

**AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE LINHAGENS DE TEGUMENTO E
COTILÉDONE VERDES PARA O MERCADO DE FEIJÃO-CAUPI VERDE**

FABRÍCIO NAPOLEÃO ANDRADE

**TERESINA
Estado do Piauí - Brasil
Setembro – 2010**

**AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE LINHAGENS DE TEGUMENTO E
COTILÉDONE VERDES PARA O MERCADO DE FEIJÃO-CAUPI VERDE**

FABRÍCIO NAPOLEÃO ANDRADE

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia do Centro de Ciências
Agrárias da Universidade Federal
do Piauí, para obtenção do título
de Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Produção Vegetal.**

**TERESINA
Estado do Piauí - Brasil
Setembro – 2010**

FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco

A553a Andrade, Fabrício Napoleão. .
Avaliação e seleção de linhagens de tegumento e cotilédone
verdes para o mercado de feijão-caupi verde [manuscrito] /
Fabrício Napoleão Andrade – 2010.
109 f. : il. col.

Cópia de computador (*printout*).

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí-
Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2010.
Orientador: Dr. Maurisrael de Moura Rocha.

1. Feijão-caupi – feijão-verde. 2. *Vigna unguiculata*. 3.
Feijão-caupi - correlações. 4. Feijão-caupi – Análise de trilha. 5.
Feijão-caupi – produção. 6. Feijão-caupi – qualidade nutricional e
culinária. I. Título.

CDD 635.6592

**AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE LINHAGENS DE TEGUMENTO E
COTILÉDONE VERDES PARA O MERCADO DE FEIJÃO-CAUPI VERDE**

FABRÍCIO NAPOLEÃO ANDRADE
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Dr. Maurisrael de Moura Rocha

Co-Orientadora: Profa. Dra. Regina Lucia Ferreira Gomes

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia do Centro de Ciências
Agrárias da Universidade Federal
do Piauí, para obtenção do título
de Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Produção Vegetal.**

TERESINA
Estado do Piauí - Brasil
Setembro – 2010

**AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE LINHAGENS DE TEGUMENTO E
COTILÉDONE VERDES PARA O MERCADO DE FEIJÃO-CAUPI VERDE**

FABRÍCIO NAPOLEÃO ANDRADE

Aprovada em 30/09/2010.

Comissão julgadora:

**Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra
Departamento de Planejamento e Política Agrícola/CCA/UFPI
(Membro)**

**Prof. Dr. Disraeli Reis da Rocha
Departamento de Fitotecnia/CCA/UFPI
(Membro)**

**Profa. Dra. Regina Lucia Ferreira Gomes
Departamento de Fitotecnia/CCA/UFPI
(Co-Orientadora)**

**Prof. Dr. Maurisrael de Moura Rocha
Embrapa Meio-Norte
(Orientador)**

EPÍGRAFE

"A maior vitória na competição é derivada da satisfação interna de saber que você fez o seu melhor e que você obteve o máximo daquilo que você deu."

(Howard Cosell)

Aos meus pais Francisco das Chagas Andrade e Verônica Napoleão Andrade

Aos meus irmãos Fábio, Marcelo e Milena

DEDICO

À minha noiva Rosa Camila

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade de realizar o mestrado;

Ao Pesquisador, Dr. Maurisrael de Moura Rocha, pelas orientações e ensinamentos para convivência científica, durante a realização deste trabalho;

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, em especial à Prof. Dr^a. Regina Lucia Ferreira Gomes, por seus ensinamentos e co-orientação;

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos, subsídio que me possibilitou realizar o curso;

Ao Prof. Dr. Disraeli Reis da Rocha, pela orientação no estágio de docência;

À Embrapa Meio-Norte, pelo fornecimento de material necessário ao desenvolvimento deste trabalho, em especial aos colegas do Laboratório de Bromatologia, Luis José Duarte Franco e Antonio Carlos dos Santos;

Ao pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho, pelo caráter e companheirismo;

A toda a equipe do feijão-caupi, pelo apoio e momentos de descontração, em especial, Manoel Gonçalves da Silva, Paulo Sérgio Monteiro, Agripino Ferreira do Nascimento, Francisco Gregório Chaves e todas as mulheres do caupi;

A todos da minha família, fonte inesgotável de inspiração para busca de meus ideais;

Às minhas afilhadas, Luara e Érica, pelos grandiosos momentos de alegria;

Aos amigos de infância: Alexandre, Franzé, Luciano Gil, Sérgio, Valdir, Manoel e Ananias, pela força;

Às amigas, Erina Vitório e Lígia Renata, por sempre estarem disponível para colaborar neste trabalho;

Aos amigos de profissão Valber Mendes, Antônio Guaraná, Sérgio Bortolozzo, Eduardo Magno, Gustavo Abreu, Renato Rocha e Fernando Silva, pelo companheirismo;

Aos amigos do Mestrado em Agronomia Lilian, Simone, Joseane, Ruty, Iris, Jadson, Douglas, Sávio, Adilberto, Ferreira e Adailton, bem como aos demais companheiros de disciplinas e trabalhos, pela união e perseverança na conquista de mais um degrau.

SUMÁRIO

RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO GERAL	18
2. REVISÃO DE LITERTURA	21
2.1. Classificação botânica e origem do feijão-caupi	21
2.2. Importância sócio-econômica do feijão-caupi	21
2.3. Mercado do feijão-verde	24
2.4. Qualidade nutricional e culinária do feijão-caupi	25
2.5. Melhoramento genético do feijão-caupi para grãos secos	28
2.6. Melhoramento do feijão-caupi para feijão-verde	29
2.7. Estimativas de parâmetros genéticos em feijão-caupi	31
2.7.1. Coeficiente de variação genético	31
2.7.2. Herdabilidade/Coeficiente de determinação genotípico	32
2.7.3. Correlações entre caracteres	34
2.7.4. Análise de trilha	36
3. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	39
4. CAPITULO I	
Potencial agrônomo, nutricional e culinário de linhagens de feijão-caupi de tegumento e cotilédones verdes para o mercado de feijão-verde	57
RESUMO	57
ABSTRACT	59
INTRODUÇÃO	60
MATERIAL E MÉTODOS	62
RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

5. CAPITULO II

Variabilidade, correlações e análise de trilha em linhagens de tegumento e cotilédone verdes avaliadas para feijão-verde.....	83
RESUMO.....	83
ABSTRACT.....	85
INTRODUÇÃO.....	86
MATERIAL E MÉTODOS.....	88
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	95
CONCLUSÕES.....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
CONCLUSÕES GERAIS.....	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produção de feijão-caupi nas regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste do Brasil. Fonte: IBGE (2008)	23
Figura 2. Produção de feijão-caupi na região Nordeste do Brasil, referente à primeira e segunda safra. Fonte: IBGE (2008)	24
Figura 3. Visão geral do ensaio. Teresina, PI, 2009	63
Figura 4. Operação de desbaste. Teresina, PI, 2009	64
Figura 5. Capinas manuais e à tração animal. Teresina, PI, 2009	64
Figura 6. Área do experimento irrigada por aspersão convencional. Teresina, PI, 2009	65
Figura 7. Padronização de umidade das vagens verdes após cada colheita. Teresina, PI, 2009	66
Figura 8. Detalhes do cozedor de Mattson. Teresina, PI, 2009	67

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Relação dos genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão-verde. Teresina, PI, 2009 62;89
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância para os caracteres número de dias para o início da floração (NDIF), número de dias para a maturação de vagens verdes (NDMVV), período de produção de vagens verdes (PPVV), comprimento de vagem verde (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), valor de cultivo (VC), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV), facilidade de soltura dos grãos de vagens verdes (FSGVV), tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn), obtido a partir da avaliação de 24 genótipos de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009 70
- Tabela 3.** Estimativas de médias para os caracteres número de dias para o início da floração (NDIF), número de dias para a maturação de vagens verdes (NDMVV), período de produção de vagens verdes (PPVV), comprimento de vagem verde (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), valor de cultivo (VC), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV), facilidade de soltura dos grãos de vagens verdes (FSGVV), tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn), obtidas a partir da avaliação de 24 genótipos de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009 72

Tabela 4. Estimativas do coeficiente de variação genético (CV_G) e coeficiente de determinação genotípico (h^2) relativos aos caracteres número de dias para início da floração (NDIF), número de dias para maturação de vagens verdes (NDMVV), período de produção de vagens verdes (PPVV), comprimento de vagem verde (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), valor de cultivo (VC), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), facilidade de debulha de vagens verdes (FDVV), facilidade de soltura dos grãos de vagens verdes (FSGVV), tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn), obtidas a partir da avaliação de 24 genótipos de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009 95

Tabela 5. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e residual (r_R), entre os caracteres número de dias para o início da floração (NDIF), comprimento de vagem verde (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn), obtidas a partir da avaliação de 24 genótipos de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009 98

Tabela 6. Estimativas de efeitos diretos e indiretos das correlações genéticas das variáveis explicativas agronômicas dos caracteres número de dias para o início da floração (NDIF), comprimento de vagem verde (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV) e índice de grãos verdes (IGV) sobre variável básica produtividade de grãos verdes (PGV), obtidas a partir da avaliação de 24 genótipos de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009 100

Tabela 7. Estimativas de efeitos diretos e indiretos das correlações genéticas das variáveis explicativas nutricionais dos caracteres nutricionais e culinários tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn) sobre variável básica produtividade de grãos verdes (PGV), obtidas a partir da avaliação de 24 genótipos de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009 102

AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE LINHAGENS DE TEGUMENTO E COTILÉDONE VERDES PARA O MERCADO DE FEIJÃO-CAUPI VERDE

Autor: Fabrício Napoleão Andrade

Orientador: Dr. Maurisrael de Moura Rocha

RESUMO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma cultura de grande importância socioeconômica nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. A produção de feijão-verde constitui-se numa importante fonte de renda para os agricultores familiares e tem um grande potencial para a expansão do consumo, assim como também para o processamento industrial. No entanto, há necessidade da seleção de cultivares mais adequadas para o mercado de feijão-verde. Os objetivos deste trabalho foram: 1. avaliar o potencial agrônomo, nutricional e culinário de linhagens de feijão-caupi de tegumento e cotilédone verdes para o mercado de feijão-verde; 2. estimar a variabilidade entre linhagens, e as correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre caracteres, e os efeitos diretos e indiretos entre alguns caracteres agrônomo, nutricionais e culinários sobre a produtividade de grãos verdes, por meio da análise de trilha. Conduziu-se o experimento no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, no ano agrícola de 2009, sob condições irrigadas. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com vinte e quatro tratamentos e quatro repetições. Foram avaliados os seguintes caracteres: número de dias para início da floração (NDIF), número de dias para maturação (NDM), período de produção de vagens verdes (PPVV), produtividade de vagens verdes (PVV), comprimento de vagens verdes (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), valor de cultivo (VC), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV), facilidade de soltura de grãos das vagens verdes (FSGV), tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn). Foram realizadas análises de variância, estimados os coeficientes de variação

genético, determinação genotípica e de correlações fenotípica, genotípica e ambiental, e análise de trilha. Existe variabilidade genética entre genótipos para os caracteres NDIF, NDMVV, CVV, NGVV, P100G, PVV, PGV, IGV, TC, TFe e TZn. O CVV (91,49%), IGV (84,67%) e TZn (83,57%) exibiram o mais alto componente genético na expressão do caráter. Existe maior probabilidade de ganhos para a produtividade de grãos verdes por meio da seleção indireta dos caracteres PVV, IGV e TPB. Entre os caracteres culinários e nutricionais, o TPB apresentou o maior efeito positivo sobre o PGV. Os caracteres PVV e IGV são os componentes agronômicos mais importantes na expressão da produtividade de grãos verdes. A linhagem MNC05-847B-126 apresentou comportamento semelhante à testemunha MNC99-541F-15 quanto ao IGV. As linhagens MNC05-835B-16, MNC05-837B-24, MNC00-595F-2, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-160, MNC00-595F-27 e MNC00-599F-11 apresentaram os melhores resultados em relação aos caracteres culinários e nutricionais. Há possibilidade de ganhos com a seleção de caracteres agronômicos, culinário e nutricionais e o desenvolvimento de cultivares para o mercado de feijão-caupi verde.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, variabilidade, qualidade, mercado.

EVALUATION AND SELECTION OF GREEN TEGUMENT AND COTYLEDON LINES FOR FRESH COWPEA MARKET

Author: Fabrício Napoleão Andrade

Adviser: Dr. Maurisrael de Moura Rocha

ABSTRACT - Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is a crop of great socioeconomic importance in the North and Northeast of Brazil. It's cultivation as fresh bean constitutes an important income source for family farmers and it has a great potential for the expansion of consumption, as well as for industrial processing. However, there is a need to select cultivars most appropriate for this fresh bean market. The objectives of this study were: 1. Evaluate the agronomic, nutritional and culinary potential of green tegument and cotyledon cowpea lines for the fresh bean market, 2. estimate the variability among lines, and 3. Estimate phenotypic, genotypic and environmental correlations among traits, and the direct and indirect effects of some agronomic, nutrition and cooking traits on the fresh grain yield, through path analysis. An experiment was carried out on the experimental field of Embrapa Mid-North, in Teresina, PI, in the 2009 agricultural year, under irrigated conditions. A randomized block design with twenty-four treatments and four replications was used. The following characters were evaluated: number of days to flowering (NDIF), number of days to maturation (NDM), period of fresh pods production (PPVV), fresh pod yield (PVV), length (CVV), number of grains per fresh pod (NGVV), weight of 100 fresh grain (P100GV), crop value (VC), fresh grain yield (PGV), fresh grain index (IGV), easiness of opening fresh pod (FAVV), easiness of liberation grains fresh pod (FSGV), cooking time (CT), crude protein (TPB), iron content (TFE), and zinc content (TZn). Analyses of variance were performed, genetic variation, genotypic determination and phenotypic, genotypic and environmental correlations coefficients, and a path analysis. There is variability among genotypes for NDIF, NDMVV, CVV, NGVV, P100G, PVV, PGV, IGV, TC, TFe, and TZn traits. CVV (91.49%), IGV (84.67%), and TZn (83.57%) traits exhibited the highest genetic component in the expression of the trait. There is a higher probability of gains for fresh grain yield through indirect selection of PVV, IGV,

and TPB traits. Among the culinary and nutritional traits, TPB has showed the greatest positive effect on the PGV. PVV and IGV traits are the most important agronomic components in the expression of fresh grain yield. MNC05-835B-15, MNC05-835B-16, MNC00-595F-2, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-126 and MNC00-595F-27 genotypes showed similar performance as compared to the BRS Paraguaçu and BRS Guariba checks for PVV and PGV. MNC05-847B-126 line showed similar performance as compared to the MNC99-541F-15 check for IGV. MNC05-835B-16, MNC05-837B-24, MNC00-595F-2, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-160, and MNC00-595F-27, MNC00-599F-11 showed the Best results in relation to culinary and nutritional traits. There is possibility for gains through the selection of agronomical, nutritional and culinary traits and development of cultivars suitable for the fresh cowpea market.

Key words: *Vigna unguiculata*, variability, quality, market.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) destaca-se por sua importância socioeconômica para as famílias das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Atualmente, encontra-se em franca expansão na região Centro-Oeste (FREIRE FILHO et al., 2008). Constitui-se num dos principais componentes da dieta alimentar, nas zonas rural e urbana, gerando emprego e renda para milhares de pessoas, necessitando, portanto, de uma maior atenção por parte das pesquisas, visando utilizar de forma efetiva o germoplasma existente. É uma cultura bastante versátil em termos de mercado, podendo ser comercializada na forma de grãos secos, vagens e grãos verdes ou frescos (feijão-verde), farinha para acarajé, e sementes (ROCHA et al., 2006b; ROCHA, 2009).

O consumo de feijão-verde é uma tradição no Nordeste, tratando-se de um componente essencial de vários pratos típicos. É consumido em ensopados, farofas e no característico baião-de-dois, prato típico onde o feijão e o arroz são cozidos juntos, desenvolvendo-se um terceiro sabor muito apreciado (KBATOUNIAN, 1994). Em decorrência disso, representa uma importante fonte de emprego e de renda na zona rural e em torno das cidades da região. Por outro lado, a agregação de valor do feijão-verde, hoje, traduz-se na grande possibilidade do feijão-caupi alcançar a agroindústria e os mercados de outras regiões, podendo-se vislumbrar o mercado externo (OLIVEIRA et al., 2001; FREIRE FILHO et al., 2003).

A cadeia produtiva do feijão-verde apresenta uma série de problemas que necessitam ser resolvidos. Sua representatividade é prejudicada por um processo errôneo de colheita, pois não se tem uma referência exata do “ponto de colheita”. Além disso, não existe um conhecimento suficiente e adequado sobre as características do feijão-caupi própria para o consumo na forma de feijão-verde por parte dos produtores, distribuidores e, principalmente, consumidores (LIMA, 2009). Todo o comércio é realizado em forma de vagem

ou de grãos debulhados, sem nenhum processamento (FREIRE FILHO et al., 2007). Não há cultivares comerciais adequadas para essa finalidade, ou seja, as mesmas cultivares recomendadas para produção de grãos secos são utilizadas para a produção de grãos verdes, o que representa perdas para o produtor, visto que muitas não apresentam características de interesse, tais como crescimento indeterminado, porte semi-prostrado, amplo ciclo produtivo, vagens atrativas, uniformes, bem granadas, com fácil debulha, boa relação peso de grão verde/vagem verde e longo período de preservação pós-colheita (ROCHA, 2009).

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 (ANDRADE et al., 2005). Estudos têm sido conduzidos, avaliando caracteres agronômicos, principalmente a produtividade de grãos e vagens verdes (SERPA; LEAL, 1999; MIRANDA; ANUNCIAÇÃO FILHO, 2001; OLIVEIRA et al., 2002 e 2003; PEKSEN et al., 2004; ANDRADE et al., 2005; ALVES et al., 2009; CARDOSO et al., 2009). Em menor escala têm sido estudados também o índice de grãos (ANDRADE et al., 2005), a facilidade de abertura das vagens verdes (PEKSEN et al., 2004; ANDRADE et al., 2005) e a conservação pós-colheita (KRUTMAN et al., 1973; LIMA et al., 2000; LIMA, 2009).

A qualidade nutricional do grão de feijão-caupi é muito importante e tem impactos positivos sobre a saúde do consumidor. Neste sentido, estudos têm sido conduzidos sobre a avaliação de genótipos quanto às características nutricionais, principalmente quanto aos teores de proteína, carboidratos, fibras, vitaminas e minerais nos grãos secos (SILVA et al., 2002; SALGADO et al., 2005; NUNES et al., 2006; HENSHAW, 2008). Em relação aos minerais, os teores de ferro e zinco têm sido a ênfase dos programas de biofortificação (FRANCO et al., 2009; BARRETO et al., 2009, ROCHA et al., 2009a,b; NUTTI et al., 2009). A farinha de feijão-caupi tem sido usada na fortificação de alimentos, na formulação de produtos da panificação (MOREIRA-ARAÚJO, 2009; FROTA et al., 2010). Comparado aos trabalhos conduzidos em grãos secos, ainda são escassos estudos sobre a qualidade nutricional do feijão-caupi em grãos verdes (LIMA et al., 2003; SALGADO et al., 2005 e 2006).

Para a produção de feijão-verde, geralmente, são preferidas cultivares de grãos brancos ou do tipo sempre-verde. Entretanto, também são usadas cultivares com grãos de outras cores, como mulato, azulada e corujinha (FREIRE FILHO et al., 2002). Com exceção da cor branca, nas demais cores, na medida em que a vagem ou grão debulhado vai perdendo a umidade, o grão vai adquirindo a cor natural de grão seco, ou seja, vai escurecendo e isso deprecia o produto. É possível, entretanto, a obtenção de cultivares de feijão-caupi com grãos de cor verde, que não mudariam fortemente de cor com a gradual perda de umidade, agregando maior valor ao produto.

Tendo em vista a inexistência de cultivares de feijão-caupi no mercado brasileiro com características mais adequadas ao sistema de produção de feijão-verde ou para o processamento industrial, o desenvolvimento de cultivares com base na seleção de caracteres específicos para tal finalidade é de suma importância para que o agricultor tenha um produto diferenciado, com grandes qualidades, valor de mercado competitivo e que atenda à preferência de produtores, comerciantes e consumidores.

Este trabalho teve os seguintes objetivos: avaliar o potencial agrônomo, nutricional e culinário de linhagens de feijão-caupi de tegumento e cotilédones verdes para o mercado de feijão-caupi verde; estimar a variabilidade existente entre linhagens de feijão-caupi de tegumento e cotilédone verdes; e estimar as correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre caracteres e os efeitos diretos e indiretos de caracteres agrônomo, nutricionais e culinários sobre a produtividade de grãos verdes, por meio da análise de trilha.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Classificação botânica e origem do feijão-caupi

O feijão-caupi é uma *Dicotyledonea*, pertencente à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae* gênero *Vigna* e a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Embora nas primeiras classificações tenha sido posto em outros gêneros, como *Phaseolus* e *Dolichos*, hoje sua colocação em *Vigna* é mundialmente aceita (SELLSCHOP, 1962).

O gênero *Vigna* ocorre nas regiões tropicais e subtropicais com ampla distribuição mundial. A grande maioria das espécies está na África, onde 66 delas são consideradas endêmicas. Isso sugere que o gênero *Vigna* deve ter tido sua evolução ligada a esse continente. Entre as espécies que ocorrem na África está a *V. unguiculata* (L.) Walp., sendo a localização do seu centro de origem bastante discutido (FREIRE FILHO, 1988).

Steele; Mehra (1980) citam os seguintes países e regiões que têm sido sugerido como centro de origem de *V. unguiculata* (L.) Walp.: Índia, Etiópia, Paquistão, Irã, Oeste, Sul e Centro da África; e, inclusive, América do Sul. Entre as diversas proposições, há uma predominância nas regiões da África, havendo um consenso de que a origem do feijão-caupi ocorreu nesse continente. Um dado que tem contribuído para isso é que as formas selvagens da espécie não têm sido encontradas fora da África.

O feijão-caupi foi introduzido no Brasil no século XVI pelos colonizadores portugueses, no estado da Bahia e, posteriormente, expandiu-se para outros estados (FREIRE FILHO et al., 2005).

2.2. Importância sócio-econômica do feijão-caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) apresenta grande importância socioeconômica e desempenha papel fundamental na produção agrícola, além de ser uma das principais fontes protéicas da alimentação

humana. A planta é pouco exigente em fertilidade do solo e apresenta boa capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, através da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (ANDRADE JÚNIOR et al., 2003). Além de ser uma excelente fonte de proteína, apresenta todos os aminoácidos essenciais, bem como também é fonte de carboidratos, vitaminas, sais minerais, fibras dietéticas e baixo teor de gordura, podendo ser consumido por todas as populações em todas as faixas etárias. Em função do seu valor nutritivo, o feijão-caupi é cultivado, principalmente, para a produção de grãos secos e verdes, sendo consumido *in natura*, na forma de conserva ou desidratado; também é utilizado como adubo verde e na alimentação animal como forragem e ensilagem ou feno (FREIRE FILHO et al., 2005).

A cultura do feijão-caupi é explorada principalmente por pequenos agricultores em regiões com altas incidências de seca e em sistema de sequeiro, utilizando baixa tecnologia em todo o processo produtivo da lavoura. A baixa produtividade da cultura nas regiões de clima semi-árido esta relacionada diretamente ao fato dos agricultores utilizarem cultivares tradicionais de porte enramador, ciclo tardio e suscetíveis a pragas e doenças, bem como devido as irregularidades pluviométricas (TEIXEIRA et al., 2006).

O feijão-caupi, há alguns anos, está se expandindo dos ecossistemas de caatinga e transição caatinga-cerrado para as áreas de cerrados das regiões Norte e Nordeste do Brasil, e nos últimos anos para os cerrados da região Centro-Oeste (FREIRE FILHO et al., 2009b). Assim, a seleção de genótipos com arquitetura de planta adequada ao cultivo de forma mecanizada tem recebido muita atenção por parte dos melhoristas no sentido de disponibilizar cultivares mais eretas, com ramos mais curtos e mais resistentes ao acamamento. Algumas cultivares de porte semi-ereto e ereto têm sido lançadas mais recentemente com esse objetivo (BRS Guariba..., 2004; BRS Novaera..., 2007; BRS Tumucumaque..., 2009 e BRS Itaim..., 2009).

O feijão-caupi ocupa uma área no mundo em torno de 12,5 milhões de ha, produzindo cerca de três milhões de toneladas por ano. Aproximadamente 64% da área mundial (8 milhões de hectares) está localizada na parte Oeste e Central da África, sendo o restante representada pela América do Sul, América Central e Ásia, com pequenas áreas espalhadas pelo Sudoeste da Europa,

Sudoeste dos Estados Unidos e Oceania. Os principais produtores mundiais são: Nigéria, Níger, Brasil, Mali e Tanzânia (SINGH et al., 2002).

O Brasil ocupa a terceira posição no ranking dos maiores produtores mundiais de feijão-caupi, com área e produção de 1.409.417 ha e 495.313 toneladas, respectivamente (IBGE, 2008). A produção se concentra principalmente nas regiões Norte e Nordeste, porém já se verifica uma expansão no Centro-Oeste (Figura 1), onde grandes produtores da região estão adotando o cultivo do feijão-caupi, devido ao seu baixo custo de produção, proporcionando, assim, melhor retorno econômico. A cultura é responsável pela geração de 1.451.578 empregos/ano, movimentando um valor global de negócios estimado em US\$ 249.142.582,00/ano (Caupi movimenta ..., 2001).

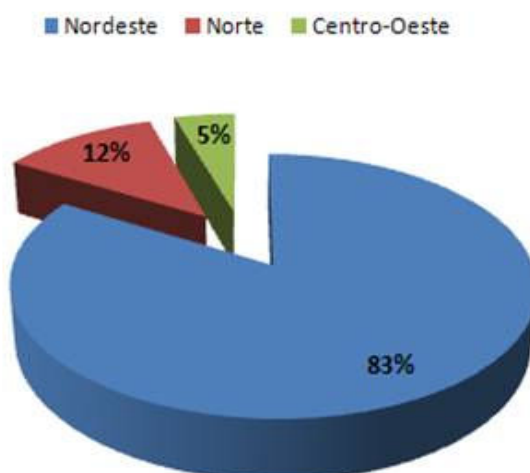


Figura 1. Produção de feijão-caupi nas regiões Nordeste (413.999 t), Norte (58.614,25t) e Centro-Oeste (22.700t). Fonte: IBGE (2008).

O estado do Ceará é o maior produtor de feijão-caupi da região Nordeste (Figura 2), com produção média de 153.394 t. O Piauí ocupa a 3ª posição em produção, apresentando área e produção, respectivamente, de 213.489 ha e 45.204 t (IBGE, 2008).

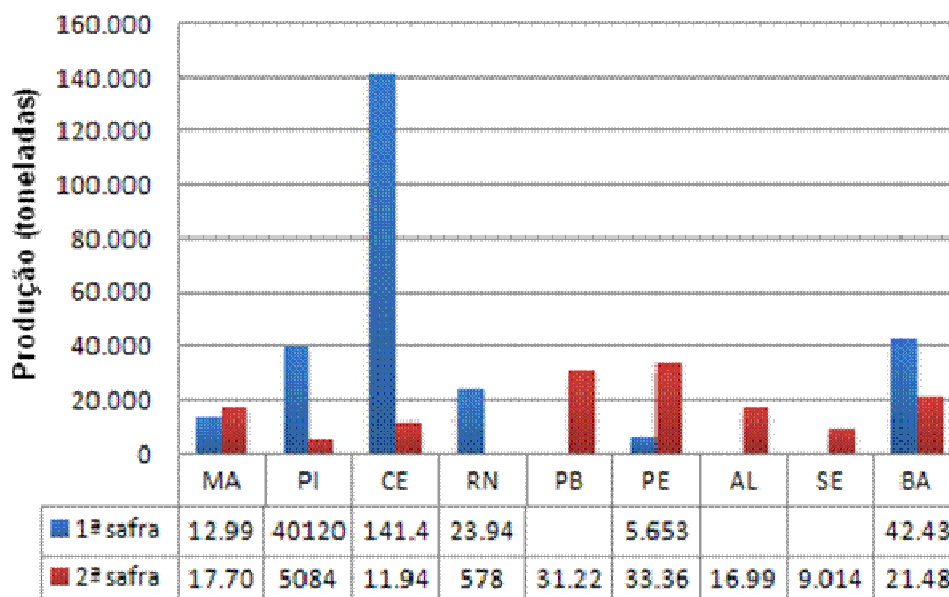


Figura 2. Produção de feijão-caupi na região Nordeste, referente à primeira e segunda safra
Fonte: IBGE (2008).

No Piauí, o rendimento de grãos do feijão-caupi ainda é baixo (256 kg ha^{-1}) em relação à média do Nordeste (390 kg ha^{-1}) (IBGE, 2009). Segundo Rocha et al. (2008), a baixa produtividade do feijão-caupi no estado do Piauí ocorre em decorrência de fatores climáticos desfavoráveis, do uso de cultivares tradicionais com misturas e baixo uso de tecnologias de manejo.

2.3. Mercado do feijão-verde

Atualmente vem aumentando o interesse de pequenos produtores e consumidores para a produção e consumo do feijão-caupi na forma de grãos verdes ou frescos, popularmente conhecido como feijão-verde. Para esse sistema de cultivo, o feijão-caupi é tratado como uma hortaliça (ROCHA, 2009). Corresponde às vagens em torno da maturidade, ou seja, um pouco antes ou depois do estágio em que param de acumular fotossintatos e iniciam o processo de desidratação natural. É fácil de reconhecer, pois as vagens estão bem intumescidas e começam a sofrer uma leve mudança de tonalidade (FREIRE FILHO et al., 2005). Na fase de colheita, os grãos apresentam em torno de 60 a 70% de umidade (ROCHA, 2009).

Os pequenos agricultores e agricultores familiares são os principais produtores de feijão-caupi na forma de feijão verde, representando para eles

uma fonte alternativa de renda, praticada sem adoção de tecnologias. O plantio é realizado, principalmente em regime de sequeiro ou em áreas de vazante, sendo a comercialização realizada, preferencialmente, em feiras livres vendido na forma de vagem ou debulhado. Segundo Lima (2009), atualmente, tem-se verificado uma maior demanda pelos grãos já debulhados, no entanto, a ampliação da oferta de feijão-verde debulhado é dificultada pela alta perecibilidade dos grãos e pouca informação sobre o seu manuseio pós-colheita, resultando, em poucos dias de prateleira.

Uma avaliação agroeconômica da produção de quatro cultivares de feijão-caupi (Pretinho Precoce 1, UFRR Grão Verde, BRS Guariba e BRS Mazagão), consorciado com mandioca, no mercado de Boa Vista-RR, mostrou que a renda bruta obtida por hectare com a venda de vagens ou grãos verdes da cultivar mais produtiva, a UFRR Grão Verde, foi respectivamente de R\$ 5.189,85 e R\$ 7.836,08. Essas rendas foram superiores à renda obtida com a comercialização dessas mesmas cultivares na forma de grãos secos. O estudo ainda evidenciou que na produção e comercialização de vagens e grãos verdes da cultivar UFRR Grão Verde, a relação benefício/custo, considerando apenas os custos variáveis, foi de 6,07 (vagem verde) e 5,44 (grão verde), ou seja, a atividade teve um retorno líquido de R\$ 6,07 e R\$ 5,44, respectivamente, para cada real investido (ALVES et al., 2009).

2.4. Qualidade nutricional e culinária do feijão-caupi

A composição bioquímica presente em grãos secos de feijão-caupi tem mostrado em vários estudos uma grande variabilidade genética (SILVA et al., 2002; SINGH, 2006; SINGH et al., 2007 e 2009; ROCHA et al., 2008a; FRANCO et al., 2009; BARRETO et al., 2009). É uma excelente fonte de proteínas (23% em média), apresentando um bom perfil de aminoácidos, carboidratos (62% em média), vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura (2% em média) e não conter colesterol (ANDRADE JÚNIOR et al., 2003), sendo que a composição destes nutrientes pode variar devido às práticas agrônômicas realizadas na cultura e no manejo pós-colheita (FERREIRA NETO et al., 2006).

Os trabalhos relacionados com a avaliação dos teores de proteína nos grãos secos em genótipos de feijão-caupi têm sido comuns na literatura. No

entanto, avaliações dos teores dos microminerais ferro e zinco são menos freqüentes em grãos secos (FROTA et al., 2008; BARRETO et al., 2009; FRANCO et al., 2009) e escassos em grãos verdes (LIMA et al., 2003; SALGADO et al., 2005 e 2006), havendo a necessidade de mais estudos, principalmente no germoplasma elite, que compreende linhagens e cultivares altamente produtivas, adaptadas e resistentes ou tolerantes aos principais fatores bióticos e abióticos que ocorrem no Brasil.

A biofortificação dos grãos de feijão-caupi, por meio do desenvolvimento de cultivares com altos teores de ferro e zinco, representa uma ferramenta eficaz no combate a anemia ferropriva e no fortalecimento do sistema imunológico das populações carentes do Nordeste brasileiro (ROCHA et al., 2008a). Alimentos ricos em ferro e zinco podem ser incorporados na alimentação de crianças menores de cinco anos (NUTTI et al., 2009).

Alguns estudos têm sido realizados na área de qualidade nutricional dos grãos em feijão-caupi, concentrando-se principalmente na avaliação de genótipos para o teor de proteínas e carboidratos em grãos secos (SILVA et al., 2002; CASTELLÓN et al., 2003; IQBAL et al., 2006) e, em menor escala, para os teores de fibra e minerais (TIMKO et al., 2008; FROTA et al., 2008; SINGH et al., 2009;). Outros estudos têm investigado a qualidade da proteína, carboidratos e lipídeos e dos fatores antinutricionais (SHOSHIMA et al., 2005; FROTA et al., 2010). Formulações de alimentos à base de farinha de feijão-caupi também têm sido propostas (MOREIRA-ARAÚJO et al., 2006; FROTA et al., 2010), assim como processado em conserva (LIMA et al., 2003), resfriado ou congelado (LIMA et al., 2000) e na forma de salgadinhos (MOREIRA et al., 2006), acarajé (MOREIRA et al., 2008) e biscoitos (FROTA et al., 2010).

A composição química dos grãos secos em feijão-caupi foi objeto de estudo em vários trabalhos (SILVA et al., 2002; SILVA et al., 2004; FERREIRA NETO et al., 2006), no entanto, com relação à composição química de grãos verdes, os estudos são esporádicos (LIMA et al., 2003; SALGADO et al., 2005 e 2006).

As sementes de feijão-caupi possuem teores de proteínas em torno de 20 % a 30 %, as quais são ricas em lisina, porém limitadas em aminoácidos sulfurados (PHILLIPS et al., 2003), como é o caso de cisteína e metionina (SILVA; FREIRE FILHO, 1999; SILVA et al., 2002). Um estudo comparando o

feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) com o feijão-caupi mostrou que a proteína deste contém mais metionina do que a do feijão comum (SALES et al., 1988).

Em um estudo sobre a composição química do feijão-caupi, cultivar BRS Milênio, Frota et al. (2008) obtiveram teores de proteína, ferro, zinco e fibras solúveis e insolúveis de, respectivamente, 24,5%, 68 ppm, 41 ppm, 16,6 g/100g e 2,7 g/100g.

Em 2009, dentro das atividades do projeto BioFORT da Embrapa, foram avaliados mais 40 genótipos de feijão-caupi das subclasses comerciais verde e fradinho quanto aos teores de proteína, ferro e zinco. Pelo grupo das linhagens verdes, houve uma variação de 54 a 73 ppm para ferro, 37 a 55 g kg⁻¹ para zinco e 24 a 27% para proteína. As linhagens MNC05-843B-88, MNC00-595F-26 e MNC05-841B-49 destacaram-se para os conteúdos de ferro, zinco e proteína, respectivamente. No grupo das 20 linhagens fradinho, houve uma variação de 49 a 78 ppm para ferro; 39 a 51 ppm para zinco; e 20 a 25% para proteína. A linhagem MNC05-820B-240 destacou-se para os conteúdos de ferro e proteína e a linhagem MNC05-832B-230-2-1 apresentou maior conteúdo de zinco (NUTTI et al., 2009).

O tempo de cozimento é fator fundamental para a aceitação de uma cultivar de feijão pelos consumidores, pois a disponibilidade para o preparo das refeições é, muitas vezes, restrita (COSTA et al., 2001). Cultivares que apresentam grãos com cozimento rápido proporcionam economia de tempo e de energia (YOKOYAMA; STONE, 2000). Além disso, períodos prolongados de cozimento causam mudanças estruturais em nível celular, provocando perda de nutrientes (WASSIMI et al., 1988).

A identificação de linhagens com menor tempo de cozimento, rápida capacidade de hidratação, com tegumentos que não se partam durante o cozimento e com alta expansão volumétrica, após o cozimento, é desejável (CARBONELL et al., 2003). A metodologia oficial requer a utilização do cozedor de Mattson que consiste no cozimento de 25 grãos sob cada pino do aparelho (PROCTOR; WATTS, 1987).

Pesquisas mais recentes têm contemplado o tempo de cocção como um dos parâmetros de seleção de germoplasma em feijão-caupi. O programa de melhoramento de feijão-caupi conduzido pelo International Institute of Tropical Agriculture, na Nigéria, África, tem avaliado o tempo de cocção em linhagens

desde 2003 e um total de 2000 genótipos já foram avaliados, sendo a variação encontrada para o tempo de cocção em grãos secos de 27,5 minutos a 57,5 minutos (SINGH, 2006; SINGH et al., 2007; SINGH et al., 2009). Machi (2006), avaliando oito genótipos africanos de feijão-caupi encontrou uma variação para o tempo de cocção de 28 a 46 min.

No Brasil, desde 2006, as linhagens desenvolvidas pelo programa de melhoramento da Embrapa Meio-Norte têm sido avaliadas também para o tempo de cocção, gerando cultivares que apresentam, após embebição dos grãos em água por cinco horas, de 13 minutos (BRS Tumucumaque..., 2009) a 22 minutos (BRS Xiquexique..., 2008).

2.5. Melhoramento genético do feijão-caupi para grãos secos

O feijão-caupi possui plasticidade fenotípica e grande estabilidade produtiva, que o torna adaptado a diferentes condições de ambiente. Devido à sua grande importância para a sociedade brasileira, e em função da sua plasticidade e estabilidade, muitas empresas de pesquisas privadas, públicas e universidades, vem trabalhando em sistema de parceria, objetivando melhorar a espécie e disponibilizar cultivares de feijão-caupi mais produtivas, tolerantes e estáveis visando a sua recomendação para todas as regiões de cultivo do país (FREIRE FILHO et al., 2008).

No início, o melhoramento foi voltado, principalmente, para o aumento de rendimento de grãos, posteriormente, resistência às doenças, principalmente viroses e, atualmente, grande ênfase está sendo dada à qualidade de grãos e à arquitetura da planta, a fim de atender às demandas do mercado consumidor, além de se obter linhagens de alto valor agrônômico (FREIRE FILHO et al., 2005).

A Embrapa Meio-Norte, centro de referência em pesquisas com o feijão-caupi no Brasil, já lançou no mercado várias cultivares portadoras de resistência a vírus, principalmente, aos vírus do complexo mosaico severo e outras famílias de vírus que nos últimos tempos tem causado muitos danos nos campos de produção; com alta qualidade de grão; adaptada a diferentes ecossistemas; e com arquitetura moderna de planta, apresentando porte mais ereto, ramos principal e secundários mais curtos, e vagens acima da folhagem (FREIRE FILHO et al., 2005 e 2008). Com o intuito de conquistar novos

mercados e de diversificar o seu uso, têm sido desenvolvidos também cultivares com grãos de tegumento e cotilédones verdes para o sistema de produção de grãos secos (BRS Juruá..., 2009; BRS Aracê..., 2009) com possibilidade de alcançar a agroindústria.

2.6. Melhoramento do feijão-caupi para feijão-verde

O melhoramento do feijão-caupi para o sistema de produção de grãos secos encontra-se bastante desenvolvido. No entanto, o melhoramento voltado para o mercado de feijão-verde necessita ser implementado com o objetivo de melhorar algumas características e selecionar cultivares mais adequadas a este sistema de cultivo, visto existência de uma grande demanda do produto pelo produtor, comerciante e consumidor.

Para a produção de feijão-verde, deve-se dar preferência a cultivares semiprostradas, com ramos médios a longos; crescimento indeterminado, ou seja, priorizar uma planta que floresça e produza frutos durante um longo período, encontrando-se na mesma planta, flor, frutos em formação, vagens desenvolvidas e vagens maduras, o que possibilita ao produtor realizar várias colheitas; vagens atrativas, uniformes, bem granadas, com fácil debulha; e relação peso grão verde/vagem verde superior a 60% (ROCHA et al., 2007b), que mede a eficiência da cultivar na alocação de fotossintatos para os grãos, servindo como referência para os trabalhos de seleção; e grãos com capacidade de preservar um bom aspecto pós-colheita e pós debulha, pois grãos que escurecem rápido não são bem aceitos no mercado (FREIRE FILHO et al., 2005).

Vários estudos têm sido conduzidos com o objetivo de avaliar linhagens e cultivares de feijão-caupi para a produção de vagens e grãos verdes, seja para comercialização *in natura* ou congelado. As características mais estudadas têm sido a produtividade de vagens verdes, na qual têm sido obtidas produtividades variando de 2.934 kg ha⁻¹ a 7.435 kg ha⁻¹; seguido da produtividade de grãos verdes, com resultados na faixa de 2.444 kg ha⁻¹ a 7.269 kg ha⁻¹ (SILVA; OLIVEIRA, 1993; SERPA; SILVA, 1998; SERPA; LEAL, 1999; MIRANDA; ANUNCIAÇÃO FILHO, 2001; ANDRADE et al., 2005, 2006; ROCHA et al., 2006a,b; ALVES et al., 2009; CARDOSO et al., 2009a, b). A adaptabilidade e a estabilidade da produtividade de vagens e grãos verdes

(RODRIGUES et al., 2009) e a composição química dos grãos verdes também têm sido avaliados (SALGADO et al., 2005 e 2006).

Em estudos avaliando o índice de grãos verdes ou a relação peso grão verde/peso vagem verde, Miranda et al. (1979) obtiveram valores que variaram de 45 a 59%; Ferreira e Silva (1987) de 36,6 a 54,7%; Silva e Silva (1991) de 44 a 63%; e Silva e Oliveira (1993) de 42,8 a 71,7%. Esses dados são muito importantes, pois servem como referência para os trabalhos de seleção.

O potencial do feijão-verde processado tem sido investigado quanto a sua adequação ao congelamento (KRUTMAN et al., 1973; SALGADO et al., 2008) e ao enlatamento (LIMA et al., 2003; FURTADO et al., 2008).

O gene *gt* (green testa) condiciona tegumento de cor verde (CHAMBLISS, 1974) e o gene *gc* (green cotyledon) condiciona cotilédone de cor verde (FERY; DUKES, 1994). Ambos, mesmo isoladamente, imprimem a cor verde ao grão, tanto no estágio de feijão-verde quanto no seco. Juntos, os genes *gt* e *gc* produzem um tom de verde mais forte (FERY; DUKES, 1994; FREIRE FILHO et al., 2002). Esses genes, isoladamente ou juntos, produzem uma cor de grão muito aceita comercialmente na forma de feijão-verde e muito adequada para resfriamento, congelamento e enlatamento. No mercado americano há cultivares com o gene *gt*, Freezegreen (CHAMBLISS, 1979) e Genegreen (CHAMBLISS; HUNTER, 1992), com o gene *gc*, Bettergreen (FERY et al., 1993), Charleston Greenpack (FERY, 1998) e Green Pixie (FERY, 2000) e com ambos, Dublegreen Delight (FERY, 2002).

O programa de melhoramento genético de feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte tem avaliado genótipos de tegumento e cotilédone verdes visando desenvolver cultivares para o mercado de grãos secos e verdes. O programa introduziu o parental GV10-91-11, selecionado de uma população introduzida dos Estados Unidos, com tegumento e cotilédones verdes e genótipo *gtgtgcgc*. Este parental foi cruzado com três parentais brasileiros, BR2-Bragança, BRS Guariba e TE93-222-11F, todos com genótipo *gtgtgcgc*. As gerações segregantes foram avançadas pelo método da descendência de vagem única até F₅, onde foram selecionadas 62 linhagens F₅ (CRUZ et al., 2006), que após seleção quanto à persistência da cor verde foram selecionadas 13 linhagens. Dentre essas, três linhagens com tegumento verde escuro foram cruzadas com as cultivares BR 14-Mulato, Olho de Pomba-10 e duas linhagens elites.

Após avanços de gerações e seleções das melhores famílias (CARVALHO, 2008), linhagens de tegumento e cotilédone verdes foram abertas em gerações avançadas e avaliadas para a persistência da cor verde e a produtividade de grãos em ensaios preliminares e de valor de cultivo e uso-VCU. Com base no desempenho das linhagens nos ensaios de VCU, foram selecionadas e lançadas duas cultivares, a BRS Aracê e a BRS Juruá (BRS Juruá..., 2009; FREIRE FILHO et al., 2009a). Essas linhagens, juntamente com outras cultivares coletadas em outros estados do Nordeste, serão avaliadas em ensaios de VCU em vários ambientes do Nordeste visando o lançamento da primeira cultivar melhorada para o mercado de feijão-verde.

2.7. Estimativas de parâmetros genéticos em feijão-caupi

O estudo e a identificação de parâmetros genéticos como coeficiente de variação genético, herdabilidade e correlação entre caracteres são de suma importância, pois através destes podemos: conhecer a variabilidade genética e o grau de transmissão do componente genético na expressão dos caracteres, determinar a existência de relação entre caracteres e a possibilidade de ganho direto ou indireto com a seleção (ROCHA et al., 2003). Estimativas desses parâmetros genéticos são comuns na literatura em estudos envolvendo o cultivo para produção de grãos secos em feijão-caupi (LOPES et al., 2001; BEZERRA et al. 2001; OLIVEIRA et al., 2003; ROCHA et al., 2003; PEKSEN; ARTIC, 2004; LIMA et al., 2009; MANO et al., 2009; DIAS, 2009; KUMARI et al., 2010; MOHAMED et al., 2010) e, menos comum, em grãos verdes (ANDRADE et al., 2006 e 2010).

2.7.1. Coeficiente de variação genético

O coeficiente de variação genético, segundo Morais (1992), constitui um valioso indicador da grandeza relativa das mudanças possíveis de serem conseguidas em cada característica, por meio da seleção.

Bezerra et al. (1995) desenvolveram um trabalho com 33 genótipos de feijão-caupi de porte ereto e crescimento determinado e constataram que os caracteres número de vagens por planta e produtividade de grãos secos foram os que apresentaram as maiores estimativas para os coeficientes de variação genético, com valores de 19,42% e 19,44%, respectivamente.

Singh & Mehndiratta (1969), Bordia et al. (1973), Lakshmi & Goud (1977), Barriga & Oliveira (1982) e Siddique & Gupta (1991) afirmam que nos estudos de variabilidade genética com a cultura do feijão-caupi, obtiveram valores superiores a 20% para o coeficiente de variação genético relativo aos caracteres peso de cem grãos secos e a produtividade de grãos secos.

Lopes et al. (2001), estudando a variabilidade e o potencial genético de 28 linhagens de feijão-caupi, e Mano et al. (2009), estudando 15 genótipos de feijão-caupi, constataram que entre os genótipos e linhagens, na maioria dos caracteres, ocorreu uma ampla variabilidade genética, tendo sido o caráter produtividade de grãos secos o que apresentou maior estimativa para o coeficiente de variação genético, respectivamente, 23,90% e 25,35%.

Lima et al. (2009), estudando 54 genótipos de feijão-caupi, observaram que o peso de cem grãos secos e a produtividade de grãos secos apresentaram maior variabilidade, com coeficientes de variação genético, respectivamente de 25,26% e 40,78%. Matos Filho et al. (2009), avaliando 348 progênies F_3 de feijão-caupi, obtiveram maiores estimativas do coeficiente de variação genético nos caracteres comprimento do ramo principal (46,18%), seguido da produtividade de grãos secos (26,35%) e do número de vagens por planta (20,14%).

Andrade et al. (2010), estudando um grupo de 14 genótipos para feijão-verde, observaram que os caracteres produtividade de vagem verde, produtividade de grãos verdes e valor de cultivo apresentaram as estimativas mais altas para o coeficiente de variação genético, respectivamente, 30%, 31% e 28,5%.

2.7.2. Herdabilidade/Coeficiente de determinação genotípico

A herdabilidade define-se como sendo o coeficiente entre a variação hereditária e a variação total (BRAUER, 1981). É um dos parâmetros genéticos mais utilizados pelos melhoristas, que permite estimar o progresso e as possibilidades de sucesso com a seleção antecipadamente, além de refletir as proporções da variação fenotípica que podem ser herdadas (RAMALHO et al., 1996). Esta proporção, expressa a confiabilidade do valor fenótipo que pode ser herdado, podendo ser aumentada através da adoção de população com maior variabilidade genética (BUENO et al., 2001); como também, pela efetiva

realização de controle ambiental, tendo em vista, que os efeitos da herdabilidade estão relacionados indiretamente com o ambiente.

No estudo da transmissão dos caracteres agronômicos são estimados dois tipos de herdabilidade para os caracteres em estudos: herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) que envolve todas as variâncias do componente genético total; e a herdabilidade no sentido restrito (h_r^2) que considera apenas a variância aditiva do componente genético; importante por fixar a seleção na maioria dos casos e por fornecer maiores auxílios aos melhoristas (RAMALHO et al., 1996). Para modelos fixos, onde a população é representada apenas por um genótipo, a herdabilidade é expressa como o coeficiente de determinação genotípico ($h^2 = \hat{\phi}_g^2 / \sigma_r^2$) (CRUZ, 2001).

O ganho genético é um dos efeitos básicos da seleção obtido através da alteração na frequência alélica e genotípica, objetivando uma melhor resposta à seleção que é proporcionada diretamente pela herdabilidade do caráter associada à pressão de seleção aplicada pelo melhorista (BUENO et al., 2001).

Em feijão-caupi, a herdabilidade tem sido estimada para um número considerável de caracteres. Segundo Freire Filho (1988), entre os caracteres relacionados à produção de grãos secos, a produção de vagens, o peso de 100 grãos secos e o comprimento da vagem são os que apresentam maiores estimativas para esse parâmetro, respectivamente, 71,3%; 67,8% e 61,8%.

Segundo os estudos de Barriga e Oliveira (1982), Lopes et al. (2001) e Rocha et al. (2003), os caracteres comprimento de vagem e peso de cem grãos secos apresentaram altas estimativas para a herdabilidade; o número de vagem por planta e número de grãos por vagem, estimativas médias; e a produção de grãos secos, baixas estimativas para este parâmetro. Mano et al. (2009) obtiveram estimativas altas de herdabilidade para a produtividade de grãos secos (85%) e peso de cem grãos secos (79,46%) e baixo valor para o número de grão secos por vagem (35,75%).

Altas estimativas de herdabilidade para o número de dias para o início da floração (85,23%), peso de cem grãos secos (91,29%) e comprimento de vagem (91,40%) foram obtidas por Lima et al. (2009), em um estudo envolvendo acessos de feijão-caupi. Machado et al. (2008), avaliando um grupo de linhagens de porte ereto e ciclo precoce obtiveram estimativas de

herdabilidade altas para o número de dias para o início da floração (95%) e o acamamento (91%).

Em estudo conduzido com 14 genótipos de feijão-caupi para a mercado de feijão-verde, Andrade et al. (2010) obtiveram estimativas do coeficiente de determinação genotípico altas para todos os caracteres avaliados, notadamente para o número de dias para a colheita de vagens verdes (95,61%), comprimento de vagens verdes (98,72%), número de grãos por vagem verde (96,98%) e peso de cem grãos verdes (94,80%).

2.7.3. Correlações entre caracteres

A correlação reflete o grau de associação entre dois caracteres. Seu conhecimento é importante porque possibilita ao melhorista saber como a seleção para um caráter influencia a expressão de um outro. Pode ser realizada a partir da medida de dois caracteres em certo número de indivíduos na população, objetivando aprimorar o material genético para um conjunto de características. Possui causas genéticas e ambientais, sendo que somente as causas genéticas envolvem associação de natureza herdável, podendo, por conseguinte, ser utilizada em um programa de melhoramento (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Os estudos de correlações têm grande importância em programas de melhoramento, principalmente quando a seleção de um caráter desejável apresenta dificuldades, por se tratar de um caráter de baixa herdabilidade e por apresentar problemas de medição ou identificação. A correlação simples permite avaliar a magnitude e o sentido das relações entre dois caracteres, sendo de grande utilidade no melhoramento por permitir a seleção indireta, que, em alguns casos, pode levar a progressos mais rápidos do que a seleção do caráter desejado (CRUZ; REGAZZI, 1994).

O conhecimento da associação entre a produtividade de grãos e seus componentes é importante para a seleção de parentais e populações segregantes promissoras, tornando o processo seletivo eficiente (BORA et al., 1998). É extremamente útil para orientar e agilizar o desenvolvimento de genótipos, como também é indispensável para se compreender os componentes morfológicos relacionados à arquitetura da planta, qualidade de grãos e resistência aos fatores bióticos (LOPES et al., 2001).

A correlação entre caracteres de importância econômica têm sido objeto de vários estudos em feijão-caupi. Apte et al. (1991), em um estudo com 50 genótipos, detectaram em mais de 67% das correlações estimadas, uma superioridade das correlações genéticas sobre as fenotípicas, e dessas, sobre as de ambiente, evidenciando uma presença marcante das causas genéticas no grau de associação entre os caracteres estudados (OLIVEIRA et al., 2003). Em outros estudos de estimativas de correlações em genótipos de feijão-caupi, Lopes et al. (2001), Mano et al. (2009) e Andrade et al. (2010) também obtiveram estimativas de correlações genotípicas superiores às fenotípicas e, estas, às de ambiente.

Para a melhoria dos caracteres agrônômicos relacionadas com a produtividade do feijão-caupi é necessário entender melhor as correlações entre esta e seus componentes morfológicos sem esquecer também os que se referem à qualidade dos grãos e à resistência a doenças e pragas. Grande parte dos trabalhos realizados tem priorizado a correlação entre a produtividade de grãos e seus componentes primários, visando esclarecer a relação entre os componentes de produtividade em feijão-caupi (UMAHARAN et al., 1997; BEZERRA et al., 2001; LOPES et al., 2001; ROCHA et al., 2003; DIAS, 2009; MANO et al., 2009),

Os estudos sobre correlações entre caracteres em feijão-caupi têm demonstrado resultados significativos entre a produtividade de grãos secos e os componentes número de vagens por planta e número de grãos secos por vagem (OLIVEIRA et al., 2003). Há prevalência quanto ao fato de que o número de grãos secos por vagem, o comprimento de vagem e o peso de 100 grãos secos estão fortemente relacionados com a produtividade de grãos secos (UMAHARAN et al., 1997; BEZERRA et al., 2001; LOPES et al., 2001; MANO et al., 2009).

Um estudo conduzido com genótipos de feijão-caupi mostrou que o número de dias para o início da floração e o peso de cem grãos secos apresentaram correlações genéticas altas, positivas e significativas (BEZERRA et al., 2001). Lopes et al. (2001), em outro estudo, destacaram as correlações entre a produtividade de grãos com o número de ramos secundários e o valor agrônômico, que foram, respectivamente, de 0,68 e 1,00.

Matos Filho et al. (2009), estudando progênies de dois cruzamentos em feijão-caupi, observaram que o comprimento do ramo principal e o número de nós no ramo principal apresentaram correlações altas e positivas com a produtividade de grãos secos. Encontraram também correlação negativa e significativa entre o número de dias para o início da floração e a produtividade de grãos e correlações positivas e significativas entre a produtividade de grãos e os caracteres número de grãos por vagem e número de vagens por planta. Lima et al. (2009b) também encontraram correlação negativa e significativa entre o número de dias para o início da floração e a produtividade de grãos.

Em um estudo conduzido com 14 genótipos de feijão-caupi para a produção de feijão-verde, Andrade et al. (2010) encontraram correlações positivas e significativas das produtividades de vagens e grãos verdes com os caracteres peso de cem grãos verdes, valor de cultivo e índice de grãos verdes. Adicionalmente observaram que o número de dias para a colheita de vagens verdes e o número de grãos por vagem verde foram correlacionados negativamente e significativamente com as produtividades de vagens e grãos verdes.

2.7.4. Análise de trilha

A determinação do coeficiente de correlação simples, apesar de ser de grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências dos fatores avaliados para determinação de caracteres complexos, não dá a exata importância relativa dos efeitos destes fatores (CRUZ; REGAZZI 1994), necessitando que o melhorista faça uso do artifício da análise de trilha, desenvolvido por Wright (1921) e pormenorizada por Li (1975).

A análise de trilha tem sido descrito por vários autores e empregado com sucesso em muitos programas de melhoramento genético com o objetivo de entender os artifícios, as causas e os efeitos, envolvendo a associação entre caracteres, como também, decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos através de uma variável principal, como por exemplo, a produtividade de grãos, associado a algumas variáveis secundárias como, por exemplo, o número de grão por vagem e o peso de cem grãos, em feijão-caupi (KUREK et al., 2001).

A correlação de um caráter pode assumir um valor positivo, negativo ou igual a zero. Porém, Cruz e Regazzi (1994) relatam que a quantificação e a interpretação da magnitude de uma correlação podem, contudo, resultar em equívocos na estratégia de seleção, pois correlação elevada pode ser resultado do efeito, sobre estes, de um terceiro ou de um grupo de caracteres. Neste contexto, a análise de trilha é um artifício que o melhorista dispõe para entender as causas envolvidas nas associações entre caracteres e decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos, através de uma variável principal.

Gopalan e Balasubramanian (1993) estudando os componentes de produção em feijão-caupi, obtiveram, entre os caracteres altura de planta e rendimento de grãos, coeficiente de correlação genética positivo ($r_G = 0,738$), porém um efeito direto inexpressivo (0,006).

Nakawuka e Adipa (1999) encontraram que o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem foram os componentes de produção que exerceram maior efeito positivo sobre a produtividade de grãos em feijão-caupi.

Bezerra et al. (2001) observaram maiores efeitos diretos positivos dos componentes floração inicial e peso de cem grãos secos sobre a produtividade de grãos secos; os maiores efeitos diretos negativos foram apresentados pelos caracteres número de vagens por planta, comprimento de vagem e número de nós no ramo principal.

O número de vagens por planta e o peso de cem grãos secos apresentaram maior efeito direto positivo sobre a produtividade de grãos secos em estudos conduzidos em genótipos e populações de feijão-caupi por Hamid et al. (1996), Udom et al. (2006), Oliveira et al. (2006), Souza et al. (2006), Lal et al. (2007) e Vishwa et al. (2009).

Em um estudo conduzido com genótipos precoces e eretos de feijão-caupi, Dias (2009) verificou que o efeito direto positivo de maior magnitude sobre a produtividade de grãos secos foi apresentado pelos caracteres número de grãos secos por vagem e peso de cem grãos secos, enquanto que maior efeito negativo foi proporcionado pelo comprimento de vagem.

Efeitos diretos negativos dos caracteres número de dias para a maturidade, número de grãos secos por vagem e peso de cem grãos secos

sobre a produtividade de grãos secos foram observados por KUMARI et al. (2010).

Vários trabalhos têm mostrado um efeito direto positivo do caráter número de dias para o início da floração sobre a produtividade de grãos em feijão-caupi (BIRADAR et al., 1991; OSENI et al., 1992; SIDDIQUE; GUPTA, 1991, 1992; BEZERRA et al., 2001; KUMARI et al., 2010).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; RODRIGUES, G. S.; SILVA, D. C. O. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agroambiente**, v. 3, n.1, p. 15-30, 2009.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, A. A. dos; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. da S.; ROCHA, M. de M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S. da; RIBEIRO, V. Q. Cultivo de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Teresina: Embrapa-Meio Norte, 2003. 110 p. (Embrapa Meio-Norte. Sistema de Produção, 2).

ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. 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.

ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R. Potencial genético de linhagens e cultivares de feijão-caupi para produção de feijão-verde. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FAPEPI, Teresina, 2005. **Anais**. Teresina: FAPEPI, 2005. 1 CD-ROM.

APTE, U. B.; CHAVAN, S. A.; JADHAV, B. B. Correlation studies in cowpea. **Agricultural Science Digest**, v.11, n. 2, p.59-62, 1991.

BARROS, G. A. A.; SANTOS, C. A. F.; SANTOS, I. C. N. Estimativas de parâmetros genéticos em progênies F7 de feijão-caupi avaliadas em diferentes densidades de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2006, Teresina. **Anais eletrônicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. Disponível em: <http://www.cпамn.embrapa.br/congressos/conac2006/>>. Acesso em: 15 abr. 2010.

BARRETO, A. L. H.; FRANCO, L. J. D.; MOURA, R. M.; SANTOS, A. M. F.; MEDEIROS, A. M.; ASSUNÇÃO FILHO, J. R.; ROCHA, M. M.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; FREIRE FILHO, F. R.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. Avaliação dos conteúdos de ferro, zinco e proteína em linhagens de feijão-caupi tipo verde. In: REUNIÃO ANUAL DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 3., 2009, Aracaju, SE. **Anais**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2009. 1 CD-ROM.

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

BEZERRA, A. A. de C. Variabilidade e diversidade genética em caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semi-ereto. 1997. 105 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BEZERRA, A. A. C.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROSAL, C. J. S. Variabilidade e herdabilidade em linhagens de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) precoce, ereto e de crescimento determinado. In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 11., 1995, Natal, RN. **Resumos**. Natal, RN: SBG, 1995. p. 55.

BIRADAR, S.; SALIMATH, P. M.; SRIDEVI, O. Association studies in the three segregations of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Karnataka Journal of Agricultural Science**, v. 20, n. 2, p. 252-254, 2007.

BORDIA P. C.; YADAVENDRA, J. P.; KUMAR, S. Genetic variability and correlation studies cowpea (*Vigna sinensis* L. Savi ex Hassk). **Rajasthan Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 1, p. 39-44, 1973.

BRAUER, O. **Fitogenética Aplicada**. México: Editorial Limusa. 1981. p. 246.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. ANEXO IV. **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no registro nacional de cultivares**- RNC. SI, 2001.

[BRS Aracê: cultivar de feijão-caupi com grãos de cor verde-oliva e rica em ferro e zinco.](#) Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 1 folder.

[BRS Guariba: nova cultivar de feijão-caupi para a região Meio-Norte.](#) Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004. 1 folder.

[BRS Itaim: cultivar de feijão-caupi com grãos tipo fradinho.](#) Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 1 folder.

[BRS Juruá: primeira cultivar brasileira de feijão-caupi com grãos de cor verde.](#) Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 1 folder.

[BRS Novaera: cultivar de feijão-caupi de porte semi-ereto.](#) Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007. Não paginado, il. 1 folder.

[BRS Tumucumaque: cultivar de feijão-caupi com ampla adaptação e rica em ferro e zinco.](#) Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 1 folder.

[BRS Xiquexique: cultivar de feijão-caupi rica em ferro e zinco.](#) Teresina: Embrapa Meio-Norte; Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. 1 folder.

CARBONELL, S. A. M.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, v.62, n.3, p.369-379, 2003.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A. Produtividade de grãos verdes de feijão-caupi, cv. Novaera, em função do espaçamento e densidade de plantio sob irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009a, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009a. p. 754-758. 1 CD-ROM.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A. Rendimento de grãos verdes em cultivares melhoradas e tradicionais de feijão-caupi sob irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009b, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009b. p. 787-790. 1 CD-ROM.

CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; ATHAYDE SOBRINHO, C. **BR 14-MULATO**: nova cultivar de feijão macassar para o estado do Piauí. Teresina: EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1990. 4p. (EMBRAPA-UEPAE de Teresina. Comunicado Técnico, 48).

CARDOSO, M. J.; SANTOS, A. A. dos; FREIRE FILHO, F. R.; FROTA, A. B.; “**BR 12-Canindé**”: cultivar de feijão macassar precoce com resistência múltipla a vírus. Teresina: EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1988. 3p. (EMBRAPA-UEPAE de Teresina. Comunicado Técnico, 39).

CARVALHO, P. T. B. **Seleção de famílias de feijão-caupi com grãos de cor verde para processamento industrial**. 2008, 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

CASTELLÓN, R. E. R.; ARAÚJO, F. M. M. C; RAMOS, M. V.; ANDRADE NETO, M.; FREIRE FILHO F. R.; GRANJEIRO, T. B.; CAVADA, B. S. Composição elementar e caracterização da fração lipídica de seis cultivares de caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 149-156, 2003.

Caupi movimentada mais de US\$ 249 milhões no Brasil. **Embrapa Meio-Norte**, Teresina, v. 3, n. 3, p. 4-5, jul. 2001.

CHAMBLISS, O. L; HUNTER, A. G. Genegreen: a unique southernpea variety released by AAES. **Highlights of Agricultural Research**, v. 39, p. 16, 1992.

CHAMBLISS, O. L, Green seed coat: a mutant in southernpea of value to processing industry. **HotScience**, v. 9, p. 126, 1974.

COSTA, G.R. et al. Variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 4, p.1017-1021, 2001.

CRUZ, N. A. de A. ; SANTOS, A. P. dos ; FREIRE FILHO, F. R. ; RIBEIRO, V. Q. ; ROCHA, M. de M. **Persistência e uniformidade da cor verde em grãos de feijão-caupi**. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2006, Teresina. Tecnologias para o Agronegócio. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. Disponível em:

<http://www.cpamn.embrapa.br/anaisconac2006/resumos/GM28.pdf>. Acesso em 19 de set 2010.

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

CRUZ C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 309p.

DIAS, F. T. C. Utilização de técnicas multivariadas e moleculares na caracterização e seleção de genótipos de feijão-caupi de porte ereto e ciclo precoce. 2009, 99 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

FERREIRA, J. M.; SILVA, P. S. L. e. Produtividade de “feijão verde” e outras características de cultivares de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.1, p.55-58, 1987.

FERREIRA NETO, J. R. C.; ROCHA, M. de M.;FREIRE FILHO, F. R.;SILVA, S. M. de S.; LOPES, A. C. de A.; FRANCO, L. J. D. Composição química dos grãos secos em genótipos de feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. Tecnologias para o agronegócio: **Anais**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM.

FERY, R. L. “Green pixie”, a small-seeded, green cotyledon, cream type southernpea. **HortScience**, v. 35, p. 954-955, 2000.

FERY, R. L. “Charleston greenpack”, a pinkeye type, southerpea with green cotyledon phenotype. **HortScience**, v. 33, p. 907-908,1998.

FERY, R. L.; DUKES, P. D. Genetic analysis of green cotyledon trait in southernpea (*Vigna unguiculata* (L.) walp.). **Journal American of Horticultural Science**, v. 119, n. 5, p. 1054-1056, 1994.

FERY, R. L. DUKES, P. D., MAGUIRE, F. P. “Bettergreen” southernpea. **HortScience**, v. 28, p. 856, 1993.

FRANCO, L. J. D.; BARRETO, A. L. H.; ROCHA, F. B.; SANTOS, A. C.; MEDEIROS, A. M.; ASSUNÇÃO-FILHO, J. R.; ROCHA, M. M.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; FREIRE FILHO, F. R.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V.

Avaliação dos teores de ferro, zinco e proteína em linhagens de feijão-caupi tipo fradinho. In: REUNIÃO ANUAL DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 3., 2009, Aracaju, SE. **Anais**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2009. 1 CD-ROM.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; LOPES, A. M.; CRAVO, M. S.; CARVALHO, H. W. L.; VILARINHO, A. A.; SITTOLIN, I. M.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. BRS Aracê: cultivar de feijão-caupi com grãos de cor verde oliva rica em ferro e zinco. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009a, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009a. p. 339-343. 1 CD-ROM.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; NOGUEIRA, M. S. R. Melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009b, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009b. p. 120-135. 1 CD-ROM.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V. Q.; SITTOLIN, I. N. Avanços e perspectivas da cultura do feijão-caupi. In: [ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. \(Ed.\) Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas](#). Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. V.1, p.235-250.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R.; MACHADO, C. de F. Novo gene produzindo cotilédone verde em feijão-caupi. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, p. 286-290, 2007.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 28-92.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; LOPES, A. C. de A. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de linhagens de caupi de tegumento mulato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 5, p. 591-598, 2003.

FREIRE FILHO, F. R.; CHAMBLISSE, O. L.; HUNTER, A. G. Crossing potential in the production of persistent green seeds in cowpea using gt and gc genes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, n. 2, p. 205-212, 2002.

FREIRE FILHO, F. R. Genética do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P. de & WATT, E. E. (Org.) **O caupi no Brasil**. Brasília, ITA/EMBRAPA, 1988. p. 194-222.

FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. de ; SANTOS, A. A. dos/ SILVA, P. M. S. dos. **Características botânicas e agronômicas de feijão mácassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina. Embrapa – UEPAE . 45p. 1981.

FROTA, K. M. G.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G; ARAÚJO, M. A. M; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) na elaboração de produtos da panificação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, suppl. 1, p.44-50, 2010.

FROTA, K. de M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), cultivar BRS- Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

FURTADO, A. P. L. Produção de feijão-caupi em conserva. In: BRITO, E. S. (ed.). **Feijão-caupi**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. p. 39-50.

GOPALAN, A.; BALASUBRAMANIAN, M. Component analysis for fodder yield in cowpea. **Madras Agricultural Journal**, v. 80, n. 4, p. 190-193, 1993.

HAMID, F.; SALEEM, M.; SHAN, K. B. A.; NAVEED, A.; IKRAM, M. Correlation and path analysis in cowpeas (*Vigna unguiculata*). **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 6, n. 3-4, p. 109-110, 1996.

HENSHAW, F. O. Varietal differences in physical characteristics and proximate composition of cowpea (*Vigna unguiculata*). **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 4, n. 3, p.302-306, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento

Sistemático da Produção Agrícola. 2008. Disponível em:

www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa. Acesso em: 10 fev. 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2009. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa. Acesso em: 19 set. 2010.

KBATOUNIAN, C. A. **Produção de alimentos para consumo doméstico no Paraná**. Caracterização e culturas alternativas. Londrina: IAPAR, 1994. 155p. (IAPAR. Circular, 81)

KRUTMAN, S.; MEDEIROS, L. C.; SANTANA, J. C. F. Indicação para o feijoeiro de macassar - *Vigna sinensis* L. em Surubim na Zona do Agreste. **Pesquisa Agropecuária do Nordeste**, v.5, n.1, p.5-12, 1973.

KUMARI, R. U.; USHARANI, K. S.; SUGUNA, R.; ANANDAKUMAR, C. R. Relationship between the yield contributing characters in cowpea for grain purpose [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 1, n. 4, p. 882-884, 2010.

LAL, H.; RAI, M.; KARAN, S.; VERMA, A.; RAM, D. Multivariate hierarchical clustering of cowpea germplasm (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Acta Horticulture**, v. 752, p. 413-416, 2007.

LI, C. C. **Path analyses: a primer**. Washington: Boxwood, 1975. 346p.

LIMA, E. D. P. A. Feijão-caupi verde, minimamente processado: aspectos de conservação. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009a, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 73-84. 1 CD-ROM.

LIMA, V. M. G. C.; SILVA, L. L.; SOUSA, A. B.; SANTOS, L. V. A.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; GOMES, R. L. F. Estimativas de parâmetros genéticos em acessos de feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009b. p. 1004-1008. 1 CD-ROM.

LIMA, E. D. de A.; JERONIMO, E. de S.; LIMA, C. A. de A.; GONDIM, P. J. de S.; ALDRIGUE, M. L.; CAVALCANTE, L. F. Características físicas e químicas de grãos verdes de linhagens e cultivares de feijão-caupi para processamento

tipo conserva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.129-134, 2003.

LIMA, N. L.; EMANUELLE, C.; SILVA, C. L.; DINIZ, M. C.; OLIVEIRA, M. R. T.; GADELHA, M. C. Estudo sobre a conservação de quatro variedades de feijão macassar verde (*Vigna unguiculata* L. Walp.): submetidos à temperatura de refrigeração e congelamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, n.2, p. 57-69, 2000.

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

MACHADO, C. F.; TEIXEIRA, N. J. P.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F. Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 01, p. 114-123, 2008.

MANO, A. R. O.; SILVA, F. P.; PINHO, J. L. N.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, M. M.; FREIRE FILHO, F. R. Variabilidade e correlações entre caracteres agronômicos em feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 896-900. 1 CD-ROM.

MATOS FILHO, C. H. A.; GOMES, R. L. F.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. 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, P.; ANUNCIÇÃO FILHO, C. J. Competição de linhagens de caupi de grãos verdes. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 5., 2001, Teresina. **Anais**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. P. 195-198. (Embrapa Meio-Norte. Documento, 56).

MIRANDA, P.; CORREIA, E. de B.; BRITO, P. R. F. de. Capacidade produtiva das cultivares de caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.,: II Produção de grãos e estabilidade das cultivares da coleção. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.3, n.1, p.61-69. 1979.

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

MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Utilização de biscoito à base de farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) em pré-escolares com anemia ferropriva. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. Da agricultura de subsistência ao agronegócio: **Anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 204-214. 1 CD-ROM.

MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; FROTA, K. M.; MENESES, N. A.; MARTINS, L.S.; ARAÚJO, M.A.M. Aceitação de Formulações à base de farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, Teresina, 2006. **Anais**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM.

MOREIRA, P. X.; BARBOSA, M. M.; GALLÃO, M. I.; LIMA, A. C.; AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S. Estrutura e composição química do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). In: BRITO, E. S. (ed.). **Feijão-caupi**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. p. 13-37.

MOREIRA, P. X.; BARBOSA, M. M.; BRITO, E. S. de; LIMA, A. C. **Processo agroindustrial**: elaboração de salgadinhos de feijão-caupi. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006, 3p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 121).

NAKAWUKA, C. K.; ADIPALA, E. A path coefficient analysis of some yield component interactions in cowpea. **African Crop Sciences Journal**, v. 7, n. 4, p. 327-331, 1999.

[NUNES, L. N.](#); [SILVA, S. M. S.](#); [ROCHA, M. M.](#); [FREIRE FILHO, F. R.](#); [RIBEIRO, V. Q.](#) Composição química de grãos verdes de genótipos de feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. **Tecnologias para o agronegócio**: anais. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 121).

[NUTTI, M. R.](#); [ROCHA, M. M.](#); [WATANABE, E.](#); [CARVALHO, J. L. V.](#); [FREIRE FILHO, F. R.](#); [SILVA, K. J. D.](#) Biofortificação de feijão-caupi no Brasil. In:

CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. Da agricultura de subsistência ao agronegócio: **Anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 26-38. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, F. J.; ANUNCIÇÃO FILHO, C. J.; BASTOS, G. Q., REIS, O. V.; TEÓFILO, E. M. Caracteres agronômicos aplicados na seleção de cultivares de caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 1, p.44-50, 2006.

OLIVEIRA, F. J.; ANUNCIÇÃO FILHO, C. J.; BASTOS, G. Q.; REIS, O. V.; TEÓFILO, E. M. Caracteres agronômicos aplicados na seleção de cultivares de caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n.1, p. 44-50, 2003.

OLIVEIRA, M. R. T.; BORTOLUZZI, C. R.; BARACUHY, J. G. V.; DANTAS JÚNIOR, R. O agronegócio do feijão macassar verde: alternativas para o pequeno produtor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 3., 2001, Goiânia. **Anais**. Goiânia: ABAR, 2001. DAF1001.

OMOIGUI, L. O.; ISHIYAKU, M. F.; KAMARA, A. Y.; ALABI, S. O.; MOHAMMED, S. G. Genetic variability and heritability studies of some reproductive traits in cowpea. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 03, p. 1191-1195, 2006.

OSENI, T. O.; LENGE, D. D.; PAL, U. R. Correlation and path-coefficient analysis of yield attributes in diverse lines of cowpea (*Vigna unguiculata*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 62, n. 6, p. 365-368,1992.

PEKSEN, A. **Fresh pod yield and some pod characteristics of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes from Turkey. *Asian Journal of Plant Science*, v. 3, n. 3, p. 269-293, 2004.**

PHILLIPS, R. D.; McWATTERS, K.H.; CHINNAN, M.S.; HUNG, Y.; BEUCHAT, L.R.; SEFA-DEDEH, S.; SAKYI-DAWSON, E.; NGODDY, P.; NNANYELUGO, D.; ENWERE, J.; KOMEY, N.S.; LIU, K.; MENSA-WILMOT, Y.; NNANNA, I.A.; OKEKE, C.; PRINYAWIWATKUL, W.; SAALIA, F.K. Utilization of cowpeas for human food. **Field Crops Research**, v.82, p.193-213, 2003.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

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

RIBEIRO, N. D.; MELLO, R. M.; DALLA COSTA, R.; SLUSZZ, T. Correlações genéticas de caracteres agromorfológicos e suas implicações na seleção de genótipos de feijão carioca. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.7, n. 2, p. 93-99, 2001.

ROCHA, M. M. O **feijão-caupi para consumo na forma de grãos frescos**. 2009. Agrosoft Brasil. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/212374.htm>. Acesso em: 14 abr. 2010.

ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; BARRETO, A. L. H.; FRANCO, L. J. D.; SANTOS, A. M. F.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. Biofortificação do feijão-caupi no Brasil: estado atual e perspectivas. In: REUNIÃO ANUAL DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 3., 2009a, Aracaju, SE. **Anais**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2009a. 1 CD-ROM.

ROCHA, M. M.; SANTOS, A. M. F.; VILARINHO, A. A.; BARRETO, A. L. H.; FRANCO, L. J. D.; SILVA, A. B.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; FREIRE FILHO, F. R.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. Estimativas de parâmetros genéticos (G), ambientais (A) e da interação G x A para os conteúdos de ferro e zinco em germoplasma elite de feijão-caupi. In: REUNIÃO ANUAL DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 3., 2009b, Aracaju, SE. **Anais**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2009b. 1 CD-ROM.

ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, A. L. H.; FRANCO, L. J. D.; BASSINELO, P. Z.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. **Avaliação dos conteúdos de proteína, ferro e zinco em germoplasma elite de feijão-caupi**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008a. 3p. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico, 212).

ROCHA, M. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; FREIRE FILHO, F. R.; CÂMARA, J. A. S.; RIBEIRO, V. Q.; OLIVEIRA, J. A. **Purificação genética e seleção de genótipos de feijão-caupi para a região semi-árida piauiense**. Teresina:

Embrapa Meio-Norte, 2008b. 28p. (Embrapa Meio-Norte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 84).

ROCHA, M. de M.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, K. J. D.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, A. L. H.; FRANCO, L. J. D.; BASSINELO, P.Z.; NUTTI, M.R.; CARVALHO, J. L. V.; SILVA, E. M. M.; SALVADO, L. Biofortificação do feijão-caupi no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE INOVAÇÃO E CRIATIVIDADE NA EMBRAPA, 1., 2008c, Brasília, DF. **Resumos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008c. 1 CD-ROM.

[ROCHA, M. de M.; RODRIGUES, E. V.; ANDRADE, F. N.; FREIRE FILHO, F. R.; OLIVEIRA, C. R. R. de; RIBEIRO, V. Q. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de vagens e grãos verdes em genótipos de feijão-caupi.](#) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., 2007a, São Lourenço. **Anais**. São Lourenço: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2007a. 1 CD-ROM.

[ROCHA, M. de M.; SOARES, M. da C.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q. Avaliação preliminar de genótipos de feijão-caupi para feijão-verde.](#) **Revista Científica Rural**, v. 12, n. 1, p. 153-156, 2007b.

[ROCHA, M. de M.; ANDRADE, F. N.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R. Estabilidade fenotípica da produção de feijão-verde de genótipos de feijão-caupi.](#) In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006a, Teresina. **Tecnologias para o agronegócio: anais**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006a. 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 121).

[ROCHA, M. de M.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q.; ANDRADE, F. N.; GOMES, R. L. F. Avaliação agrônômica de genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes.](#) Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006b. 16 p. (Embrapa Meio-Norte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 67).

ROCHA, M. M.; ANDRADE, F. N.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q. Caracterização agrônômica de acessos de feijão-caupi de vagem roxa e tegumento branco para produção de feijão-verde. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, 5.,

Montevideo, 2005. **Anais**. Montevideo: INIA: Facultad de Agronomia CIRG, 2005. p.83.

ROCHA, M. M.; CAMPELO, J. E. G.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; LOPES, A. C. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi de tegumento branco. **Revista Científica Rural**, v. 8, n. 1, p. 135-141, 2003.

SALES, M. G.; RODRIGUES, M. A. C. Consumo, qualidade nutricional e métodos de preparo do feijão-caupi. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. **O Feijão-caupi no Brasil**. Editora IITA/EMBRAPA – CNPAF, Brasília, p.694-722. 1988.

SALGADO, S. M.; LIVERA, A. V. S.; GUERRA, N. B. Aspectos alimentares. In: BRITO, E. S. (Ed.). **Feijão-caupi**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. p. 25-37.

SALGADO, S. M.; LIVERA, A. V. S.; GUERRA, N. B.; SCHULLER, A. R. P.; ARAÚJO, A. L. L. Resposta fisiológica in vitro do amido do feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 4, p. 297-303, 2006.

SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; ANDRADE, S. A. C.; LIVERA, A. V. S. Caracterização físico-química do grânulo do amido do feijão-caupi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.3, p. 525-530, 2005.

SANTOS, C. A. F.; SANTOS, G. M. Correlações fenotípicas em dois cruzamentos de feijão-caupi nas gerações F₁, F₂, F₃, F₄ e F₅. **Horticultura Brasileira**, v. 2, n. 2, Suplemento, 2004. 1 CD.

SELLSCHOP, J. P. F. Cowpeas. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Field Crop Abstract**, v.15, n.4, p.259-266, 1962.

SERPA, J. E. S.; LEAL, M. L. S. Produtividade de vagens verdes e de grãos secos de linhagens de caupi, em áreas de Tabuleiros Costeiros de Sergipe. **Revista Científica Rural**, v. 4, n. 1, p. 92-101, 1999.

SERPA, J. E. S. **Recomendação de cultivares de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), tipo ereto, em áreas dos Tabuleiros Costeiros de Sergipe**. Aracaju: EMBRAPA-CPATC, 1998. 3p. (EMBRAPA-CPATC. Comunicado Técnico, 16).

SERPA, J. E. S.; SILVA, A. A. G. da. **Recomendação de cultivares de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), tipo ramador, em áreas dos Tabuleiros Costeiros de Sergipe.** Aracaju: EMBRAPA-CPATC, 1998. 4p. (EMBRAPA-CPATC. Comunicado Técnico, 17).

SIDDIQUE, A. K. M. A. R.; GUPTA, S. N. Path coefficient analysis of yield components in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Annals of Biology**, v. 8, n. 1, p. 77-80, 1992.

SIDDIQUE, A. K. M. A. R.; GUPTA, S. N. Study on the cause and effect relationship among the quantitative traits of caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **International Journal of Tropical Agriculture**, v. 9, n. 2, p. 149-152, 1991.

SILVA, S. M. S.; ARAÚJO, Z. B.; FREIRE FILHO, F. R.; FORTALEZA, J. M.; ROCHA, M. M. Composição química de 25 genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 55., 2004, Viçosa. **Anais**. Viçosa: SBB: UFV, 2004. 1 CD-ROM

SILVA, S. M. S.; MAIA, J. M.; ARAÚJO, Z. B.; FREIRE FILHO, F. R. **Composição química de 45 genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 2p. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico, 149).

SILVA, C. E. L. L. **Caracterização física de grãos verdes de quatro variedades de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): Fígado de galinha, Corujinha, Manteiguinha e Vajão.** 1999. 18 f. Dissertação (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SILVA, P. S. L. da; OLIVEIRA, C. N. de. Rendimento de “feijão verde” e maduro de cultivares de caupi. **Horticultura Brasileira**, v.11, n.2, p.133-135, 1993.

SILVA, K. M. B. E; SILVA, P. S. L. da. Produtividade de grãos verdes e secos de milho e de caupi. **Horticultura Brasileira**, v.9, n.2, p.87-89, 1991.

SINGH, B. B.; AJEIGBE, H. A.; SINGH, Y. V. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio:** anais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 39-47. 1 CD-ROM.

SINGH, B. B. Recent Progress in cowpea genetics and breeding. **Acta Horticulture**, v. 752, n. 13, p. 69-75, 2007.

SINGH, B. B. Cowpea breeding at IITA: Highlights of advances and impacts. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1., 2006, Teresina, PI. **Tecnologias para o agronegócio**. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. **Tecnologias para o agronegócio: Anais**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM.

SINGH, B. B.; EHLERS, J. D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F. R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKIM, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGHT, B.B.; KORMAMA, P. M.; TAMO, M. (ed.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan, Nigeria: IITA, 2002. p.22-38.

SINGH, K. B.; MEHNDIRATTA, P. D. Genetic variability and correlation studies in cowpea. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 30, n. 2, p. 104-109, 1969.

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

SOUZA, C. L. C.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; SILVA, E. M.; FREIRE FILHO, F. R. Análise de trilha dos componentes de rendimento de grãos em populações de feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. **Tecnologias para o agronegócio: anais**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 121).

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SHOSHIMA, A. H. R.; TAVANO, O. L.; NEVES, V. A. Digestibilidade in vitro das proteínas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) var "BR 14-Mulato": efeito dos fatores antinutricionais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, p. 299-304, 2005.

STEELE, W. M, MEHRA, K. L. Structure, evolution and adaptation to farming system and environment in *Vigna*. In: SUMMERFIELD, D. R; BUNTING, A. H. (eds.) **Advances in legume science**. England: Royol Botanic Gardens, 1980. p. 459-468.

TEIXEIRA, N. J. P.; MACHADO, C. de F.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. DE M.; GOMES, R. L. F. Produção, componentes de produção e suas inter-relações em genótipos de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. Tecnologias para o agronegócio: **Anais**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM.

TIMKO, M. P.; SINGH, B. B. Cowpea, a multifunctional legume. In: MOORE, P.H.; MING, R. (Ed.). **Plant genetics and genomics: crops and models**. New York: Springer, 2008. p. 227-258.

TORRES, F. E. et al. Estimativas de parâmetros genéticos em linhagens de porte prostrado avaliadas em Aquidauana, MS. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2006, Teresina. **Anais eletrônicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. Disponível em <http://www.cpamn.embrapa.br/congressos/conac2006/>. Acesso em: 15 fev. 2010.

UBI, B. E.; MIGNOUNA, H.; OBIGBESAN, G. Segregation for seed Wight, pod length and days to flowering following a cowpea cross. **African Crop Science Journal**, v. 9, n. 3, p. 463-470, 2007.

UDOM, G. N.; FAGAN, A. S.; BABATUNDE, F. E.; MAINA, I. M. Path coefficient analysis of the components of grain yield in intercropped cowpea, growth in Borno, Nigeria. **International Journal of Natural and Applied Sciences**, v. 2, n. 4, p. 310-316, 2006.

UMAHARAN, P.; ARIYANAGAM, R.P.; HAQUE, S.Q. Genetic analysis of yield and its components in vegetable cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Euphytica**, v.96, n. 2, p. 207-213, 1997.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto:Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

VISHWA, N.; LAL, H.; RAI, N.; RAM, D. Hierarchical clustering and character association studies in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Indian Journal of Plant Genetics Resources**, v. 22, n. 1, p. 22-25, 2009.

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

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v. 20, p. 557-585, 1921.

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

4. CAPÍTULO I

POTENCIAL AGRONÔMICO, NUTRICIONAL E CULINÁRIO DE LINHAGENS DE TEGUMENTO E COTILÉDONE VERDES PARA O MERCADO DE FEIJÃO-CAUPI VERDE

Fabício Napoleão Andrade¹, Maurisrael de Moura Rocha², Regina Lucia Ferreira Gomes¹, Francisco Rodrigues Freire Filho², Kaesel Jackson Damasceno e Silva² e Erina Vitório Rodrigues¹

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial agronômico, nutricional e culinário de vinte linhagens de feijão-caupi de tegumento e cotilédones verdes e quatro genótipos testemunhas para o mercado de feijão-verde. O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Meio-Norte em Teresina, PI, no ano 2009, sob condições irrigadas. Utilizou-se o delineamento de blocos completos casualizados com quatro repetições. Foram avaliados os seguintes caracteres: número de dias para o início da floração (NDIF), número de dias para a maturação de vagens verdes (NDMVV), período de produção de vagens verdes (PPVV), comprimento de vagens verdes (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), valor de cultivo (VC), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV), facilidade de soltura de grãos das vagens verdes (FSGV), tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn). Foram realizadas análises de

¹Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campos Ministro Petrônio Portela, Ininga, 64.049-550, Teresina, PI, Brasil. E-mail: fabricionapoleao@yahoo.com.br, rfgomes@ufpi.br

²Embrapa Meio-Norte, Caixa Postal 01, CEP 64.006.220, Teresina, PI. E-mail: mmrocha@cpamn.embrapa.br, freire@cpamn.embrapa.br, kaesel@cpamn.embrapa.br

variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knot ($P < 0,05$). Existe variabilidade genética entre genótipos para os caracteres NDIF, NDMVV, CVV, NGVV, P100G, PVV, PGV, IGV, TC, TFe e TZn, indicando a possibilidade de ganhos em ciclos adicionais de seleção. As linhagens MNC05-835B-15, MNC05-835B-16, MNC00-595F-2, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-126 e MNC00-595F-27 apresentaram comportamento semelhante às testemunhas BRS Paraguaçu e BRS Guariba quanto a PVV e PGV. A linhagem MNC05-847B-126 apresentou comportamento semelhante à testemunha MNC99-541F-15 quanto ao IGV. As linhagens MNC05-835B-16, MNC05-837B-24, MNC00-595F-2, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-160, MNC00-595F-27, MNC00-599F-11 apresentaram os melhores resultados em relação aos caracteres culinários e nutricionais. Há possibilidade de ganhos com a seleção de caracteres agronômicos, culinário e nutricionais e o desenvolvimento de cultivares para o mercado de feijão-caupi verde.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, variabilidade, seleção, qualidade, mercado.

AGRONOMICAL, NUTRITIONAL AND CULINARY PERFORMANCE OF GREEN TEGUMENT AND COTYLEDON LINES FOR THE FRESH COWPEA MARKET

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the agronomic, nutritional and culinary performance of 20 green tegument and cotyledon lines and four checks genotypes for the fresh cowpea market. The experiment was carried out at Embrapa Mid North in Teresina, Piauí, Brazil, in the year 2009, under irrigated conditions. A randomized complete block design with four replications was used. The following traits was evaluated: number of days to flowering (NDIF), number of days to maturation of fresh pods (NDMVV), period of production of fresh pods (PPVV), fresh pod length (CVV), number grains per fresh pod (NGVV), weight 100 fresh grains (P100GV), value of crops (VC), fresh pods yield (PVV), fresh grain yield (PGV), fresh grain index (IGV), ease Opening of fresh pods (FAVV), ease of loose grain of fresh pods (FSGV), cooking time (CT), crude protein (TPB), iron content (TFE), and zinc content (TZN). Analyses of variance were performed and averages grouped by Scott-Knot ($P < 0.05$) test. There is variability among genotypes for NDIF, NDMVV, CVV, NGVV, P100G, PVV, PGV, IGV, TC, TFe, and TZn traits, indicating the possibility of gain in additional cycles of selection. MNC05-835B-15, MNC05-835B-16, MNC00-595F-2, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-126 and MNC00-595F-27 genotypes showed similar performance as compared to the BRS Paraguaçu and BRS Guariba checks for PVV and PGV. MNC05-847B-126 line showed similar performance as compared to the MNC99-541F-15 check for IGV. MNC05-835B-16, MNC05-837B-24, MNC00-595F-2, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-160, and MNC00-595F-27, MNC00-599F-11 showed the Best results in relation to culinary and nutritional traits. There is possibility for gains through the selection of agronomical, nutritional and culinary traits and development of cultivars suitable for the fresh cowpea market.

Key words: *Vigna unguiculata*, variability, selection, quality, market

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) possui uma grande variabilidade genética que o torna versátil, sendo usado para várias finalidades e em diversos sistemas de produção, podendo ser comercializado como grãos secos (mercado principal), grãos imaturos ou frescos (feijão-verde), farinha para acarajé e sementes (ROCHA, 2009). O mercado do feijão-verde é o segundo maior mercado de feijão-caupi no Brasil, de grande importância na região Nordeste e em muitas capitais das regiões Norte, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Este apresenta grãos com umidade entre 50 a 70% de umidade (OLIVEIRA et al., 2001) e, nesta fase, é colhido e comercializado na forma de vagem ou grãos verdes debulhados.

O consumo de feijão-verde é uma tradição no Nordeste, fazendo parte de vários pratos típicos, sendo consumido em ensopados, farofas e no característico baião-de-dois, prato típico onde o feijão-caupi e o arroz são cozidos juntos, desenvolvendo-se um terceiro sabor muito apreciado (KBATOUNIAN, 1994). Em decorrência disso, é uma importante fonte de emprego e renda em torno das cidades de médio a grande porte da região e, até mesmo, em outras regiões (FREIRE FILHO et al., 2005). É uma alternativa viável para os agricultores familiares e empresariais, pois o seu mercado apresenta preços atrativos para o produtor e boas perspectivas de expansão do consumo e do processamento industrial (FREIRE FILHO et al., 2007; ROCHA, 2009).

Para a produção de feijão-verde, geralmente, são preferidas cultivares de grãos brancos ou do tipo sempre-verde. Entretanto, cultivares com grãos de outras cores também têm sido usadas, como mulato, azulada e corujinha (FREIRE FILHO et al., 2002). Além disso, o comerciante prefere genótipos que sejam fáceis de debulhar e que apresentem boa conservação pós-colheita (ROCHA et al., 2006). A produtividade de vagens e de grãos verdes têm sido as características mais estudadas para esse sistema de cultivo (OLIVEIRA et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2003; PANDEY et al., 2006; ROCHA et al., 2007;

SANTOS et al., 2007; ALVES et al., 2009; CARDOSO et al., 2009; RODRIGUES et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial agronômico, nutricional e culinário de linhagens de feijão-caupi de tegumento e cotilédones verdes para o mercado de feijão-verde.

MATERIAL E MÉTODOS

Material genético

O material experimental constou de vinte linhagens de feijão-caupi de tegumento e cotilédone verdes e quatro testemunhas, incluindo cultivares e linhagens elites, totalizando vinte e quatro tratamentos. Todos os genótipos são oriundos do Programa de Melhoramento de Feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte (Tabela 1).

Tabela 1. Relação de genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão-verde. Teresina, PI, 2009.

Nº	Genótipos	Parentais/Procedência	Subclasse comercial
1	MNC05-835B-15	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-2	Verde
2	MNC05-835B-16	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-2	Verde
3	MNC05-835B-17	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-2	Verde
4	MNC05-837B-24	MNC00-599F-2 x MNC99-541F-18	Verde
5	MNC00-595F-2	BR2-Bragança x GV-10-91-1-1	Verde
6	MNC05-840B-35	MNC00-599F-9 x Olho-de-pomba-10	Verde
7	MNC05-840B-38	MNC00-599F-9 x Olho-de-pomba-10	Verde
8	MNC05-841B-49	MNC00-599F-9 x MNC99-537F-14-2	Verde
9	MNC05-843B-88	MNC00-599F-9 x MNC99-541F-18	Verde
10	MNC05-846B-101	MNC00-599F-11 x Olho-de-pomba-10	Verde
11	MNC05-847B-123	MNC00-599F-11 x MNC99-537F-14-2	Verde
12	MNC05-847B-125	MNC00-599F-11 x MNC99-537F-14-2	Verde
13	MNC05-847B-126	MNC00-599F-11 x MNC99-537F-14-2	Verde
14	MNC00-595F-26	BR2-Bragança x GV-10-91-1-1	Verde
15	MNC05-847B-159	MNC99-541F-18 x MNC00-599F-11	Verde
16	MNC05-847B-160	MNC99-541F-18 x MNC00-599F-11	Verde
17	MNC00-595F-27	BR2-Bragança x GV-10-91-1-1	Verde
18	MNC00-595F-58	BR2-Bragança x GV-10-91-1-1	Verde
19	MNC00-599F-9	GV-10-91-1-1 x TE93-222-11F	Verde
20	MNC00-599F-11	GV-10-91-1-1 x TE93-222-11F	Verde
Nº	Testemunhas	Parentais/Procedência	Subclasse comercial
21	Olho de Pomba-10	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-2	Branca
22	BRS Guariba	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-2	Branca
23	MNC99-541F-15	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-2	Branca
24	BRS Paraguaçu	MNC00-599F-2 x MNC99-541F-18	Branca

Metodologia experimental

O ensaio foi conduzido em condição de irrigação, na área experimental da Embrapa Meio-Norte (Figura 3), no município de Teresina – PI, situado na latitude de 05° 05´ S, longitude de 42° 48´ W Gr e a 72 m de altitude, no período de agosto a dezembro de 2009.



Figura 3. Visão geral do ensaio. Teresina, PI, 2009.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições. A parcela experimental teve as dimensões de 3,2 m x 5,0 m e constou de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, tendo como área útil as duas fileiras centrais. Adotou-se o espaçamento de 0,80m entre fileiras e de 0,25m entre covas dentro da fileira, o que resultou em 20 covas por fileira.

O preparo da área consistiu-se de uma aração, seguida de uma gradagem. O solo da área experimental é um Argissolo Amarelo de textura franco-arenosa.

Para o controle de plantas daninhas, aplicou-se o herbicida pós-emergente a base de Glifosate, na dosagem de 6 L ha⁻¹, e o herbicida pré-emergente a base de S-Metolacoloro, na dosagem de 1,5 L ha⁻¹, após a semeadura. No plantio, colocou-se quatro sementes por cova, realizando-se o

desbaste 15 dias após a semeadura, deixando-se duas plantas por cova (Figura 4).



Figura 4. Operação de desbaste. Teresina, PI, 2009.

Durante o desenvolvimento das plantas, foram realizadas capinas manuais (Figura 5a) e à tração animal (Figura 5b).



Figura 5. Capinas manuais e à tração animal. Teresina, PI, 2009.

Foram observados os seguintes insetos associados à cultura: vaquinha (*Diabrotica speciosa*), pulgão preto (*Aphis cracivora*), percevejo (*Crinocerus sanctus*), minador das folhas (*Liriomyza sativae*), manhoso (*Chalcodermus* sp). No controle desses insetos, utilizou-se um coquetel de inseticidas a base de 1 L ha⁻¹ de dimetoato + 50 g L ha⁻¹ de tiametoxam.

O método de irrigação utilizado foi aspersão convencional (Figura 6), aplicando-se uma lâmina d'água média de 20 mm, com um período de duas horas de irrigação e turno de rega de cinco dias.



Figura 6. Área do experimento irrigada por aspersão convencional. Teresina, PI, 2009.

Caracteres agronômicos avaliados

Os caracteres agronômicos avaliados foram os seguintes: número de dias para o início da floração (NDIF), número de dias para a maturação (NDMVV), período de produção de vagens verdes (PPVV), comprimento de vagens verdes (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), valor de cultivo (VC), peso de cem grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV) e facilidade de soltura de grãos das vagens verdes (FSGVV).

Com o intuito de padronizar a maturação dos grãos e das vagens, por ocasião de cada colheita, realizou-se a correção de umidade dos mesmos (ANDRADE et al., 2005). Para isso, de cada genótipo colhido, retirou-se uma amostra de dez vagens, pesou-se e, em seguida, colocou-se de molho em água, por um período de trinta minutos para grãos e uma hora para vagens (Figura 7). Após esse período, a amostra foi retirada e pesada novamente. Assim, foram avaliados também os seguintes caracteres: peso de 10 vagens

verdes (P10VV), peso de grãos de 10 vagens verdes (PG10VV), peso de 10 vagens verdes umedecidas (P10VVu) e peso de grãos verdes de 10 vagens umedecidas (PG10VVu). Com base nessas determinações, foram corrigidos os seguintes caracteres: $PVVC = (PVV \times P10VVu/P10VV)$, $PGVC = (PGV \times P10GVVu/PG10VV)$ e $IGVC = PGVC/PVVC$. Adotaram-se as siglas PVV, PGV e IGV, para os pesos e índice corrigidos.



Figura 7. Padronização de umidade das vagens verdes após cada colheita. Teresina, PI, 2009.

Os caracteres VC, FAVV e FSGVV, como foram obtidos em escala de notas visuais (VC: 1 = Planta sem características apropriadas ao cultivo comercial, 2 = Planta com poucas características apropriadas ao cultivo comercial, 3 = Planta com boa parte das características adequadas ao cultivo comercial, 4 = planta com a maioria das características adequadas ao cultivo comercial e 5 = Planta com todas as características adequadas ao cultivo comercial; FAVV e FSGVV: 1 = muito difícil de debulha, 2 = difícil de debulha, 3 = normal, 4 = fácil de debulha e 5 = muito fácil de debulha), foram transformados para de $\sqrt{x+0,5}$, antes da realização das análises estatísticas.

Caracteres nutricionais e culinários avaliados

As análises para determinação dos teores de proteína (TPB) e minerais TFe E TZn) foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte, sendo utilizadas três amostras de 200 g de farinha de grãos de cada genótipo, obtidas por meio de trituração em moinho de bolas de zircônio. Utilizou-se o método de Kjeldahl (A.O.A.C., 1990) para determinação de proteína bruta e o método de absorção atômica, descrito por Sarruge e Haage (1974), para determinação de ferro e zinco.

O tempo de cocção foi determinado para os vinte genótipos e as quatro testemunhas, utilizando-se o cozedor de Mattson (Figura 8), em três amostras de 25 grãos/genótipo, com teores de umidade entre 50 e 55%. Quando os grãos não apresentavam esse teor, eram submetidos ao umedecimento, até alcançar a umidade determinada. Ligava-se o cronômetro para determinação do tempo de cocção somente quando o cozedor de Mattson estava totalmente imerso no becker, com água já fervendo. O tempo de cocção foi anotado quando caíam treze varetas do total de vinte e cinco.

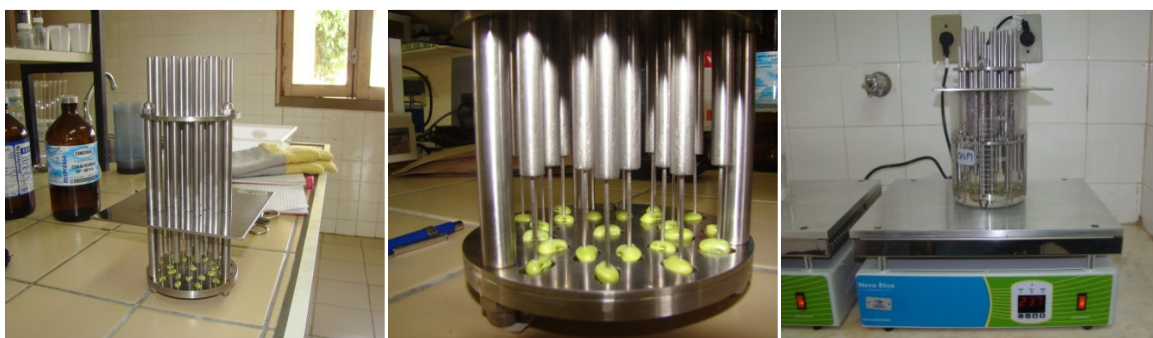


Figura 8. Detalhes do cozedor de Mattson. Teresina, PI, 2009.

Análises estatístico-genéticas

Os dados foram submetidos à análises de variância e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-knott ($P < 0,05$).

Na análise de variância de cada caráter, adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = u + G_i + B_j + E_{ij}$$

u = média geral

G_i = efeito i -ésimo genótipo

$$i = 1, 2, \dots, g.$$

B_j = efeito do j -ésimo bloco

$$j = 1, 2, \dots, r.$$

$$B_j \sim \text{NID}(0, \sigma^2_b)$$

E_{ij} = erro experimental

$$E_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2_e)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A decomposição das estimativas dos quadrados médios de genótipos em linhagens, testemunhas e no contraste “linhagens vs testemunhas” mostra efeito significativo para todos os caracteres avaliados, com exceção de PPVV, VC, FAVV e FSGVV para genótipos (linhagens mais testemunhas); NDMVV, PPVV, VC, FAVV e FSGVV para linhagens; P100GV, VC, PVV, PGV, FAVV e FSGVV para testemunhas; e NDIF, NDMVV, PPVV, P100G, VC, PVV, FAVV, FSGVV, TC, e TFe para o contraste linhagens vs testemunhas (Tabela 2). Verifica-se que nenhum material genético diferiu com relação a VC, FAVV e FSGVV.

Para o caráter NDMVV, observam-se diferenças significativas entre genótipos, mas não entre linhagens, mostrando que o efeito de testemunhas foi o principal responsável pela variabilidade no ciclo de maturação dos genótipos, e para o caráter PPVV, observam-se diferenças significativas somente entre testemunhas. Isso se deve ao fato das linhagens pertencerem à uma mesma subclasse comercial (verde) e apresentarem um background mais similar (linhagens elite) e as testemunhas pertencerem à subclasse comercial branca e apresentarem diferentes backgrounds genéticos (linhagem elite, cultivar melhorada e cultivar local).

Quanto à precisão experimental (Tabela 2), foram obtidos baixos coeficientes de variação (CV) para CVV e NDIF, com estimativas de 2,91% e 2,64%, respectivamente, o que indica excelente precisão experimental. Esses valores de CV's estão de acordo com os observados em outros estudos dessa natureza (ANDRADE et al., 2005; ROCHA et al., 2007; RODRIGUES et al., 2009). Foram estimados valores de CV intermediários para os caracteres FAVV (13,98%), PVV (18,27%) e PGV (19,08%), sendo que os dois últimos apresentaram estimativas semelhantes aos obtidos por Andrade et al. (2005) e Rocha et al. (2007), que avaliaram genótipos para o mercado de feijão-caupi verde. As estimativas de CV mais altas foram obtidas para PPVV e TC, de 21,93% e 20,55%, respectivamente, sendo esses valores explicados em parte

pelas naturezas quantitativas desses caracteres. Vários fatores podem ter interferido na precisão desses caracteres, tais como o controle poligênico dos caracteres, os fatores microambientais (experiência de quem está colhendo o material com relação ao estágio adequado de maturação; medições e pesos de caracteres realizados de forma imprecisa, etc.) e os fatores macroambientais (fatores edafoclimáticos, manejo de pragas e doenças, irrigação, etc.).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os caracteres número de dias para o início da floração (NDIF), número de dias para a maturação de vagens verdes (NDMVV), período de produção de vagens verdes (PPVV), comprimento de vagem verde (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), valor de cultivo (VC), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV), facilidade de soltura dos grãos de vagens verdes (FSGVV), tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn), obtido a partir da avaliação de 24 genótipos de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios															
		NDIF (dias)	NDMVV (dias)	PPVV (dias)	CVV (cm)	NGVV (u)	P100GV (g)	VC ¹ (nota)	PVV (kg ha ⁻¹)	PGV (kg ha ⁻¹)	IGV (%)	FAVV ¹ (nota)	FSGVV ¹ (nota)	TC (min)	TPB (%)	TFe (g kg ⁻¹)	TZn (g kg ⁻¹)
Blocos	3																
Genótipos (G)	23	3,87**	6,86**	6,13 ^{ns}	3,86**	3,54**	33,42**	0,025 ^{ns}	1567912,25*	737113,05**	60,07**	0,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}	3,33**	3,06**	57,34**	33,54**
Linhagens (L)	19	4,22**	5,06 ^{ns}	4,36 ^{ns}	4,06**	2,38**	35,84**	0,028 ^{ns}	1774404,85*	609772,45*	29,32**	0,08 ^{ns}	0,11 ^{ns}	3,23**	0,82*	39,53**	25,62**
Testemunhas (T)	3	2,89*	17,00**	17,00**	3,50**	9,04**	18,18 ^{ns}	0,015 ^{ns}	608236,41 ^{ns}	709115,31 ^{ns}	59,53**	0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	5,06**	4,75**	189,16**	67,68**
L vs T	1	0,07 ^{ns}	10,50 ^{ns}	7,01 ^{ns}	1,13**	9,07**	33,11 ^{ns}	0,009 ^{ns}	523580,33 ^{ns}	3240577,74**	645,98**	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,10 ^{ns}	40,43**	0,14 ^{ns}	83,53**
Resíduo	69	1,02	3,03	4,02	0,34	0,52	11,44	0,042	60951884,02	288829,37	4,49	0,05	0,07	0,87	0,41	11,67	4,19
CV%		2,64	3,19	21,93	2,91	5,16	9,09	10,80	18,27	19,08	3,87	12,61	13,98	20,55	3,61	7,96	7,56

^{ns}, **, *: Não significativo e significativos ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F;

¹ Escala de notas variando de 1 a 5, com dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$;

Pelo fato dos caracteres PPVV, VC, FAVV, FSGVV não terem apresentado diferenças entre genótipos pelo teste F, para tais caracteres não foi aplicado o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott.

As médias dos caracteres agrônômicos, nutricionais e culinário avaliados são apresentadas na Tabela 3. O caráter NDIF apresentou médias variando de 36 (MNC00-595F-38) a 40 dias (MNC00-599F-9). O teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) estabeleceu três grupos de genótipos (A, B e C), sendo o grupo A formado pelos genótipos com floração mais tardia, compreendendo seis linhagens e uma testemunha (MNC99-541F-15); o grupo B incluindo os genótipos com dias para floração intermediários, compreendendo oito linhagens e duas testemunhas (Olho de Pomba-10 e BRS Guariba); e o grupo C formado pelos genótipos mais precoces, englobando seis linhagens e uma testemunha (BRS Paraguaçu).

O NDMVV variou de 51,00 (BRS Paraguaçu) a 56,75 dias (MNC05-843b-88). (Tabela 3). Foram estabelecidos apenas dois grupos de genótipos (A e B): o grupo A contemplando os genótipos com maturação mais tardia, compreendendo doze linhagens e uma testemunha (MNC99-541F-15); e o grupo B englobando os genótipos mais precoces, incluindo oito linhagens e três testemunhas (Olho de Pomba-10, BRS Guariba e BRS Paraguaçu). De acordo com Rocha (2009), os agricultores familiares preferem os genótipos mais tardios de feijão-caupi para o cultivo como feijão-verde, porque estes permitem, geralmente, mais de uma colheita. Neste caso, as linhagens mais tardias MNC00-595F-2, MNC05-840B-35, MNC05-841B-49, MNC05-843B-88, MNC05-846B-101, MNC05-847B-125, MNC00-595F-26, MNC05-847B-159, MNC05-847B-160, MNC00-599F-9 e MNC00-599F-11, como apresentaram comportamento similar à testemunha MNC99-541F-15 podem ser recomendadas para os agricultores familiares, que cultivam apenas durante um período do ano, geralmente o período das chuvas.

Tabela 3. Estimativas de médias para os caracteres número de dias para início da floração (NDIF), número de dias para maturação vagens verdes (NDMVV), período de produção de vagens verdes (PPVV), comprimento de vagem verde (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), valor de cultivo (VC), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV), facilidade de soltura dos grãos de vagens verdes (FSGVV), tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn), obtidas a partir da avaliação de 20 linhagens e quatro testemunhas de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009.

Genótipos	Médias ²															
	NDIF (dias)	NDMVV (dias)	PPVV (dias)	CVV (cm)	NGVV (u)	P100GV (g)	VC ¹ (nota)	PVV (kg ha ⁻¹)	PGV (kg ha ⁻¹)	IGV (%)	FAVV ¹ (nota)	FSGVV ¹ (nota)	TC (min)	TPB (%)	TFe (g kg ⁻¹)	TZn (g kg ⁻¹)
1 MNC05-835B-15	38,25b	54,00b	9,50	20,35b	13,63c	36,39b	1,93	5.664,35a	2.793,72b	49,12e	1,86	1,99	4,42a	17,24b	40,45d	22,21c
2 MNC05-835B-16	37,50c	54,00b	9,50	20,42b	12,54d	37,29b	1,86	5.840,77a	2.911,74a	49,88e	1,86	1,86	5,85a	18,25a	38,12d	24,67b
3 MNC05-835B-17	38,50b	52,00b	10,25	19,78c	14,12b	31,67b	1,86	5.142,39b	2.807,53b	55,06d	1,98	1,90	5,34a	17,36b	36,44d	23,92c
4 MNC05-837B-24	39,00a	56,00a	8,50	20,68b	12,60d	40,40a	1,92	4.769,03b	2.363,75b	49,60e	1,87	1,93	4,74a	18,41a	41,69c	30,65a
5 MNC00-595F-2	38,50b	55,25a	8,25	21,78a	14,60b	42,12a	1,93	5.925,45a	3.113,67a	52,55d	1,79	1,70	2,43b	18,08a	42,50c	30,59a
6 MNC05-840B-35	39,25a	56,00a	7,50	19,24c	13,98b	32,79b	1,87	4.346,73b	2.386,37b	54,85d	2,06	1,93	3,64b	17,43b	47,51b	28,97a
7 MNC05-840B-38	38,00b	54,00b	9,50	19,39c	13,75c	36,18b	1,99	4.847,25b	2.401,19b	49,71e	1,99	2,06	3,43b	17,82b	43,99c	25,06b
8 MNC05-841B-49	36,75c	54,50a	9,00	19,62c	12,87d	41,06a	2,11	5.680,97a	3.168,41a	55,95c	1,85	1,85	5,43a	18,41a	50,29a	28,02a
9 MNC05-843B-88	39,75a	56,75a	6,75	20,32b	13,65c	39,52a	1,86	3.616,32b	1.971,12b	54,58d	1,58	1,49	4,62a	17,88b	43,81c	26,63b
10 MNC05-846B-101	36,75c	55,25a	9,75	19,82c	14,52b	34,46b	1,86	4.983,78b	2.545,85b	50,98e	1,83	1,83	4,08b	17,79b	41,17d	26,87b
11 MNC05-847B-123	38,25b	53,25b	10,25	19,14c	13,95b	38,48a	1,86	6.027,24a	3.392,66a	56,44c	1,56	1,47	3,94b	18,97a	40,42d	28,09a
12 MNC05-847B-125	39,00a	55,25a	8,25	19,63c	14,45b	36,75b	1,87	4.973,63b	2.806,39b	56,43c	1,87	1,87	4,56a	17,82b	43,05c	26,11b
13 MNC05-847B-126	38,25b	53,75b	9,75	19,78c	14,19b	37,57b	2,05	5.772,97a	3.437,12a	59,51b	1,93	1,93	4,96a	17,83b	40,38d	28,82a

Continua...

Tabela 3. Estimativas de médias para os caracteres número de dias para início da floração (NDIF), número de dias para maturação vagens verdes (NDMVV), período de produção de vagens verdes (PPVV), comprimento de vagem verde (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), valor de cultivo (VC), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV), facilidade de soltura dos grãos de vagens verdes (FSGVV), tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn), obtida a partir da avaliação de 20 linhagens e quatro testemunhas de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009. (Continuação)

Genótipos	Médias															
	NDIF (dias)	NDMVV (dias)	PPVV (dias)	CVV (cm)	NGVV (u)	P100GV (g)	VC ¹ (nota)	PVV (kg ha ⁻¹)	PGV (kg ha ⁻¹)	IGV (%)	FAVV ¹ (nota)	FSGVV ¹ (nota)	TC (min)	TPB (%)	TFe (g kg ⁻¹)	TZn (g kg ⁻¹)
14 MNC00-595F-26	38,50b	54,50a	9,00	22,32a	15,26a	35,95b	1,93	4.686,47b	2.481,57b	52,87d	1,87	1,87	5,11a	17,49b	42,52c	29,67a
15 MNC05-847B-159	37,25c	55,25a	8,25	19,39c	12,50d	42,03a	1,77	4.999,58b	2.671,28b	53,51d	2,12	2,18	4,70a	17,77b	44,48c	30,58a
16 MNC05-847B-160	38,25b	54,75a	9,75	21,76a	14,22b	36,29b	1,93	4.926,54b	2.730,35b	55,40d	1,83	1,83	6,18a	18,23a	46,75b	28,61a
17 MNC00-595F-27	37,75c	53,75b	9,75	20,57b	14,13b	35,64b	1,93	6.166,23a	3.261,26a	52,78d	1,86	1,86	4,04b	18,56a	42,89c	31,77a
18 MNC00-595F-58	36,00c	53,75b	10,75	20,65b	14,58b	32,61b	1,92	5.006,54b	2.689,00b	54,15d	1,86	1,79	4,98a	17,95b	45,01c	25,96b
19 MNC00-599F-9	40,00a	54,75a	8,75	19,07c	14,69b	34,68b	1,80	4.540,49b	2.411,06b	53,15d	2,10	2,05	3,36b	17,55b	43,40c	25,70b
20 MNC00-599F-11	39,25a	56,00a	7,50	18,29c	13,49c	36,84b	1,79	4.332,21b	2.344,80b	54,12d	1,79	1,79	4,62a	18,48a	42,67c	27,08b
21 Olho de Pomba-10	38,25b	54,00b	9,50	21,73a	15,62a	38,44a	1,91	5.057,96b	2.948,96a	58,32b	1,86	1,92	3,48b	16,31c	38,39d	26,54b
22 BRS – Guariba	38,00b	54,00b	9,50	19,63c	12,71d	41,52a	1,86	5.345,27a	3.080,11a	57,28c	1,92	1,87	6,12a	17,42b	53,22a	30,04a
23 MNC99-541F-15	39,50a	56,00a	7,50	20,32b	14,44b	36,65b	1,80	4.991,01b	3.026,86a	60,43b	1,86	1,86	4,71a	16,40c	39,96d	20,91c
24 BRS Paraguaçu	37,50c	51,00b	12,50	19,90c	16,08a	37,45b	1,93	5.848,20a	3.853,82a	65,94a	1,73	1,71	4,13b	14,77d	40,35d	22,50c
Média Geral	38,25	54,48	9,15	20,15	14,02	37,20	3,14	5.145,47	2.816,61	54,69			4,54	17,67	42,89	27,08

¹Escala de nota de 1 a 5; ²Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Por outro lado, as linhagens de ciclo mais precoce MNC05-835B-15, MNC05-837B-24, MNC05-835B-17, MNC05-840B-38, MNC05-847B-126, MNC00-595F-27 e MNC00-595F-58, similares às testemunhas Olho de Pomba-10, BRS Guariba e BRS Paraguaçu, que normalmente apresentam uma única colheita, podem ser recomendadas para os agricultores empresariais, que utilizam tecnologias no cultivo, tais como adubação, irrigação, controle de pragas e doenças, etc., podendo adotar o escalonamento de plantios.

O CVV apresentou médias variando de 8,25 cm (MNC05-847B-159) a 22,32 cm (MNC00-595f-26 e MNC00-595F-26). O teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) estabeleceu três grupos de genótipos (A, B e C). O grupo A inclui os genótipos com maior comprimento de vagem, compreendendo três linhagens (MNC00-595F-2, MNC00-595F-26 e MNC05-847B-160), que apresentaram comportamentos semelhantes à testemunha Olho de Pomba-10 e foram superiores às demais testemunhas; o grupo B inclui os genótipos com comprimentos de vagens intermediários, compreendendo seis linhagens e uma testemunha; já o grupo C inclui os genótipos com menor comprimento de vagem, compreendendo onze linhagens e duas testemunhas. Vale ressaltar que o mercado de feijão-verde exige vagens grandes e atrativas, sendo as linhagens do grupo A as mais adequadas para esse comércio.

O caráter P100GV variou de 42,12g (MNC00-595F-2) a 31,67g (MNC05-835B-17). O teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) estabeleceu apenas dois grupos de genótipos (A e B), sendo o grupo A formado pelos genótipos com maior P100GV, compreendendo cinco linhagens (MNC05-837B-24, MNC05-841B-49, MNC05-843B-88, MNC05-847B-123, MNC05-847B-159), que por sua vez apresentaram comportamentos semelhantes às testemunhas Olho de Pomba-10 e BRS Guariba, diferindo das demais linhagens e testemunhas. Já o grupo B inclui os genótipos com menor P100GV, compreendendo quinze linhagens e duas testemunhas.

O caráter PVV apresentou médias variando de 3.616 kg ha⁻¹ (MNC05-843B-88) a 6.166 kg ha⁻¹ (MNC00-595F-27). O teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) estabeleceu somente dois grupos (A e B). O grupo A inclui os genótipos com maior peso de vagem verde por hectare, compreendendo sete linhagens

(MNC05-835B-15, MNC05-835B-16, MNC00-595F-2, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-126 e MNC00-595F-27), que apresentaram comportamento semelhante às testemunhas BRS Paraguaçu (5.848 kg ha⁻¹) e BRS Guariba (5.345 kg ha⁻¹) diferindo das demais linhagens e testemunhas; o grupo B inclui genótipos com menor peso de vagem verde, compreendendo treze linhagens (MNC00-595F-58, MNC00-599F-9, MNC00-599F-11, MNC05-847B-160, MNC05-847B-159, MNC00-595F-26, MNC05-847B-125, MNC05-846B-101, MNC05-843B-88, MNC05-840B-38, MNC05-840B-35, MNC05-837B-24, MNC05-835B-17) e duas testemunhas (Olho de Pomba-10 e MNC99-541F-15).

O PGV apresentou médias variando de 1.971,12 kg ha⁻¹ (MNC05-843B-88) a 3.853,82 kg ha⁻¹ (BRS Paraguaçu). O teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) estabeleceu apenas dois grupos de genótipos (A e B), sendo o grupo A formado pelos genótipos com maior PGV, compreendendo seis linhagens (MNC05-835B-16, MNC00-595F-2, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-126, MNC00-595F-27) e as demais testemunhas (Olho de Pomba-10, MNC99-541F-15 e BRS Guariba). O grupo B inclui os genótipos com os pesos médios dos grãos mais baixos, compreendendo quatorze linhagens. A menor média foi obtida pela linhagem MNC05-843B-88 (1.971,12 kg ha⁻¹), a qual foi maior que o melhor valor obtido em genótipos testadas por Rocha et al. (2006), trabalhando em condições de sequeiro. Essa superioridade se deve provavelmente ao controle de água através da irrigação, que comprovadamente apresenta resultados melhores que em condições de sequeiro.

O caráter IGV obteve valores médios variando de 49,12% (MNC05-835B-15) a 65,94% (BRS-Paraguaçu). O teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) estabeleceu cinco grupos de genótipos (A, B, C, D e E): o grupo A contemplou apenas a cultivar BRS Paraguaçu (maior média); o grupo B, com médias para o IGV menor que o grupo A, sendo formado pela linhagem MNC05-847B-126 (59,91%) e a testemunha MNC99-541F-15 (60,43%); o grupo C inclui os genótipos com médias para o IGV intermediárias, compreendendo três linhagens (MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-125) e uma testemunha, a BRS Guariba. Estes grupos obtiveram resultados satisfatórios, concordantes com aqueles obtidos por Andrade et al. (2005) e Rocha et al.

(2006) e; o grupo D inclui os genótipos com IGV com médias mais baixas, compreendendo onze linhagens (MNC05-835B-17, MNC00-595F-2, MNC05-840B-35, MNC05-843B-88, MNC00-595F-26, MNC05-847B-159, MNC05-847B-160, MNC00-595F-27, MNC00-595F-58, MNC00-599F-9 e MNC00-599F-11) sendo estes superiores às médias de IGV do grupo E, formado pelas linhagens MNC05-835B-15, MNC05-835B-16, MNC05-837B-24, MNC05-840B-38, MNC05-846B-101, com médias variando de 49,12% a 50,98%.

O caráter TC variou de 2,43 minutos (MNC00-595F-2) a 6,18 minutos (MNC05-847B-160). O teste de Scott-knott ($P < 0,05$) estabeleceu apenas dois grupos (A e B). O grupo A contemplou os genótipos com maior tempo de cocção, compreendendo treze linhagens, que apresentaram comportamentos semelhantes às testemunhas BRS Guariba e MNC99-541F-15; e o grupo B englobou os genótipos que tiveram o TC mais rápido, incluindo sete linhagens e duas testemunhas (Olho de Pomba-10 e BRS Paraguaçu). O TC obtido neste trabalho foi mais rápido em relação aos obtidos em grãos secos (TIMKO; SING, 2008; ROCHA et al., 2009; SINGH et al., 2009), visto que os grãos verdes dos genótipos testados apresentavam em torno de 50 a 55% umidade.

O caráter TPB variou de 14,77% (BRS Paraguaçu) a 18,97% (MNC05-847B-123). Esses teores estão acima dos encontrados por Salgado et al. (2006), também em feijão-verde, e abaixo daqueles encontrados por Silva et al. (2002), Timko et al. (2008) e Singh et al. (2009), ambos em grãos secos. O teste de Scott-knott ($P < 0,05$) estabeleceu quatro grupos (A, B, C e D): o grupo A compreendendo oito linhagens (maiores TPB); o grupo B, com TPB bruta menor que o grupo A, englobando doze linhagens, que apresentaram comportamentos semelhante à testemunha BRS Guariba (17,42%); o grupo C contemplou as testemunhas Olho de pomba-10 e MNC99-541F-15; e o grupo D compreendeu a testemunha BRS Paraguaçu, com a menor média para o caráter. O maior teor médio de TPB obtido neste trabalho foi menor que as médias encontradas por Frota et al. (2008), Timko et al. (2008), Rocha et al. (2008a), Nutti et al. (2009), Rocha et al. (2009a, b) e Singh et al. (2009), no entanto, em grãos secos.

O caráter TFe obteve valores médios variando de 36,44 g kg⁻¹ (MNC05-835B-17) a 53,22 g kg⁻¹ (BRS Guariba). O teste de Scott-knott ($P < 0,05$) estabeleceu quatro grupos de genótipos (A, B, C e D): o grupo A contemplando

a linhagem MNC05-841B-49 (50,29 g kg⁻¹) e uma testemunha (BRS-Guariba) com maior teor de Ferro; o grupo B inclui as linhagens MNC05-840B-35 (47,51 g kg⁻¹) e MNC05-847B-160 (46,75 g kg⁻¹) com teor de ferro relativamente alto, mas menor que o teor de ferro do grupo A; o grupo C inclui os genótipos com médias de teor de ferro intermediário, correspondendo a onze linhagens; e o grupo D incluindo as demais linhagens (seis), que apresentaram comportamentos semelhantes às testemunhas Olho de Pomba-10, MNC99-541F-15 e BRS-Paraguaçu, que possuem menores médias para esse caráter. A maior média do TFe encontrado neste trabalho é menor do que os teores médios obtidos por Frota et al. (2008), Timko et al. (2008), Rocha et al. (2008a), Nutti et al. (2009), Rocha et al. (2009a, b) e Singh et al. (2009), avaliando grãos secos.

O TZn obteve valores médios variando de 20,91 g kg⁻¹ (MNC99-541F-15) a 31,77 g kg⁻¹ (MNC00-595F-27). O teste de Scott-knott (P<0,05) estabeleceu três grupos (A, B, e C). O grupo A contemplou as linhagens MNC05-837B-24 (30,65 g kg⁻¹), MNC00-595F-2 (30,59 g kg⁻¹), MNC05-847B-159(30,58 g kg⁻¹), MNC05-840B-35 (28,97 g kg⁻¹), MNC05-841B-49 (28,02 g kg⁻¹), MNC05-847B-123 (28,09 g kg⁻¹), MNC05-847B-126 (28,82 g kg⁻¹), MNC00-595F-26 (29,67 g kg⁻¹), MNC05-847B-160 (28,61 g kg⁻¹) que apresentaram as maiores médias, sendo o comportamento semelhante à testemunha BRS Guariba (30,04%); o grupo B inclui os genótipos com médias de teor de zinco intermediário, correspondendo a sete linhagens e a testemunha Olho de pomba-10; e o grupo C inclui os genótipos com médias de teores de zinco mais baixos, correspondendo a duas linhagens que por sua vez apresentaram resultados semelhantes às testemunhas MNC99-541F-15 (20,91%) e BRS Paraguaçu (22,50%). A maior média do TZn encontrado neste trabalho é menor do que os teores médios obtidos por Frota et al. (2008), Timko et al. (2008), Rocha et al. (2008a), Nutti et al. (2009), Rocha et al. (2009a, b) e Singh et al. (2009), sendo estes valores em grãos secos.

O menor teor de proteína, ferro e zinco encontrado no presente trabalho e nos resultados de Salgado et al. (2006), relativamente aos obtidos em grãos provavelmente se deve a estágio de maturação dos grãos, que no caso dos grãos secos é mais longa e, portanto, ocorre maior alocação de nutrientes nos grãos, quando comparado aos grãos verdes.

CONCLUSÕES

1. Existe variabilidade genética entre genótipos para a maioria dos caracteres, indicando a possibilidade de ganhos em ciclos adicionais de seleção.
2. As linhagens MNC05-835B-15, MNC05-835B-16, MNC00-595F-2, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-126 e MNC00-595F-27 apresentaram comportamento semelhante às testemunhas BRS Paraguaçu e BRS Guariba quanto a produtividade de vagens e grãos verdes.
3. A linhagem MNC05-847B-126 apresentou comportamento semelhante à testemunha MNC99-541F-15 quanto ao índice de grãos verdes.
4. As linhagens MNC05-835B-16, MNC05-837B-24, MNC00-595F-2, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-160, MNC00-595F-27, MNC00-599F-11 apresentaram os melhores resultados em relação aos caracteres culinários e nutricionais(TC, TPB, TFe e TZn).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. N. et al. Potencial genético de linhagens e cultivares de feijão-caupi para produção de feijão-verde. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FAPEPI, Teresina, 2005. **Anais**. Teresina: FAPEPI, 2005. 1 CD.

ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; RODRIGUES, G. S.; SILVA, D. C. O. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agroambiente**, v. 3, n.1, p. 15-30, 2009.

AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A. Produtividade de grãos verdes de feijão-caupi, cv. Novaera, em função do espaçamento e densidade de plantio sob irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 754-758. 1 CD-ROM.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Novo gene produzindo cotilédone verde em feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 03, p. 286-290, 2007.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 28-92.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de linhagens de caupi de porte enramador. **Revista Ceres**, v. 49, n. 284, p. 383-393, 2002.

FROTA, K. de M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), cultivar BRS- Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

KBATOUNIAN, C. A. **Produção de alimentos para consumo doméstico no Paraná**. Caracterização e culturas alternativas. Londrina: IAPAR, 1994. 155p. (IAPAR. Circular, 81).

NUTTI, M. R.; ROCHA, M. M.; WATANABE, E.; CARVALHO, J. L. V.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, K. J. D. Biofortificação de feijão-caupi no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 26-38. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, A. P. et al. Rendimento de feijão-caupi em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 01, p. 77-80, 2003.

OLIVEIRA, A. P. et al. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 01, p.81-84, 2001.

PANDEY, I. R. et al. Evaluation of vegetable type cowpea varieties for commercial production in the river basin and low hill areas. **Nepal Agricultural Research**, v. 7, n. 1, p. 16-20, 2006.

ROCHA, M. M. **O feijão-caupi para consumo na forma de grãos frescos**. 2009. Agrosoft Brasil. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/212374.htm>. Acesso em: 14 abr. 2010.

ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; BARRETO, A. L. H.; FRANCO, L. J. D.; SANTOS, A. M. F.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. Biofortificação do feijão-caupi no Brasil: estado atual e perspectivas. In: REUNIÃO ANUAL DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 3., 2009a, Aracaju, SE. **Anais**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2009a. 1 CD-ROM.

ROCHA, M. M.; SANTOS, A. M. F.; VILARINHO, A. A.; BARRETO, A. L. H.; FRANCO, L. J. D.; SILVA, A. B.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; FREIRE FILHO, F. R.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. Estimativas de parâmetros genéticos (G), ambientais (A) e da interação G x A para os conteúdos de ferro e zinco em

germoplasma elite de feijão-caupi. In: REUNIÃO ANUAL DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 3., 2009b, Aracaju, SE. **Anais**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2009b. 1 CD-ROM.

ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, A. L. H.; FRANCO, L. J. D.; BASSINELO, P. Z.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. **Avaliação dos conteúdos de proteína, ferro e zinco em germoplasma elite de feijão-caupi**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008a. 3p. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico, 212).

ROCHA, M. M.; SOARES, M. C.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q. Avaliação preliminar de genótipos de feijão-caupi para feijão-verde. **Revista Científica Rural**, v. 12, n. 1, p. 153-156, 2007.

ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q.; ANDRADE, F. N. **Avaliação agronômica de genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2006. 16p. (Embrapa Meio-Norte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 67).

RODRIGUES, E. V.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; RIBEIRO, V. Q.; ASSUNÇÃO-FILHO, J. R. Adaptabilidade e estabilidade de Genótipos de feijão-caupi para produção de feijão-verde em Teresina-PI. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 230-235. 1 CD-ROM.

SALGADO, S. M.; LIVERA, A. V. S.; GUERRA, N. B.; SCHULLER, A. R. P.; ARAÚJO, A. L. L. Resposta fisiológica in vitro do amido do feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 4, p. 297-303, 2006.

SANTOS, J. F. et al. Produtividade do feijão-caupi utilizando biofertilizante e uréia. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 25-29, 2007.

SARRUGE, J. R.; HAAGE, H. P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ. 1974. 56p

SILVA, S. M. S.; MAIA, J. M.; ARAÚJO, Z. B.; FREIRE FILHO, F. R. **Composição química de 45 genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 2p. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico, 149).

SINGH, B. B.; AJEIGBE, H. A.; SINGH, Y. V. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio**: anais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 39-47. 1 CD-ROM.

TIMKO, M. P.; SINGH, B. B. Cowpea, a multifunctional legume. In: MOORE, P.H.; MING, R. (Ed.). **Plant genetics and genomics**: crops and models. New York: Springer, 2008. p. 227-258.

5. CAPITULO II

VARIABILIDADE, CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE TRILHA EM LINHAGENS DE FEIJÃO-CAUPI DE TEGUMENTO E COTILÉDONE VERDES AVALIADAS PARA FEIJÃO-VERDE

Fabrcio Napoleão Andrade², Maurisrael de Moura Rocha², Regina Lucia Ferreira Gomes¹, Lígia Renata Almeida da Silva¹, Francisco Rodrigues Freire Filho² e Kaesel Jackson Damasceno e Silva²

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi estimar a variabilidade, as correlações entre caracteres agronômicos, nutricionais e culinários e os efeitos diretos e indiretos destes sobre a produtividade de grãos verdes em vinte linhagens de feijão-caupi de tegumento e cotilédone verdes. Quatro genótipos elite foram utilizados como testemunhas. O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Meio-Norte em Teresina, PI, no ano de 2009, sob condições irrigadas. Adotou-se o delineamento de blocos completos casualizados, com vinte e quatro tratamentos e quatro repetições. Os caracteres avaliados foram os seguintes: número de dias para o início da floração (NDIF), comprimento de vagens verdes (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn). Estimou-se o coeficiente de variação genético; o coeficiente de determinação genotípico; os coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental entre caracteres; e os efeitos diretos e

¹Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campos Ministro Petrônio Portela, Ininga, 64.049-550, Teresina, PI. e-mail: fabricionapoleao@yahoo.com.br, rfgomes@ufpi.edu.br

²Embrapa Meio-Norte, Av. Duque de Caxias, 5650, B. Buenos Aires, CEP 64.006.220, Teresina, PI. E-mail: mmrocha@cpamn.embrapa.br, freire@cpamn.embrapa.br, kaesel@cpamn.embrapa.br

indiretos de caracteres agronômicos, nutricionais e culinários sobre a produtividade de grãos verdes, por meio da análise de trilha. Maior variabilidade genética foi apresentada pelos os caracteres TC (16,98%), FSGVF (12,45%) e PGV (10,36%). O CVV (91,49%), IGV (84,67%) e TZn (83,57%) exibiram o mais alto componente genético na expressão do caráter. Existe maior probabilidade de ganhos para a produtividade de grãos verdes por meio da seleção indireta dos caracteres PVV, IGV e TPB. Entre os caracteres culinárias e nutricionais, o TPB apresentou o maior efeito positivo sobre o PGV. Os caracteres PVV e IGV são os componentes agronômicos mais importantes na expressão da produtividade de grãos verdes. A seleção com base nesses caracteres pode levar a maiores ganhos para a produtividade de grãos verdes.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, associação entre caracteres, efeitos direto e indireto, seleção, melhoramento.

VARIABILITY, CORRELATIONS AND PATH ANALYSIS IN GREEN TEGUMENT AND COTYLEDON COWPEA LINES EVALUATED FOR FRESH COWPEA

ABSTRACT - The aim of this study was to estimate the variability, the correlations among agronomic, nutritional and culinary traits and direct and indirect effects of these on the fresh grain yield in 20 green tegument and cotyledon cowpea lines. Four elite genotypes were used as checks. The experiment was carried out at Embrapa Mid North in Teresina, Piauí, Brazil, in 2009, under irrigated conditions. A randomized complete block design with four replications and 24 treatments were adopted. The following characters were evaluated: number of days to the beginning of flowering, fresh pod length, number of grains per fresh pod, fresh grain 100 weight, fresh pod yield, fresh grain index, cooking time, crude protein content, iron content, and zinc content. The coefficient of genetic variation, the genotypic determination coefficient, the coefficient of phenotypic, genotypic and environmental correlations among traits, and the direct and indirect effects of agronomic, nutrition and culinary traits on the fresh grain yield, through the path analysis. Greater genetic variability was presented by TC (16.98%), FSGVF (12.45%), and PGV (10.36%) traits. CVV (91.49%), IGV (84.67%), and TZn (83.57%) exhibited the highest genetic component in the expression of the trait. There is a higher probability of gains for fresh grain yield through indirect selection of PVV, IGV, and TPB traits. Among the culinary and nutritional traits, TPB has showed the greatest positive effect on the PGV. PVV and IGV traits are the most important agronomic components in the expression of fresh grain yield. The selection based on these traits can bring gains for the fresh grain yield.

Key words: *Vigna unguiculata*, relationship among traits, selection, direct and indirect effects, breeding.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da genética dos caracteres agronômicos de uma espécie é de fundamental importância para o seu melhoramento (FREIRE FILHO, 1988). Somente com esse conhecimento pode o melhorista tomar decisões acertadas sobre os métodos a seguir, visto que dependem da estrutura genética da população e das condições ambientais (MORETTI et al., 1994).

Os estudos envolvendo parâmetros genéticos permitem conhecer a variabilidade genética, o grau de expressão de um caráter e a possibilidade de ganhos por meio da seleção direta ou indireta (ROCHA et al., 2003). Informações sobre as estimativas de parâmetros genéticos de caracteres quantitativos têm contribuído para aumentar a eficiência dos programas de melhoramento de feijão-caupi (SINGH, 2007).

As estimativas dos coeficientes de correlação permitem prever as alterações em um determinado caráter provocadas pela pressão de seleção exercida sobre outro caráter (COIMBRA et al., 1999). Contudo, essa é apenas uma medida de associação, que não permite conclusões sobre causa e efeito, não possibilitando inferências sobre o tipo de associação que governa um par de caracteres Y/X (COIMBRA et al., 2005).

Análise de trilha, método desenvolvido por Wright (1921), permite a partição dos coeficientes de correlações em efeitos diretos e indiretos. Cruz e Carneiro (2003) definem o coeficiente de trilha ou análise de causa e efeito como um coeficiente de regressão padronizado, sendo que a análise de trilha é composta por uma expansão da regressão múltipla quando envolvidas inter-relações complexas. Essa metodologia pode, então, melhor auxiliar o melhorista, por permitir a visualização do efeito direto que um caráter causa no outro e os efeitos indiretos dos outros caracteres relacionados (PAIVA et al., 1982).

A análise de trilha tem sido utilizada em feijão-caupi para verificar o efeito direto e indireto dos componentes de produção sobre a produtividade de

grãos (OLIVEIRA et al., 1990; SIDDQUE; GUPTA, 1992; OSENI et al., 1992; HAMID et al., 1996; BEZERRA et al., 2001; UDOM et al., 2006; SOUZA et al., 2006), LAL et al., 2007; DIAS et al., 2009; VISHWA et al., 2009; KUMARI et al., 2010).

Oliveira (1996), empregando a análise de trilha, avaliou 16 genótipos de feijão-caupi e constatou que o peso de 100 grãos e o número de vagens por planta foram as variáveis com maior efeito direto positivo sobre o rendimento de grãos secos. Em estudo conduzido por Pal et al. (2004), na Índia, com genótipos de feijão-caupi tipo hortaliça, o número de dias para a colheita da primeira vagem verde, a altura da planta, o comprimento do pedúnculo, o diâmetro da vagem verde e o número de vagens verdes por planta foram os componentes que mais influenciaram diretamente a produtividade de vagens verdes.

A presença de variabilidade genética pode ser confirmada e quantificada pelo coeficiente de variação genético (CV_G) e coeficiente de determinação genotípico (h^2). Estes coeficientes expressam a magnitude da variação genética em relação à média do caráter. Estudos têm sido desenvolvidos para produção de grãos secos em feijão-caupi (Lopes et al. 2001; Rocha et al. 2003; Santos et al. 2004), mas para produção de grãos verdes são raros na literatura (Rocha et al. 2005).

Estudos sobre estimativas de coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e/ou ambiental entre caracteres, coeficiente de variação genético e coeficiente de herdabilidade/determinação genotípico em feijão-caupi visando o mercado de grãos secos têm sido conduzidos (LOPES et al., 2001; ROCHA et al., 2003; SANTOS, 2004; BARROS et al., 2006; OMOIGUI et al., 2006; TORRES et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2007; UBI et al., 2007; MACHADO et al., 2008; MATOS FILHO et al., 2009). No entanto, estudos com esta finalidade visando o mercado de feijão-verde são escassos (PEKSEN, 2004; ROCHA et al., 2005; ANDRADE et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade existente entre linhagens de feijão-caupi de tegumento e cotilédones verdes; estimar correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre caracteres; e os efeitos diretos e indiretos de caracteres agrônômicos, nutricionais e culinários sobre a produtividade de grãos verdes, por meio da análise de trilha.

MATERIAL E MÉTODOS

Material genético e metodologia experimental

O material experimental constou de vinte linhagens de feijão-caupi de tegumento e cotilédone verdes, selecionadas no ensaio preliminar do Programa de Melhoramento de Feijão-caupi da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte (Embrapa Meio-Norte) e quatro testemunhas, incluindo cultivares e linhagens elites, totalizando vinte e quatro tratamentos (Tabela 1).

Foi conduzido um ensaio na área experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI, com latitude de 05° 05' S, longitude de 42° 48' W Gr e altitude de 72 m, no ano de 2009, nos meses de agosto a dezembro, sob condições irrigadas. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições. A parcela experimental teve as dimensões de 3,2 m x 5,0 m e constou de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, tendo como área útil as duas fileiras centrais. O espaçamento entre fileiras foi de 0,80 m e dentro da fileira, entre covas, de 0,25 m, o que resultou em 20 covas por fileira.

O preparo da área consistiu-se de uma aração, seguida de uma gradagem. O solo da área experimental é um Argissolo Amarelo de textura franco-arenosa.

Para o controle de plantas daninhas, aplicou-se o herbicida pós-emergente Glifosate, na dosagem de 6L ha⁻¹, sendo em seguida realizada a semeadura. Foram semeadas quatro sementes por cova. Após a semeadura aplicou-se o herbicida pré-emergente a base de s-metolacoloro, na dosagem de 1,5 L ha⁻¹. Após 15 dias, realizou-se o desbaste, com compensação das falhas, deixando-se em média duas plantas por cova.

Durante o desenvolvimento das plantas foram realizadas práticas culturais, como capinas manuais e à tração animal, além da aplicação de inseticidas, quando necessário.

Foram observados, associados à cultura, os insetos: vaquinhas (*Diabrotica speciosa*), pulgão preto (*Aphis cracivora*), percevejo (*Crinocerus sanctus*), minador (*Liriomyza sativae*) e manhoso (*Chalcodermus* sp). Observaram-se também algumas plantas com doenças causadas pelos vírus do mosaico severo do caupi (Cowpea severe mosaic virus) e potivírus. Para o controle dos insetos utilizou-se o coquetel a base de 1 L ha⁻¹ de dimetoato + 50 g L ha⁻¹ de thiametoxam.

Tabela 1. Relação dos genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão-verde. Teresina, PI, 2009.

Nº	Genótipos	Parentais/Procedência	Subclasse comercial
1	MNC05-835B-15	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-2	Verde
2	MNC05-835B-16	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-2	Verde
3	MNC05-835B-17	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-2	Verde
4	MNC05-837B-24	MNC00-599F-2 x MNC99-541F-18	Verde
5	MNC00-595F-2	BR2-Bragança x GV-10-91-1-1	Verde
6	MNC05-840B-35	MNC00-599F-9 x Olho-de-pomba-10	Verde
7	MNC05-840B-38	MNC00-599F-9 x Olho-de-pomba-10	Verde
8	MNC05-841B-49	MNC00-599F-9 x MNC99-537F-14-2	Verde
9	MNC05-843B-88	MNC00-599F-9 x MNC99-541F-18	Verde
10	MNC05-846B-101	MNC00-599F-11 x Olho-de-pomba-10	Verde
11	MNC05-847B-123	MNC00-599F-11 x MNC99-537F-14-2	Verde
12	MNC05-847B-125	MNC00-599F-11 x MNC99-537F-14-2	Verde
13	MNC05-847B-126	MNC00-599F-11 x MNC99-537F-14-2	Verde
14	MNC00-595F-26	BR2-Bragança x GV-10-91-1-1	Verde
15	MNC05-847B-159	MNC99-541F-18 x MNC00-599F-11	Verde
16	MNC05-847B-160	MNC99-541F-18 x MNC00-599F-11	Verde
17	MNC00-595F-27	BR2-Bragança x GV-10-91-1-1	Verde
18	MNC00-595F-58	BR2-Bragança x GV-10-91-1-1	Verde
19	MNC00-599F-9	GV-10-91-1-1 x TE93-222-11F	Verde
20	MNC00-599F-11	GV-10-91-1-1 x TE93-222-11F	Verde
Nº	Testemunhas	Parentais/Procedência	Subclasse comercial
21	Olho de pomba-10	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-2	Branca
22	BRS Guariba	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-2	Branca
23	MNC99-541F-15	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-2	Branca
24	BRS Paraguaçu	MNC00-599F-2 x MNC99-541F-18	Branca

Caracteres agronômicos avaliados

Foram avaliados os seguintes caracteres agronômicos: número de dias para o início da floração (NDIF), comprimento de vagens verdes (CVV), número

de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV) e índice de grãos verdes (IGV).

Com o intuito de padronizar a maturação dos grãos e das vagens, por ocasião de cada colheita, realizou-se a correção de umidade dos mesmos (ANDRADE et al., 2005). Para isso, de cada genótipo colhido, retirou-se uma amostra de dez vagens, pesou-se e, em seguida, colocou-se de molho em água, por um período de trinta minutos para grãos e uma hora para vagens.

Após este período, retirou-se a amostra e pesou-se novamente. Assim, foram avaliados também os seguintes caracteres: peso de 10 vagens verdes (P10VV), peso de grãos de 10 vagens verdes (PG10VV), peso de 10 vagens verdes umedecidas (P10VVu) e peso de grãos verdes de 10 vagens umedecidas (PG10VVu). Com base nessas determinações, foram corrigidos os seguintes caracteres: $PVVc = (PVV \times P10VVu/P10VV)$, $PGVc = (PGV \times P10GVVu/PG10VV)$ e $IGVc = PGVc/PVVc$, sendo adotados as siglas PVV, PGV e IGV, para os pesos e índice corrigidos.

Caracteres nutricionais e culinários avaliados

As análises para determinação dos teores de proteína (TPB) e minerais (TFe e TZn) foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte, sendo utilizadas três amostras de 200 g de farinha de grãos de cada genótipo, obtidas por meio de trituração em moinho de bolas de zircônio. Utilizou-se o método de Kjeldahl (A.O.A.C., 1990) para determinação de proteína bruta e o método de absorção atômica, descrito por Sarruge e Haage (1974), para determinação de ferro e zinco.

O tempo de cocção foi determinado para os vinte genótipos e as quatro testemunhas, utilizando-se o cozedor de Mattson, em três amostras de 25 grãos/genótipo, com teores de umidade entre 50 e 55%. Quando os grãos não apresentavam esse teor, eram submetidos ao umedecimento, até alcançar a umidade determinada. Ligava-se o cronômetro para determinação do tempo de cocção somente quando o cozedor de Mattson era todo imerso no becker, com água já fervendo, e anotado o tempo quando caíam treze varetas do total de vinte e cinco.

Análises estatístico-genéticas

Os parâmetros genéticos estimados foram os seguintes: coeficiente de variação genético, coeficiente de determinação genotípico; coeficientes de correlação fenotípico, genotípico e ambiental e análise de trilha.

➤ **Coeficiente de variação genético**

O coeficiente de variação genético foi estimado segundo a expressão:

$$cVg(\%) = \frac{100\sqrt{\hat{\phi}_g}}{m}$$

onde $\hat{\phi}_g = \frac{QMT - QMR}{b}$, sendo $\hat{\phi}_g$ o componente quadrático que expressa a variabilidade genotípica média, QMT o quadrado médio tratamento, QMR o quadrado médio do resíduo, b o número de repetições e, m a média geral.

➤ **Coeficiente de determinação genotípico**

As estimativas do coeficiente de determinação genotípico foram obtidas por meio da expressão:

$$h^2 = \frac{\hat{\phi}_G}{\hat{\sigma}_F^2}$$

h^2 = coeficiente de determinação genotípico;

$\hat{\phi}_g$ = variância de efeito fixo de genótipo;

$\hat{\sigma}_f^2$ = variância de efeito fixo de fenótipo.

➤ **Coeficientes de correlação**

Os coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e de ambiente entre os pares de caracteres foram obtidos através das respectivas estimativas de variância e covariância, com base na expressão (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992):

$$r_{xy} = \frac{\hat{Cov}(x, y)}{\sqrt{\hat{V}_{(x)} \hat{V}_{(y)}}}$$

➤ **Coefficiente de correlação fenotípica (r_F)**

$$r_F = \frac{\hat{Cov}_F(x, y)}{\sqrt{\hat{V}_F(x) \hat{V}_F(y)}}$$

em que:

$\hat{Cov}_F(x, y)$ = produto médio de genótipos para os caracteres x e y;

$\hat{V}_F(x)$, $\hat{V}_F(y)$ = quadrados médios de genótipos para os caracteres x e y, respectivamente.

➤ **Coefficiente de correlação genotípica (r_G)**

$$r_G = \frac{\hat{Cov}_G(x, y)}{\sqrt{\hat{V}_G(x) \hat{V}_G(y)}}$$

em que:

$\hat{Cov}_G(x, y)$ = covariância genotípica dos caracteres x e y, obtida pela expressão:

$$\frac{\hat{Cov}_F(x, y) - \hat{Cov}_A(x, y)}{r}$$

$\hat{Cov}_A(x, y)$ = produto médio do erro para os caracteres x e y.

$\hat{V}_G(x)$ = variância genotípica do caráter x, obtida pela expressão:

$$\frac{\hat{V}_F(x) - \hat{V}_A(x)}{r}$$

$\hat{V}_A(x)$ = variância ambiental para o caráter x.

$\hat{V}_G(y)$ = variância genotípica do caráter y, obtida pela expressão:

$$\frac{\hat{V}_F(y) - \hat{V}_A(y)}{r}$$

$\hat{V}_A(y)$ = variância ambiental para o caráter y.

➤ **Coefficiente de correlação de ambiente (r_A)**

$$r_A = \frac{\hat{Cov}_A(x, y)}{\sqrt{\hat{V}_A(x) \hat{V}_A(y)}}$$

A significância dos coeficientes de correlação foi avaliada pela estatística “t”, segundo Cruz; Regazzi (1994).

➤ **Análise de trilha**

Para uma completa determinação dos efeitos, incluiu-se no diagrama a variável X não correlacionada, como representativa dos efeitos residuais. Após o estabelecimento das equações básicas da análise de trilha, a resolução na forma matricial foi obtida pelo sistema de equações normais,

$$X'X\beta = X'Y$$

onde:

$X'X$ = matriz não-singular das correlações entre as variáveis explicativas;

β = vetor coluna de coeficientes de trilha;

$X'Y$ = vetor coluna das correlações entre as variáveis explicativas e a variável principal.

Assim, tem-se:

$$r_{ix} = P_{ix} + \sum_{j \neq i}^n r_{ij} P_{jx}$$

onde:

r_{ix} : correlação entre o rendimento de grãos e a i-ésima variável explicativa;

P_{ix} : efeito direto da variável i sobre o rendimento de grãos;

$r_{ij}P_{jx}$: efeito indireto da variável i, via a variável j, sobre o rendimento de grãos.

A solução de mínimos quadrados desse sistema é dada por:

$$\beta = (X'X)^{-1} X'Y.$$

O coeficiente de determinação [$R^2_{10(1,2,\dots,9)}$] do modelo causal que mede o efeito das nove variáveis explicativas sobre a variável básica rendimento de grãos é dado por:

$$R^2_{10(1,2,\dots,9)} = P^2_{110} + P^2_{210} + \dots + 2P_{810}r_{8,9}P_{910},$$

e os efeitos residuais expressos por:

$$P^2_{X10} = [1 - R^2_{10(1,2,\dots,9)}]^{1/2}.$$

Todas as análises foram realizadas por meio do programa computacional GENES (CRUZ, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas dos coeficientes de variação genético e de determinação genotípico são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Estimativas do coeficiente de variação genético (CV_G) e coeficiente de determinação genotípico (h^2) relativos aos caracteres número de dias para início da floração (NDIF), número de dias para maturação vagens verdes (NDMVV), período de produção de vagens verdes (PPVV), comprimento de vagem verde (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV), facilidade de soltura dos grãos de vagens verdes (FSGVV), tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn), obtidas a partir da avaliação de 24 genótipos de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009.

Caracteres	CV_G (%)	h^2 (%)
NDIF (dias)	2,34	75,92
NDMVV (dias)	1,31	40,21
PPVV (dias)	3,24	7,84
CVV (cm)	4,80	91,49
NGVV (u)	4,90	78,00
P100GV (g)	6,69	68,09
PVV ($kg\ ha^{-1}$)	9,23	50,22
PGV ($kg\ ha^{-1}$)	10,36	52,63
IGV (%)	4,65	84,67
FAVV (nota)	9,59	32,15
FSGVV (nota)	12,45	40,77
TC (min)	16,98	73,07
TPB (%)	1,80	50,59
Tfe ($g\ kg^{-1}$)	6,15	70,47
TZn ($g\ kg^{-1}$)	8,40	83,57

O coeficiente de variação genético (CV_G) variou de 1,31% (NDMVV) a 16,98% (TC). As maiores estimativas foram obtidas para os caracteres TC

(16,98%), FSGVF (12,45%) e PGV (10,36%), indicando que apresentam maior variabilidade, possibilitando a realização de seleção em ciclos posteriores. Esses resultados são promissores, principalmente para TC e FSGVF, que são inéditos em trabalhos com feijão-caupi, visando a seleção para grãos verdes (Tabela 4). O CV_G estimado para PGV foi menor do que aqueles obtidos por Andrade et al. (2005), de 31,62%, e por Lopes et al. (2001), de 23%, para produção de grãos secos.

O coeficiente de determinação genotípico (h^2) variou de 7,84% (PPVV) a 91,49% (CVV) (Tabela 4). O caráter PPVV foi o que apresentou a menor estimativa de h^2 (7,84%), evidenciando que a seleção direta pode não ser eficiente neste caráter. A baixa variabilidade genética observada para este caráter é decorrente do número de colheitas realizadas, que no geral não passaram de duas a três vezes na fase de maturação.

Os caracteres CVV (91,49%), IGV (84,67%), NGVV (78,00%), NDIF (75,92%) e P100GV (68,09%) apresentaram altos coeficientes de determinação genotípicos. Esses caracteres apresentam alto componente genético em suas expressões fenotípicas, sugerindo que a obtenção de ganhos pode ser conseguida via seleção visual. Segundo Teixeira et al. (2007), as estimativas elevadas para este parâmetro podem ser devido à variabilidade genética inerente aos genótipos testados, em razão de cada um deles contribuir com uma identidade genética distinta. Altas estimativas de h^2 para os componentes de produção também foram obtidas por Lopes et al. (2001), Rocha et al. (2003), Ubi et al. (2007) e Lima et al. (2009) e Dias (2009) em grãos secos. No entanto, Matos Filho et al. (2009) e Mano et al. (2009) também obtiveram baixas estimativas de h^2 para os caracteres comprimento de vagem e número de grãos secos por vagem.

As estimativas de h^2 para PVV (50,22%) e PGV (52,63%), consideradas intermediárias, são discordantes daquelas obtidos por Andrade et al. (2010), que obtiveram valores altos (84,58% e 85,80%, respectivamente), também em feijão-verde. Isso ocorreu provavelmente devido à baixa variabilidade genética observada entre linhagens de tegumento e cotilédone verdes.

Os caracteres nutricionais e culinários também apresentaram estimativas altas de h^2 (> 70%) (Tabela 4), com valores de 83,57% (TZn), 70,47% (TFe) e 73,07% (TC), sugerindo que a biofortificação do feijão-verde

via melhoramento representa uma boa estratégia no sentido de aumentar esses constituintes via seleção direta.

As estimativas dos coeficientes de correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente são apresentadas na Tabela 5. Apresentaram boa concordância com relação aos sinais. Em geral, as correlações genotípicas foram superiores às correspondentes correlações fenotípicas e residuais, quando estas se mostraram significativas. Resultados semelhantes foram obtidos por Lopes et al. (2001), Rocha et al. (2003), Andrade et al. (2005), Teixeira et al. (2007), Machado et al. (2008) e Matos Filho et al. (2009), em estudos envolvendo grãos secos, e Andrade et al. (2010), avaliando feijão-verde.

As correlações fenotípicas e genotípicas entre NDIF com PVV e PGV foram significativas e negativas. Esses resultados indicam que é possível selecionar genótipos altamente produtivos e ao mesmo tempo precoces, concordando com os resultados obtidos por Matos Filho et al. (2009) e discordando dos resultados obtidos por Peksen (2004), em feijão-verde, e Machado et al. (2008), em grãos secos.

Os caracteres NGVV e P100GV apresentaram correlações fenotípicas e genotípicas significativas e negativas entre si, concordando com os resultados obtidos por Andrade et al. (2010), em outro estudo com feijão-verde. O NGVV também apresentou correlação genotípica negativa e significativa com TC e TPB. Logo, a seleção indireta por meio dos caracteres P100GV, TC e TPB pode causar diminuição do número de grãos por vagem. Já o P100GV apresentou correlações fenotípicas e genotípicas positivas e significativas com TPB e TZn, e, somente genotípica positiva com PVV, indicando eficiência da seleção indireta por meio de TPB, TZn e PVV para aumentar o P100GV.

O PVV apresentou correlações fenotípicas e genotípicas positivas e significativas com PGV. Resultados semelhantes foram obtidos por Andrade et al. (2005 e 2010). O PVV também apresentou correlações genotípicas positivas e significativas com P100GV e TPB, e negativa com TFe. Assim, a seleção indireta por meio desse último caráter pode levar ao decréscimo na PVV.

As estimativas dos coeficientes das correlações fenotípicas e genotípicas entre PGV com IGV e TPB foram significativas positivas, indicando que a seleção indireta por meio de IGV e TPB, pode trazer ganhos para a PGV. Teixeira et al. (2007), Machado et al. (2008) e Matos Filho et al. (2009),

avaliando feijão-caupi para produção de grão seco e Andrade et al. (2010) trabalhando com feijão verde obtiveram resultados de correlações semelhantes com relação ao IGV.

Tabela 5. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e residual (r_R), entre os caracteres número de dias para início da floração (NDIF), comprimento de vagem verde (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV), índice de grãos verdes (IGV), tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn), obtidas a partir da avaliação de 24 genótipos de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009.

Caráter		CVV	NGVV	P100GV	PVV	PGV	IGV	TC	TPB	TFe	TZn
NDIF	r_F	-0,14 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,49*	-0,41*	0,09 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,01 ^{ns}
	r_G	-0,23 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,63**	-0,49*	0,11 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,02 ^{ns}
	r_R	0,31 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,12 ^{ns}
CVV	r_F		0,32 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,29 ^{ns}
	r_G		0,32 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,21 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,35 ^{ns}
	r_R		0,37 ^{ns}	0,30 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,16 ^{ns}
NGVV	r_F			-0,51**	-0,07 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,26 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}
	r_G			-0,65**	-0,09 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,30 ^{ns}	-0,43*	-0,57**	-0,09 ^{ns}	-0,01 ^{ns}
	r_R			-0,14 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}
P100GV	r_F				0,19 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,43*	0,19 ^{ns}	0,45*
	r_G				0,39*	0,35 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,72**	0,30 ^{ns}	0,60**
	r_R				-0,08 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
PVV	r_F					0,93**	0,02 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,36 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	0,12 ^{ns}
	r_G					0,88**	0,06 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,56**	-0,45*	0,14 ^{ns}
	r_R					0,98**	-0,06 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,08 ^{ns}
PGV	r_F						0,39*	0,05 ^{ns}	0,39*	-0,17 ^{ns}	0,20 ^{ns}
	r_G						0,52**	-0,02 ^{ns}	0,58**	-0,29 ^{ns}	0,25 ^{ns}
	r_R						0,14 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,14 ^{ns}
IGV	r_F							0,20 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,22 ^{ns}
	r_G							0,25 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,22 ^{ns}
	r_R							0,03 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,20 ^{ns}
TC	r_F								0,08 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,16 ^{ns}
	r_G								0,02 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,20 ^{ns}
	r_R								0,19 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,02 ^{ns}
TPB	r_F									0,11 ^{ns}	0,43*
	r_G									0,11 ^{ns}	0,44*
	r_R									0,12 ^{ns}	0,50**
Tfe	r_F										0,35 ^{ns}
	r_G										0,35 ^{ns}
	r_R										0,33 ^{ns}

^{ns}, *, **: Não-significativo e significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste t.

O caráter TPB apresentou correlações fenotípicas e genotípicas significativas e positivas com TZn, indicando que é possível a seleção simultânea para aumento desses dois nutrientes nos grãos verdes de feijão-caupi.

A análise de trilha envolvendo os caracteres agronômicos é apresentada na Tabela 6. O desdobramento das correlações genotípicas entre PGV e os caracteres NDIF, CVV, NGVV, P100GV, PVV e IGV, em efeitos diretos e indiretos, mostrou que a PGV foi influenciada direta e negativamente apenas por NDIF e CVV (Tabela 6).

A estimativa do coeficiente de correlação genotípica foi negativa e significativa entre NDIF e PGV ($r_G = -0,490$) obtendo efeitos negativos direto (-0,052) e efeitos negativos indiretos, via o P100GV (-0,009) e PVV (-0,500), contrabalançados pelos efeitos positivos indiretos por meio do CVV (0,007), NGVV (0,016) e IGV (0,049).

Bezerra et al. (2001), trabalhando com grãos secos, encontraram resultado discordante desse trabalho para o coeficiente de correlação genética entre floração inicial e a produtividade de grãos, que foi alta e positiva ($r_G = 0,6071$), sendo, no caso, explicado pelos efeitos direto (0,8808) e indireto (0,2221), via peso de 100 grãos, os quais foram contrabalançados principalmente pelos efeitos indiretos negativos, via número de nós no ramo principal (-0,3200) e número de vagens por planta (-0,1214), que reduziram o valor da correlação.

Ressalta-se se que o efeito negativo do NDIF sobre PGV é de baixa magnitude e no sentido inverso do ciclo, sendo que o melhoramento vem enfatizando a seleção para precocidade. Desse modo, a seleção para fins de precocidade não provocará perdas na produtividade de grãos, podendo-se obter ganhos em produtividade via seleção direta para precocidade ou indireta via principalmente PVV (-0,500) (Tabela 6).

O efeito direto do caráter CVV sobre PGV foi negativo (-0,029), juntamente com o efeito indireto via o IGV (-0,097), contrabalançados pelos efeitos indiretos positivos, via o NDIF (0,012), NGVV (0,029), P100GV (0,010) e PVV (0,214), resultou em estimativa do coeficiente de correlação genotípica positiva, mas de baixa magnitude (0,139), embora CVV seja considerado um dos componentes primários da produtividade de grãos. Tais dados indicam que

os fatores causais indiretos positivos devem ser considerados simultaneamente, durante o processo de seleção (BEZERRA et al., 2001).

Tabela 6. Estimativas de efeitos diretos e indiretos das correlações genéticas das variáveis explicativas agronômicas dos caracteres número de dias para início da floração (NDIF), comprimento de vagem verde (CVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV) e índice de grãos verdes (IGV) sobre variável básica produtividade de grãos verdes (PGV), obtidas a partir da avaliação de 24 genótipos de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009.

Variáveis	Efeitos		Correlação
	Direto	Indireto	
NDIF vs PGV			
Efeito Direto	-0,052		
Efeito Indireto CVV		0,007	
Efeito Indireto NGVV		0,016	
Efeito Indireto P100GV		-0,009	
Efeito Indireto PVV		-0,500	
Efeito Indireto IGV		0,049	
Total			-0,490*
CVV vs PGV			
Efeito Direto	-0,029		
Efeito Indireto NDIF		0,012	
Efeito Indireto NGVV		0,029	
Efeito Indireto P100GV		0,010	
Efeito Indireto PVV		0,214	
Efeito Indireto IGV		-0,097	
Total			0,139 ^{ns}
NGVV vs PGV			
Efeito Direto	0,090		
Efeito Indireto NDIF		-0,009	
Efeito Indireto CVV		-0,009	
Efeito Indireto P100GV		-0,076	
Efeito Indireto PVV		-0,070	
Efeito Indireto IGV		0,136	
Total			0,061 ^{ns}
P100GV vs PGV			
Efeito Direto	0,117		
Efeito Indireto NDIF		0,004	
Efeito Indireto CVV		-0,003	
Efeito Indireto NGVV		-0,059	
Efeito Indireto PVV		0,307	
Efeito Indireto IGV		-0,013	
Total			0,354 ^{ns}
PVV vs PGV			
Efeito Direto	0,797		
Efeito Indireto NDIF		0,033	
Efeito Indireto CVV		-0,008	
Efeito Indireto NGVV		-0,008	
Efeito Indireto P100GV		0,045	
Efeito Indireto IGV		0,025	
Total			0,884*
IGV vs PGV			
Efeito Direto	0,453		
Efeito Indireto NDIF		-0,006	
Efeito Indireto CVV		0,006	
Efeito Indireto NGVV		0,027	
Efeito Indireto P100GV		-0,003	
Efeito Indireto PVV		0,045	
Total			0,522*

^{ns}, * Não-significativo e significativo a 5% pelo teste t.

O caráter NGVV e P100GV influenciaram positivamente a PGV. Contudo, os efeitos diretos foram de baixa magnitude, 0,090 e 0,117, respectivamente, contribuindo para que a correlação genética fosse não significativa. Bezerra et al. (2001), trabalhando com feijão-caupi para produção de grãos secos, obteve resultados semelhantes. Oliveira (1996), avaliando dez caracteres em 16 genótipos de feijão-caupi, constatou que o peso de 100 grãos secos e o número de vagens por planta apresentaram o maior efeito direto positivo sobre a produtividade de grãos secos, discordando com os resultados deste trabalho.

O PVV foi o caráter de maior influência direta na PGV (0,797). Esse efeito direto positivo compensou os efeitos indiretos negativos, por via CVV (-0,008) e NGVV (-0,008), resultando em estimativa positiva e de alta magnitude do coeficiente de correlação genotípica ($r_G = 0,884$).

A correlação genotípica positiva e significativa entre IGV e PGV ($r_G = 0,522$) adveio dos efeitos direto (0,453) e indiretos via CVV (0,006), NGVV (0,027) e PVV (0,045), que compensaram os efeitos indiretos negativos de baixa magnitude, por via o NDIF (-0,006) e P100GV (-0,003). Segundo Vencovsky; Barriga (1992), nesses casos, a correlação é determinada pelos efeitos indiretos, pois no processo de seleção os fatores causais indiretos devem ser considerados simultaneamente.

A análise de trilha envolvendo os caracteres culinários e nutricionais e a PGV é mostrada na Tabela 7. Verifica-se que PGV foi positivamente influenciada por TC, TPB e TZn e, negativamente, por TFe (Tabela 7). Contudo, TC (0,030) e TZn (0,130) apresentaram efeitos diretos de baixa magnitude sobre PGV, que associados aos efeitos indiretos por via dos demais caracteres, resultaram em estimativas dos coeficientes de correlação genotípica não significantes.

O TPB foi o caráter de maior efeito direto positivo sobre PGV (0,564), que associado ao efeito indireto, por via do TZn (0,058), compensou os efeitos indiretos negativos, por via do TC (-0,001) e TFe (-0,044), resultando em estimativa positiva e significativa do coeficiente de correlação genotípica ($r_G = 0,577$). Nesse caso, a seleção direta sobre TPB teria uma resposta correlacionada eficiente em PGV, devendo, portanto, ser considerado na seleção de parentais (Bezerra, 1997).

Tabela 7 Estimativas de efeitos diretos e indiretos das correlações genéticas das variáveis explicativas nutricionais e culinárias tempo de cocção (TC), teor de proteína bruta (TPB), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn), sobre variável básica produtividade de grãos verdes (PGV), obtidas a partir da avaliação de 24 genótipos de feijão-caupi. Teresina, PI, 2009.

Variáveis	Efeitos		Correlação
	Direto	Indireto	
TC vs PGV			
Efeito Direto	0,030		
Efeito Indireto TPB		0,010	
Efeito Indireto TFe		0,031	
Efeito Indireto TZn		-0,026	
Total			0,015 ^{ns}
TPB vs PGV			
Efeito Direto	0,564		
Efeito Indireto TC		-0,001	
Efeito Indireto TFe		-0,044	
Efeito Indireto TZn		0,058	
Total			0,577*
TFe vs PGV			
Efeito Direto	-0,398		
Efeito Indireto TC		0,002	
Efeito Indireto TPB		0,062	
Efeito Indireto TZn		0,046	
Total			-0,287 ^{ns}
TZn vs PGV			
Efeito Direto	0,130		
Efeito Indireto TC		0,006	
Efeito Indireto TPB		0,250	
Efeito Indireto TFe		-0,141	
Total			0,246 ^{ns}

^{ns}, * Não-significativo e significativo a 5% pelo teste t.

A correlação genotípica negativa entre TFe e PGV ($r_G = -0,287$) resultou do efeito direto negativo (-0,398), que não foi compensado pelos efeitos indiretos positivos, por via do TC (0,002), TPB (0,062) e TZn (0,046). Assim, a seleção visando o aumento da produtividade de grãos verdes dificilmente trará ganhos para o teor de ferro em feijão-verde.

CONCLUSÕES

1. Os caracteres facilidade de abertura de vagens verdes, facilidade de soltura dos grãos de vagens verdes, produtividade de vagens verdes, índice de grãos verdes, produtividade de grãos verdes, tempo de cocção e teor de zinco apresentaram maior variabilidade genética.
2. O número de dias para o início da floração, o comprimento de vagem verde, o número de grãos por vagem verde, o índice de grãos verdes, o tempo de cocção, teor de ferro e teor de zinco exibiram o mais alto componente genético na expressão do caráter.
3. Existe maior probabilidade de ganhos para a produtividade de grãos verdes por meio da seleção indireta dos caracteres PVV, IGV e TPB.
4. É possível a seleção simultânea para precocidade e produtividade de vagens e de grãos verdes.
5. A seleção simultânea para o peso de cem grãos verdes e o número de grãos por vagem verde não é recomendável.
6. Os caracteres PVV, IGV e TPB são os componentes agronômicos e nutricionais que mais influenciam diretamente a produtividade de grãos verdes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. N. ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R. Potencial genético de linhagens e cultivares de feijão-caupi para produção de feijão-verde. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FAPEPI, Teresina, 2005. **Anais**. Teresina: FAPEPI, 2005. 1 CD-ROM.

ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. 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.

AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.

BARROS, G. A. A. et al. Estimativas de parâmetros genéticos em progênies F7 de feijão-caupi avaliadas em diferentes densidades de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2006, Teresina. **Anais eletrônicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. Disponível em: <http://www.cpamn.embrapa.br/congressos/conac2006/>>. Acesso em: 15 abr. 2010.

BEZERRA, A. A. de C. et al. Inter-relação entre caracteres de feijão-caupi de porte ereto e crescimento determinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p. 137-142, 2001.

COIMBRA, J. L. M.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; OLIVEIRA, A. C. da.; CARVALHO, F. I. F.; GUIDOLIN, A.F.; SOARES, A.P. Conseqüências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p. 347 - 352, 2005.

COIMBRA, J. L. M. Estabilidade fenotípica em genótipos de canola no planalto catarinense. **Ciência Rural**, Bagé, v.4, n.2, p. 74-82, 1999.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 579p.

CRUZ, C. D. **Programa genes**: versão windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001, 648p.

CRUZ C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 309p.

DIAS, F. T. C. Utilização de técnicas multivariadas e moleculares na caracterização e seleção de genótipos de feijão-caupi de porte ereto e ciclo precoce. 2009, 99 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

FREIRE FILHO, F. R. Genética do caupi . In: ARAÚJO, J. P. P. de & WATT, E. E. (Org.) **O caupi no Brasil**. Brasília, ITA/EMBRAPA, 1988. p. 194-222.

HAMID, F.; SALEEM, M.; SHAN, K. B. A.; NAVEED, A.; IKRAM, M. Correlation and path analysis in cowpeas (*Vigna unguiculata*). **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 6, n. 3-4, p. 109-110, 1996.

KUMARI, R. U.; USHARANI, K. S.; SUGUNA, R.; ANANDAKUMAR, C. R. Relationship between the yield contributing characters in cowpea for grain purpose [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 1, n. 4, p. 882-884, 2010.

LAL, H.; RAI, M.; KARAN, S.; VERMA, A.; RAM, D. Multivariate hierarchical clustering of cowpea germplasm (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Acta Horticulture**, v. 752, p. 413-416, 2007.

LIMA, V. M. G. C.; SILVA, L. L.; SOUSA, A. B.; SANTOS, L. V. A.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; GOMES, R. L. F. Estimativas de parâmetros genéticos em acessos de feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio**: anais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 1004-1008. 1 CD-ROM.

LOPES, A. C. A.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, R. B. Q.; CAMPOS, F. L.; ROCHA, M. M. Variabilidade entre caracteres agronômicos em caupi (*Vigna*

unguiculata (L.) Walp.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 515-520, 2001.

MACHADO, C. F. et al. Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 01, p. 114-123, 2008.

MANO, A. R. O.; SILVA, F. P.; PINHO, J. L. N.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, M. M.; FREIRE FILHO, F. R. Variabilidade e correlações entre caracteres agronômicos em feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 896-900. 1 CD-ROM.

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

MORETTI, D.; GONÇALVES, P. de S.; GORGULHO, E. P.; MARTINS, AL.; BORTOLETO, N. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos esperados com seleção de caracteres juvenis de seringueiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 29, n. 7, p. 1099-1109, 1994.

OLIVEIRA, F. J. de. et al. Seleção de caracteres agronômicos do feijão-caupi usando coeficientes de caminhamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v 25, n 7, p 1055-1064, 1990.

OLIVEIRA, F. J. Análises uni e multivariada aplicadas em cultivares de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). 1996. 136 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife..

OMOIGUI, L. O. et al. Genetic variability and heritability studies of some reproductive traits in cowpea. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 03, p. 1191-1195, 2006.

OSANI, T.O. et al. Correlation and path-coefficient analysis of yield attributes in diverse lines of cowpea (*Vigna unguiculata*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 62, n.6, p. 365-368, 1992.

PAIVA, J.R. de. et al. Uso de coeficiente de caminhamento no melhoramento de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.3, p.433-440, 1982.

PAL, A. K.; SINGH, B.; MAURYA, A. N.; KUMAR, S. Correlations and path analysis in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **South Indian Horticulture**, v. 52, part 1/6, p. 82-88, 2004.

PEKSEN, A. **Fresh pod yield and some pod characteristics of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes from Turkey. *Asian Journal of Plant Science*, v. 3, n. 3, p. 269-293, 2004.**

ROCHA, M. M. *et al.* Correlações fenotípicas entre caracteres associados com a produção de feijão-verde em feijão-caupi. *In:SIMPOSIO DE RECURSOS GENETICOS PARA A AMERICA LATINA Y EL CARIBE*, 5., 2005, Montevideo, **Anais...**Montivideo: INIA: Facultad de Agronomia CIRG, 2005. p. 80.

ROCHA, M. M.; CAMPELO, J. E. G.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; LOPES, A. C. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi de tegumento branco. **Revista Científica Rural**, v. 8, n. 1, p. 135-141, 2003.

SANTOS, C. A. F.; SANTOS, G. M. Correlações fenotípicas em dois cruzamentos de feijão-caupi nas gerações F₁, F₂, F₃, F₄ e F₅. **Horticultura Brasileira**, v. 2, n. 2, Suplemento, 2004. 1 CD.

SARRUGE, J. R.; HAAGE, H. P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ. 1974. 56p.

SIDDIQUE, A. K. M. A. R.; GUPTA, S. N. Path co-efficient analysis of yield components in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Annals of Biology**, v. 8, n.1, p.70-80, 1992.

SINGH, B. B. Recent Progress in cowpea genetics and breeding. **Acta Horticulture**, v. 752, n. 13, p. 69-75, 2007.

SOUZA, C. L. C.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; SILVA, E. M.; FREIRE FILHO, F. R. Análise de trilha dos componentes de rendimento de grãos em populações de feijão-caupi. *In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI*,

1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. **Tecnologias para o agronegócio**: anais. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 121).

TEIXEIRA, N. J. P. *et al.* Produção, componentes de produção e suas inter-relações em genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) de porte ereto. **Revista Ceres**, v. 54, n. 314, p. 374-382, 2007.

TORRES, F. E. *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos em linhagens de porte prostrado avaliadas em Aquidauana, MS. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2006, Teresina. **Anais eletrônicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. Disponível em <http://www.cpamn.embrapa.br/congressos/conac2006/>. Acesso em: 15 fev. 2010.

UBI, B. E.; MIGNOUNA, H.; OBIGBESAN, G. Segregation for seed Wight, pod length and days to flowering following a cowpea cross. **African Crop Science Journal**, v. 9, n. 3, p. 463-470, 2007.

UDOM, G. N.; FAGAN, A. S.; BABATUNDE, F. E.; MAINA, I. M. Path coefficient analysis of the components of grain yield in intercropped cowpea, growth in Borno, Nigeria. **International Journal of Natural and Applied Sciences**, v. 2, n. 4, p. 310-316, 2006.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto:Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

VISHWA, N.; LAL, H.; RAI, N.; RAM, D. Hierarchical clustering and character association studies in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Indian Journal of Plant Genetics Resources**, v. 22, n. 1, p. 22-25, 2009.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v. 20, p. 557-585, 1921.

CONCLUSÕES GERAIS

1. Os caracteres facilidade de abertura de vagens verdes, facilidade de soltura dos grãos de vagens verdes, produtividade de vagens verdes, índice de grãos verdes, produtividade de grãos verdes, tempo de cocção e teor de zinco apresentaram maior variabilidade genética.
2. O número de dias para o início da floração, o comprimento de vagem verde, o número de grãos por vagem verde, o índice de grãos verdes, o tempo de cocção, teor de ferro e teor de zinco exibiram o mais alto componente genético na expressão do caráter.
3. Existe maior probabilidade de ganhos para a produtividade de grãos verdes por meio da seleção indireta dos caracteres PVV, IGV e TPB.
4. É possível a seleção simultânea para precocidade e produtividade de vagens e grãos verdes.
5. A seleção simultânea para o peso de cem grãos verdes e o número de grãos por vagem verde não é recomendável.
6. Os caracteres PVV, IGV e TPB são os componentes agronômicos e nutricionais que mais influenciam diretamente a produtividade de grãos verdes.
7. As linhagens MNC05-835B-15, MNC05-835B-16, MNC00-595F-2, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-126 e MNC00-595F-27 apresentaram comportamento semelhante às testemunhas BRS Paraguaçu e BRS Guariba quanto à produtividade de vagens e grãos verdes.
8. A linhagem MNC05-847B-126 apresentou comportamento semelhante à testemunha MNC99-541F-15 quanto ao índice de grãos verdes.
9. As linhagens MNC05-835B-16, MNC05-837B-24, MNC00-595F-2, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-160, MNC00-595F-27, MNC00-599F-11 apresentaram os melhores resultados em relação aos caracteres culinários e nutricionais.