

**Universidade Federal do Piauí**

**Seleção simultânea para desenvolvimento de linhagens de feijão-caupi de porte ereto e do tipo fradinho**

Jéssica Daniele Lustosa da Silva

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento para a obtenção do título de “Mestre”.

**Teresina**  
**2014**

**Jéssica Daniele Lustosa da Silva**  
**Engenheira Agrônoma**

**Seleção simultânea para desenvolvimento de linhagens de feijão-caupi de porte ereto e do tipo fradinho**

**Orientador:**  
**Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento para a obtenção do título de “Mestre”.

**Teresina**  
**2014**

**Seleção simultânea para desenvolvimento de linhagens de feijão-caupi de porte ereto e do tipo fradinho**

**Jéssica Daniele Lustosa da Silva**

**Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_**

**Comissão Julgadora:**

---

**Dr. Maurisrael de Moura Rocha – Embrapa Meio-Norte**

---

**Dr. José Ângelo Nogueira de Menezes Júnior – Embrapa Meio-Norte**

---

**Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva – Embrapa Meio-Norte**  
**(Orientador)**

*A Deus*

*Senhor supremo*

*Órfão,*

*Aos meus familiares, em especial, aos meus pais José e Celeste e aos meus irmãos Bruno e Jefferson, por terem me ajudado nos momentos mais difíceis, e dado o apoio necessário para que eu seguisse nesta caminhada acadêmica.*

*Dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por toda a fé por Ele dedicada, deu-me forças para vencer mais esta etapa da minha vida;

À Universidade Federal do Piauí, por minha formação acadêmica e por ter concedido a oportunidade de cursar o mestrado em Genética e Melhoramento;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento e concessão da bolsa de estudos;

À Embrapa Meio-Norte, pela infraestrutura, recursos financeiros e humanos para a realização desse estudo;

Ao Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, pelos ensinamentos, conselhos, pela compreensão e principalmente pela orientação;

Ao Dr. José Ângelo Nogueira de Menezes Júnior, pesquisador da Embrapa Meio-Norte por toda atenção, disponibilidade, ensinamentos e pelas valiosas contribuições ao trabalho.

Ao Dr. Maurisrael de Moura Rocha, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, pela disponibilidade, pelos ensinamentos e pelas importantes contribuições ao trabalho;

Ao Dr. Valdenir Queiroz Ribeiro, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, por toda a atenção, paciência, e disponibilidade;

Ao Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, por todos os conselhos e valiosos ensinamentos, e também por sempre estar disponível para ajudar;

À Dra. Regina Lúcia Ferreira Gomes, professora da Universidade Federal do Piauí, por toda a atenção, pelo carinho, dedicação, principalmente pela amizade e ensinamentos que utilizarei por toda minha vida;

À Dra. Ângela Celis de Almeida Lopes, professora da Universidade Federal do Piauí, pelo carinho, ensinamentos, atenção e dedicação, não só com o programa, mas com cada integrante deste;

A todos os professores do Mestrado em Genética e Melhoramento pelas disciplinas ministradas e pelos ensinamentos transmitidos;

Aos funcionários da Embrapa Meio-Norte, em especial a: Adão Cabral das Neves, Sr. Agripino Ferreira do Nascimento, Ana Lúcia Barros da Costa, Antonio José de Araújo Marques, Clodeildes Lima Nunes, Francisco Reis de França, Manoel Gonçalves da Silva, Paulo Sérgio Monteiro, Orlane da Silva Maia, Francisco de Assis

das Silva Lima, Maria Gorete Ribeiro dos Santos, e às “mulheres do caupi” pela excelente recepção, carinho e ajuda fundamental para execução deste trabalho;

Ao meu namorado, Leonardo Furtado de Oliveira, pelo amor, paciência, compreensão e incentivo para seguir em frente;

Aos amigos de turma do Mestrado em Genética e Melhoramento, em especial Akemi Suzuki Cruzio, Maria Rosemeire Xavier Amaral, Joseane Inácio da Silva, Sergio Ewerton de Meneses, Rafael da Costa Almeida e Polyanna Barcelar Araújo.

Aos amigos de outras turmas, Raimundo Nonato Silva, Hendrie Ferriera Nunes, Michelly Ferreira dos Santos, José Ribamar Assunção Filho, Leane de Melo Filho, Verônica Brito da Silva;

A todos os estagiários do Caupi, pela contribuição e amizade;

À Paulinéria Lima Leite, minha amiga e irmã, por todo o carinho, dedicação, força e ajuda principalmente nas horas mais complicadas;

Aos meus pais e irmãos, por todo amor, incentivo e apoio incondicional;

Aos meus familiares e amigos, pelo apoio e compreensão nos dias difíceis;

A todos que de alguma maneira colaboraram com a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT .....	10
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1 O feijão-caupi .....	14
2.1.1 Origem e classificação botânica.....	14
2.1.2 Características agronômicas .....	15
2.1.3 Importância socioeconômica .....	16
2.1.4 Classificação comercial.....	18
2.1.5 Mercado .....	19
2.2 Melhoramento do feijão-caupi no Brasil .....	21
2.2.1 Seleção de Genitores .....	22
2.2.2 Métodos de condução de população segregantes .....	22
2.3 Correlação entre caracteres .....	26
2.4 Índices de seleção.....	27
2.5 Ganho genético com a Seleção .....	29
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	30
3.1 Material genético .....	30
3.2 Procedimentos experimentais .....	30
3.2.1 Ensaio preliminar.....	30
3.2.2 Ensaio Intermediário .....	31
3.2.3 Ensaio de valor de cultivo e uso (VCU).....	32
3.3 Caracteres avaliados.....	32
3.4 Análises estatístico-genéticas .....	33
3.4.1 Análise de resíduo.....	33
3.4.2. Ensaio preliminar.....	33
3.4.3 Ensaio intermediários .....	34
3.4.3.1 Análise variância conjunta.....	34
3.4.4 Ensaio de valor de cultivo e uso (VCU).....	35
3.4.5 Coeficientes de correlação .....	36
3.4.6 Ganho com a seleção.....	37
3.4.6.1 Ganho predito.....	37

3.4.6.2 Ganho realizado .....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1 Análises de Resíduos.....	40
4.1.1 Ensaio preliminar.....	40
4.1.2 Ensaio intermediários .....	42
4.1.2.1 Análise de variância conjunta .....	44
4.1.3 Ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) .....	46
4.2.1 Correlações genéticas.....	48
4.4 Ganhos com a seleção.....	50
5. CONCLUSÕES .....	54
REFERÊNCIAS.....	55



## RESUMO

SILVA, J. D. L. **Seleção simultânea para desenvolvimento de linhagens de feijão-caupi de porte ereto e do tipo fradinho.** 73p. Dissertação (Mestrado/Genética e Melhoramento) – UFPI, Teresina, 2014.

O feijão-caupi é uma leguminosa amplamente difundida, principalmente por ser mais tolerante às condições climáticas das regiões semiáridas. Dentre os vários tipos comerciais de feijão-caupi cultivados no Brasil, a subclasse comercial fradinho destaca-se, por ser um tipo de grão muito apreciado no Brasil e por apresentar caracteres desejáveis para a exportação. Devido à grande importância do feijão-caupi, subclasse comercial fradinho, o desenvolvimento de novas cultivares é fundamental. O presente trabalho foi realizado com os objetivos de avaliar e selecionar linhagens de feijão-caupi tipo comercial fradinho, de porte ereto com base na seleção simultânea da produtividade e seus componentes. O ensaio preliminar foi composto de 105 progênies e 4 testemunhas, o delineamento utilizado para as avaliações foi o Blocos aumentados de Federer. Foram selecionadas 77 progênies e quatro testemunhas para serem avaliadas em três ambientes utilizando o delineamento em Látice simples 9x9 onde foi possível selecionar 24 progênies, que foram avaliadas no delineamento em Blocos Casualizados. Foram realizadas as análises de variância individuais e posteriormente a análise conjunta. No ensaio preliminar, detectou-se efeito significativo ( $P \leq 0,01$ ) para o efeito de progênies, no caráter produção de grãos. Nos experimentos com repetições foi detectado efeito significativo entre as progênies para todos os caracteres avaliados, nos três ambientes, indicando a existência de variabilidade genética entre os as progênies. Quanto às correlações genóticas, a produção de grãos (PROD) apresentou correlação positiva e significativa ( $P \leq 0,01$ ) com NGV e negativa com COMPV e PGV. Na seleção direta, o ganho realizado foi inferior ao ganho predito para PROD no primeiro ciclo. Já no segundo ciclo os valores foram bem próximos, indicando que grande parte do ganho que se esperava com a seleção, foi concretizado. Para os ganhos com a seleção simultânea baseados no índice de soma de *ranks*, tanto no primeiro ciclo quanto no segundo, os valores de ganho predito e realizado foram semelhantes.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*, seleção simultânea, ganho genético.

## ABSTRACT

SILVA, J. D. L. **Simultaneous selection for developing strains of cowpea the upright plant and type blackeye.** 73p. Dissertation (Master /Genetics and Breeding) – UFPI, Teresina, 2014.

The Cowpea is a legume widely distributed, mainly because it is more tolerant to the climatic conditions of semi-arid regions. Among the various types of commercial cowpea grown in Brazil, the commercial eyed subclass stands out for being a type of grain greatly appreciated in Brazil and be considered a grain with desirable characteristics for export. Due to the great importance of cowpea, blackeye commercial subclass, the development of new cultivars is fundamental. The present work was accomplished with aiming to assess and select strains of cowpea eyed commercial type, an erect simultaneous selection based on productivity and its components. The preliminary test was composed of 105 progenies and 4 witnesses, the design used for the evaluations was Augmented Blocks of Federer. Were selected 77 progenies and four witnesses to be evaluated in three environments using simple Lattice design in 9x9 where it was possible to select 24 progenies were evaluated in Randomized Blocks design. Analyzes of individual variance and subsequently the joint analysis were conducted. In the preliminary test, significant effect ( $P \leq 0,01$ ) was detected for the effect of progenies in grain yield. In experiments with repetitions significant effect was detected among progenies for all characters evaluated in all three environments, indicating the existence of genetic variability among the progenies. Regarding genotype correlations, grain production (PROD) showed positive correlations and significant with NGV ( $P \leq 0,01$ ) and negative correlation with COMPV and PGV. In direct selection, the realized gain was lower than predicted gain for PROD in the first cycle. In the second cycle, the values were very close, indicating that most of the gain expected with the selection, has been achieved. For gains from simultaneous selection index based on the sum of ranks, both in the first and in the second cycle, the values of predicted and realized gains were similar.

**Key words:** *Vigna unguiculata*, simultaneous selection, genetic gain.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma importante leguminosa, amplamente difundido em todo o mundo, e vem se mostrando como uma das principais alternativas de suprimento alimentar. O feijão-caupi pode ser utilizado de várias formas: como grãos secos, em alimentos processados, como hortaliça (folhas frescas, grãos e vagens) e também como forrageira. Trata-se de uma rica fonte de proteína vegetal de baixo custo, além de ser uma cultura que se adapta bem a ambientes relativamente quentes e secos. Em cultivo consorciado com cereais, contribui para a sustentabilidade de sistemas de cultivo, proporcionando fixação de nitrogênio, cobertura e melhoria do solo através da deposição de resíduos vegetais (SINGH et al., 1997). É uma das leguminosas mais adaptadas às condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro. Pode-se destacar a qualidade nutricional e a versatilidade do feijão-caupi entre as espécies cultivadas. É um alimento importante e componente essencial dos sistemas de produção nas regiões secas (SINGH et al., 2002).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de feijão-caupi, sendo superado por Nigéria e Níger. A produção de feijão-caupi no Brasil concentra-se nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, no entanto, o maior consumo ocorre nas regiões Norte e Nordeste (FREIRE FILHO et al., 2012; XAVIER et al., 2005). Esta cultura possui grande importância socioeconômica por ser fonte de proteína acessível a parcela mais carente da população. Além de ser um dos principais componentes da dieta alimentar, contribui com a geração de emprego e renda, tanto na zona rural, quanto na zona urbana (LIMA et al., 2007).

A produção e a produtividade de feijão-caupi no Brasil, segundo a média nacional no período de 2005 a 2009, atingiu cerca de 513,619 mil toneladas e 369 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Historicamente, a produção concentra-se nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, no entanto, quando comparada à região Centro-Oeste, estas regiões apresentam produtividades menores, isto ocorre, principalmente, em decorrência do baixo nível tecnológico empregado nos cultivos agrícolas do norte e nordeste brasileiro (FREIRE FILHO et al., 2011; SILVA, 2009a).

Vários fatores são responsáveis pelo aumento da produtividade das principais espécies cultivadas, entre eles destaca-se o melhoramento genético. A comprovada

eficiência das técnicas clássicas de melhoramento resultou em contínuos ganhos genéticos em produtividade ao longo dos anos, para várias culturas (ATROCH; NUNES, 2000).

O objetivo final de um programa de melhoramento é a obtenção de cultivares que superem as pré-existentes, contudo a obtenção de vantagens adicionais só é possível caso a nova cultivar reúna, simultaneamente, vários fenótipos de interesse. O Programa de melhoramento genético do feijão-caupi no Brasil tem conseguindo alcançar esse objetivo, lançando cultivares que apresentam diversas características superiores como: arquitetura moderna (porte ereto, com vagens acima da folhagem, etc), que possibilita a colheita mecanizada, aumento da produtividade, resistência a pragas e doenças, tolerância a altas temperaturas e ao estresse hídrico, melhoria da qualidade nutricional, maior estabilidade da produção e adaptação a diferentes regiões do País.

Como a cultura do feijão-caupi apresenta grande variabilidade para o caráter cor do grão, existem vários nichos de mercado, de acordo com a preferência do consumidor. Assim, vários trabalhos foram realizados no sentido de classificar os tipos comerciais de grãos do feijão-caupi. Freire Filho et al. (2011) subdividiram as quatro classes existentes (Branco, Preto, Cores e Misturado) em 17 subclasses. Dentre estas a subclasse comercial fradinho merece destaque, por ser um grão muito apreciado pelo consumidor brasileiro e por apresentar características desejáveis para a exportação.

Vários trabalhos têm sido realizados no sentido de selecionar linhagens melhoradas de feijão-caupi, subclasse comercial fradinho, com o intuito de recomendar ao mercado como cultivares. Dentre eles, ressalta-se os de Fery (2002), Hall et al. (2003; 2004), Nunes (2012), Rocha et al. (2011) e Vieira et al. (2000). No Brasil, o número de cultivares de feijão-caupi da subclasse comercial fradinho ainda é reduzido, caracterizando a necessidade do melhoramento de genótipos desse tipo comercial, no intuito de obter cultivares mais produtivas e adaptadas, já que as existentes não possuem ampla adaptação as diferentes regiões de cultivo. Em decorrência disso, grande parte do feijão caupi tipo comercial fradinho comercializado no Brasil é importado, elevando os custos de comercialização dessa subclasse comercial.

Para a obtenção de cultivares melhoradas, a seleção simultânea de um conjunto de caracteres de importância é necessária e objetiva obter ganhos

genéticos para todas as características de interesse. Dessa forma, uma alternativa é a utilização de índices de seleção, pois estes promovem a combinação linear ótima de vários caracteres de interesse, de acordo com a importância econômica de cada um, ampliando a possibilidade de ganho genético (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; FERREIRA et al., 2005; HALL et al., 2003). Alguns estudos têm sido realizados em feijão-caupi utilizando índices de seleção (BERTINI et al., 2010; SANTOS; ARAÚJO, 2001; SANTOS et al., 2013).

Diante do exposto, constata-se a necessidade de ampliar o número de cultivares de feijão-caupi da subclasse comercial fradinho. Este trabalho foi realizado com os objetivos de avaliar e selecionar linhagens de feijão-caupi de porte ereto e tipo comercial fradinho, com base na seleção simultânea da produtividade e seus componentes

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O feijão-caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) apresenta grande variabilidade genética, ampla capacidade de adaptação e se apresenta como uma cultura de relevante importância nutricional. Estes requisitos a tornam uma cultura bastante versátil. O feijão-caupi é considerado um importante alimento e componente fundamental dos sistemas de produção nas regiões secas dos trópicos, além de ser uma ótima fonte de proteína vegetal (FREIRE FILHO et al., 2005a; GRANGEIRO et al., 2005; SINGH et al., 2002), com (23-25%, em média) e contém todos os aminoácidos essenciais, carboidratos, vitaminas e minerais (RIBERIO, 2002). Apresenta-se como alimento básico para as populações de baixa renda do Nordeste brasileiro.

#### 2.1.1 Origem e classificação botânica

O centro de origem do feijão-caupi é provavelmente o Centro-Oeste do continente Africano, mais precisamente a Nigéria, região que é considerada o centro primário de diversidade. É nesta região da África que se encontra a maior diversidade genética dessa espécie. Coulibaly et al. (2001) apresentam algumas evidências obtidas por meio de estudos baseados em análise de marcadores AFLP, que a domesticação do feijão-caupi ocorreu no nordeste da África. No entanto Ba et al., (2004) por meio de estudos com marcadores RAPD, asseguram que o centro de origem desta espécie é no oeste da África.

O feijão-caupi é uma *Dicotyledonea*, pertencente ao filo *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsida*, ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo, *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, seção *Catyang* espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *unguiculata* (PADULOSI; NG, 1997).

O gênero *Vigna* é amplamente distribuído pelos trópicos, com mais de 80 espécies, dentre estas, sete espécies são domesticadas, onde cinco destas são asiáticas e duas são de origem africana, sendo elas: *Bambara groundnut* (*Vigna subterrânea* (L.) Verdc.) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), que de acordo com Vijaykumaret al. (2010), espécies do gênero *Vigna* que apresentam grande importância para a agricultura.

O feijão-caupi é uma das mais antigas fontes de alimento no mundo. A provável origem do nome “caupi” pode ter surgido em função da sua importância como fonte de feno para vacas em muitas partes do mundo e consequente latinização dos nomes “cow” e “pea” (TIMKO et al., 2007).

### **2.1.2 Características agronômicas**

O feijão-caupi é uma planta herbácea, autógama e anual e uma cultura predominantemente de clima quente (FERY, 2002). As plantas dessa espécie apresentam variações no ciclo médio, alguns genótipos podem atingir a maturidade com 60 e os mais tardios com até 91 dias após a semeadura.

Freire Filho et al. (2005), propuseram uma modificação da classificação de do ciclo do feijão-caupi realizada por Paiva et al. (1972), dividindo em: extraprecoce – a maturidade é alcançada até 60 dias após a semeadura; ciclo precoce – a maturidade é alcançada entre 61 e 70 dias após a semeadura; ciclo médio-precoce – a maturidade é alcançada entre 71 e 80 dias após a semeadura; ciclo médio-tardio – a maturidade é alcançada entre 81 e 90 dias após a semeadura e ciclo tardio – a maturidade é alcançada a partir de 91 dias após a semeadura.

Embora a maior parte da produção do feijão-caupi seja proveniente de pequenas e médias propriedades concentradas no Nordeste do Brasil, nos últimos anos, a cultura tem despertado o interesse de agricultores de todo o país, principalmente da região Centro-Oeste, onde se pratica essencialmente a agricultura empresarial, cuja lavoura é totalmente mecanizada. Em decorrência deste fato, tem havido uma procura por cultivares que apresentem arquitetura de planta moderna, com hábito de crescimento determinado e o porte ereto, por serem características essenciais à mecanização dos tratamentos culturais e colheita (FREIRE FILHO et al., 2011).

A expansão do cultivo de feijão-caupi para grandes áreas deve-se, particularmente, aos resultados do melhoramento genético, que resultou na obtenção de cultivares com arquitetura moderna, que possibilitam a colheita mecanizada. A melhoria das características relacionadas à arquitetura da planta como porte e hábito de crescimento, é imprescindível para adoção de uma agricultura tecnificada. Apesar das cultivares de porte ereto serem destaque na agricultura mecanizada, sua utilização também é relevante na agricultura familiar. Isto deve-se a maior facilidade nos tratamentos culturais, redução na incidência de

doenças devido à maior aeração na cultura e maior absorção de luz solar pelas folhas, proporcionando um aumento na produção de fotoassimilados.

Desse modo, informações sobre genótipos portadores de características como: precocidade, porte ereto, hábito de crescimento determinado, e com maior resistência ao acamamento, principalmente referente aos aspectos genéticos e ao grau de associação existente entre estas e os componentes da produtividade. Isso pode auxiliar no direcionamento do processo de seleção e na escolha de genótipos superiores (BEZERRA et al., 2001; MATOS FILHO, 2006; SILVA, 2007).

### **2.1.3 Importância socioeconômica**

O feijão-caupi é uma leguminosa de grande importância socioeconômica, uma vez que é componente essencial de sistemas de cultivo das regiões semiáridas dos trópicos, e está presente na dieta alimentar de população de vários países, especialmente dos países em desenvolvimento. Destaca-se, por apresentar grande variabilidade genética, ampla capacidade de adaptação, alto potencial produtivo e excelente valor nutritivo, características que a tornam atraente a programas de melhoramento (FREIRE FILHO et al., 2005; SINGH et al., 2002).

A cultura do feijão-caupi até a década de 1980 era pouco explorada, entretanto, no período de 2005 a 2009, a cultura ocupou uma área plantada anual de cerca de 12 milhões de hectares em todo o mundo. Cohen et al. (1991) e Vijaykumar et al. (2010) relatam que o feijão-caupi é amplamente cultivado em áreas de clima tropical e subtropical da África, Ásia, América, Europa e Oceania, e afirmaram que está presente em mais de 100 países. Segundo Freire Filho et al., (2011), a Nigéria, Níger e o Brasil são os países que possuem maior área cultivada de feijão-caupi no mundo e também as maiores produções, sendo que a Croácia, Palestina, República da Macedônia, Trinidad e Tobago, Bósnia Herzegovina, Egito e Filipinas possuem as maiores produtividades, acima de 2.500 kg.ha<sup>-1</sup>.

A produção mundial de feijão-caupi aumentou de 87 mil toneladas em 1961 para mais de 6,3 milhões de toneladas em 2009. De acordo com os dados disponibilizados pela FAO (2011) em levantamentos realizados no ano de 2009, os maiores produtores de feijão-caupi são: Nigéria, com uma produção de aproximadamente 2,36 milhões de toneladas; e Níger, com cerca de 1,55 milhões de toneladas. O Brasil não aparece nos levantamentos realizados pela FAO, mas levantamentos realizados pelo LSPA (Levantamento Sistemático da Produção



Agrícola) mostram que o Brasil produz mais de 523 mil toneladas, o que o coloca como o terceiro produtor mundial (FREIRE FILHO et al., 2011).

A produção de feijão-caupi no Brasil representa 37,53% da área total de feijão (feijão-caupi + feijão comum) e 15,48% da produção total de feijão do país. As regiões Norte e Nordeste, apesar de concentrar a maior parte da produção, apresentam baixas produtividades porque as condições de cultivo não foram satisfatórias, caracterizando a necessidade de investimentos em tecnologias de produção (FREIRE FILHO et al., 2011; SILVA, 2009).

A região Centro-Oeste do Brasil destaca-se por apresentar produtividade de feijão-caupi superior a média nacional, com 960  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . A princípio, o cultivo dessa espécie nessa região era visto apenas como uma cultura de produção alternativa, onde foi incorporado ao sistema de rotação de culturas no período de safrinha, implantado logo após as culturas da soja e do arroz. Esta realidade, no entanto, está mudando, pois o feijão-caupi vem ganhando espaço junto aos produtores dessa região por apresentar várias características de interesse como rusticidade, ampla adaptabilidade, precocidade e boa capacidade de produção em ambientes desfavoráveis (FREIRE FILHO et al., 1999; 2011).

Não obstante a maior parte da produção de feijão-caupi no Brasil concentrar-se nas regiões Norte e Nordeste, atualmente esta produção não consegue atender a demanda da população local, havendo, portanto, uma deficiência na oferta de cerca de 102.281,3 toneladas. Esse déficit é frequentemente suprido por feijão comum e pela importação de feijão-caupi de outras regiões do país, como o Centro-Oeste, que vem aumentando notoriamente sua produção (FREIRE FILHO et al., 2011). O avanço da cultura na região central do Brasil propiciará um incremento na produtividade média brasileira. Este avanço deve-se especialmente a utilização de tecnologias que propiciam a cultura uma maior expressão do seu potencial produtivo (FREIRE FILHO et al., 2011; IBGE, 2010; SILVA, 2009a).

Apesar de o Brasil ocupar a terceira posição mundial na produção de feijão-caupi, esta apresenta baixa produtividade média, principalmente na Região Nordeste. Segundo Matos Filho et al. (2009), as causas da baixa produtividade nessa região estão associadas a problemas climáticos como: escassez e irregularidade das chuvas; a problemas de fertilidade do solo, condições de cultivo não satisfatórias, ao baixo nível tecnológico empregado em seu cultivo, uma vez que grande parte da produção está ligada a pequenos e médios produtores, que

geralmente utilizam cultivares tradicionais, sementes de baixa qualidade e limitado uso de tecnologia. Fatores como estes, aliados à falta de informação dos agricultores sobre o manejo da cultura, levam a baixos níveis de produtividade do feijão-caupi no nordeste brasileiro (FREIRE FILHO et al., 2005; FROTA; PEREIRA, 2000; XAVIER et al., 2005).

Com relação aos estados do Piauí e do Maranhão, Almeida e Valadares et al., (2010) afirmam que a baixa produtividade do feijão-caupi na região Meio-Norte do Brasil, é devido, principalmente, ao cultivo rudimentar, com o uso de pouca tecnologia; ao reduzido uso de cultivares melhoradas; a deficiência hídrica e às altas temperaturas.

#### **2.1.4 Classificação comercial**

Em razão da expansão do mercado interno e externo do feijão-caupi, houve a necessidade de padronização da classificação dos tipos comerciais da cultura. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu em 2008, o Regulamento Técnico do Feijão e por meio do Ato Nº 14, de 19 de agosto de 2010, estabeleceu os descritores de cultivares de feijão-caupi (BRASIL, 2011; FREIRE FILHO et al., 2011).

O Regulamento técnico determinou dois grupos para o feijão de acordo com a espécie a que se refere, sendo o Grupo I, o feijão comum, pertencente a espécie *Phaseolus vulgaris* L. e o Grupo II, o feijão-caupi, proveniente da espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. O Grupo II, no qual se refere ao feijão-caupi, foi classificado em quatro classes de acordo com a coloração do tegumento do grão, sendo estas, Branco, Preto, Cores e Misturado. Freire Filho et al. (2000) subdividiram as classes, Branco e Cores, em algumas subclasses. Esses autores subdividiram a classe de grãos brancos em cinco subclasses, dentre elas está a Subclasse comercial Fradinho (BRASIL, 2010).

A subclasse comercial Fradinho, de acordo com as alterações realizadas por Freire Filho et al. (2005), é definida como cultivares que apresentam grãos com tegumento rugoso de cor branca e com um halo preto com contornos bem definidos (Figura 1).



Fonte:Autoria própria.

Figura 1 - Aspecto físico dos grãos de feijão-caupi da subclasse comercial Fradinho.

### 2.1.5 Mercado

O cultivo e a comercialização do feijão-caupi no Brasil está, principalmente, concentrado nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. O fato do seu cultivo concentrar-se nessas regiões é atribuído à forma como se deu sua dispersão no Brasil e a sua ótima capacidade de adaptação às condições de clima quente, com áreas de deficiência hídrica, comuns a essas regiões.

Entre os segmentos de mercado do feijão-caupi no Brasil três merecem destaque: grãos secos (para os mercados interno e externo), feijão verde (grãos verdes debulhados ou vagens verdes) e sementes. O processamento industrial pode ser indicado como um mercado de grande potencial, com ênfase para a produção de farinha. O mercado de grãos para enlatamento e congelamento de vagens para salada está em fase inicial (FREIRE FILHO, 2005; ROCHA, [2013?]; SILVA, 2008).

O mercado de feijão-caupi para grãos secos predomina no Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Como citado anteriormente, estas regiões apresentam um déficit na oferta do produto, que é suprido por feijão comum e feijão-caupi proveniente de outras regiões, principalmente da região Centro-Oeste. O consumo de feijão-caupi no Brasil também é maior nestas regiões, especialmente na zona rural, que apresenta uma média de 18,21 kg/pessoa/ano (FEIJÃO..., 2009), enquanto que a região Nordeste como um todo apresenta 15 kg/pessoa/ano. (FREIRE FILHO et al., 2005; ROCHA, [2013?]). A produção e o consumo de feijão

verde representam um mercado altamente promissor para o feijão-caupi, tornando-se uma boa opção de renda para os agricultores familiares; no entanto, este segmento de mercado, apesar de sua grande importância, ainda é pouco explorado, principalmente em virtude do seu tempo reduzido de prateleira (ANDRADE et al., 2006).

Dentre os principais fatores que determinam o tipo comercial e a preferência do consumidor de feijão-caupi estão: a cor e o tamanho do grão. Ehlers; Hall (1997) relatam que a produção baseada na preferência do comércio interno, pode vir a limitar sua comercialização; o mesmo pode ocorrer com relação ao comércio externo, se o tipo preferido não for aceito em outras regiões. Portanto, o desenvolvimento de diferentes cultivares que possam atender os mais variados tipos de mercados pode ser uma alternativa para solucionar essa limitação.

Em relação à classificação quanto à cor, na classe comercial de grãos brancos, destaca-se a subclasse fradinho de grande importância para o mercado internacional (EHLERS; HALL, 1997; FREIRE FILHO et al., 2011).

No Brasil o feijão-caupi tipo fradinho é conhecido como de frade ou simplesmente fradinho, nos Estados Unidos é conhecido por diversos nomes, incluindo: feijão *blackeye*, *blackeyepeas*, e *southernpeas*. Essa subclasse é amplamente cultivada e comercializada nos Estados Unidos, especialmente como grãos secos e enlatados (FERY, 1990).

Nas últimas décadas, o feijão-caupi tem sido valorizado como hortaliça no sul dos EUA, além disso, também existe uma vasta indústria que fornece produtos frescos, congelados e *dry-pack*, que são comercializados em todo o país (FERY, 2002; HALL et al., 2003).

Ehlers; Hall (1997) mencionam que o fradinho é o tipo de grão mais adequado para o comércio internacional. Geralmente, é o tipo importado pelo Brasil, quando a safra na Região Nordeste não é satisfatória (FREIRE FILHO et al., 2005; SILVA, 2008).

O feijão-caupi do tipo fradinho é cultivado no Brasil principalmente nos estados da Bahia, Sergipe e Rio de Janeiro; todavia, encontra-se atualmente em processo de expansão nos estados de Minas Gerais e São Paulo. Essa subclasse constitui um tipo especial, pois é o preferido para o preparo do acarajé, comida típica do estado da Bahia, que já é consumida em todo o país. Esse tipo de grão, além de ser comercializado a granel, inteiro e triturado, nos estados da Bahia, Sergipe e

Alagoas, também é o tipo importado pelas companhias cerealistas brasileiras para atender os mercados das regiões Sudeste e Sul (BRS Itaim..., 2009; FREIRE FILHO et al., 2005; 2011).

Atualmente, existe apenas três cultivares comerciais no Brasil pertencentes à subclasse fradinho, a “Poços de Caldas-MG” lançada em 2003 pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e as cultivares “BRS Itaim” e “BRS Carijó”, lançadas pela Embrapa em 2009 e 2010, respectivamente (FREIRE FILHO et al., 2011).

## **2.2 Melhoramento do feijão-caupi no Brasil**

Há cerca de 50 anos atrás, o feijão-caupi tinha pouca expressão mundial, entretanto apresenta-se como uma das leguminosas alimentares mais importantes do século XXI, devido a precocidade e a habilidade para se ajustar em vários sistemas de cultivo (SINGH, 2010).

A Embrapa Meio-Norte, em 1991, assumiu a coordenação do Programa Nacional de melhoramento de Feijão-caupi e desde então realiza pesquisas com diferentes objetivos, proporcionando o desenvolvimento de cultivares com maiores produtividades, maior potencial de tolerância a seca, resistência a vírus, arquitetura moderna, cores do tegumento do grão que atendam a diferentes mercados consumidores e melhoria da qualidade física e nutricional dos grãos (EMBRAPA, 1987; FREIRE FILHO et al., 2011; ZILLI et al., 2009).

O mercado do feijão-caupi era relativamente restrito às regiões Norte e Nordeste do Brasil, todavia o melhoramento genético possibilitou a ampliação para todo o país, expandindo também sua área cultivada. Com o aumento das áreas de produção e maior emprego de tecnologia, têm-se conseguido galgar maior participação no mercado nacional.

No período de 1968 a 2010 foram lançadas 71 cultivares de feijão-caupi no Brasil, apresentando várias características superiores em relação às variedades crioulas. Comparado a outras culturas, esse número é ainda pequeno, mostrando que o melhoramento genético desta cultura é recente e que ainda há muito que se fazer (FREIRE FILHO et al., 2011). No entanto, para que aconteça o melhoramento de uma característica é fundamental a existência de variabilidade genética, com relação a isso o feijão-caupi apresenta bom potencial genético para o melhoramento, tendo em vista o grande número de genótipos que podem participar do programa de

hibridação. Portanto, a escolha dos genitores é uma etapa de grande importância no programa de melhoramento, visto que esta fase está intimamente relacionada com o sucesso de todo o programa.

### **2.2.1 Seleção de Genitores**

O feijão-caupi apresenta ampla variabilidade genética para praticamente todos os caracteres de interesse agrônomico, contudo, apenas uma parcela desta variabilidade é usada nos programas de melhoramento para a obtenção de populações segregantes. Geralmente para a realização das hibridações são utilizados genótipos que já passaram por algum processo de melhoramento ou que apresentam constituição gênica superiores, como por exemplo, genes para maior produtividade e que condicionam a resistência e a tolerância a pragas e doenças. Apesar disto, existe vários de genótipos que podem ser usados como parentais, fornecendo uma enorme quantidade de combinações (MATEI, 2010; PASSOS, 2007; SANTOS et al., 1997).

A identificação de metodologias eficientes para a escolha dos genitores tem recebido grande atenção dos pesquisadores (MATEI, 2010). Diferentes estratégias são empregadas para a escolha de parentais. Baenziger; Peterson (1991) dividem estas estratégias em duas categorias, uma delas é a seleção com base em informações sobre os genitores (desempenho médio, origem e divergência genética), e está ligada a ocorrência da ação alélica aditiva, pois esta é herdável, ou seja, não se perde ao longo das gerações. Outra estratégia bastante empregada para a identificação de genótipos adequados à obtenção de híbridos com maior efeito heterótico e que proporcionem maior variabilidade genética nas gerações segregantes é a seleção com baseada na divergência genética.

Após a escolha dos genitores desejáveis com base no objetivo proposto, segue-se a hibridação para a obtenção da população segregante, que por sua vez, será conduzida e avaliada para obtenção e seleção dos melhores indivíduos.

### **2.2.2 Métodos de condução de população segregantes**

Os métodos de melhoramento utilizados na cultura do feijão-caupi são geralmente os mesmos utilizados para a maioria das espécies autógamas. Eles podem ser classificados em métodos de melhoramento que exploram a variabilidade já existente na população, e os métodos que utilizam a variabilidade gerada através

da realização de cruzamentos entre diferentes linhagens. Os que utilizam a variabilidade preexistente na população são: a introdução de germoplasma e a seleção (tanto a massal quanto a de linhas puras). A introdução de germoplasma é considerado o método mais simples e de maior rapidez no processo de melhoramento de plantas e consiste na introdução de cultivares exógenas e avaliação quanto ao potencial agrônomo. Posteriormente são selecionadas as melhores de acordo com o interesse do melhorista.

A seleção de linhas puras consiste na seleção individual de plantas na população original, seguida da observação de suas descendências, para fins de avaliação (DONÇA et al., 2012). O método de seleção massal, assim como a seleção de linhas puras, explora a variabilidade genética existente na população. Nesta metodologia é realizada a seleção dos indivíduos superiores a partir da geração  $F_2$  e continua nas gerações subsequentes até que seja atingido o nível desejado de genes favoráveis (RAMALHO et al., 2012).

A hibridação é um método que gera variabilidade através da realização de cruzamentos entre diferentes linhagens. Após a hibridação, a variabilidade gerada é explorada por meio de um método de condução de populações segregantes, até que se atinja o grau de homozigose desejado pelo melhorista, só então, é realizada a seleção dos melhores (BORÉM; MIRANDA, 2009; RAMALHO et al., 1993; RAMALHO et al., 2001)

Um método de condução de população segregante muito utilizado é o *Bulk* ou método da população. A abertura do *Bulk* é realizada geralmente na geração  $F_5$ , em decorrência do incremento da variância aditiva, que tomando por referência a geração  $F_2$ , o aumento da variância aditiva é expressivo até as gerações  $F_4$  e  $F_5$ . A partir deste ponto, os acréscimos da variância aditiva que ocorrem, na maioria das vezes, não compensam avançar mais gerações para realizar a seleção. Neste método, a variância genética entre progênies fica dependente da última geração que foi conduzida de maneira aleatória (não subdividida em progênies, ou seja, todas as plantas são colhidas em conjunto). A grande vantagem deste método é a facilidade de condução, ou seja, a pouca necessidade de mão-de-obra e custos reduzidos quando comparados a outros métodos. A principal desvantagem atrelada a este método é em decorrência de problemas com relação à amostragem, pois a deficiência na amostragem pode provocar a perda de combinações genotípicas, outra desvantagem pode ser o fato da seleção natural, própria deste método, atuar

de forma indesejável, por exemplo: quando um genótipo desejável não produzir um número suficiente de sementes, devido a fatores como a interação genótipo x ambiente. Isto dificultará que o genótipo seja representado na amostra e este não aparecerá nas próximas gerações (ALLARD, 1960; RAMALHO et al., 2012)

O método SSD (*Single Seed Descent*) descendente de uma única semente, foi proposto para melhorar a amostragem da população  $F_2$ , sem ocupar grandes áreas, já que cada planta contribui com um descendente para a próxima geração. O método SSD consiste em avançar populações, tomando apenas uma semente de cada planta para perpetuar a próxima geração. O processo é continuado até  $F_5$  ou  $F_6$ , quando os genótipos dentro das populações tenham atingido a homozigose. As progênes são formadas a partir de plantas individuais, avaliadas e comparadas com testemunhas quanto a características importantes. (ALLARD, 1971; MUEHLBAUER, et al., 1981; RAMALHO et al., 2012). Como vantagem, pode-se citar a máxima variabilidade genética entre linhagens na população final, uma vez que todas as plantas em  $F_2$  são amostradas. Como desvantagem, pode-se apontar a perda de genótipos devido a problemas com a germinação e o fato de que algumas plantas podem não produzir semente ao longo geração.

O método SPD (*Single Pood Descent*), descendente de uma única vagem, é uma variação do método SSD. Este método é mais adotado que o que lhe deu origem, por ter uma maior capacidade de manter o tamanho da população, ou seja, a possibilidade de perda de um indivíduo em decorrência de não germinação é menor, já que neste método não se utiliza apenas uma semente como no SSD, mas sim uma vagem de cada indivíduo. Uma desvantagem em relação ao anterior é que ao final do processo algumas linhagens pertencem a uma mesma planta  $F_2$ , resultando em menor variabilidade genética.

Outro método de condução de populações segregantes frequentemente utilizado em autógamas é o genealógico ou *pedigree*. Esse método é o que possui a maior dificuldade operacional, frente à necessidade de anotações da genealogia, exigindo grande volume de anotações. A seleção de plantas individuais tem início em  $F_2$ , possibilitando a eliminação de genótipos com características indesejáveis logo nas gerações iniciais, contudo, a seleção precoce pode levar a redução da variabilidade e a uma seleção pouco eficiente, visto que na geração  $F_2$  o nível de heterozigose é alto e muitos indivíduos expressão vigor híbrido (BESPALHOK et al., 1999; BORÉM; MIRANDA, 2005; RAMALHO et al., 2012). A utilidade das anotações



da genealogia tem sido contestada, pois o fato de uma progênie ter fornecido um bom indivíduo, não é por si só indicativo que isso irá ocorrer novamente. O emprego da genealogia em planta tem sido abordado de forma diferenciada pela metodologia de modelos mistos (NUNES et al., 2008).

Vários trabalhos foram feitos com diferentes espécies com o intuito de comparar os métodos de condução de populações em espécies autógamas, porém, não mostraram diferenças entre eles na obtenção de genótipos superiores (MILADINOVIĆ et al., 2011; RAPOSO et al., 2000; SILVA et al., 2009). O que se observa é que se bem aplicados todos são eficientes, portanto a escolha do método depende do objetivo que o melhorista pretende alcançar (RAMALHO et al., 2013).

Em um programa de melhoramento, qualquer que seja o método de condução utilizado, ao atingir a homozigose desejada pelo melhorista, faz-se necessária a avaliação dos genótipos. Para isso, as progênies são avaliadas em linhas individuais, onde em cada linha é avaliado apenas um genótipo. As avaliações iniciais das linhagens selecionadas, geralmente são realizadas por meio dos ensaios preliminares (RAMALHO et al., 2012).

O ensaio preliminar pode ser caracterizado como uma fase de grande importância, pois é durante os ensaios preliminares que são realizadas as avaliações iniciais das linhagens endogâmicas em experimentos. Estas avaliações são realizadas com rigor científico e estatístico.

No ensaio preliminar é realizada a avaliação de um grande número de genótipos ao mesmo tempo, de 100 a 200, pois como é realizado nas fases iniciais do programa de melhoramento, geralmente após a abertura das linhas para a avaliação individual, e há pouca quantidade de sementes, além de serem realizados em poucos locais, no máximo em dois. Neste tipo de ensaio os genótipos são comparados às testemunhas para que se possa selecionar os melhores. Estes ensaios são utilizados para fazer o “ranking” dos genótipos de forma a evidenciar os melhores e também observar o comportamento dos mesmos em parcelas (ALMEIDA; ALLARD, 1971; COSTA et al., 2006; DESTRO; MONTALVÁN, 1999)

Os ensaios preliminares têm como objetivo básico avaliar e selecionar linhagens promissoras em poucos locais, para posteriormente, serem testadas a nível regional, em ensaios de valor de cultivo e uso (VCU), os quais se destinam a fornecer informações agronômicas detalhadas para o lançamento de novas cultivares.

No Brasil, para que uma cultivar esteja apta à comercialização, ela deve estar inscrita no Registro Nacional de Cultivares. Esse registro é realizado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, que estabelece uma série de normas para a obtenção do mesmo, que além de outras exigências, preveem a avaliação das linhagens nos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) (BRASIL, 2014; LIMA, 2013).

Os ensaios de VCU destinam-se à avaliação final das linhagens selecionadas em ensaios preliminares, em diferentes condições ambientais, com o objetivo de obter informações agrônômicas que possibilitem distinguir a nova cultivar das demais. A distinção é feita em relação as características morfológicas, biológicas, fisiológicas, de comportamento e reação à pragas e doenças, as características bromatológicas e moleculares (BRASIL, 2014).

As normas dos ensaios VCU de feijão-caupi exigem que sejam realizados ensaios em pelo menos três locais nas safras mais representativas de cada região, durante dois anos. O estabelecimento dos ensaios VCU em diferentes locais tem por finalidade a avaliação da interação genótipos x ambientes, possibilitando assim, a identificação das linhagens mais adaptadas e com a produção mais estável (BRASIL, 2003; 2012; LIMA, 2013).

### **2.3 Correlação entre caracteres**

Dentre os principais objetivos do programa de melhoramento do feijão-caupi está o aumento da produtividade e a qualidade dos grãos. **Vários estudos** têm mostrado que os componentes de produção, apresentam correlação positiva com a produção, portanto exercem influência direta sobre esta característica.

Como muitas características são levadas em consideração no processo seletivo para obtenção de genótipos melhorados, a associação entre características pode influenciar positiva ou negativamente na seleção e devem ser avaliadas para ampliar os ganhos por ciclo de seleção. Porém quando se explora a variabilidade por meio da seleção sobre determinado caráter, outros caracteres podem ser simultaneamente alterados, devido à correlação genética entre os caracteres (SANTOS; VENCOSKY, 1986).

A correlação é uma medida da intensidade de associação entre duas características (STEEL; TORRIE, 1960). As correlações entre duas ou mais características são explicadas por dois fatores: a ligação física de genes que estão

no mesmo cromossomo e que afetam diferentes características e pelo efeito de um mesmo gene em mais de uma característica (pleiotropia). Deve-se conhecer e quantificar as correlações entre a produtividade e seus componentes para prever o efeito da seleção em todos os caracteres de interesse. O conhecimento da associação da produtividade com seus componentes também é importante a seleção de parentais e populações segregantes. Desse modo, a informação das influências direta e indireta destas características ajuda a tornar a seleção mais efetiva (BORA et al., 1998; CORREA et al., 2012). De maneira geral, implica na viabilidade de se promover a seleção em uma característica de fácil mensuração, visando obter ganhos em outra de difícil avaliação ou de baixa herdabilidade. Isto possibilita maior eficiência da seleção indireta em relação à seleção direta para um caráter de difícil mensuração, principalmente na redução do tempo e do uso de recursos físicos, financeiros e humanos.

Na literatura existem diversos relatos da importância do conhecimento da correlação na obtenção de maiores ganhos com a seleção indireta na cultura do feijão-caupi, tais como Almeida; Peluzio; Afferi, (2010); Benvindo et al., (2010), Carvalho et al. (2012); Correa et al. (2012); Lopes et al. (2001); Matos Filho et al. (2009); SANTOS et al. (2012); Silva; Neves, (2011); e. Souza et al. (2007).

Além disso, o conhecimento da associação entre caracteres agrônômicos e morfológicos pode ser primordial quando existir a necessidade de se realizar a seleção simultânea de caracteres (CARVALHO et al., 2004).

## **2.4 Índices de seleção**

A seleção é uma ferramenta de considerável importância para o melhoramento, pois é através da seleção de genótipos superiores que o melhorista consegue obter ganhos genéticos. A identificação de genótipos superiores com base em apenas um caráter, muitas vezes, leva ao insucesso de uma cultivar, principalmente quando não são considerados caracteres como cor do tegumento, forma e tamanho dos grãos e das vagens, sendo, portanto, esta uma das tarefas mais complexas em um programa de melhoramento (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Os índices de seleção constituem-se em um caráter adicional, estabelecido pela combinação de vários caracteres de interesse, o que permite realizar com eficiência a seleção simultânea em vários caracteres (CRUZ et al., 2006). Com os índices de seleção, cria-se um valor, que funciona como caráter adicional, teórico,

resultante da combinação de caracteres previamente escolhidos pelo melhorista sobre os quais se deseja exercer a seleção simultânea (CRUZ; REGAZZI, 1994). Assim, os diferentes índices de seleção se apresentam como alternativas que auxiliam no processo de seleção, objetivando a obtenção de ganhos genéticos.

Vários índices de seleção foram propostos ao longo dos anos com diferentes metodologias, todos com o objetivo de maximizar os ganhos com a seleção. Um dos primeiros índices propostos foi o índice de Smith (1936) que logo foi modificado por Hazel (1943). Esta metodologia se caracteriza pela necessidade de estimar variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas e de estabelecer pesos econômicos relativos aos vários caracteres. Por outro lado, Williams (1962) sugeriu ponderar os valores fenotípicos pelos seus respectivos pesos econômicos, evitando desta forma a interferência das imprecisões das matrizes de variâncias e covariâncias. Estes índices são paramétricos.

O índice de soma de *ranks* de Mulamba; Mock (1978) consiste em classificar os genótipos em relação a cada um dos caracteres, em ordem, favorável ao melhoramento e apresenta como vantagem a eliminação da necessidade de se estabelecerem pesos econômicos e a estimativa de variâncias e covariâncias (CRUZ; REGAZZI, 2001). A eficiência deste índice na seleção simultânea de caracteres na cultura do feijão-caupi foi comprovada por Bertini et al. (2010); Santos e Araújo, (2001); e Santos et al. (2013).

Ao se considerar várias características no processo seletivo, há possibilidade de ocorrência de multicolinearidade, que invalida o uso da teoria convencional de índice de seleção, como proposta por Smith (1936) e Hazel (1943). Diz-se haver inter-relação ou multicolinearidade, quando as variáveis analisadas apresentam certo grau de correlação entre si. A ocorrência de grau de multicolinearidade severa pode ocasionar resultados prejudiciais e discrepantes nas análises biométricas, no caso de índices de seleção, pode proporcionar valores de coeficiente de ponderação dos caracteres em índices pouco confiáveis e, portanto, inadequados para uso no melhoramento (CRUZ; CARNEIRO, 2004).

A seleção simultânea constitui em uma alternativa eficiente para acelerar o processo de melhoramento, já que proporciona ganhos genéticos expressivos em diferentes caracteres.

## 2.5 Ganho genético com a Seleção

O ganho genético é o incremento no desempenho médio de uma população após cada ciclo de seleção, resultante do aumento na frequência de alelos favoráveis. A estimativa do ganho genético é fundamental, pois é possível avaliar a eficiência das técnicas empregadas no programa de melhoramento, orientar o melhorista sobre o ajustamento das mesmas para o desenvolvimento de populações superiores (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; FERH, 1987).

O ganho predito com a seleção é calculado pelo produto do diferencial de seleção (diferença entre a média do grupo selecionado e a média da população original) e a herdabilidade. Portanto, em processos de seleção, quanto maior for a pressão de seleção, maior será esse diferencial e, conseqüentemente, o progresso genético, entretanto é importante considerar a herdabilidade. Para que se tenha um ganho genético expressivo é fundamental a existência de variabilidade genética entre os genótipos da população (MIRANDA FILHO, 1987; PATERNIANI; ROBERTSON, 1960).

Pode-se enumerar três técnicas de seleção empregadas para a obtenção de ganho genético: a seleção direta, a resposta correlacionada e a seleção simultânea. Com a prática da seleção direta, o objetivo, é obter ganhos genéticos significativos sobre um único caráter para o qual é praticada a seleção. Se o caráter a ser considerado na seleção estiver correlacionado fortemente com outro caráter, haverá então, a possibilidade da realização da seleção indireta com base na resposta correlacionada entre esses caracteres associados, obtendo dessa forma, ganho com a seleção indireta (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2006). Apesar disso, a seleção com base em apenas uma característica nem sempre mostra-se eficiente, principalmente quando a característica em questão apresenta comportamento complexo, podendo obter correlações com caracteres indesejáveis ao melhoramento. Uma alternativa que tem sido utilizada para a obtenção de ganhos expressivos é a seleção com base em múltiplos caracteres ou seleção simultânea.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Material genético

As progênies avaliadas são provenientes de cruzamentos entre algumas linhagens do Programa de Melhoramento de feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte e duas cultivares, a Califórnia Blackeye 27 (CB- 27), proveniente do Programa de Melhoramento da Universidade da Califórnia e a Vaina Blanca (VB), do INIA (*Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas*), Peru (Tabela 1). Após a realização dos cruzamentos, as populações segregantes foram conduzidas pelo método SPD (*Single Pood Descent*) até a geração F<sub>5</sub>, onde foi realizada a seleção de plantas individuais para a obtenção das progênies.

**Tabela 1**—Códigos dos cruzamentos e genitores das linhagens avaliadas.

Códigos dos cruzamentos	Genitores
MNC06-895	MNC01627F-5-1-1 x CB- 27
MNC06-898	MNC04-785B-79 x CB- 27
MNC06-901	CB- 27 x MNC05-820B-173-2
MNC06-907	MNC05-820B-173-2 x VB
MNC06-908	VB x MNC05-832B-230
MNC06-909	VB x MNC00-553D-8-1-2-3 x CB-27

#### 3.2 Procedimentos experimentais

##### 3.2.1 Ensaio preliminar

O experimento foi conduzido em 2010 nos meses de Setembro a Novembro na área experimental da Embrapa Meio-Norte, localizada no município de Teresina-PI, Brasil, situado a 05°05'05" S de latitude, 42°47'05"W de longitude e a 72m de altitude. O solo da área experimental da Embrapa Meio-Norte é classificado como Argissolo Amarelo eutrófico, de textura superficial arenosa (EMBRAPA, 2006).

Foram avaliadas 105 progênies de feijão-caupi, da subclasse comercial fradinho, geração F<sub>5,6</sub> e quatro testemunhas (BRS Itaim, CB-27, Poços de Caldas-MG e Vaina Blanca). Os tratamentos foram avaliados em delineamento experimental de Blocos de Federer (1956) com cinco repetições. Cada repetição foi constituída de 25 parcelas experimentais, sendo 21 tratamentos regulares e quatro testemunhas, comuns a todos as cinco repetições.

A parcela experimental foi composta de duas fileiras de 5,0 m de comprimento, sendo as duas consideradas como área útil. O espaçamento foi de

1,30 m entre linhas e 0,25 m entre plantas. A semeadura foi realizada manualmente e o desbaste ocorreu aos 15 dias após o plantio, deixando-se em média duas plantas por cova.

Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com o preconizado para a cultura do feijão-caupi (ANDRADE JÚNIOR et al., 2003).

### **3.2.2 Ensaio Intermediário**

Após a avaliação no Ensaio Preliminar, foram selecionadas 77 progênies para avaliação em experimentos com repetições (ensaios intermediários). A seleção foi realizada considerando principalmente a produtividade de grãos, o peso de 100 grãos e o valor de cultivo. As progênies selecionadas foram então avaliadas nos ensaios intermediários nos anos de 2011 e 2012.

No ano de 2011, as 77 progênies (geração F<sub>5:7</sub>) foram avaliadas no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, no município de Teresina-PI. O ensaio foi conduzido no delineamento látice simples 9x9. Utilizou-se, o espaçamento de 0,20 m entre plantas e 0,50 m entre linhas, com duas plantas por cova. A parcela foi composta por duas fileiras de 5,0 m de comprimento. O desbaste foi feito aos 15 dias após plantio, com compensação das falhas, deixando-se em média duas plantas por cova. A irrigação utilizada foi do tipo aspersão. Foram utilizadas quatro cultivares como testemunhas: BRS Itaim, CB-27, Poços de Caldas e Vaina Blanca.

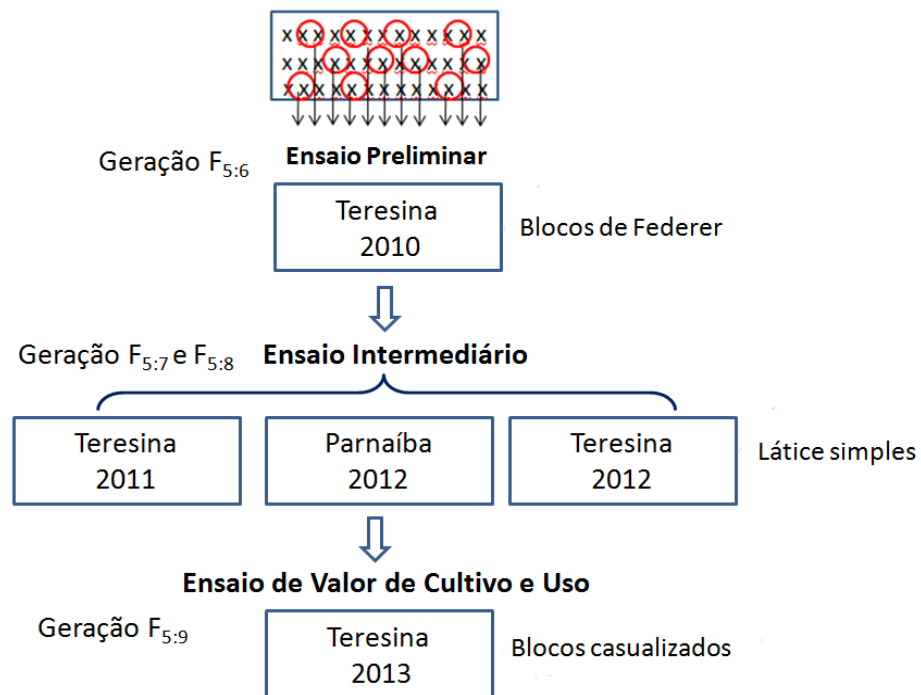
No ano de 2012, as 77 progênies (geração F<sub>5:8</sub>) foram novamente avaliadas, em dois locais. Os experimentos foram conduzidos no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, sendo um em Teresina-PI e outro em Parnaíba-PI, ambos semeados no mês de Maio (3°5' de latitude, 41°47' de longitude e altitude de 46,8 m). Os detalhes experimentais foram os mesmos da avaliação realizada em 2011. Os ensaios intermediários foram realizados para seleção das melhores progênies para serem promovidas aos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU). A seleção levou em consideração principalmente: a produção de grãos, a qualidade de grãos, o porte da planta e a precocidade.

Assim, realizou-se um novo ciclo de seleção, a partir da avaliação das 77 progênies nos ensaios intermediários, realizados em 2011 e 2012. Desta forma foram obtidas e selecionadas 24 linhagens para avaliação nos ensaios de valor de cultivo de uso (VCU).

### 3.2.3 Ensaio de valor de cultivo e uso (VCU)

No ano de 2013, as 24 linhagens selecionadas nos ensaios intermediários foram avaliadas juntamente com duas testemunhas no ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) em Teresina-PI. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento com um espaçamento de 0,20 m entre plantas e 0,50 m entre linhas.

O preparo do solo foi similar em todos os experimentos, consistindo de aração e gradagens. Os tratos culturais foram realizados de acordo com o preconizado para a cultura do feijão-caupi (ANDRADE JÚNIOR et al., 2003).



**Figura 2**—Esquema representando os experimentos com genótipos de feijão-caupi tipo Fradinho realizados no período de 2010 a 2013.

### 3.3 Caracteres avaliados

Foram avaliados os seguintes caracteres:

- Comprimento da vagem (COMPV): média obtida pela aferição, em centímetros (cm), de dez vagens tomadas ao acaso;
- Peso de vagens (PV): peso total em gramas (g) de dez vagens maduras tomadas ao acaso na parcela;



- Número de grãos por vagem (NGV): contagem obtida pela média do número de grãos presentes em dez vagens escolhidas ao acaso;
- Peso de grãos por vagem (PGV): peso em gramas (g) após a debulha de dez vagens maduras tomadas ao acaso na parcela;
- Peso de 100 grãos (P100G): pesagem de cem grãos em gramas (g), amostrados após debulha das vagens na parcela;
- Produtividade por parcela (PROD): pesagem de todos os grãos da parcela por unidade de área ( $\text{kg/ha}^{-1}$ ).

### 3.4 Análises estatístico-genéticas

#### 3.4.1 Análise de resíduo

Os dados foram submetidos à análise de resíduo para verificar a existência de dados discrepantes (“outliers”), antes das análises de variância individual. Segundo Santos et al. (2008), essa análise envolve os resíduos padronizados e o valor ajustado (predito pelo modelo) para cada observação. O resíduo padronizado ( $d_{ij}$ ) é calculado por meio da equação 3.1:

$$d_{ij} = \frac{e_{ij}}{\sqrt{QMRes}}$$

em que:

$e_{ij}$ : resíduo resultante do ajuste do modelo escolhido, obtido pela expressão:

$$e_{ij} = [Y_{ij} (\text{observado}) - Y_{ij} (\text{ajustado})]$$

$QMRes$ : quadrado médio do resíduo obtido na análise de variância para o referido modelo.

#### 3.4.2. Ensaio preliminar

Para o ensaio preliminar, realizado no ano de 2010, adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = m + G_i + b_j + e_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : valor observado na parcela que recebeu o tratamento  $i$  na repetição  $j$ , com  $i$  variando de 1 a 105 e  $j$  variando de 1 a 5.

$m$ : média geral;

$G_i$ : efeito fixo dos tratamentos “i” ( $i=1,2,3...109$ );

O efeito de genótipo pode ser decomposto em:

$t_i$ : efeito fixo dos genótipos comuns i ( $i=1,2,...,4$ );

$g_i$ : efeito fixo dos genótipos não comuns i ( $i=1,2,...,105$ );

$b_j$ : efeito do bloco “j” ( $j=1,2,...,5$ );

$e_{ij}$ : erro experimental associado à observação  $Y_{ij}$ , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma_e^2$ .

As análises de variância, para os caracteres avaliados, foram obtidas utilizando o programa GENES (Cruz, 2013) e o procedimento de decomposição do efeito de tratamento foi realizado no programa SAS 9.0 (SAS, 2002).

### 3.4.3 Ensaios intermediários

Os dados de produtividade de grãos foram submetidos às análises de variância individual e conjunta utilizando o programa computacional GENES (Cruz, 2013). Foi realizada a análise de variância individual, para cada característica, considerando o efeito de tratamentos como fixo, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = m + r_i + b_{k(j)} + e_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : Valor observado da parcela que recebeu o tratamento  $i$  na repetição  $j$ , com  $i$  variando de 1 a 81 e  $j$  variando de 1 a 2.

$m$ : média geral;

$r_i$ : efeito fixo dos tratamentos “i” ( $i=1, 2, 3...81$ );

$r_j$ : efeito fixo da repetição “j” ( $j=1,2$ );

$b_{k(j)}$ : efeito do bloco  $k$  dentro da repetição  $j$ ;

$e_{ijk}$ : erro experimental associado à observação  $Y_{ijk}$ , assumindo que são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma_e^2$ .

#### 3.4.3.1 Análise variância conjunta

A análise de variâncias conjunta foi realizada utilizando dados dos ensaios intermediários obtidos nos três ambientes, compostos por 77 progênies e 4 testemunhas. Foi utilizado o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = m + G_i + A_j + GA_{ij} + e_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : observação do tratamento “i”, no ambiente “j”;

$m$ : média geral;

$G_i$ : efeito fixo do genótipo “i” (i=1,2,3...,81);

$A_j$ : efeito fixo do ambiente “j” (j=1,2,3)

$GA_{ij}$ : efeito fixo da interação entre o genótipo “i” e o ambiente “j”;

$e_{ij}$ : erro experimental médio associado à observação  $Y_{ij}$ , assumindo que são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma_e^2$ .

#### 3.4.4 Ensaio de valor de cultivo e uso (VCU)

Os 24 genótipos e duas testemunhas do ensaio de VCU realizado no ano de 2013 foram avaliados em ensaio conduzido em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, adotando-se o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = m + g_i + b_j + e_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : Valor observado da parcela que recebeu o tratamento  $i$  na repetição  $j$ , com  $i$  variando de 1 a 26 e  $j$  variando de 1 a 4;

$m$ : média geral;

$g_i$ : efeito fixo do tratamento “i” (i= 1,2,3...,26);

$b_j$ : efeito do bloco “j” (j =1,2,3,4);

$e_{ij}$ : erro experimental médio associado à parcela “ij”, admitido ser independente e com distribuição normal de média zero e variância  $\sigma^2$ .

Após a análise de variância, foram obtidos os arquivos de médias e a matriz de variância e covariâncias residuais, sendo as médias das progênies agrupadas pelo teste de Scott-knott ( $P < 0,05$ ). Todas as análises foram realizadas por meio do programa GENES (CRUZ, 2013).

### 3.4.5 Coeficientes de correlação

Para obtenção das estimativas dos coeficientes de correlação foram utilizadas as médias das parcelas dos ensaios intermediários. As significâncias das estimativas das correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais foram verificadas pelo teste t e pelo método *bootstrap* com 5000 simulações proposto por Ferreira et al. (2008). A matriz de correlação entre os caracteres foi determinada a partir da análise de variância dos dados originais.

As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental entre os pares de características foram calculadas a partir das estimativas das variâncias e covariâncias, segundo Kempthorne (1973), de acordo com a seguinte propriedade:

$$V(X + Y) = V(X) + V(Y) + 2COV(X, Y)$$

Logo,

$$COV(XY) = \frac{V(X+Y) - V(X) - V(Y)}{2}, \text{ sendo:}$$

V (X+Y): variância da soma dos caracteres X e Y;

V (X) e V (Y): variância dos caracteres X e Y, respectivamente;

COV (X, Y): covariância entre os caracteres X e Y.

Correlação fenotípica ( $r_F$ ):

$$r_F = \frac{PMT_{(xy)}}{\sqrt{QMT_x \cdot QMT_y}}$$

Em que:

$PMT_{(xy)}$  : produto médio associado aos efeitos dos tratamentos, para o par de caracteres X e Y;

$QMT_{(x)}$  e  $QMT_{(y)}$ : quadrados médios dos tratamentos, dos caracteres X e Y, respectivamente.

Correlação genotípica ( $r_G$ ):

$$r_G = \frac{\hat{\sigma}_{g(xy)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{gx} \cdot \hat{\sigma}_{gy}}}$$

Em que:

$\phi_{g(x, y)}$ : componente quadrático que expressa a variabilidade genotípica para o par de caracteres X e Y;

$\phi^2_{g(x)}$  e  $\phi^2_{g(y)}$ : componente quadrático que expressa a variabilidade genotípica dos caracteres X e Y, respectivamente.

Correlação de ambiente ( $r_e$ ):

$$r_E = \frac{PME_{(xy)}}{\sqrt{QME_x \cdot QME_y}}$$

Em que:

$PME_{(x, y)}$ : produto médio do erro experimental, para o par de caracteres X e Y;

$QME_{(x)}$  e  $QME_{(y)}$ : quadrados médios do erro experimental dos caracteres X e Y, respectivamente.

### 3.4.6 Ganho com a seleção

#### 3.4.6.1 Ganho predito

O ganho esperado com a seleção foi estimado para cada um dos ensaios, ou seja, para as gerações  $F_{5:6}$ ,  $F_{5:7}$ ,  $F_{5:8}$  e  $F_{5:9}$ . A estimativa do ganho esperado com a seleção, para cada geração, foi obtida pela seguinte expressão:

$$GS = H^2 DS$$

Em que:

$GS_p$ : ganho esperado com a seleção;

$H^2$ : coeficiente de determinação genotípico;

$DS$ : diferencial de seleção.

$$DS = \bar{X}_s - \bar{X}_g$$

Em que:

$DS$ : diferencial de seleção;

$\bar{X}_s$ : média das progênes selecionadas na geração  $F_j$ ;

$\bar{X}_g$ : média geral da geração  $F_j$ .

O ganho esperado com a seleção em porcentagem foi estimado utilizando a relação entre o  $GS_p$  e a média geral da população:

$$GS_p\% = \frac{GS_p}{Mg} \times 100$$

Em que:

$GS_p\%$ : percentual do ganho esperado com a seleção, baseado na média geral das progênie de cada experimento (geração  $F_j$ );

$GS$ : ganho esperado com a seleção na geração  $F_j$ ;

$Mg$ : média geral das progênie na geração  $F_j$ .

#### 3.4.6.2 Ganho realizado

O ganho realizado com a seleção foi calculado, de duas maneiras diferentes: uma com base na seleção direta das dez progênie que apresentaram as maiores médias para cada um dos caracteres individualmente e a outra pela seleção simultânea com base no índice de seleção de Mulamba; Mock (1978), com uma intensidade de seleção de 15%.

##### Descrever Frey e Horner (1955)

A metodologia de Frey e Horner (1955) consiste em selecionar os genótipos mais promissores de uma geração, por exemplo,  $F_i$  e realizar um diferencial de seleção com genótipos selecionados na geração  $F_i$ , no entanto o valor utilizado será destes genótipos quando estiverem na geração seguinte  $F_j$ , esse valor será o  $M_{sj}$ . O valor referente ao  $M_{sj}$  será subtraindo pela média geral dos genótipos da geração  $F_j$ , e com isso, inferir quanto os genótipos progrediram de uma geração para outra. Essa metodologia foi aplicada para as duas etapas distintas em que foi realizada a seleção entre as progênie, nas diferentes gerações. Neste trabalho, estas etapas de seleção receberam a denominação de ciclo de seleção.

$$GS_R = (M_{sj} - M_{gj})$$

Em que:

$GS_R$ : ganho realizado com a seleção;

$M_{sj}$ : média dos genótipos selecionados na geração  $F_j$ , no entanto, das progênie selecionadas na geração  $F_i$ .

$M_{gj}$ : média geral das progênes  $F_j$ .

O ganho realizado com a seleção em porcentagem foi calculado utilizando a relação entre a média final e média inicial:

$$GS_R \% = \frac{(M_F - M_I)}{M_I} \times 100$$

Em que:

$GS_R$ : percentual do ganho realizado com a seleção;

$M_F$ : média final das progênes, ou seja, após a seleção;

$M_I$ : média inicial das progênes, antes da seleção.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análises de Resíduos

Antes de realizar as análises de variância, foi realizada uma análise de resíduos para as médias das progênies em todos os ensaios, para cada um dos seis caracteres avaliados: comprimento de vagem (COMPV), peso de vagem (PV), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV), peso de 100 grãos (P100G) e produção de grãos por parcela (PROD). A análise de resíduos teve como objetivo avaliar a existência de dados discrepantes (“outliers”) e estimar valores para substituí-los.

Na análise de resíduos detectou-se a presença de dados discrepantes em alguns caracteres. Assim, foi feita a substituição desses dados por seus respectivos valores preditos para obtenção da homogeneidade de variâncias e normalidade dos resíduos, deixando-os adequados às análises de variância subsequentes. A análise de resíduos foi realizada meio do programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2002).

#### 4.1.1 Ensaio preliminar

Foi detectada diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para PGV, PROD, P100G, PV e NGV, indicando a existência de variabilidade entre as progênies. Apenas para COMPV não foi detectada diferença significativa. Estes resultados indicam a existência de variabilidade entre os genótipos para estes caracteres e a possibilidade de sucesso com seleção entre progênies, exceto para COMPV. O contraste progênies vs. testemunhas foi significativo ( $P < 0,01$ ), para P100G, mostrando que o desempenho médio das progênies foi diferente do desempenho médio das testemunhas para esse caráter e similar para os demais.

A produtividade apresentou o maior valor para o coeficiente de variação genético (47,26%), seguido pelos caracteres PGV (19,10%), PV (16,57%), NGV (14,55%) e P100G (12,76%). Este coeficiente expressa a magnitude da variação genética em relação à média do caráter. Esses resultados corroboram com os encontrados por Correa et al. (2012), e segundo esses autores a estimativa de 47,26% é considerada alta, podendo inferir que o caráter PROD existe elevada variabilidade genética, sendo altamente promissor para a realização da seleção



**Tabela 2** – Resumo das análises de variância, para 105 progênies de feijão-caupi para os caracteres: comprimento de vagem (COMPV), peso de vagens (PV), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV), peso de 100 grãos (P100G) e produtividade de grãos (PROD). Teresina, PI, 2010.

F.V	GL	QM					
		COMPV	PV	NGV	PGV	P100G	PROD
Tratamento	108	2,55	4,94**	0,52	0,04**	8,30**	331729,33**
Progênies (P)	104	2,52	0,04*	0,52*	0,04**	7,32**	266199,37**
Testemunhas (T)	3	4,09*	0,14**	0,26	0,11**	32,69**	1766642,03**
P vs T	1	0,04	0,01	1,44	0,03	35,39**	9455,13
Resíduo	12	1,14	1,21	0,32	0,01	0,28	53990,26
CVg (%)	-	8,06	16,57	14,55	19,10	12,76	47,26
H <sup>2</sup> (%)	-	55,46	75,43	53,16	79,20	97,04	83,69
CVg/CVe (%)	-	1,11	1,75	1,07	1,95	5,72	2,27
C.V (%)	-	7,22	9,43	13,5	9,72	2,25	20,93
Média das Progênies		14,80	1,17	4,16	1,05	23,51	1113,73

\*\* , \* Significativo pelo teste F, ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. DP. TC: desvio padrão entre tratamentos comuns, CVg: coeficiente de variação genética (%), H<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação genotípico (%), CVg/CVe: razão entre os coeficientes de variação genética e experimental, CV (%): coeficiente de variação experimental (%).

As estimativas de coeficiente de determinação genotípico (H<sup>2</sup>) foram altas para os caracteres P100G (97,04%), PROD (83,69%), PGV (79,20%) e PV (75,43%) e baixos para COMPV (55,46%) e NGV (53,16%), evidenciando maiores dificuldades na seleção desses dois últimos caracteres. Segundo Teixeira et al. (2007), estimativas elevadas para H<sup>2</sup> podem ser indicativos de variabilidade genética referentes aos genótipos testados. Essas estimativas de H<sup>2</sup> elevadas são coerentes com as obtidas por vários autores para os componentes primários de produção (ANDRADE et al., 2010, CORREA et al., 2012; SILVA; NEVES, 2011).

A relação CVg/CVe ou potencial de seleção no ensaio, apresentou valores altos, principalmente para os caracteres PROD e P100G, indicando que a seleção poderá ser efetiva para estes caracteres. Valores similares foram encontrados por Costa et al. (2013) para quase todos os caracteres por eles avaliados, com exceção do caráter PROD, pois para este caráter encontraram estimativas de CVg/CVe de 0,63%. A relação CVg/CVe elevada confirma a existência de variabilidade genética entre as progênies avaliadas. Quando essa relação atinge valor igual ou superior a unidade, indica que é possível, obter ganhos genéticos representativos no melhoramento (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Quanto à precisão experimental, as estimativas dos coeficientes de variação (CV) variaram de 2,25% a 20,93%, indicando boa precisão experimental para delineamentos em Blocos de Federer. Além disso, pode ser considerada a complexidade dos caracteres avaliados, pois possuem herança quantitativa e são altamente influenciadas pelo ambiente (FALCONER; MAKAI, 1996).

Dos 109 tratamentos avaliados na geração  $F_{5:6}$ , sendo 105 progênies e 4 testemunhas, foram selecionados os 77 mais promissores, para serem novamente avaliados nos anos de 2011 e 2012.

#### **4.1.2 Ensaio intermediários**

A análise de variância dos dados dos 81 genótipos avaliados em três ambientes nos ensaios intermediários é apresentada na Tabela 4. Pode-se constatar que houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos para quase todos os caracteres nos três ambientes avaliados, indicando a existência de variabilidade genética para os diferentes caracteres, exceto para os caracteres COMPV, PV e NGV avaliados no ensaio realizado em Teresina no ano de 2012, pois para esses caracteres o nível de significância foi de ( $P < 0,05$ ) (Tabela 4).

Observando a decomposição da fonte de variação tratamentos verifica-se que em 2011 houve diferença significativa entre as progênies para todos os caracteres avaliados, indicando a existência de variabilidade genética, que é um fator determinante para o êxito do programa de melhoramento, possibilitando a realização da seleção das progênies com melhores médias (RAMALHO et al., 2000). O contraste progênies x testemunhas foi significativo para todos os caracteres avaliados ( $P < 0,01$ ), exceto para PV, inferindo que para este caráter a média das progênies não diferiu da média das testemunhas.

Para o ensaio realizado em Parnaíba em 2012, as progênies apresentaram diferença significativa para todos os caracteres ( $P < 0,01$ ), indicando que, a seleção entre progênies pode ser eficiente. Idahosa et al. (2010) afirma que a magnitude da variabilidade genética presente na base populacional de qualquer cultura é essencial para o melhoramento da mesma, pois a variabilidade genética pode ser explorada pelos melhoristas com o intuito de melhorar os caracteres avaliados. O contraste entre progênies e testemunhas foi significativo ( $P < 0,05$ ) para COMPV, PV e PROD, indicando que o desempenho médio das linhagens foi diferente do desempenho médio das testemunhas. Para NGV, PGV e P100G não foi observado efeito

significativo para o contraste entre progênies vs. testemunhas, indicando para estes caracteres que as progênies tiveram comportamento similar às testemunhas.

No ensaio conduzido em Teresina no ano de 2012, para a fonte de variação progênies, verificou-se diferença significativa para todos os caracteres estudados ( $P < 0,05$ ), contudo não se observou diferença significativa para o contraste progênies e testemunhas.

O coeficiente de variação (CV) é uma estimativa obtida através da média geral do ensaio, para medir o erro experimental, sendo um indicativo da precisão experimental. Nos ensaios intermediários pôde-se observar coeficientes de variação baixos a médios. Esses coeficientes obtidos foram considerados compatíveis com os coeficientes verificados para os caracteres associados com a produtividade de grãos, tais caracteres geralmente apresentam herança quantitativa e são altamente influenciados pelo ambiente (FALCONER; MAKAI, 1996). Os valores de CV obtidos nesse estudo assemelham-se aos encontrados por Nunes (2012) ao avaliar o comportamento de genótipos de feijão-caupi subclasse comercial fradinho, em diferentes ambientes, em cultivo irrigado.

É interessante observar que houve acréscimo na média geral das progênies da geração  $F_{5:6}$  (avaliados no ano de 2010) para quase todos os caracteres avaliados em relação às progênies selecionadas nas gerações  $F_{5:7}$  e  $F_{5:8}$  (avaliados em 2011 e 2012 respectivamente). Esse acréscimo pode ser atribuído aos efeitos da seleção realizada entre as gerações (Tabela 3).

**Tabela 3** - Médias das gerações  $F_{5:6}$ ,  $F_{5:7}$  e  $F_{5:8}$  avaliadas nos ensaios preliminar, intermediário e valor de cultivo e uso, nos anos de 2010, 2011 e 2012.

Geração $F_{5:6}$					
COMPV	PV	NGV	PGV	P100G	PROD
14,80	1,17	4,20	1,06	23,28	1109,93
Geração $F_{5:7}$					
14,97	2,01	8,20	1,61	21,87	2115,86
Geração $F_{5:8}$					
16,72	2,41**	9,59	2,07	22,32	3355,74

**Tabela 4** - Resumo das análises de variância, coeficientes de variação para 81 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho para comprimento de vagem (COMPV), peso de vagens (PV), número de grãos

por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV), produtividade de grãos (PROD), peso de 100 grãos (P100G), em três ensaios realizados no município de Teresina nos anos de 2011 e 2012 e no município de Parnaíba no ano de 2012.

F.V	GL	QM					
		Teresina 2011					
		COMPV	PV	NGV	PGV	P100G	PROD
Tratamento	80	1,40**	0,18**	1,70**	0,07**	5,69**	344036,22**
Progênes (P)	76	1,38**	0,17**	1,74**	0,07**	5,54**	310376,47**
Testemunhas (T)	3	1,65	0,45**	1,18	0,04	9,48**	1088388,09**
P vs T	1	1,57	0,12	1,22	0,09*	3,47*	471385,11*
Erro Efetivo		0,77	0,07	0,65	0,02	0,73	107609,26
ER.		100,60	101,51	103,67	107,31	143,35	108,44
CV (%)		5,89	12,81	9,88	8,59	3,91	17,95
Média das progênes		14,97	2,01	8,20	1,61	21,87	1844,68
		Parnaíba 2012					
Tratamento	80	1,78**	0,13**	1,97**	0,08**	3,78**	400840,65**
Progênes (P)	76	1,72**	0,13**	2,06**	0,08**	3,81**	299446,87**
Testemunhas (T)	3	0,48	0,11*	0,12	0,08	2,95	2560386,83**
P vs T	1	8,82**	0,14*	0,49	0,00	0,54	385143,53*
Erro Efetivo		0,73	0,03	0,64	0,05	1,31	70019,33
ER.		101,46	120,83	131,67	100	103,48	155,59
CV (%)		5,02	7,40	8,37	10,86	5,14	8,65
Média das progênes		17,07	2,34	9,54	1,98	22,26	3080,65
		Teresina 2012					
Tratamento	80	4,08*	0,14*	2,50*	0,16**	1,02**	124086,41**
Progênes (P)	76	4,16*	0,13*	2,61**	0,15**	0,99**	122785,83**
Testemunhas (T)	3	2,62	0,24*	0,06	0,27*	1,43*	215095,68**
P vs T	1	0,92	0,00	0,50	0,01	0,00	4228,38
Erro Efetivo		2,69	0,09	1,46	0,08	0,43	36964,65
ER.		95,40	107,31	108,54	123,15	105,63	242,63
CV (%)		10,03	11,82	12,53	12,87	2,92	13,15
Média das progênes		16,36	2,48	9,63	2,15	22,37	1461,88

\*\* , \* Significativo pelo teste F, ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. AJ.: médias ajustadas; ER.: eficiência relativa do látice; CV (%): coeficiente de variação experimental (%).

#### 4.1.2.1 Análise de variância conjunta

Foi calculada a relação entre o maior e o menor quadrado médio do erro para cada caráter, e verificou-se que para todos os caracteres, essa relação foi menor que sete, conforme critério de Hartley (1950), possibilitando a realização da análise conjunta dos ensaios de acordo com Pimentel Gomes, (1973).

Na análise de variância conjunta (Tabela 4), observou-se que houve diferença significativa ( $P \leq 0,01$ ) para os efeitos de ambientes, tratamentos, progênes, e

interação tratamentos por ambientes para todos os caracteres. O contraste entre progênes vs. testemunha foi significativo ( $P < 0,01$ ) apenas P100G e PROD, indicando que para esses caracteres houve um comportamento diferencial das progênes em relação às testemunhas. Os efeitos significativos para a fonte de variação ambiente revela que há heterogeneidade entre os três ambientes estudados. A interação progênes x ambientes demonstra que há comportamento diferencial dos genótipos nos diferentes ambientes. Segundo Ali et al. (2004), a existência da interação genótipos x ambientes indica a necessidade do desenvolvimento de cultivares específicas para determinadas regiões de cultivo, isso pode não ser interessante caso se pretenda fazer uma recomendação ampla, pois seria complicado fazer uma recomendação ampla sem que haja prejuízo nas médias das progênes de um local para outro (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

**Tabela 4-** Resumo da análise de variância conjunta, de diferentes caracteres avaliados em oitenta e um genótipos de feijão-caupi do tipo fradinho, em três ambientes. Teresina 2011, 2012 e Parnaíba 2012.

F.V	GL	QM					
		COMPV	PV	NGV	PGV	P100G	PROD
Ambiente (A)	2	185,40**	9,68**	107,92**	11,27**	12,96**	113367919,20**
Tratamentos	80	2,47**	0,13**	1,60**	0,10**	6,52**	354131,50**
Progênes (P)	76	2,48**	0,13**	1,67**	0,10**	6,22**	245740,40**
Testemunhas (T)	3	2,14	0,03	0,22	0,09	10,93**	2964265,40**
P vs. T	1	2,82	0,01	0,45	0,00	15,95**	761448,70**
Tratamentos x Ambientes	160	2,40**	0,16**	2,28**	0,10**	1,99**	257415,90**
P x A	152	2,41**	0,15**	2,38**	0,10**	2,02**	250340,20**
T x A	6	1,31	0,38**	0,57	0,15**	1,47	449802,60**
P vs. T x A	2	5,42*	0,08	0,26	0,12	1,41	218010,6*
Erro Médio	192	1,40	0,06	0,92	0,05	0,82	71531,10

\*\* , \* Significativo pelo teste F, ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

A presença da interação G x A na cultura do feijão-caupi tem sido relatada por Akande (2007), Ali et al. (2004), Andrade et al. (2006), Aremu et al. (2007), Carvalho et al. (2006), Freire Filho et al. (2005), Lopes et al. (2006), Nunes (2012), Oliveira (2008), Rocha et al. (2009, 2011), Singh (2006), Valadares et al. (2010) e Vilarinho et al. (2006), dentre outros trabalhos. Estes estudos a respeito da interação G x A são indispensáveis, pois permitem subsidiar a recomendação de cultivares.

#### 4.1.3 Ensaio de valor de cultivo e uso (VCU)

No ano de 2013 foram avaliadas 24 linhagens  $F_{5:9}$  e duas testemunhas. As linhagens foram selecionadas a partir das progênies  $F_{5:8}$  avaliadas nos ensaios anteriores. A partir da análise de variância (Tabela 5) é possível observar que o efeito de linhagens foi significativo ( $P \leq 0,01$ ) para todos os caracteres avaliados, exceto para COMPV, indicando a possibilidade de sucesso com a seleção. O contraste entre progênies e testemunhas foi significativo para o PV ( $P < 0,05$ ), PGV e PROD ( $P < 0,01$ ), indicando que a média das linhagens foi diferente da média das testemunhas.

O coeficiente de variação genético ( $CV_g$ ) apresentou valores que variam de 2,55% para COMPV a 12,01% para PROD, valores estes abaixo de 5,88% e 15,05 valores obtidos por Silva; Neves (2011), para os mesmos caracteres, respectivamente. A relação entre o coeficiente de variação genético ( $CV_g$ ) e o coeficiente de variação ambiental ( $CV_e$ ) apresentou valores acima de 1,0 apenas para os caracteres PROD (1,06%) e P100G (2,19%). Para os demais caracteres os valores encontrados são inferiores a unidade, significando grande influência ambiental. Resultados semelhantes foram encontrados por Regis et al. (2013). Os caracteres PROD e P100G apresentaram os maiores valores de coeficiente de determinação genotípico, com 81,89% e 95,05% respectivamente.

**Tabela 5** – Resumo da análise de variância, coeficientes de variação e estimativas dos parâmetros genéticos para 26 genótipos de feijão-caupi para os caracteres: Comprimento de vagem (COMPV), peso de vagens (PV), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV), peso de 100 grãos (P100G) e produtividade de grãos (PROD) Teresina, PI, 2013.

F.V	GL	QM					
		COMPV	PV	NGV	PGV	P100G	PROD
Tratamento	25	2,47	0,20**	1,90**	0,15**	9,06**	949492,18**
Linhagens(L)	23	2,3	0,17**	1,89**	0,12**	9,17**	939186,69**
Testemunhas (T)	1	7,41*	0,74**	3,55**	0,61**	15,21**	490961,22
L vs T	1	1,38	0,29*	0,51	0,38**	0,44	1645048,25**
Resíduo	75	1,54	0,07	0,86	0,04	0,45	170014,89
CVg (%)	-	2,55	6,57	5,12	6,63	6,76	192292,95
H <sup>2</sup> (%)	-	33,17	59,71	54,53	63,39	95,05	81,89
CVg/CVe (%)	-	0,35	0,61	0,55	0,66	2,19	1,06
C.V (%)	-	7,26	10,74	9,33	9,99	3,09	12,16
Média das progênies		17,10	2,45	9,92	2,08	21,85	3355,74

\*\* , \* Significativo pelo teste F, ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. CVg: coeficiente de variação genética (%), H<sup>2</sup>:coeficiente de determinação genotípico (%), CVg/CVe: razão

entre os coeficientes de variação genética e experimental, CV (%): coeficiente de variação experimental (%).

As médias das linhagens para os caracteres avaliados encontram-se na Tabela 6. Verificaram-se diferenças entre as linhagens para todos os caracteres, pelo teste de Scott & Knott, confirmando a existência de variabilidade genética para todos.

**Tabela 6** – Médias dos componentes de produção de 24 linhagens de feijão-caupi agrupados pelo teste de Scott & Knott. Teresina, PI, 2013.

Genótipos <sup>(2)</sup>	Caracteres <sup>(1)</sup>					
	COMPV	PV	NGV	PGV	P100G	PROD
MNC06-895-1	15,88 b	1,96 b	8,92 b	1,72 b	18,50 g	3681,40 a
MNC06-895-2	16,96 b	2,33 b	9,53 b	1,99 b	23,18 b	4030,33 a
MNC06-898-10	16,08 b	2,47 a	9,73 b	2,04 b	21,15 d	3055,76 b
MNC06-901-14	17,43 a	2,25 b	9,40 b	1,86 b	22,26 c	3230,00 b
MNC06-901-15	16,83 b	2,68 a	10,59 a	2,29 a	21,64 c	3120,86 b
MNC06-907-28	17,48 a	2,63 a	10,55 a	2,27 a	22,91 b	3501,72 a
MNC06-907-29	18,40 a	2,72 a	10,20 a	2,33 a	22,83 b	4033,66 a
MNC06-907-30	16,15 b	2,34 b	9,14 b	1,78 b	22,12 c	3254,34 b
MNC06-907-33	18,35 a	2,59 a	10,90 a	2,15 a	22,92 b	3226,60 b
MNC06-907-35	17,37 a	2,57 a	8,58 b	2,19 a	23,75 a	2706,00 b
MNC06-908-39	18,03 a	2,52 a	11,13 a	2,14 a	19,91 f	3758,47 a
MNC06-909-42	16,41 b	2,14 b	9,43 b	1,83 b	21,10 d	3910,29 a
MNC06-909-43	16,75 b	2,31 b	10,13 a	1,96 b	19,12 g	1952,62 b
MNC06-909-44	17,63 a	2,56 a	10,68 a	2,20 a	20,49 e	3241,59 b
MNC06-909-46	18,28 a	2,70 a	11,08 a	2,29 a	21,93 c	2911,71 b
MNC06-909-49	15,98 b	2,11 b	9,73 b	1,80 b	19,87 f	3600,10 a
MNC06-909-52	17,35 a	2,65 a	10,59 a	2,24 a	22,13 c	3583,00 a
MNC06-909-54	16,33 b	2,50 a	10,06 a	2,15 a	21,46 d	2771,55 b
MNC06-909-55	16,76 b	2,17 b	9,25 b	2,06 b	22,29 c	2945,65 b
MNC06-909-66	16,70 b	2,51 a	10,00 b	2,15 a	24,3 a	3751,00 a
MNC06-909-68	17,65 a	2,69 a	9,45 b	2,18 a	24,41 a	3427,72 a
MNC06-909-71	17,38 a	2,50 a	9,40 b	2,14 a	22,40 c	3452,30 a
MNC06-909-72	16,63 b	2,57 a	9,73 b	2,03 b	21,16 d	3891,80 a
MNC06-909-76	17,53 a	2,45 a	9,95 b	2,04 b	22,56 b	3499,48 a
BRS ITAIM	17,63 a	2,96 a	10,85 a	2,58 a	22,99 b	4075,46 a
CB-27-81	15,70 b	2,35 b	9,52 b	2,03 b	20,23 e	3580,00 a
Média das Linhagens	17,10	2,45	9,92	2,08	21,85	3355,75
Média das Testemunhas	16,66	2,65	10,18	2,30	21,61	3827,73
Média Geral	17,06	2,47	9,94	2,09	21,83	3392,05

<sup>(2)</sup> COMPV: comprimento de vagem, PV: peso de vagens, NGV: número de grãos por vagem, PGV: peso de grãos por vagem, PROD: produtividade de grãos, P100G: peso de 100 grãos (P100G).

Genótipos <sup>(1)</sup> com médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Scott & Knott a 5% de significância.

O COMPV apresentou a média de 17,10 cm, sendo que os genótipos formaram dois grupos distintos, onde um grupo inclui os genótipos com as maiores médias, acima de 17,00 cm, e outro com vagens de comprimento inferior a este valor. De acordo com Silva; Neves, (2011), para este caráter, genótipos com valores abaixo de 20 cm estão fora dos padrões comerciais. Valores médios semelhantes para COMPV foram encontrados por Bertini et al. (2009) e Lacerda et al. (2013). Observou-se a formação de dois grupos para os caracteres PV e PGV. Houve variação de 1,96 g a 2,95 g para o caráter PV e uma variação de 1,72 g a 2,57 g para PGV. Esses valores são consideravelmente menores que os encontrados por Antônio et al., (2013).

Para NGV, a média das genótipos foi de 9,92 grãos, sendo esse valor abaixo dos valores encontrados por Barros et al. (2013), Costa et al. (2013), Oliveira et al. (2012). Para esse caráter as linhagens que mais se sobressaíram foram MNC06-909-46 e MNC06-908-39.

Para P100G, houve variação de 18,50 g a 24,41 g, com formação de sete grupos distintos, indicando a existência de variabilidade para este caráter. A média das genótipos foi de 21,61 g, com destaque para as linhagens MNC06-909-68, MNC06-909-66, MNC06-907-35 e MNC06-895-2 com valores médios acima de 23,00 g. O valor médio (21,61) para P100G é considerado elevado, quando comparado aos valores médios encontrados por Barros et al. (2013), Bertini et al. (2009), Costa et al. (2013), Oliveira et al. (2012), Silva; Neves, (2011).

Quanto a PROD, as linhagens produziram em média 3355,75 kg.ha<sup>-1</sup>, variando de 1.952,62 kg.ha<sup>-1</sup>, (MNC06-909-43) à 4033,66 kg.ha<sup>-1</sup> para a progênie (MNC06-907-29). Nove linhagens destacaram-se por apresentarem médias superiores, sendo elas: MNC06-907-29, MNC06-895-2, MNC06-909-42, MNC06-909-72, MNC06-908-39, MNC06-909-66, MNC06-895-1 e MNC06-909-49.

#### **4.2.1 Correlações genéticas**

Foram obtidas as estimativas de correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre os caracteres avaliados, conforme apresentado na Tabela 7.



De modo geral, as correlações genotípicas apresentaram valores superiores às correlações fenotípicas, indicando uma maior contribuição dos fatores genéticos na expressão desses caracteres. O COMPV apresentou correlações genotípicas positivas com PV, NGV e PGV, o que implica na possibilidade da realização de seleção indireta via COMPV e obter ganhos nesses caracteres citados. Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et al., (2012), Correa et al. 2012, Lopes et al. (2001) e Sousa et al. (2007) que ao analisarem vários caracteres em feijão-caupi, também obtiveram estimativas de correlação positiva e significativa entre COMPV e NGV.

**Tabela 7**– Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental entre os caracteres comprimento de vagem (COMPV), peso de vagens (PV), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV), peso de 100 grãos (P100G) e produtividade de grãos (PROD) avaliados em 81 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho. Teresina, anos 2011 e 2012.

		PV	NGV	PGV	PROD	P100G
COMPV	$r_f$	0,686**	0,576**	0,698**	0,002	-0,002
	$r_g$	0,772**	0,677**	0,825**	-0,075	-0,027
	$r_a$	0,596	0,527	0,555	0,158	0,074
PV	$r_f$		0,561**	0,796**	0,092	0,210*
	$r_g$		0,458**	0,828**	0,098	0,324**
	$r_a$		0,642	0,766	0,092	0,008
NGV	$r_f$			0,537**	0,173	-0,285**
	$r_g$			0,496**	0,369**	-0,504**
	$r_a$			0,577	-0,024	-0,044
PGV	$r_f$				-0,086	0,146
	$r_g$				-0,156*	0,260**
	$r_a$				0,018	-0,079
PROD	$r_f$					0,057
	$r_g$					0,060
	$r_a$					0,048

O caráter peso de vagens (PV) apresentou correlações genotípicas positivas com COMPV, PGV, NGV e P100G. Esses resultados sugerem que o caráter peso de vagens pode ser usado como critério de seleção para aumento desses caracteres com ele correlacionados. Resultados concordantes foram encontrados por Carvalho et al. (2012) e Santos et al. (2012). O NGV apresentou correlação genotípica negativa com P100G, neste caso, para obter ganhos genéticos para o caráter peso de 100 grãos será necessário reduzir o número de grãos por vagem, como encontrado também por Matos Filho et al.(2009) e Santos et al.(2012).

O peso de grãos por vagem (PGV) apresentou correlações genotípicas positivas com COMPV, PV, NGV e P100G. A produção de grãos (PROD) apresentou

correlação genotípica positiva com NGV e negativa com as variáveis COMPV e PGV. As correlações negativas podem ser indesejáveis pelos melhoristas, uma vez que a melhoria de um caráter implica na redução de outro. Contudo, a seleção indireta por meio de um caráter que apresenta correlação negativa com outro, pode ser explorada, uma vez que se possa obter ganhos benéficos para os dois caracteres. Em vista disso, a seleção indireta via COMPV e PGV para o aumento da PROD deve ser evitada, pois não constitui uma boa estratégia de melhoramento. Entanto, se a seleção for realizada com o intuito de explorar essa correlação negativa, é possível obter ganhos genéticos para PROD, uma vez que com a redução do peso de grãos e comprimento das vagens, reduzirá a produção de palhada e, conseqüentemente, proporcionará uma maior quantidade de fotoassimilados para produção de grãos.

Resultados com feijão-caupi têm demonstrado correlações genotípicas positivas e significativas entre a produção de grãos e o número de grãos por vagem, a exemplo dos trabalhos de Correa et al. (2012), Matos Filho et al. (2009), Lopes et al. (2001), Sousa et al. (2007), cujos corroboram com os resultados encontrados neste trabalho. Portanto, o número de grãos por vagem merece atenção por parte do programa de melhoramento de feijão-caupi, pois os resultados sugerem que é possível a obtenção de ganhos com a seleção indireta.

#### **4.4 Ganhos com a seleção**

As médias dos genótipos selecionados nos dois ciclos, o diferencial de seleção e coeficiente de determinação genotípico para seleção direta e simultânea por meio do índice de Mulamba e Mock (1978), estão apresentadas na Tabela 8. As estimativas do coeficiente de determinação genotípico foram expressivas em todas as gerações para os caracteres PGV, PROD e NGV, sugerindo a possibilidade de progresso genético com a seleção desses caracteres.

Para o primeiro ciclo de seleção direta, o ganho predito ( $GS_P$ ) para comprimento de vagem (COMPV) foi de 3,37% e para a produção de grãos (PROD), de 12,06%, o que corresponde a 64,2 kg.ha<sup>-1</sup>(Tabela 9). Para o peso de 100 grãos (P100G), peso de grãos por vagem (PGV) e peso de vagens (PV), o ganho predito foi de 8,00%, 6,59% e 6,07%, respectivamente. Para o segundo ciclo, o percentual de ganho predito ( $GS_P\%$ ) variou de 1,58% para COMPV a 10,24% para PROD. Passos et al. (2011), em trabalho avaliando o ganho com a seleção direta e indireta

em feijão-caupi, Lopes et al. (2001) encontrou valores para  $GS_p$  (%) de 5,32% e valores de  $GS_p$  (%) inferiores a 5% para a maioria dos caracteres, utilizando uma intensidade de seleção de 20%, mostrando, que os ganhos com a seleção foram lentos.

**Tabela 8** - Média dos genótipos selecionados, diferencial de seleção e coeficiente de determinação dos caracteres comprimento de vagem (COMPV), peso de vagens (PV), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por vagem (PGV), produtividade de grãos (PROD), peso de 100 grãos (P100G), para cada uma das etapas de seleção direta e indireta.

SELEÇÃO DIRETA						
Ensaio Preliminar						
	COMPV	PV	NGV	PGV	PROD	P100G
Média dos Selecionados	17,58	1,49	5,19	1,37	848,58	27,42
Média da população	14,86	1,18	4,18	1,03	428,36	23,60
DS	2,72	0,32	1,00	0,33	420,23	3,82
H <sup>2</sup>	0,55	0,75	0,53	0,79	0,84	0,97
Ensaio Intermediário						
	COMPV	PV	NGV	PGV	PROD	P100G
Média dos selecionados na ensaio anterior	15,71	2,20	9,14	1,91	2163,05	23,78
Média dos Selecionados	17,19	2,52	9,92	2,14	2453,77	24,16
Média da população	16,13	2,28	9,13	1,92	2129,07	22,17
DS	1,06	0,25	0,79	0,21	324,71	1,99
H <sup>2</sup>	0,51	0,56	0,43	0,60	0,79	0,89
Ensaio de Avançado (VCU)						
	COMPV	PV	NGV	PGV	PROD	P100G
Média dos selecionados no ensaio anterior	17,30	2,52	9,84	2,05	3673,34	22,79
Média dos Selecionados	17,81	2,64	10,59	2,23	3774,18	23,16
Média da população	17,10	2,45	9,92	2,08	3355,75	21,85
DS	0,72	0,18	0,67	0,15	418,43	1,31
H <sup>2</sup>	0,38	0,65	0,55	0,71	0,82	0,95
SELEÇÃO SIMULTÂNEA						
Ensaio Preliminar						
	COMPV	PV	NGV	PGV	PROD	P100G
Média dos Selecionados	16,23	1,43	4,91	1,23	558,52	24,18
Média da população	14,86	1,18	4,18	1,03	428,36	23,60
DS	1,38	0,26	0,73	0,20	130,16	0,58
H <sup>2</sup>	0,55	0,75	0,53	0,79	0,84	0,97
Ensaio Intermediário						
	COMPV	PV	NGV	PGV	PROD	P100G
Média dos selecionados no ensaio anterior	15,75	2,22	9,18	1,88	2222,11	22,25
Média dos Selecionados	16,81	2,48	9,63	2,09	2210,38	22,75
Média da população	16,13	2,28	9,13	1,92	2129,07	22,17
DS	0,68	0,20	0,50	0,17	81,31111	0,58
H <sup>2</sup>	0,51	0,56	0,43	0,60	0,79	0,89
Ensaio de Avançado (VCU)						
	COMPV	PV	NGV	PGV	PROD	P100G
Média dos selecionados no ensaio anterior	17,70	2,53	10,05	2,09	3595,52	22,29
Média dos Selecionados	18,13	2,66	10,68	2,25	3418,42	22,64
Média da população	17,10	2,45	9,92	2,08	3355,75	21,85
DS	1,03	0,20	0,76	0,18	62,67	0,79
H <sup>2</sup>	0,38	0,65	0,55	0,71	0,82	0,95

O ganho realizado  $GS_R$  em relação ao  $GS_P$  no primeiro ciclo de seleção foi observado para o caráter P100G, com valor de 91,01%. Para o segundo ciclo de seleção, o maior valor encontrado foi de 92,46 para o caráter PROD, significando que o  $GS_R$  representa 92,46% do  $GS_P$ .

Para o primeiro ciclo com a seleção direta, o  $GS_R$  para o caráter PROD foi de 2,28, valor que representa um ganho de 4,56 kg.ha<sup>-1</sup>. No segundo ciclo o ganho realizado teve um valor de 79,40, o que corresponde a um ganho de 158,8 kg.ha<sup>-1</sup>. É interessante acrescentar que os ganhos negativos indicam perdas durante o processo de seleção, e que estas são evidenciadas quando os caracteres que estão sob seleção também estão sobre forte efeito ambiental, ou ainda, em decorrência da redução da variabilidade genética, geralmente intrínseca ao processo de seleção. Os efeitos das perdas referentes aos ganhos negativos que ocorrem durante o processo de seleção podem ser amenizados através do melhor manejo dos experimentos, reduzindo desta forma, os efeitos ambientais, e também através da adoção de um método adequado de seleção.

Fazendo um paralelo entre os valores de  $GS_P$  e  $GS_R$  pode-se notar que para todos os caracteres o  $GS_R$  foi menor que o  $GS_P$  nos dois ciclos de seleção. Moura (2013) também encontrou valores de  $GS_R$  menores que os valores de  $GS_P$ . Segundo Frey; Horner (1955) para que o ganho realizado seja mais próximo possível do ganho predito é necessário que haja um manejo mais rigoroso dos experimentos de forma a reduzir os erros experimentais, visando à redução das perdas com a seleção, principalmente com relação ao caráter PROD.

**Tabela 9** - Ganho predito com a seleção ( $GS_P$ ) versus realizado ( $GS_R$ ) em dois ciclos de seleção entre os genótipos avaliados no ensaio preliminar, intermediário e VCU.

Caracteres	Ganho com a seleção							
	1º Ciclo				2º Ciclo			
	$GS_P$	$GS_P$ (%)	$GS_R$	$GS_R$ (%)	$GS_P$	$GS_P$ (%)	$GS_R$	$GS_R$ (%)
COMPV	0,54	3,37	-0,42	-2,20	0,27	1,58	0,20	3,62
PV	0,14	6,07	-0,07	68,90	0,12	4,81	0,07	4,45
NGV	0,34	3,71	0,09	91,11	0,37	3,69	-0,08	6,76
PGV	0,13	6,59	-0,01	56,39	0,11	5,12	-0,02	4,20
PROD	64,2	12,06	2,28	189,16	85,87	10,24	79,4	53,81
P100G	1,77	8,00	1,61	-11,89	1,24	5,69	0,94	-4,14

Além do ganho predito e realizado com a seleção para cada caráter, também foram obtidos os ganhos de seleção utilizando o índice de Mulamba; Mock (1978),

conforme apresentado na Tabela 10. A seleção com base em um único caráter é na maioria dos casos considerada inadequada, pois, apesar de conduzir a um produto final superior em relação apenas a este caráter, pode levar a desempenhos não satisfatórios para os demais (Cruz et al., 2004).

No primeiro ciclo de seleção para os caracteres COMPV (-0,38), PV (-0,05) e PGV (-0,05) o ganho de seleção realizado foi negativo. Para NGV (0,06), PROD (23,26) e P100G (0,08) as estimativas foram positivas, indicando que a seleção com base no índice favoreceu estas características. No segundo ciclo de seleção todos os caracteres apresentaram ganho realizado ( $GS_R$ ) positivo e com valores superiores aos encontrados no primeiro ciclo, evidenciando desta forma, a manutenção da variabilidade genética, já que foi possível obter ganhos genéticos mesmo após a realização de um ciclo de seleção. Este fato pode ser evidenciado quando se observa os valores de  $GS_R$  encontrados para o caráter PROD no primeiro ciclo (23,26) e segundo ciclo de seleção (59,94) que equivale a ganhos de 46,62  $kg \cdot ha^{-1}$  e 119,88  $kg \cdot ha^{-1}$  respectivamente.

No segundo ciclo de seleção, os valores de ganho realizado são menores que o ganho esperado, para quase todos os caracteres. Moura (2013) encontrou resultados semelhantes quando comparou ganho esperado com ganho realizado, em um trabalho envolvendo a seleção de famílias de feijão-caupi visando a extraprecocidade.

**Tabela 10** - Ganho presito com a seleção versus realizado em dois ciclos de seleção entre os genótipos avaliados no ensaio preliminar, intermediário e VCU, realizado com base no índice de Mulamba e Mock.

Caracteres	Ganho com a Seleção Simultânea							
	1º Ciclo				2º Ciclo			
	$GS_P$	$GS_P$ (%)	$GS_R$	$GS_R$ (%)	$GS_P$	$GS_P$ (%)	$GS_R$	$GS_R$ (%)
COMPV	0,35	2,16	-0,38	3,57	0,39	2,27	0,60	7,81
PV	0,11	4,96	-0,05	72,77	0,13	5,44	0,08	7,31
NGV	0,21	2,35	0,06	96,01	0,42	4,20	0,14	10,93
PGV	0,10	5,23	-0,05	69,53	0,12	5,98	0,02	7,58
PROD	16,08	3,02	23,26	295,76	12,86	1,53	59,94	54,65
P100G	0,52	2,35	0,08	-5,91	0,75	3,45	0,44	-0,47

## 5. CONCLUSÕES

As progênies avaliadas nos diferentes ensaios apresentam variabilidade para todos os caracteres avaliados;

A seleção indireta por meio do número de grãos por vagem é eficiente para a obtenção de ganhos para produtividade.

A partir da seleção direta foi possível a obtenção de ganhos genéticos para produtividade nos dois ciclos de seleção;

A seleção simultânea com base no índice de Mulamba e Mock (1978) proporcionou maiores percentuais de ganho realizado em relação ao predito para o caráter produção de grãos.

## REFERÊNCIAS

AKANDE, S. R.; BALOGUN, M. O. Multi-location evaluation of cowpea grain yield and other reproductive characters in the forest and southern guinea savanna agro-ecologies of Nigeria. **Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry**, v.8, n. 7, p.526-533, 2009.

ALI, Y.; ASLAM, Z.; HUSSAIN, F.; SHAKUR, A. Genotype and environmental interaction in cowpea (*Vigna Unguiculata* L.) for yield and disease resistance. **International Journal of Environmental Science & Technology**, v. 1, n.2, p.119-123, 2004.

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 381p,1971. Cap. 14.

ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. 2<sup>nd</sup>ed. New Yourk: J. Wiley, 1960. 485p.

ALMEIDA, L. D. A; LEITÃO FILHO, H. F.; MIYASAKA, S. Características do feijoeiro Carioca, um novo cultivar. **Bragantia**, v. 30, n. 1, p. 33-38, 1971.

AMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFERRI, F. S. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, Sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, p. 95-99, Jan./Feb. 2010.

ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. de M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; V. Q. RIBEIRO; RAMOS, S. R. R. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de vagem roxa e grãos brancos para feijão-verde. In: CONAC - CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1 e REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 4, 2006, Teresina. **Anais...** (CD), Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006.

ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. de M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi

avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 253-258, 2010.

ANTONIO, R. P.; ALBUQUERQUE, L. B.; SILVA, P. S.; L.; SILVA, A. E. A.; SILVEIRA, L. M.; TORRES FILHO, J. Avaliação agronômica de acessos de feijão caupi coletados no rio grande do norte. In: CONAC - CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais**. Recife: IPA, 2013.

AREMU, C. O.; ARIYO, O. J.; ADEWALE, B. D. Assessment of selection techniques in genotype X environment interaction in cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **African Journal of Agricultural Research**, v.2, p.352-355, 2007.

ATROCH, A.L.; NUNES, G.H.S. Progresso genético em arroz de várzea úmida no estado do Amapá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p.767-771, abr. 2000.

BA, F. S.; PASQUET, R. S.; GEPTS, P. Genetic diversity in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] as revealed by RAPD markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 51, n. 5, p. 539-550, 2004.

BAENZIGER, P. S.; PETERSON, E. J. Genetic variation: its origin and use for breeding self-pollinated species. In: STALKER, H. T.; MULTRIPHY, J. P. **Plant breeding in the 1990's**. North Carolina: North Carolina State University, 1991. p. 69-100.

BARROS, A. M.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F.; SILVA, K. J. D. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semiprostrado na região Meio-Norte do Brasil. In: CONAC - CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais**. Recife: IPA, 2013.

BENVINDO, R. N.; SILVA, J. A. L. da; FREIRE FILHO, F. R.; ALMEIDA, A. L. G. de; OLIVEIRA, J. T. S.; BEZERRA, A. A. de C. Avaliação de genótipos de feijão-caupi



de porte semi-prostado em cultivo de sequeiro e irrigado. **Comunicata Scientiae**, v.1, p.23-28, 2010.

BERTINI, C. H. C. M.; TEÓFILO, E. M.; DIAS, F. T. C. Divergência genética entre acessos de feijão-caupi do banco de germoplasma da UFC. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 1, p. 99-105, 2009.

BERTINI, C. H. M. Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 04, p. 613-619, 2010.

BESPALHOK, J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. A. (1999) Melhoramento de plantas autógamas por seleção. In: Destro, D. e Montalván, R. (Org.) **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: UEL, 818p.

BEZERRA, A. A. C.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Inter-relação em caracteres de caupi de porte ereto e crescimento determinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.137-142, 2001.

BORA, G. C.; GUPTA, S. N.; TOMER, Y. S.; SINGH, S. Genetic variability, correlation and path analysis in faba bean (*Vicia faba*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 68, n. 4, p. 212-214, 1998.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4 ed. Viçosa: UFV, 2005. 525 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12 de 28 mar. 2008. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 31 mar. 2008. Seção 1, p. 11-14.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Serviço Nacional de Proteção de Cultivares. Ato nº 4, de 19 de agosto de 2010. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 ago. 2010. Seção 1, p. 6-7.

BRASIL. Portaria nº 527, 30 de dezembro de 1997. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** Brasília, 1997. Registro Nacional de Cultivares – RNC. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registro/registro-nacional-cultivares>. Acesso em: 27 mar.2014.

BRS Itaim: cultivar de feijão-caupi com grãos tipo fradinho. Teresina: **Embrapa Meio-Norte**, 2009. 1 folder.

CARVALHO, F. I. C.; LORENZETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas: 2004. 142p.

CARVALHO, H. W. L. de; BRITO NETO, J.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M., RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, A. R. dos S.; RIBEIRO, S. S.; NOGUEIRA, L. C. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão-caupi de porte prostrado em Sergipe e Alagoas. In: CONAC - CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1 e REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 4, 2006c, Teresina. **Anais...** (CD), Teresina: Embrapa Meio Norte, 2006.

CARVALHO, L. C. B. **Cruzamentos dialélicos visando a obtenção de populações produtivas e biofortificadas para teores de ferro, zinco e proteína em feijão-caupi**. 2012. 91f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

COHEN, J.I.; WILLIAMS, J.T.; PLUCKNETT, D.L.; SHANDS, H. Ex situ conservation of plant genetic resources: global development and environmental concerns. **Crop Science**, v.253, p.866-872, 1991.

COLOMBARI FILHO, J. M.; GERALDI, I. O.; BARONA, M. A. A. Heterose e distâncias genéticas moleculares para a produção de grãos em soja. **Ciência e Agrotecnologia** v.34: p.940-945, 2010.

COSTA, J. C.; BAFFA, D. C. F.; ALVES, E. V.; SOARES, P. C.; CORNÉLIO, V. M. O.; SOARES, A. A.; REIS, M. S.; CUTRIM, V. A. Ensaio Comparativo Preliminar de Arroz de Várzeas em Minas Gerais: Ano Agrícola 2004/2005. In: III Seminário de iniciação científica e tecnológica da EPAMIG, 2006, Belo Horizonte. **Anais do III Seminário de iniciação científica e tecnológica da EPAMIG**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2006. v. 1. p. 158-162.

COSTA, E. M. R.; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M., MEDEIROS, A. M. ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, p 6773-6781, 2013.

CORREA, A. M.; CECCON, G.; CORREA, C. M. A.; DELBEN, D. S. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres fenológicos e morfoagronômicos em feijão-caupi. **Revista Ceres**, v. 59, n.1, p. 88-94, jan/fev, 2012.

COULIBALY, S.; PASQUET, R. S.; PAPA, R.; GETS, P. AFLP analysis of the phenetic organization and genetic diversity of *Vigna unguiculata* L. Walp. reveals extensive gene flow between wild and domesticated types. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 104, n. 2-3, p. 358-366, 2001.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa : UFV, 1994. 390p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2004. v. 1, 480p.

CRUZ CD (2006) **Genes**: biometria. Viçosa, Editora UFV. 302p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. rev. Viçosa: Editora UFV, 2006. v.2. 585p.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, p.271-276, 2013.

DESTRO, D. ; MONTALVÁN, R. **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: Ed. UEL, 1999. Cap. 21.

DONÇA, M. C. B. **Seleção precoce para caracteres dos grãos no melhoramento do feijão-caupi**. 2012. 100f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

EHLERS, J. D.; HALL, A. E. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.)Walp). **Field Crops Research**, n.53, p.187-204, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Rio Branco. **Cultura do caupi no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 1987. 1 folder.

COSTA, E. M. R. ; DAMASCENO-SILVA, K. J. ; ROCHA, M. M. ; MEDEIROS, A. M. ; ANUNCIACAO FILHO, C. J. Genetic divergence among African cowpea lines based on morphoagronomic traits. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, p. 6773-6781, 2013.

FALCONER, D. S.; MAKAY, T. F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4ed. Harlow: Longman, 1996. 464p.

FAOSTAT **Production Crops**. Disponível em:  
<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=cn#cnanchor>.

FEDERER, W. T. Augmented designs. **Hawaiian Planters' Record**, Aiea, v.55, p.191-208, 1956.

FEIJÃO, oferta e demanda brasileira. In: **AGRIANUAL 2009**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2009c. p. 317.

FERH, W. R. **Principles of cultivar development**: theory and technique. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. v.1 563p.

FERREIRA, A.; CECON, P. R.; CRUZ, C. D.; FERRÃO, R. G.; SILVA, M. F.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G. Seleção simultânea de *Coffea canephora* por meio da combinação de análise de fatores e índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.12, p.1189-1195, dez. 2005.

FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada**. Lavras: ed. UFLA, 2008. 662p.

FERY, R. L. The cowpea: production, utilization and, research in the United States. **Horticultural Reviews**, v.12, p.197-222, 1990.

FERY, R. L. New opportunities in Vigna. In: Janick, J., Whipkey, A., editors. Trends in New Crops and New Uses. **Alexandria**, VA: ASHS Press. p.424-428, 2002.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. de A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B. da; ROCHA, de M. R. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, v. 5, n. 2, p.110116, 2000.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. do S. da R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi**: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2011. 81p.

FREY, K. J.; HORNER, T. Comparison of actual and predicted gains in barley selection experiments. **Agronomy Journal**, v. 47, n. 4, p. 186-188, 1955.

FROTA, A. B.; PEREIRA, P. R. Caracterização da produção de feijão-caupi na região Meio-Norte do Brasil. In: CARDOSO, M. J.(Org.). **A cultura do feijão-caupi no Meio Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000.

GEORGE, M.L.C., F. SALAZAR, M. WARBURTON, L. NARRO, AND F.A. VALLEJO. Genetic distance and hybrid value in tropical maize under P stress and non stress conditions in acid soils. **Euphytica**, v.178, p.99-109, 2011.

GRANGEIRO, T. B. Composição bioquímica da semente. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica; p. 338-365, 2005.

GUIMARÃES, P. S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; LÜDERS, R. R.; SOUZA, A.P.; LABORDA, P. R.; OLIVEIRA, K. M.; Correlação da heterose de híbridos de milho com divergência genética entre linhagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.6, p.811-16, 2007

HALL, A. E.; CISSE, N.; THIAW, S.; ELAWAD, H. O. A.; EHLERS, J. D.; ISMAIL, A. M.; FERY, R. L.; ROBERTS, P. A.; KITCH, L. W.; MURDOCK, L. L.; BOUKAR, O.; PHILLIPS, R. D.; MCWATTERS, K. H. Development of cowpea cultivars and germplasm by the bean/cowpea CRSP. **Field Crops Research**, v.82, p.103–134, 2003.

HALL, A. E. Breeding for adaptation to drought and heat in cowpea. **European Journal of Agronomy**, v.21, p.447–454, 2004.

HARTLEY, H.O. The use of range in analysis of variance. **Biometrika**, v. 37, p.271-280, 1950.

HAZEL, L. H. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v.28, p.476-490, 1943.

IBGE. **Estados. Unidades da federação**. Disponível em:  
<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>.

KEMPTHORNE, O. **An introduction to genetics statistics**. Ames: Iowa State University, 1973. 545 p.

LACERDA, M. L.; OLIVEIRA, M. B.; BRITO, O. G.; CARVALHO, A. J.; SOUZA, V. B.; SOUZA, A. A.; ALVES, S. E. S. Componentes de produção de linhagens selecionadas de feijão-caupi de porte ereto e semiereto no norte de minas gerais. In: CONAC - CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais**. Recife: IPA, 2013.

LIMA, C. J. G. S. ; OLIVEIRA, F. A. ; MEDEIROS, J. F. ; OLIVEIRA, M. K. T. ; JUNIOR, A. B. A. Resposta do feijão-caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde Agroecologia Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.2, n.2, p.79-86, 2007.

LIMA, L. K. **Implicações da interação genótipos x ambientes em ensaios de valor de cultivo e uso no Estado de Minas Gerais**. 2013. 120p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

LOPES, A. C. A.; FREIRE-FILHO, F. R.; SILVA, R. B. Q.; CAMPOS, F. L.; ROCHA, M. M. Variabilidade e correlações entre caracteres agronômicos em caupi (*Vigna unguiculata*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 515-520, 2001.

LOPES, A. M.; CRAVO, M. S.; SAMPAIO, L. S. Efeito da interação genótipo x ambiente no rendimento de grãos de feijão-caupi de porte ereto no estado do Pará. In: CONAC - CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1 e REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 4, 2006, Teresina. **Anais...** (CD), Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006.

LORENCETTI, C.; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. de; VALERIO, I. P.; BENIN, G.; ZIMMER, P. D.; VIEIRA, E. A. Distancia genética e sua associação com heterose e desempenho de híbridos em aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 591-598, abr. 2006.

MATEI, G. **Implicações da capacidade de combinação e da distância genética na seleção de genitores de trigo (*Triticum aestivum* L.)**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

MATOS FILHO, C. H. A. **Análise genética de caracteres relacionados a arquitetura de planta em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 2006. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

MATOS FILHO, C. H. A.; GOMES, R. L. F.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, R. R.; LOPES, A. C. A. Potencial produtivo de progênies de feijão-caupi com arquitetura ereta de planta. **Ciência Rural**, v.39, n.2, p.348-354, 2009.

MIRANDA, G. V.; COIMBRA, R. R.; GODOY, C. L.; SOUZA, L. V.; GUIMARÃES, L. J. M.; MELO, A. V. Potencial de melhoramento e divergência genética de genótipos de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.6, p.681-688, 2003.

MILADONOVIC, J.; BURTON, J. W.; BALESEVIC TUBIC, S.; MILADINOVIC, D.; DJORDJEVIC, V.; DJUKIC, V. "Soybean breeding: comparison of the efficiency of different selection methods," **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 35, p. 469–480, 2011.

MOHAMMED, M. S. ; RUSSOM, Z. ; ABDUL, S. D. Inheritance of hairiness and pod shattering, heritability and correlation studies in crosses between cultivated cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and this wild (var. pubenses) relative. **Euphytica**, p. 397-407, 2010.

MOURA, J. O.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, K. J. D.; RIBEIRO, V. Q. R. Path analysis of iron and zinc contents and others traits in cowpea. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v.12, p .245-252, 2012.



MOURA, R. M. **Análise dialéctica e de famílias de feijão-caupi visando seleção para extraprecocidade**. 2013. 99 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

MUEHLBAUER, F. J.; BURNELL, D. G.; BOGYO, T. P.; BOGYO, M. T. Simulated Comparisons of Single Seed Descent and Bulk Population Breeding Methods. **Crop Science**, v. 21 n. 4, p. 572-577, 1981.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v.7, p.40-57, 1978.

NUNES, J. A. R.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F. Inclusion of genetic relationship information in the pedigree selection method using mixed models. **Genetics and Molecular Biology**, v. 31, n. 1, p. 73-88, mar. 2008.

NUNES, H. F. **Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de feijão-caupi do tipo fradinho em cultivos de sequeiro e irrigado**. 2012. 106p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

NUNES, H. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; GOMES, R. L. F. Grain yield adaptability and stability of blackeyed cowpea genotypes under rainfed agriculture in Brazil. *African Journal of Agricultural Research*. v. 9, n.2, p.255-261, 2014.

OLADIRAN, O.; OLAJIRE, F.; ABAIDOO, R. C.; NNENNA, I. Phosphorus Response Efficiency in Cowpea Genotypes. **Journal of Agricultural Science**, v.4, n.1; 2012.

OLIVEIRA, F. O.; ANUNCIÇÃO FILHO, C. J.; BASTOS, G. Q.; REIS, O. V.; TEÓFILO, E. M. Caracteres agrônômicos aplicados na seleção de cultivares de caupi. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 34, n.1 2003.

OLIVEIRA, J. T. S. Seleção de genótipos tradicionais e melhorados de feijão-caupi adaptados a região semi-árida piauiense. 2008. 62 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

OLIVEIRA, C. R. R.; FREIRE FILHO, F. R.; NOGUEIRA, M. S. R.; BARROS, G. B.; EIRAS, M.; RIBEIRO, V. Q.; LOPES, A. C. A. Reação de genótipos de feijão-caupi revela resistência às coinfeções pelo Cucumber mosaic virus, Cowpea aphid-borne mosaic virus e Cowpea severe mosaic vírus. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p.59-66, 2012.

PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin, taxonomy and morphology of *Vigna unguiculata* (L.)Walp. In: SINGH, B. B., MOHAN RAJ, D. R., DASHIELL, K., JACKAI, L. E. N. (eds.). **Advances in Cowpea Research**. Copublication of International Institute of Tropical Agriculture (IITA) and Japan International Centre for Agricultural Sciences (JIRCAS), IITA, Ibadan, Nigeria, p. 1-12, 1997.

PAIVA, J. B.; PITOMBEIRA, J. B.; BEZERRA, F. F.; ALMEIDA, F. C. G.; MACIEL, R. F. P.; OLIVEIRA, H. G. de; QUEIROZ, G. M. de; PINHO, J. L. N. de; PAULA, A. F. de; BENEVIDES, E. C. Feijão-de-corda. Fortaleza: UFC – CCA. **Relatório Técnico**, 1972.

PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J. B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (coord.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. 2ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.215-274, 1988.

PASSOS, A. R. Divergência genética em feijão-caupi. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 579-586, 2007.

PASSOS, A. R.; SILVA, S. A.; PEIXOTO, C. P.; ROCHA, M. A. C.; CRUZ, E. M. O. Ganho por seleção direta e indireta em caupi considerando a interação GxE. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.18, n. 1, p. 18-33. 2011.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estística Experimental. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1973, 430 p.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14<sup>a</sup> Ed. Piracicaba – SP: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. 477p.

PORBENI, J.; FAWOLE, I. Inheritance of stem fasciation and its effect on some agronomic traits of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Crop Science** .v.53, n.5, p.1937-1943, 2013.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 217p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na Agropecuária**. 2000, 7<sup>a</sup> ed. São Paulo, Editora Globo. 359p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREL, A. F. B.; SANTOS, J. B. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L. L. et al., (Org.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação M. T, 2001. v. 1, p. 201-230.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de espécies autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. 522.

RAMALHO, M. A. P.; CARVALHO, B. L.; NUNES, J. A. R. “Perspectives for the Use of Quantitative Genetics in Breeding of Autogamous Plants,” **ISRN Genetics**, vol. 2013, Article ID 718127, 6 pages, 2013.

RAPOSO, F. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. (2000) Comparação de métodos de condução de populações segregantes do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35: 1991-1997.

REGIS, J. A. V. B.; MOLINAS, V. S.; SANTOS, A.; CORREA, A. M.; CECCON, G. Estimativas de parâmetros genéticos em Genótipos de feijão-caupi de porte ereto e semiereto. **Revista Agrarian**. v.7, n.23, p.11-19, 2014

RIBEIRO, V. Q. (Ed.). Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 108 p. (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção, 2).

ROBERTSON, A. A Theory of limits in artificial selection. Proc. **R. Soc. London Ser. B.**, v.153, p.234-249, 1960.

ROCHA, M. de M.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, K. J. D.; RIBEIRO, V. Q.; LOPES, A. M.; VILARINHO, A. A.; GONÇALVES, J. R. P.; CAVALCANTE, E. S.; VIERA JÚNIOR, J. R. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de porte semi-prostrado na região Norte do Brasil. In: CONAC - CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2 e REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 7, 2009, Belém. **Anais...** (CD), Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.

ROCHA, M. de M.; OLIVEIRA, de J. T. S.; SILVA, K. J. D.; FREIRE FILHO, F. R.; BARROS, F. R.; RODRIGUES, E. V. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi no semiárido piauiense. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 6, Búzios, 2011a, **Anais...**(CD).Búzios: SBMP, 2011.

ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; FREIRE FILHO, F. R.; FRANCO, L. J. D.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. Avaliação dos teores de ferro, zinco e proteína em linhagens de feijão-caupi da classe comercial Branca, subclasse Fradinho. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2011b. 4 p. (EMBRAPA Meio-Norte de Teresina. **Comunicado Técnico**, 226).

ROCHA, M. de M. Mercado e Comercialização. In: **Agência Embrapa de Informação** Tecnológica – Feijão-caupi. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijão-caupi/arvore/CONTAG01\\_72\\_510200683537.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijão-caupi/arvore/CONTAG01_72_510200683537.html). Acesso em: 15 de junho de 2013.

SANTOS, J. B.; VENCOSKY, R.; RAMALHO, M. A. P. Controle genético da produção de grãos e seus componentes primários em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1986. n. 20: p. 1203-1211.

SANTOS, C. A. F.; MENEZES, E. A.; ARAÚJO, F. P. Divergência genética em genótipos de feijão-de-corda em dois ambientes. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.44, n.251, p.35-42, 1997.

SANTOS, C. A. F.; ARAÚJO, F. P. Produtividade e morfologia de genótipos de feijão-caupi em diferentes densidades populacionais nos sistema irrigado e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1977- 1984, out. 2000.

SANTOS, J. W. dos; ALMEIDA, F. de A. C.;BELTRÃO, N. E. de M.; CAVALCANTE, F. B. Estatística experimental aplicada. **Cap. 5**, 2 ed. Campina Grande/PB: Embrapa Algodão, 461 p.,2008

SANTOS, C. A.; ARAÚJO, F. P. Aplicação de índices para seleção de caracteres agrônômicos de feijão-de-corda. **Ciência Agrônômica**, v.32, p.78-84, 2001.

SANTOS, A.; CECCON, G.; CORREA, A. M.; DUARTE, L. G. Y.; REIS, J. A. V. B.; Análise genética e de desempenho de genótipos de feijão-caupi cultivados na transição do cerrado-pantanal. **Cultivando o saber**, v. 5, n. 4, p. 87-102, 2012.

SANTOS, E. O.; ALMEIDA, W. S.; FERNANDES, F. R. B.; TEÓFILO, E. M.; BERTINI, C. H. C. M. Seleção quanto à resistência ao pulgão preto e produtividade em feijão-caupi. In: III CONAC - CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1 2013, Recife. **Anais...(CD)**, Fortaleza: universidade Federal do Ceará, 2013.

SAS INSTITUTE – **SAS 9.2 Software**. Cary, 2014. Disponível em: <http://support.sas.com./software/92/>. Acesso em: 4 fev. 2014.

SILVA, K. J. D. Feijão-caupi: uma opção à agricultura familiar e empresarial. **AGROSOFT** Brasil, dezembro de 2007. Disponível em: [www.agrosoft.org.br/agropag/27402.htm](http://www.agrosoft.org.br/agropag/27402.htm).

SILVA, K. J. D. O feijão-caupi para processamento industrial e exportação. **AGROSOFT** Brasil, julho de 2008. Disponível em: [www.agrosoft.org.br/agropag/101724.htm](http://www.agrosoft.org.br/agropag/101724.htm).

SILVA, K. J. D. e. **Estatística da produção de feijão-caupi**. 2009. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/estatistica.pdf> >. Acesso em: 23 jan. 2014.

SILVA, K. J. D.; CARVALHO, L. C. B.; ROCHA, M. M.; SOUSA, M. B.; PIRES, C. J.; SOUSA, C. M. B.; SILVA, J. D. L. Correlações Fenotípicas em Populações F2 para Caracteres Relacionados à Produtividade em Feijão-Caupi. In: Congresso brasileiro de Melhoramento de Plantas, 6. **Panorama atual e perspectivas do melhoramento de plantas no Brasil**: SBMP, Búzios, 2011.

SILVA, L. C. Estratégias de condução de populações segregantes no melhoramento genético do feijoeiro. 2009. 65p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

SILVA, M. G. M.; VIANA, A. P. Alternativas de seleção em população de maracujazeiro-azedo sob seleção recorrente intrapopulacional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 2, p. 525-531, 2012.

SILVA, A. C. F.; MELO, P. G. S.; MELO, L. C.; BASSINELLO, P. Z.; PEREIRA, H. S. Eficiência de métodos de melhoramento para teor de fibra e produtividade de grãos em progênes de feijoeiro comum. **Bragantia**, vol.72 n.4. Campinas, Dec 17, 2013.

SILVA, J. A.; NEVES, J. A. A. Componentes de produção e suas correlações em genótipos de feijão-caupi em cultivo de sequeiro e irrigado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 702-713, jul-set, 2011.

SINGH, B. B.; MOHAN RAJ, D. R.; DASHIELL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (Ed.). *Advances in cowpea research*. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture / Tsukuba: **Japan International Research Center for Agricultural Sciences**, 1997. 375p.

SINGH, I.; BADAYA S. N.; TIKKA, S. B. S. Combining ability for yield over environments in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Indian Journal Crop Science**, v.1, p.205-206, 2006.

SINGH, I.; BADAYA S. N.; TIKKA, S. B. S. Combining ability for yield over environments in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Indian Journal Crop Science**, v.1, p.205-206, 2006.

SINGH, B. B. **The quiet revolution**. IITA Research Development (R4D) Review, Ibadan, Nigeria, 2010. Disponível em: <http://r4dreview.org/2010/09/the-quiet-revolution>. Acesso em junho de 2013.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annual Eugenics**, v.7, p.240-250, 1936

SOBRAL, P. V. C. Caracterização morfoagronômica e divergência genética entre acessos africanos de feijão-caupi. 2009. 132 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal do Piauí, Teresina.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. L. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw Hill. 1960. 481p.

SOUSA, C. L. C. LOPES, A.C.A.; GOMES, R.L.F. ROCHA, M. M.; MESQUITA, E. M. Variability and correlations in cowpea populations for green-grain production. **Crop Breeding and Applied Biology**, v.7, p.262-269, 2007.

TEIXEIRA, N. J.P.; MACHADO, C. F.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F. Produção, componentes de produção e suas interrelações em genótipos de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] de porte ereto. **Revista Ceres**, 54:374-382, 2007.

TIMKO, P. M.; EHLERS, J. D.; ROBERTS, P. A. Cowpea. In: KOLE, C. **Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants: Pulses, Sugar and Tuber Crops.** (Ed.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, vol.03, p. 49-67, 2007.

VALADARES, R. N. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica em genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e porte ereto/semiereto nas mesorregiões Leste e Sul maranhense. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, UFCG. Patos, PB. 2010.

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C.; CALDAS, M. T. Comportamento do feijão-fradinho na primavera-verão na zona da mata de minas gerais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1359-1365, 2000.

VIJAYKUMAR, A.; SAINI, A; JAWALI, N. Phylogenetic Analyses of Subgenus *Vigna* Species Using Nuclear Ribosomal RNA ITS: Evidence of Hibridization among *Vigna unguiculata* Subspecies. **Journal of Heredity**, v. 101, n.2, p. 177-188, 2010.

VILARINHO, A. A.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V. Q.; VILARINHO, O. L. B. adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão-caupi de porte prostrado em Roraima – safras 2004 e 2005. In: CONAC - CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1 e REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 4, 2006, Teresina. **Anais...** (CD), Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RUMJANEK, N. G.; FREIRE FILHO, F. R. Variabilidade genética em acessos de caupi analisada por meio de marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 353-359, 2005.

WEGARY, D.; VIVEKA, B. ;LABUSCHAGNE, M. (2013) *Association of parental genetic distance with heterosis and specific combining ability in quality protein maize.* **Euphytica**, 191 (2). pp. 205-216.

WILLIAMS, J. S. **The evaluation of a selection index.** *Biometrics*, v. 18, p. 375-393, 1962.



ZILLI, J. E.; VILARINHO, A.; ALVES, J. M. A. A. **A Cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2009. 356 p.