotípicos) diretos sobre a produtividade de vagem e de grãos foram baixos. Entretanto, houve forte efeito indireto desta característica sobre a produtividade do feijão-de-vagem, via peso médio das vagens (PMV). O mesmo ocorreu com a característica número médio de grãos por vagem (NMGV), com forte efeito indireto na produtividade via número médio de vagens por planta (NMVP), bem maiores que a variável residual.

As produtividades de vagens e de grãos tiveram alto grau de correlação simples (de Pearson) (tabela 7), entretanto, no desdobramento da mesma, a produtividade de vagens exerceu alto efeito direto sobre a produtividade de grãos, mas a recíproca não foi verdadeira (tabelas 8 e 9).

**Tabela 9** – Estimativa dos efeitos genotípicos diretos e indiretos dos componentes da produção (Altura da primeira vagem – APV; Altura da planta – AP; Comprimento médio de vagens – CMV; número médio de grão por vagem – NMGV; peso médio de vagem - PMV) sobre a produtividade de vagens e de grãos, para a cultura do feijão-de-vagem, Bom Jesus do Itabapoana, 2008.

Descrição dos Efeitos		Produtividades (Kg.ha <sup>-1</sup> )	
		Vagens	Grãos
Efeito direto de	<b>APV</b>	-0,060	0,5360
Efeito indireto	via NMVP	0,0055	-0,0096
	via AP	-0,0022	0,0044
	via PMV	0,5027	-1,0372
	via CMV	-0,1112	0,4981
	via NMSV	-0,0005	0,5223
	via ProdGrãos	0,0469	-
	via Prod.Vagens	-	1,0724
Total		0,5908	0,5418
Efeito direto de	<b>AP</b>	-0,069	-0,1363
Efeito indireto	via NMVP	0,187	-0,3261
	via APV	0,002	-0,1742
	via PMV	0,171	-0,3524
	via CMV	-0,071	0,3196
	via NMSV	-0,0005	0,0020
	via ProdGrãos	0,047	-
	via Prod.Vagens	-	0,7343
Total		0,4545	0,2237
Efeito direto de	<b>NMVP</b>	1,2308	0,1566
Efeito indireto	via APV	-0,0003	0,0031
	via AP	0,0105	-0,0027
	via PMV	-0,7198	0,2881
	via CMV	0,1147	-0,4929
	via NMSV	-0,1816	0,5421
	via ProdGrãos	0,1037	-
	via Prod.Vagens	-	1,0133
Total		0,5582	0,4943

Efeito direto de	<b>CMV</b>	-0,2474	1,1074
Efeito indireto	via NMVP	-0,5707	0,9908
	via APV	-0,0271	0,2411
	via AP	0,0199	-0,0394
	via PMV	0,9344	-1,9274
	via NMGV	0,1649	-0,6039
	via ProdGrãos	0,0899	-
	via Prod.Vagens	-	0,6606
Total		0,3639	0,4290
Efeito direto de	<b>NMGV</b>	0,2428	-0,8891
Efeito indireto	via NMVP	-0,9204	1,5978
	via APV	-0,0354	0,3149
	via AP	-0,0001	0,0003
	via PMV	0,5143	-1,0609
	via CMV	-0,1680	0,7522
	via ProdGrãos	0,0166	-
	via Prod.Vagens	-	-0,6361
Total		-0,3504	0,0792
Efeito direto de	<b>ProdGrãos</b>	0,2098	-
Efeito indireto	via NMVP	0,6084	-1,1927
	via APV	-0,0327	0,3166
	via AP	0,1542	-0,0552
	via PMV	0,3811	-0,5030
	via CMV	-0,1061	0,4030
	via NMGV	0,0192	0,3116
Efeito direto de	<b>Prod.Vagens</b>	-	1,8152
Total		1,09	1,0953
Coeficiente de Determinação ( $R^2$ )		0,9778	0,8103
Efeito da variável Residual ( $\rho_\epsilon$ )		0,1488	0,4355



### 6.1.3 CONCLUSÃO

Os genótipos mais produtivos foram: 13, 6, 25, 29, 1, 3, 2, 24, 10, 22 e 31, produzindo de 20.052 a 15.873 Kg.ha<sup>-1</sup> de vagens. Dentre os quais estão oito linhagens promissoras.

As linhagens: 31, 13, 29, 6, 22, 25 e 24 formaram a classe mais produtiva juntamente com o genótipo 1 (progenitor). Estes oito genótipos foram melhores também para produção de grãos.

Os genótipos relacionados também foram superiores para a maioria das características avaliadas da planta e dos componentes da produção.

A característica mais correlacionada com os rendimentos de vagens e de grãos foi número médio de vagens por planta (NMVP) seguido do comprimento médio das vagens (CMV). O NMVP pode ser empregado como caráter auxiliar em programas de melhoramento genético que visam à obtenção de cultivares mais produtivos de feijão-de-vagem.

Pela análise de trilha, a característica número médio de vagens por planta (NMVP) foi a que apresentou maiores efeitos diretos com a produtividade de vagens, além de altos valores de correlações genotípicas, confirmando sua adequabilidade para ser utilizada em programas de melhoramento do feijão-de-vagem.

## 7. Interação genótipo x ambiente para a característica teor de fibras nas vagens.

Foram feitas análises de variância individuais para cada local (Bom Jesus do Itabapoana e Campos dos Goytacazes), apresentadas nas tabelas 10 e 11, a seguir.

**Tabela 10.** Análise de variância individual para o teor de fibras nas vagens em (%), do experimento de competição de linhagens de feijão-de-vagem, instalado no município de Campos dos Goytacazes – RJ, 2008.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio
Blocos	1	0,0157 <sup>ns</sup>
Linhagens (Genótipos)	32	0,4513 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	0,2693
Total	63	

<sup>ns</sup> Não Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Média geral = 0,6957; CV(%) = 74,5

**Tabela 11.** Análise de variância individual para o teor de fibras nas vagens em (%), do experimento de competição de linhagens de feijão-de-vagem, instalado no município de Bom Jesus do Itabapoana – RJ, 2008.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio
Blocos	1	0,0139 <sup>ns</sup>
Linhagens (Genótipos)	32	0,2158 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	0,1597
Total	63	

<sup>ns</sup> Não Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Média geral = 0,7739; CV(%) = 51,64

Observando as tabelas 10 e 11, verifica-se a não existência de diferenças significativas entre os genótipos avaliados, para o teor de fibras nas vagens, tanto para o experimento conduzido em Campos dos Goytacazes quanto para o experimento de Bom Jesus do Itabapoana. Isto indica que não há diferenças nas percentagens de fibras nas vagens dos 33 genótipos avaliados nos ensaios de

competição. Estes resultados também são um indício da não interação genótipo x ambiente para esta característica analisada. Fato que deverá ser confirmado no estudo da interação G x A na análise conjunta.

Pela análise das tabelas 10 e 11, pode-se calcular a razão entre o maior e o menor Quadrado Médio do Resíduo (QMR), a qual foi igual a 1,69 (menor que 7,0), logo, procedeu-se à Análise de Variância Conjunta para ambos os ambientes.

Na ANOVA Conjunta para o teor de fibra das vagens, não se detectou interação genótipo e ambiente, ou seja, as linhagens não sofreram influência do ambiente para o teor de fibras (Tabela 12), mostrando ser uma característica bastante estável. Isto significa que se pode optar pelos resultados análise de variância conjunta, ou seja, discutir os experimentos conjuntamente. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Rodrigues et al.(1998); Carvalho et al. (1999); Mariguele et al. (2008).

**Tabela 12.** Análise de variância conjunta da interação Genótipo x Ambiente para o teor de fibras nas vagens em (%), nos ensaios de competição de linhagens promissoras de feijão-de-vagem, 2008.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio
Blocos/Local	2	0,0149 <sup>ns</sup>
Linhagens (genótipos)	32	0,4049*
Local	1	0,2017 <sup>ns</sup>
Local x Linhagens	32	0,2623 <sup>ns</sup>
Resíduo	64	0,2112
Total	131	

\*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ns: não significativo.

Média Geral = 0,7348; CV (%) = 51,64

Analisando conjuntamente os dados, verifica-se que houve efeito significativo de genótipo, existe diferença significativa detectada pelo teste F, para o teor de fibras nas vagens entre os genótipos avaliados, ou seja, pelo menos um contraste de médias de genótipo difere de zero, em outras palavras, pelo menos uma média de genótipo difere das demais.

A interação genótipo x local (ambiente) não foi significativa indicando a estabilidade desta característica. Brandão (2001) afirma ser o teor de fibra na vagem afetado muito mais pelo ponto de colheita (época de colheita das vagens) do

que entre as épocas de cultivo, sendo que a melhor época de colheita foi aos 25 dias após a antese.

**Tabela 13** – Parâmetros genéticos estimados com base na análise de variância conjunta, do experimento de competição de linhagens do feijão-de-vagem, 2008.

Estimador do Parâmetro	Valor estimado
Variância residual ( $\sigma^2$ )	0,2112
Variância da interação GxA ( $\sigma^2_{ga}$ )	0,0247
Variância ambiental (local) ( $\sigma^2_a$ )	0,0029
Variabilidade do conjunto de genótipos ( $\sigma^2_g$ )	0,0356

Na tabela 13, observam-se as estimativas dos componentes de variâncias associados aos parâmetros do modelo estatístico da análise conjunta dos experimentos. As análises das tabelas 12 e 13 evidenciam efeito não significativo da interação GXA, que traduz a existência de um mesmo comportamento dos genótipos frente aos ambientes (locais) avaliados. Verifica-se efeito significativo somente para genótipos e não significativo para ambiente e para a interação GXA (tabela 12) e baixas magnitudes das estimativas das variâncias de ambiente e da interação GXA e maior valor de  $\sigma^2_g$  (tabela 13).

Uma possível explicação para o elevado valor da estimativa da variância residual encontrados na tabela 9 pode ser devido ao fato de esta característica ser mais influenciada pelo ponto de colheita das vagens dos que dos próprios genótipos ou dos locais. Este mesmo raciocínio foi considerado por Brandão (2001) estudando a relação entre o teor de fibras e épocas de colheita, em feijão-de-vagem.

Com base no critério de agrupamento de médias (obtidos de dois locais) de Scott-Knott (Tabela 14), observou-se a formação de três grupos, sendo um deles formado por duas Linhagens (22 e 31) com os maiores teores de fibra 1,84 e 1,47%, respectivamente. O grupo intermediário reuniu quatro linhagens (26, 23, 25 e 27) com os seguintes teores de fibras, respectivamente 1,14; 1,14 ; 1,07 e 1,06%. Os demais 27 genótipos foram agrupados no terceiro grupo com os menores teores de fibras em suas vagens frescas. Com isso, pode-se dizer que o teor de fibras nestas

linhagens foi mais afetado pelas características de precocidade das mesmas do que pelos ambientes onde foram cultivadas (Tabela 14).

Analisando-se a magnitude destes valores (teores de fibras nas vagens frescas) e considerando a metodologia de extração de fibras onde se emprega a acetona para extração, apesar de o teste de Scott-Knott ter formado três grupos distintos, apenas as linhagens 22 e 31 pertencem ao primeiro grupo, com valores de fibras mais altos em relação ao material testado, pode ser considerada por possuir alto teor de fibra sendo de pior qualidade para o consumo in natura, pois, de acordo com Peixoto (1993) o teor de fibras estabelecido para a espécie está entre 0,70 a 1,70%. Outros autores também encontraram teores de fibras nesta fabácea dentro destes padrões (Araújo, 2000; Oliveira et al. 2001; Oliveira et al, 2003), conforme estabelecido por Peixoto et al. (1993). Abreu et al. (2004), encontraram teores de fibras nas vagens frescas no feijão-de-vagem abaixo de 0,7%.

Entretanto, na literatura existem resultados cujos teores de fibras nas vagens de feijão-de-vagem são bem mais elevados, dependendo da metodologia de extração empregada e do ponto de colheita das vagens. Oliveira et al., 2001 encontraram teores da ordem de 20% de fibra bruta em vagens secas de feijão-de-vagem. Mariguele et al. (2008) estudando o controle genético da qualidade da vagem em cruzamento de feijão-de-vagem com feijão comum obtiveram teor médio de fibra nas vagens frescas de 4,78%. Entretanto, estes autores fizeram as extrações das fibras somente triturando as vagens em liquidificador sem a adição de acetona, somente com água.

A magnitude dos resultados de teores de fibras em feijão-de-vagem encontrados na literatura depende muito da metodologia empregada na extração das fibras. Em metodologia que utiliza somente água e não a acetona no processo de extração das fibras os resultados são muito diferentes, bem como quando se expressa o teor de fibra em relação à matéria fresca ou à matéria seca das vagens. Portanto, deve-se ter o cuidado na comparação dos resultados obtidos com os da literatura, não podendo ser feitas comparações sem antes observar os detalhes da metodologia empregada na extração e como os teores de fibras (percentagem relativa) estão sendo expressos ou se os resultados expressam o teor de fibra bruta ou de fibras solúveis.

As fibras são carboidratos complexos (Matos e Martins, 2000), classificadas como solúveis e insolúveis. As fibras solúveis são representadas pela pectina

(frutas) e pelas gomas (leguminosas, aveia, cereais), enquanto as fibras insolúveis são representadas pela celulose, hemicelulose e lignina. A fibra bruta tem designação originada de um método analítico, representando apenas uma fração das fibras totais dos alimentos, fração esta que resiste à digestão “in vitro” por ácidos e álcalis. Os valores das fibras brutas não devem expressar a quantidade de fibras de um alimento (Oliveira et al. (2001)).

**Tabela 14.** Teores médios de fibras nas vagens frescas das linhagens de feijão-de-vagem, avaliadas nos experimentos de competição, em dois locais, em 2008.

<b>Linhagem</b>	<b>Teor médio de Fibras (%)</b>	<b>Linhagem</b>	<b>Teor médio de Fibras (%)</b>
22	1,84 a	14	0,63 c
31	1,47 a	<b>3</b>	<b>0,63 c</b>
26	1,14 b	<b>1</b>	<b>0,62 c</b>
23	1,14 b	4	0,61 c
25	1,07 b	16	0,59 c
27	1,06 b	17	0,59 c
33	0,92 c	20	0,51 c
29	0,84 c	8	0,56 c
15	0,77 c	19	0,52 c
10	0,75 c	7	0,51 c
18	0,74 c	<b>2</b>	<b>0,51 c</b>
28	0,74 c	6	0,49 c
24	0,74 c	12	0,46 c
21	0,74 c	32	0,43 c
11	0,67 c	5	0,35 c
13	0,66 c	30	0,31c
9	0,65 c	-	-

Médias seguidas de mesmas letras, pertencem a um mesmo grupo pelo critério de agrupamentos de Scott-Knott, a 10% de probabilidade.

No presente trabalho, as linhagens 6, 12, 32, 5 e 30 apresentaram teores de fibras nas vagens frescas inferiores aos das três testemunhas (comerciais), indicando que dentre as linhagens avaliadas existem materiais genotípicos que responderiam a seleção para baixo teor de fibra. Dentre as demais linhagens, 24 delas foram estatisticamente semelhantes às testemunhas comerciais, indicando ser bons materiais para o consumo e que o teor de fibra não afetaria sua qualidade para os consumidores, portanto, poderiam ser recomendadas para os produtores de feijão-de-vagem, para o plantio com a finalidade de se consumir as vagens, pois os teores de fibras estão dentro do desejado.

## 7.1. Conclusões

Não houve interação Genótipo x Ambiente (local) para o caráter teor de fibra nas vagens frescas, indicando ser esta característica bastante estável aos ambientes estudados.

Houve diferença significativa entre os genótipos avaliados e o teste de Scott-Knott formou três grupos quanto ao teor de fibras nas vagens.

As linhagens 22 e 31 foram as que apresentaram maiores teores de fibras nas vagens de 1,84 e 1,47%, respectivamente. O grupo intermediário foi constituído por quatro linhagens (26, 23, 25 e 27) com os seguintes teores de fibras nas vagens frescas, respectivamente 1,14; 1,14; 1,07 e 1,06%. Os demais 27 genótipos não diferiram entre si para esta característica, e entre as três testemunhas comerciais, indicando que estes genótipos podem ser considerados bons para o consumo in natura das vagens.

As estimativas dos parâmetros genéticos avaliados, juntamente com as análises de variâncias, permitem concluir que o controle genético desta característica é pouco influenciado pelo ambiente devido ao baixo valor da variância ambiental (efeito de local não significativo). Com base na estimativa da variância genotípica, e o efeito significativo de genótipos na ANOVA, permitem prever a obtenção de ganhos com a seleção para reduzir o teor de fibras nas vagens frescas do feijão-de-vagem.

É possível se fazer seleção para o teor de fibra na vagem nos genótipos estudados.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aberu, F. B. (2001) Aplicação de técnicas de análises multivariada em acessos de feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de crescimento indeterminado do banco de germoplasma da UENF. Tese (Mestrado – Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 69p.
- Abreu, F. B.; Leal, N. R.; Rodrigues, R.; Amaral Júnior, A. T.; Silva, D. J. H. (2004) Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de hábito de crescimento indeterminado. Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.3. jul-set. p.547–552.
- Araújo, J. S. Produção e qualidade do feijão-de-vagem adubado com esterco suíno e fertilizante mineral. (2000). 74p. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal). Universidade Federal da Paraíba. Areia.
- Andrade, A. C. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-vagem, nas condições de Areia-PB. 1999. 25p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Paraíba. Areia, PB.

- Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro (1998) Rio de Janeiro: Centro de Informações e Dado do Rio de Janeiro, v. 15, Cap. 22. p. 322 – 328.
- Barbé, T. da C. (2008) Estimativas de divergência genética entre linhas de feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio de análise multivariada e associação com a genealogia – Campos dos Goytacazes, RJ – UENF. (Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal).
- Belsley, D. A., Kuh, E., Welch, R.E. Regression diagnostics: identifying data and sources of collinearity. New York: John Wiley & Sons, 1980. 292p.
- Brandão, R. A. P. Avaliação da qualidade das vagens e sementes de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L) cvs. UEL-1 e AG-274, em função da idade e da época de cultivo. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. *Orientador*: João Carlos Athanázio.
- Calbo, C. A. (2002) Feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos-colheita/feijão.htm> Acesso em: mar. 2008
- Castellane, P. D.; Carvalho, N. M. (1988) Feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.): Cultivo e produção de sementes. Jaboticabal, FUNEP/FCAV – UNESP. 60p.
- CEASA – RJ – Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro S/A: <http://www.ceasa.rj.gov.br/consultas/2006/consultas.html> em março de 2008
- Cruz, C. D. (1990) Aplicação de técnicas multivariada no melhoramento de plantas. Tese (Doutorado em Agronomia) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, 188 p.
- Cruz, C. D. Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 1997. 442p.
- Cruz, C. D. & Regazzi, A .J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2.ed.rev.Viçosa: UFV, 2001. 390p.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2004). Modelos Biométricos aplicados ao Melhoramento Genético. Viçosa: Ed. UFV, 480p.

- Debouuck, D. (1993) Systematics and morphology. In: Schoonhoven, A.V.; Voyesest, O. (eds). Common beans: research for crop improvement. Cali: CIAT. p. 55-118.
- EMBRAPA (2006)– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Agência de Informações da Embrapa Grãos: <http://embrapa.br> em março de 2008
- Falconer, D. S.; Mackay, T. F. C. (1996) Introduction to quantitative genetics. 4 ed Harlow: Longman, 464p.
- Filgueira, F. A.R. (1981) Manual de Olericultura: Cultura e Comercialização de Hortaliças. 3ª ed. Editora Agronômica Ceres. p. 253 – 262 São Paulo.
- Filgueira, F. A.R. (2000) Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa – UFV. 402 p.: il
- Frank, T.; Anhder, G. I.; Carter, W. B. (1961) Testing snap beans for fiber content. Keystone Seeds, St. Louis, 8p.
- Furtado, M. R.; Cruz, C. D.; Cardoso, A. A.; Coelho, A. D. F.; Peternelli, L. A. Análise de trilha do rendimento do feijoeiro e seus componentes primaries em monocultivo e em consórcio com a cultura do milho. Ciência Rural, Sata Maria, v.32, n.2, 2002, p.217- 220.
- Gepts, P.; Debouck, D. (1993) Origin, domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Schoonhoven, A.V.; Voyesest, ° (eds). Common beans: research for crop improvement. Cali: CIAT. p. 7 – 53.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Censo agropecuário / 2006. SIDRA – SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA (2002). Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br> acesso em: abril 2008.
- Jansen, W. (1992) Snap bean consumption in less developed countries. Snap beans in the developing world. Proceedings of an International Conference. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, p. 47 – 63.
- Kemphorne, O. An introduction to the genetic statistics. New York: John Willey,.1966. 545p.
- Leal, N. R. (1990) Andra: Nova cultivar de feijão-de-vagem. Horticultura Brasileira; Brasília, 8 (1), p. 29.

- Leal, N. R.; BLISS, F. (1990) Alessa: Nova cultivar de feijão-de-vagem. Horticultura Brasileira; Brasília, 8 (1), p. 29 – 30.
- Li, C. C. Path analysis – a primer. Boxwood: Pacific Grove, 1975. 346p.
- Maluf, W.R.;Barbosa, M.L.; Resende, M. R. R.; Costa, H. S. C. (2002) A Cultura do feijão-de-vagem. In: Boletim técnico de hortaliças nº 65. Disponível em: <http://www.ufra.br/wrmaluf/bth065/bth065.html> Acesso em: mar. 2008.
- Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro - Helvécio De-Polli, et al. ed. Universidade Rural, Ciências Agrárias, n. 2 ano: 1988.
- Mariguele, K. H.; Maluf, W. R.; Gomes, L. A. A.; Lopes, M. J. C.; Melo, O. D. Controle genético da qualidade da vagem em cruzamento de feijão-vagem e feijão comum. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.43, n.1, p.47-52, jan. 2008.
- Melo, P. C. T. (2006) panorama atual da cadeia de produção de hortaliças no Brasil. 6ª Reunião Ordinária da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Hortaliças – CNPA /Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, Brasília, DF.
- Montgomery, D.C., Peck, E.A. Introduction to linear regression analysis. New York: John Wiley & Sons, 1981. 504p.
- OCA, G. M. (1987) Mejoramiento genético de la habichuela em el CIAT y resultados de viveros internacionales. El mejoramiento genético de la habichuela em America Latina. Memorias de un taller. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 60 – 72.
- Oliveira, A. P. de; Sobrinho, J. T., Souza, A. P. de (2003) Característica e rendimento do feijão-vagem em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio. Ciência e Agrotecnologia, V.37, n.3, p.714-720.
- Oliveira, A. P de.; Andrade, C. A.; Tavares Sobrinho, J.; Peixoto, N. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-vagem de crescimento indeterminado, nas condições de Areia-PB. Horticultura Brasileira. Brasília, v.18, p. 642-643, 2000.
- Oliveira, F. J.; Bastos, G. Q.; Carneiro, F. W. O. (2001) Teor de fibra em genótipos de feijão-vagem. Ver. Ecosystema, v. 26, n.1, jan-jul. p.65-67.

- Oliveira, A. P. de; Peixoto, N.; Valadares, W. A.; Tavares Sobrinho, J.; Alves, J. U.; Bruno, G. B.; Alves, E. U. Avaliação de linhagens e cultivares arbustivas de feijão-vagem nas condições de Areia-PB. *Agropecuária Técnica*, v. 22 n.1/2, p. 21-25, 2001.
- Peixoto, N.; Braz, L. T.; Banzatto, D. A.; Oliveira, A. P. (2002) Adaptabilidade e estabilidade em feijão de vagem de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 20 (4): 616 – 618.
- Peixoto, N., Silva, L. O., Thung, M. D. T., Santos, G. (1993) Produção de sementes de linhagens e cultivares arbustivas de feijão-de-vagem em Anápolis – GO. *Horticultura Brasileira*. 11 (2), p. 151 - 152.
- Pereira, J. J. (1999) Análises de Agrupamento e discriminante no melhoramento genético – aplicação na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). Tese de Doutorado Viçosa, MG: UFV. 191 p.
- Rao, A. V.; Prasad, A. S. R.; Sai Krishna, T. ; Sechu, D. V.; Srinivasan, T. E. (1981) Genetic divergence among some brown planthopper resistant rice varieties. *The Indian Journal of Genetic Plant Breeding*. New York, 41 (2) : 179 – 185.
- Rodrigues, R. (1997) Análise genética da resistência ao cretamento bacteriano comum e outras características agronômicas em *Phaseolus vulgaris* L. Campos dos Goytacazes, RJ: UENF. 103p. (Tese de Doutorado em Produção Vegetal)
- RURALNET (2002) – Informações referentes à cultura do feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). Disponível em: <http://www.ruralnet.com.br/hortalicas/feijaovagem.asp>. Acesso em: abr. 2008
- Santos, F. F.; Matos, M. J. L. F.; Melo, M. F.; Lana, M. M.; Luengo, R. F. A.; Tavares, S. A. (2002) feijão de vagem: disponível em <http://www.emater.df.gov.br> acesso em novembro de 2008.
- Santos, J. B. dos; Gavilanes, M. L. (1998) Botânica. In: Vieira, C.; Paula Júnior, T. J.; Borém, A. eds. Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais. Viçosa: UFV, p. 55 – 82.
- Santos, M. L.; Braga, M. J. (1998) Aspectos econômicos. In: Vieira, C.; de Paula Júnior, T. J.; Borém, A. Feijão: aspectos gerais da cultura no Estado de Minas Gerais. Viçosa: UFV. P. 19 – 53

- Silva, M. P.; Amaral Júnior, A.T.:(2003). Identificação de genitores superiores e herança de características morfoagronômicas em feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). Campos dos Goytacazes, RJ: UENF. 113f. (Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2003. Bibliografia: f. 107 – 113.
- Silva, M. P.; Amaral Júnior, A. T.; Rodrigues, R.; Daher, R. F.; Leal, N. R.; Schuelter, A. R. (2004) análise dialélica da capacidade combinatória em feijão de vagem. Horticultura Brasileira, Brasília, 22 (2): 277 – 280.
- Sudré, C. P.; Rodrigues, R.; Silva, M. P.; Riva, E. M.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, T. N. S. (2006) Variáveis multicategóricas na determinação da divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. Horticultura Brasileira, Brasília, 24 (1): 88 – 93.
- Vieira, C., Paula, J. T.J. De, Borém, A. (1998). Feijão: aspectos gerais da cultura no Estado de Minas Gerais. Viçosa: Imprensa Universitária, 569 p.:il.
- Vieira, C.; Paula Júnior., T. J.; Borém, A. (eds.) (2006) Feijão: aspectos gerais da cultura no Estado de Minas Gerais. 2. ed. Viçosa: UFV, 600p.
- Vieira, C. (1967) O feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento. Viçosa: Universidade Rural do Estado de Minas Gerais. 486 p.
- Vilela, F. O.; Amaral-Júnior, A. T. (2008): Melhoramento Genético de Feijão-de-Vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) Avanço de Gerações via SSD, uso de Índices de Seleções Estatísticas  $P_1$  na identificação de Genótipos Superiores. Campos dos Goytacazes, RJ: UENF. 145 f. (Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)
- WRIGHT, S. Correlation and causation. Journal of Agricultural Research, Washington, v.20, n.7, p.557-585, 1921.
- WRIGHT, S. Theory of path coefficients. Genetics, New York,v.8, p.239-285, 1923.
- Zimmermann, M. J. O.; Carneiro, J. E. S.; Peloso, M. J. Del.; Costa, J. G. C.; Rava, C. A.; Sartorato, A.; Pereira, P. A. A. (1996) Melhoramento genético e cultivares. In: Araújo. R. S.; Rava, C. A.; Stone, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O.

eds. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 223 – 273.

Zimmermann, M. J. O.; Teixeira, M. G. (1988) Origem e Evolução. In: Zimmermann, M. O.; Rocha, M.; Yamanda, T. Cultura do feijoeiro: Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fósforo. p. 79 – 85.

## 9. APÊNDICE

### 9.1 Histórico dos genótipos de feijão-de-vagem utilizados nos experimentos

O programa de melhoramento de feijão-de-vagem foi iniciado com a indicação para cruzamentos entre os genitores UENF 1429, UENF 1432, UENF 1442, UENF 1445 e UENF 1448, do Banco de Germoplasma da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, selecionados com base no estudo de divergência genética realizado por Abreu et al. (2004). No quadro 1, encontra-se a descrição dos genitores e sua procedência.

Os híbridos (F1) foram obtidos por meio de cruzamentos dialélicos, que podem ser observados na Tabela 2, realizados por Silva et al. (2004), onde os genitores, UENF 1429, UENF 1432, UENF 1442, UENF 1445 foram utilizados como doadores de pólen e os genitores UENF 1432, UENF 1442, UENF 1445 e UENF 1448, como receptores.

A geração F2, proveniente desses cruzamentos, teve a característica produtividade ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ ) avaliada para efeito de seleção. Foram selecionados os cruzamentos entre os genitores UENF 1442 X UENF 1429, UENF 1448 X UENF 1429, UENF 1448 X UENF 1442, e UENF 1448 X UENF 1445 (quadro 3).



**Quadro 1.** Caracterização morfoagronômica e origem dos progenitores de feijão-de-vagem.

Progenitor	CORF	CORV	CORS	FPV	FDA	PDA	STV	Origem
UENF 1429	2	1	2	2	2	1	2	México
UENF 1432	2	1	2	2	1	1	2	México
UENF 1442	1	1	2	1	2	1	1	Brasil (RJ)
UENF 1445	1	1	2	3	1	1	1	Brasil (RJ)
UENF 1448	2	1	3	2	1	1	1	Brasil (ES)

CORF: cor de flor, 1: branca, 2: lilás; CORV: COR DA VAGEM, 1: verde, 2: verde com manchas; CORS: cor de semente, 1: branca, 2: marrom, 3: preta; FPV: forma do perfil da vagem, 1: reto, 2: semi-arqueado, 3: arqueado; FDA: forma do dente apical da vagem, 1: arqueada, 2: reta; PDA: posição do dente apical da vagem, 1: marginal, 2: não marginal; SW: seção transversal da vagem, 1: chata (vagem do tipo "manteiga"), 2: redonda (vagem do tipo "macarrão").

**Quadro 2A.** Esquema de cruzamentos dialélicos entre cinco acessos de feijão-de-vagem.

	UENF 1432	UENF 1442	UENF 1445	UENF 1448
UENF 1429	X	X	X	X
UENF 1432	-	X	X	X
UENF 1442	-	-	X	X
UENF 1445	-	-	-	X

**Quadro 2B.** Populações originadas das combinações entre os acessos.

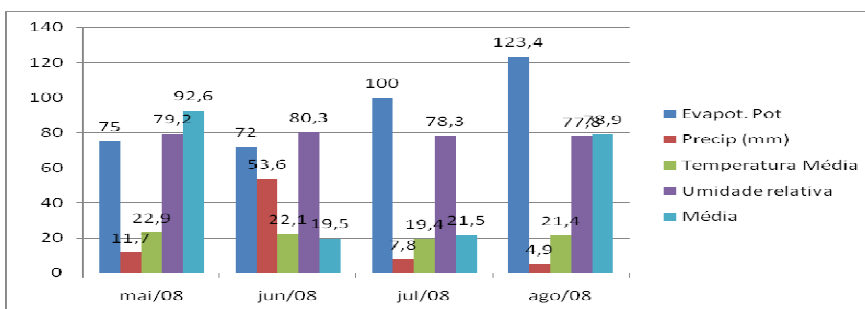
População	Cruzamentos
1	UENF 1442 X UENF 1429
2	UENF 1448 X UENF 1429
3	UENF 1448 X UENF 1442
4	UENF 1448 X UENF 1445

**Quadro 3** - Dados climatológicos (médias mensais e desvio padrão) da região de Campos dos Goytacazes-RJ, referente ao ano de 2008. Latitude 21 ° 45' Sul, longitude 41 ° 18' Oeste, Altitude 11m.

Mês	Temperatura média (°C)	Desvio Padrão	Umidade Relativa média (%)	Desvio Padrão	Precipitação (mm)
janeiro	24.69	3.34	79.34	14.96	156.6
fevereiro	25.52	3.42	81.35	15.02	136.2
março	25.57	3.25	81.94	14.26	147.2
abril	24.91	3.19	83.75	14.12	232.4
maio	21.81	3.65	79.38	16.62	11.2
junho	21.12	3.49	80.63	15.58	53.6
julho	20.1	4.03	78.12	19.44	14
agosto	22.33	3.46	76.16	16.87	3.8
setembro	21.05	3.64	76.98	17.39	63.2
outubro	23.42	3.32	81.3	13.73	72.4
novembro	23.49	2.78	84.39	11.95	506.4
dezembro	24.09	2.58	84.03	12.38	407

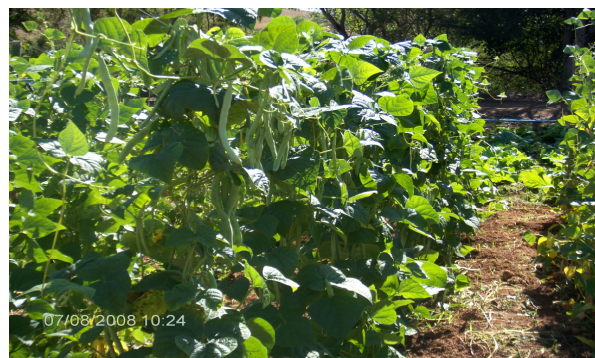
Fonte: Estação Evapotranspirométrica da UENF/Pesagro-RJ. Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG/CCTA/UENF).

**Figura 1.** Dados climatológicos de Campos dos Goytacazes-RJ, referente aos meses de maio a agosto de 2008. Latitude 21 ° 45' Sul, longitude 41 ° 18' Oeste, Altitude 11m.





**Figura 2.** Plantio do feijão-de-vagem na Unidade Experimental de Bom Jesus do Itabapoana



**Figura 3.** Foto ilustrativa do experimento com o feijão-de-vagem em Bom Jesus do Itabapoana



**Figura 4.** Foto ilustrativa do experimento com o feijão-de-vagem na Unidade Experimental da PESAGRO- CAMPOS/RJ.



**Figura 5.** Fotos ilustrativas dos grãos do feijão-de-vagem colhidos nos experimentos de Campos dos Goytacazes e de Bom Jesus de Itabapoana.