

Universidade Federal do Piauí

Seleção de genótipos de feijão-caupi em condições de sequeiro e irrigado para o mercado de vagens e grãos verdes

Jaqueline Luz Moura Sousa

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

**Teresina
2013**

Jaqueline Luz Moura Sousa
Licenciada em Ciências Biológicas

Seleção de genótipos de feijão-caupi em condições de sequeiro e irrigado para o mercado de vagens e grãos verdes

Orientador:
Dr. MAURISRAEL DE MOURA ROCHA

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

Teresina
2013

Seleção de genótipos de feijão-caupi em condições de sequeiro e irrigado para o mercado de vagens e grãos verdes

Jaqueline Luz Moura Sousa
Licenciada em Ciências Biológicas

Aprovada em ____/____/____

Comissão julgadora:

Prof^a. Dra. Cândida Hermínia C. de M. Bertini – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Antonio Aécio Carvalho Bezerra – CCN/UFPI

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

A Deus

Com toda a minha gratidão.

Oferço

*Aos meus pais Dinora e Juscelino e aos meus familiares Joyce,
Jocelyra, Bruno e Antônio, por terem me ajudado nos momentos
mais difíceis, principalmente nos de incerteza, muito comum para quem
tenta buscar novos caminhos.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela presença constante e pela força nos momentos mais difíceis;

À Universidade Federal do Piauí pela oportunidade de realizar este curso de pós-graduação;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa REUNI durante um ano;

À Embrapa Meio-Norte pela infraestrutura disponibilizada para que os ensaios fossem realizados;

Ao pesquisador, orientador Dr. Maurisrael de Moura Rocha, pelos ensinamentos, flexibilidade, calma, atenção e compreensão nos momentos tumultuados dessa trajetória;

Ao pesquisador e amigo Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho, pelo ser humano “substantivo, raro e qualificante”;

À pesquisadora, Dra. Regina Lúcia Ferreira Gomes, pela oportunidade e informações concedidas;

Ao pesquisador Dr. Valdenir Queiroz Ribeiro e aos colegas Carlos Misael e Erina Rodrigues, pelo apoio nas análises estatísticas;

Aos professores, Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento, Dra. Ângela Celis de Almeida Lopes, Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra, Dr. Sérgio Emílio dos Santos Valente, Dr. Paulo Sarmanho da Costa Lima, Dra. Gleice Ribeiro, Dr. Fabio Barros Britto, Dr. Ana Paula Perón, Dr. José Ernandes, Dr. Giancarlo Oliveira (ESALQ), Dr. Natal Antônio Vello (ESALQ) pelos ensinamentos proporcionados durante o curso;

Ao colega Dr. Francisco de Alcântara Neto pelas palavras de encorajamento;

À Conceição de Maria Reis Sousa por ser uma pessoa “rara”, pelas inteligentes observações e tempo disponibilizado para conversas profundas.

Ao Edilson Moura pelos valiosos ensinamentos sobre disciplina e determinação desde a época do ensino médio.

Aos profissionais da UESPI, em especial a pesquisadora, Dr. Maria de Fátima Oliveira Pires por ter me ensinado a dar os primeiros passos na pesquisa científica durante a graduação e pelos valiosos ensinamentos; a Dr. Emanuel Sérvio, Dr. Márcia Percilia, Dr. Francisco Soares, Dr. Francisca Lúcia e Tânia Maria, Maria do Carmo, José Henrique Moitta pela amizade, conhecimento e incentivo;

Aos profissionais da UEMA, em especial à Dr^a Maria Claudene Barros pela disponibilidade em ajudar, incentivo e cobrança constante de aperfeiçoamento; e ao Dr. Elmary da Costa Fraga pela compreensão, empréstimo de livros e valiosas contribuições na busca deste objetivo;

A todos os pesquisadores da Embrapa Meio-Norte, em especial à Dra. Socorro Nogueira, Dr. Edson Bastos, Dr. Paulo Fernando pelo apoio, incentivo, ensinamentos, amizade e sugestões;

Aos funcionários da Embrapa Meio-Norte, em especial ao Manoel Gonçalves, Adão Cabral, ao amigo Clodeildes Nunes, Paulo Monteiro, Agripino Ferreira, Gregório Chaves, Antonio José, ao querido amigo França, Francisco Lima (“Mirim”), Patrícia, Jorimá, Duarte, Janssen, Seu Machado e as “mulheres do caupi” pela ajuda, recepção, carinho e atenção;

A todos os colegas da pós-graduação em Genética e Melhoramento da UFPI pelo companheirismo;

Ao meu amigo-irmão Raylson e toda a sua equipe por terem sido companheiros, amigos, e presentes em todos os momentos durante essa jornada;

Ao meu querido amigo João Sivoney Barros por ter contribuído de diversas maneiras para a minha formação profissional e pessoal, por estar sempre disponível para uma conversa e por ser uma das primeiras pessoas que lembro “ao abrir os olhos”.

À Maria Carlos pelo interesse em ajudar e pelos conselhos;

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

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Importância socioeconômica do feijão-caupi	15
2.2 Mercado do feijão-caupi para feijão-verde	16
2.3 Manejo do feijão-caupi para feijão-verde	18
2.4 Melhoramento genético do feijão-caupi.....	20
2.4.1 Grãos secos	20
2.4.2 Vagens e grãos verdes	21
2.5 Estimativas de parâmetros genéticos em feijão-verde	24
2.5.1 Coeficiente de variação genético	24
2.5.2 Coeficiente de determinação genotípico/herdabilidade	24
2.5.3 Correlação entre caracteres	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Material genético	27
3.2 Caracterização das áreas experimentais	28
3.3 Delineamento experimental	29
3.4 Manejo dos experimentos	29
3.5 Caracteres avaliados	30
3.6 Análises estatísticas	32
3.6.1 Análises de variância	32
3.6.2 Estimativas de parâmetros genéticos	33
3.6.2.1 Coeficiente de variação genético.....	33
3.6.2.2 Coeficiente de determinação genotípico	33
3.6.2.3 Coeficiente de correlação	34
3.6.3 Análise de comparação de médias	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1 Avaliação em condições de sequeiro	36
4.2 Avaliação em condições de irrigação.....	41
4.3 Análises de variância conjunta.....	47
5 CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS.....	57
ANEXOS.....	64

RESUMO

SOUSA, J. L. M. **Seleção de genótipos de feijão-caupi em condições de sequeiro e irrigado para o mercado de vagens e grãos verdes.** 2013. 63f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, 2013.

Os objetivos deste trabalho foram: avaliar e selecionar genótipos de feijão-caupi com potencial para o mercado de vagens e grãos verdes e estimar parâmetros genéticos em caracteres associados com a produção de vagens e grãos verdes em condições de sequeiro e irrigação. Foram avaliados 16 genótipos de feijão-caupi em dois experimentos, sendo um em condições de sequeiro e outro em condições de irrigação, no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, no ano de 2012. Em ambos os ensaios, adotou-se o delineamento de blocos completos casualizados com quatro repetições. Foram avaliados os seguintes caracteres: números de dias para o início da floração (NDIF), porte da planta (PP), reação a doenças (RD), acamamento (ACAM), valor de cultivo (VC), frequência de colheita de vagens verdes (FCVV), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV), comprimento de vagem verde (COMPVV), 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). Foram realizadas análises de variância e estimados os coeficientes de variação genético, determinação genotípica e correlações. Existe variabilidade genética entre genótipos para a maioria dos caracteres, em ambas as condições de cultivo, sendo maior em condições irrigadas. As linhagens apresentaram comportamentos similares às testemunhas quanto à PVV e PGV, em ambas as condições de cultivo. As estimativas de parâmetros genéticos foram muito afetadas pelas condições de cultivo. O PP, o P100GV, a PVV e a PGV apresentaram maior variabilidade genética em ambas as condições de cultivo. O NDIF, o PP e o IGV apresentaram maior confiabilidade do fenótipo na expressão do componente genético em condições de sequeiro, enquanto o P100GV, em condições irrigadas. É difícil a seleção para o PP mais ereto e maior NGV e mais fácil obter ganhos simultâneos para o aumento do COMPVV e P100GV, em ambos os sistemas de cultivo. A seleção para o aumento do COMPVV e da PVV deve levar em consideração o tipo de cultivo, sendo mais vantajoso em condições de sequeiro.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, feijão-verde, variabilidade, seleção, comércio.

ABSTRACT

SOUSA, J. L. M., **Selection of cowpea genotypes under rainfed and irrigation conditions with potential for fresh pod and seed market.** 2013. 63f. Dissertation (Master science in Genetics and Breeding) – Universidade Federal do Piauí, 2013.

The aim of this study was to evaluate and select cowpea genotypes under rainfed and irrigation conditions with potential for fresh pod and seed market of Teresina-PI, Brazil, and to estimate genetic parameters for traits associated with fresh seed and pod under rainfed and irrigation conditions. One group of 16 cowpea genotypes was evaluated in two trials, one on drought and another under irrigation conditions at experimental field of Embrapa Mid-North in Teresina, PI, in the year 2012. In both trials, a randomized block design with four replications was adopted. The following traits were evaluated: number of days to flowering (NDIF), plant type (TP), disease reaction (RD), lodging (ACAM), crop value (VC), frequency of harvest of fresh pods (FCVV), facility of opening of fresh pods (FAVV), fresh pod length (COMPVV), number of seed per fresh pod (NGVV), weight of 100 fresh seed (P100GV), fresh pod yield (PVV), fresh seed yield (PGV), and fresh seed index (IGV). Analysis of variance was performed and genetic variation, genotypic determination and correlations coefficients were estimated. There is genetic variability among genotypes for most of the traits, in both cultivation conditions (drought and irrigation), being higher on irrigated conditions. Lines presented behavior similar to controls in relations to PVV and PGV, in both cultivation conditions. Estimates of genetic parameters were greatly affected by the cultivation conditions. PP, P100GV, PVV, and PGV showed greater genetic variability in both culture conditions. NDIF, PP, and IGV showed more reliability of the phenotype on expression of the genetic component in rainfed conditions, while the P100GV, on irrigation conditions. It's hard to selection more erect and NGVV largest and easiest to gain simultaneous increase COMPVV, P100GV, PVV, PGV and IGV. Selection for increase of the COMPVV and PVV must take into consideration the type of cultivation, being more advantageous on rainfed conditions.

Key words: *Vigna unguiculata*, fresh bean, variability, selection, market.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ensaio de avaliação de genótipos para feijão-verde em condições de sequeiro no campo experimental da Embrapa Meio-Norte. Teresina, PI, 2012...	28
Figura 2. Ensaio de avaliação de genótipos para feijão-verde em condições de irrigação no campo experimental da Embrapa Meio-Norte. Teresina, PI, 2012...	28
Figura 3. a: genótipo de vagem verde – o círculo em vermelho representa o ponto de colheita; b: genótipo de vagem roxa – o círculo em vermelho representa o ponto de colheita. Teresina, PI, 2012.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão-verde com suas respectivas genealogias e subclasses comerciais. Teresina, PI, 2012.	27
Tabela 2 - Resumo da análise de variância para os caracteres número de dias para o início da floração (NDIF), porte da planta (PP), acamamento (ACAM), valor de cultivo (VC), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV), comprimento de vagem verde (COMPVV), 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), obtido a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi, sob condições de sequeiro. Teresina, PI, 2012.....	37
Tabela 3 - Estimativas de médias dos caracteres número de dias para início da floração (NDIF), porte da planta (PP), acamamento (ACAM), valor de cultivo (VC), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV), comprimento de vagem verde (COMPVV), 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), obtidas a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi em condições de sequeiro. Teresina, PI, 2012.....	39
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para os caracteres número de dias para o início da floração (NDIF), reação à doenças (RD), porte da planta (PP), frequência de colheita das vagens verdes (FCVV), acamamento (ACAM), comprimento de vagem verde (COMPVV), 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), obtido a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi, sob condições irrigadas. Teresina, PI, 2012.....	43
Tabela 5 - Estimativas de médias para os caracteres número de dias para início da floração (NDIF), reação a doenças (RD), porte da planta (PP), acamamento (ACAM), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV) e produtividade de grãos verdes (PGV), obtidas a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi, sob	

condições irrigadas. Teresina, PI, 2012.....	45
Tabela 6 - Resumo da análise de variância conjunta para os caracteres número de dias para o início da floração (NDIF), porte da planta (PP), acamamento (ACAM), comprimento de vagem verde (COMPVV), 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), obtido a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi, sob condições de sequeiro e irrigação. Teresina, PI, 2012.....	48
Tabela 7 - Estimativas de médias da análise conjunta para os caracteres número de dias para início da floração (NDIF), porte da planta (PP), acamamento (ACAM), comprimento de vagem verde (COMPVV), 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), obtido a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi, sob condições de sequeiro e irrigação. Teresina, PI, 2012.....	50
Tabela 8 - Estimativas do coeficiente de variação genético (CV_g), coeficiente de determinação genotípico (h^2) e a razão entre CV_g/CV_e , relativos aos caracteres número de dias para início da floração (NDIF), porte da planta (PP), acamamento (ACAM), comprimento de vagem verde (COMPVV), 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), obtidas a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi em condições de sequeiro e irrigação. Teresina, PI, 2012.....	52
Tabela 9 - Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e ambiental (r_A), entre os caracteres número de dias para o início da floração (NDIF), porte da planta (PP), comprimento de vagem verde (COMPVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de 100 grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV) e índice de grãos verdes (IGV), obtidas a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi, sob condições de sequeiro (diagonal superior) e irrigação (diagonal inferior). Teresina, PI, 2012.....	54

1 INTRODUÇÃO

O Feijão-caupi, feijão-de-macassar ou feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa comestível, dotada de alto conteúdo proteico, boa capacidade de fixar nitrogênio, sendo, ainda, pouco exigente em fertilidade de solo. Trata-se de um alimento básico para a população de vários países das regiões tropicais e subtropicais, sendo uma espécie amplamente distribuída no mundo (ARAÚJO, 1988).

O grão de feijão-caupi possui, em média, 24% de proteínas, e contém todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais, além de grande quantidade de fibras dietéticas e baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média). Apresenta ciclo curto, baixa exigência hídrica e rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade e, por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* têm a habilidade para fixar nitrogênio do ar (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002).

Para o feijão-caupi, podem se identificar já bem estabelecidos no Brasil, três segmentos de mercado: grãos secos, feijão verde (vagem verde ou grão verde debulhado) e sementes, o primeiro predominante e os dois últimos crescentes. O mercado de feijão processado industrialmente está em fase inicial, ainda pequeno, porém tem excelente perspectiva (FREIRE FILHO et al., 2011).

Geralmente, as leguminosas são colhidas secas, entretanto a colheita pode ser realizada após os grãos terem atingido o teor de sólidos para o qual estão geneticamente programados, no início da maturidade fisiológica. Dessa forma, obtêm-se grãos de coloração verde de apreciável aceitabilidade, devido ao sabor suave e à textura macia (VIEIRA, 1992).

A produção, comercialização e consumo de feijão-verde é uma tradição no Nordeste do Brasil, tratando-se de um componente essencial de vários pratos típicos, tais como ensopados, farofas e no característico baião de dois, prato 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 renda na zona rural e no entorno das cidades. 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).

Estudos têm sido conduzidos com o objetivo de avaliar genótipos de feijão-caupi para o mercado de feijão-verde, principalmente para caracteres associados com a produção e seus componentes (SERPA; LEAL,1999; MIRANDA; ANUNCIAÇÃO FILHO, 2001; OLIVEIRA et al., 2003; PEKSEN, 2004; ANDRADE et al., 2005; ALVES et al., 2009; CARDOSO et al., 2009; ANDRADE, 2010; SILVA et al., 2013), no entanto, não há variedades melhoradas para esse mercado e a produtividade e qualidade das atualmente cultivadas pelos agricultores não atendem às demandas do mercado e do consumidor. Neste sentido, pesquisas que visem à seleção de cultivares mais adequadas a esse mercado tornam-se necessárias e urgentes.

Os objetivos do presente trabalho foram: 1) avaliar e selecionar genótipos de feijão-caupi em condições de sequeiro e irrigação com potencial para o mercado de vagens e grãos verdes de Teresina-PI; e 2) estimar parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi sob condições de sequeiro e irrigação para caracteres associados ao mercado de vagens e grãos verdes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância sócioeconômica do feijão-caupi

O feijão-caupi é considerado uma importante fonte alimentar e componente essencial dos sistemas de produção nas regiões secas dos trópicos, que cobrem parte da Ásia, Estados Unidos, Europa, Oriente Médio e Américas Central e do Sul (SINGH et al., 2002).

A Nigéria, Níger e o Brasil são os países que possuem a maior área cultivada e maiores produções de feijão-caupi do mundo, entretanto, a Croácia, República de Macedônia, Trinidad e Tobago, Bósnia Herzegovina, Egito e Filipinas detêm as maiores produtividades, acima de 2.500 kg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2011).

A produção média anual de feijão-caupi no Brasil, no período de 2005 a 2009, foi de 513.619 toneladas (t). Neste mesmo período, a região Nordeste teve uma produção média anual de 426.367 t, confirmando sua superioridade em relação a outras regiões produtoras. Entretanto, apresentou a menor média de produtividade (330 kg ha⁻¹), em relação às demais regiões. Nessa região, as condições de cultivo não são satisfatórias, contudo, constitui-se uma situação de oportunidade, necessitando apenas de investimento em tecnologia de produção. Na região Centro-Oeste, pode-se destacar o salto de produção que foi de 3.759 t, em 2006, para 104.349 t, em 2009, com uma produtividade média anual, no período de 2006 a 2009, de 960, kg ha⁻¹, valor bem superior ao da média nacional, que foi de 369 kg ha⁻¹, evidenciando como uma importante alternativa para os arranjos produtivos desta região, especialmente no cultivo de safrinha (FREIRE FILHO et al., 2011).

O desenvolvimento e o lançamento de variedades melhoradas de ciclo curto de maturação (60-70 dias) com altas produtividades fizeram com que a produção do feijão-caupi, no mundo, aumentasse cerca de seis vezes nas últimas décadas. Uma revolução silenciosa, mas em maior magnitude em comparação com a de cereais e de todas as demais leguminosas (SINGH, 2010).

De acordo com Freire Filho et al. (2011), o feijão-caupi vem passando por grandes transformações, tanto no setor produtivo, quanto na expansão do cultivo para outras regiões e também no setor comercial, com uma melhor padronização do produto, com o início do processamento industrial e com a entrada do produto em novos mercados do país e do exterior.

No agreste e no sertão nordestino, o feijão-caupi se destaca entre as leguminosas tradicionalmente mais consumidas, na forma madura ou seca (quiescente) e verde (imatura), constituindo-se, em termos quantitativos, numa fonte de proteína para a dieta (SALGADO et al., 2008).

2.2 Mercado do feijão-caupi para feijão-verde

Atualmente vem aumentando o interesse dos produtores e consumidores, respectivamente, 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. Na fase de colheita, os grãos apresentam em torno de 60 a 70% de umidade (ROCHA, 2009), 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).

Quando se fala em feijão-verde, o termo verde refere-se mais ao estágio em que a vagem é colhida do que propriamente à cor dos grãos. É um produto que tem um grande potencial para a expansão do consumo, como também para processamento industrial do feijão-caupi (OLIVEIRA et al., 2001). No sudoeste dos estados Unidos, principalmente nos estados de Arkansas, Louisiana e Oklahoma, o feijão verde é conhecido como “Southern Pea” (BUTCHER; MORELOCK, 2006).

Os agricultores familiares são os principais produtores de feijão-caupi na forma de feijão-verde, representando para eles uma fonte alternativa de renda, no entanto, 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 (FREIRE FILHO et al., 2011). 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 (LIMA, 2009).

O mercado do feijão-verde é um segmento muito importante, de grande volume, sobre o qual há poucas informações. Tanto a produção quanto a

comercialização ocorrem em torno dos centros urbanos. Em virtude do seu sistema de produção exigir muito trabalho manual, principalmente na colheita e na debulha, é um mercado que predomina a agricultura familiar (FREIRE FILHO et al., 2011).

O cultivo do feijão-caupi par ao mercado de feijão-verde envolve atualmente tanto agricultores familiares quanto empresariais. A agricultura familiar utiliza baixo nível de tecnologia no cultivo, geralmente é praticada em condições de sequeiro, a colheita e pós-colheita são realizadas de forma totalmente manual e o comércio gira em torno de feiras, quitandas e pequenos mercados na forma de vagens verdes e grãos debulhados. A agricultura empresarial utiliza média tecnologia no cultivo; geralmente é praticada tanto em condições de sequeiro, quanto em condições irrigada; a colheita e pós-colheita é realizada de forma semi-mecanizada e o comércio envolve feiras, quitandas e supermercados na forma de vagens verdes, grãos debulhados e grãos ensacados.

A cadeia produtiva do feijão-verde apresenta uma série de aspectos que necessitam ser resolvidos. Todo o comércio é realizado na forma de vagem ou de grãos debulhados, sem nenhum processamento. 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 (FREIRE FILHO et al., 2007; LIMA, 2009).

O feijão-verde apesar de ter um elevado consumo, este é desordenado devido ao seu curto período de safra, que depende das variações pluviométricas. Para se incentivar a produção ordenada, em sistemas de irrigação, é necessário que se encontrem formas de conservação desse feijão para que a produção tenha mercado garantido. A conservação de feijão-caupi verde é, também, uma forma de agregar valor, garantir seu consumo em qualquer época do ano, principalmente na entressafra, e difundir o seu consumo em outras regiões (BRITO, 2008).

Nos tabuleiros litorâneas de Parnaíba, Estado do Piauí, já há agricultores empresariais cultivando o feijão-caupi verde sob condições irrigadas, em sistema de escalonamento. Nesse sistema, opta-se por cultivares mais precoces, de maturação uniforme, portes eretos a semieretos, com maior produtividade por hectare. Os plantios ocorrem semanalmente, de forma a garantir regularidades de produção e

mercado. A cultivar BRS Guariba tem sido utilizada em substituição a cultivares locais, por apresentar precocidade, alta uniformidade de maturação e produtividade por área, baixa perecibilidade pós-colheita, além de maior tolerância a pragas e doenças.

O mercado de feijão-verde de Teresina-PI movimenta boa parte dos negócios da Central de Abastecimento do Piauí (CEAPI). Nos últimos 15 meses foram comercializadas na CEAPI 1.849 toneladas de feijão-verde, com uma média de 123 toneladas/mês (CEAPI, 2013)¹. Essa produção vem predominantemente de municípios piauienses (Água Branca, Altos, Amarante, Cabeceiras, José de Freitas, Nazária, Olho D'água, São Pedro, Teresina e União), mas também de municípios do Estado do Ceará (Tiangú e São Benedito), Maranhão (São Domingos e Timon) e Pernambuco (Petrolina), evidenciando que o feijão-verde faz parte de uma fatia de mercado importante dentro do agronegócio do feijão-caupi e uma oportunidade para produtores e comerciantes. O preço médio do quilograma de feijão-verde comercializado na CEAPI atinge valores mais baixos entre os meses de abril e julho (R\$ 1,70 o kg) e mais alto entre agosto e março (R\$ 2,50). No entanto, o preço no comércio (feiras e supermercados) do grão debulhado atualmente (2012 e 2013) é R\$ 2,00 a latinha de 300 gramas e R\$ 5,00 o pacote de 500 gramas.

2.3 Manejo do feijão-caupi para feijão-verde

O melhoramento ambiental, ao lado do genético, é de suma importância para incrementos na produção do feijão-verde. Neste sentido, alguns trabalhos na área de manejo para esse sistema de cultivo têm sido conduzidos.

Oliveira et al. (2001), estudando a resposta à adubação orgânica e mineral do feijão-caupi para produção de feijão-verde, obtiveram que o rendimento máximo estimado de vagens (9,64 t/ha) foi obtido com 25 t/ha de esterco bovino na presença do adubo mineral, enquanto que na ausência de adubo mineral o rendimento de vagens aumentou com a elevação das doses de esterco bovino, na ordem de 49,3 kg/ha para cada tonelada de esterco bovino adicionado ao solo. O rendimento de grãos verdes na presença de adubo mineral atingiu valor máximo estimado (6,8 t/ha)

¹ Dados fornecidos pela Central de Abastecimento do Piauí, Teresina, PI, à Bióloga Jaqueline Luz Moura Sousa, em 16-05-2013.

na dose ótima estimada de 17 t/ha de esterco bovino. Na ausência de adubo mineral, o rendimento de grãos verdes, aumentou com a elevação das doses de esterco bovino, na ordem de 47,9 kg/ha para cada tonelada de esterco bovino adicionado ao solo.

Nascimento et al. (2004) avaliaram o efeito do déficit hídrico sob a produção de feijão-verde na cultivar de feijão-caupi IPA-206 e constatou que o déficit hídrico reduziu em 23% e 30% a produção de vagens verdes por planta, respectivamente para os níveis de 60% e 40% de água disponível no solo.

Um grupo de 14 genótipos de feijão-caupi foi avaliado para feijão-verde em condições de sequeiro e irrigação em Teresina, PI, por Rocha et al. (2006). Os resultados mostraram que a média dos genótipos sob condição irrigada foi maior que sob condição de sequeiro e que os genótipos responderam diferencialmente ao manejo, sendo o melhor em condições de sequeiro, diferente do melhor sob condições irrigadas.

Ramos et al. (2012), avaliando características produtivas e fisiológicas de cultivares de feijão-caupi na fase imatura em condições irrigadas e a eficiência custo/benefício, encontrou que a máxima eficiência de uso da água é atingida com a aplicação da lâmina de irrigação 275 mm e 231 mm para as cultivares BRS Paraguaçu e BRS Guariba, respectivamente, e que a produtividade de grãos verdes é influenciada negativamente com a redução das lâminas de irrigação. Os autores concluíram que a cultivar BRS Guariba mostrou melhor desempenho no que concerne às receitas líquidas e produtividades de grãos verdes quando comparada com a cultivar BRS Paraguaçu.

Um estudo sobre feijão-verde consorciado com milho-verde foi conduzido por Blanco et al. (2012) para verificar a resposta do feijão-caupi a lâminas de água e doses de fósforo. Os autores concluíram que não houve efeito de doses de fósforo e a maior produtividade do feijão-verde (3.400 kg ha^{-1}) foi com a lâmina d' água de 644 mm.

2.4 Melhoramento genético do feijão-caupi

2.4.1 Grãos secos

O melhoramento de feijão-caupi para grãos secos teve sua primeira fase entre os anos de 1925 e 1963, com as primeiras introduções, mas sem recomendação de cultivares. Na segunda fase, entre 1963 a 1973, ocorreram as primeiras coletas no Brasil e introduções de outros países, sendo liberadas as primeiras cultivares melhoradas. Entre 1973 e 1991, ocorreu a estruturação do melhoramento genético do feijão-caupi nacionalmente pela Embrapa, com a consolidação de uma rede de pesquisa e a realização dos primeiros cruzamentos, com testes mais concentrados na região Meio-Norte do Brasil. Entre 1991 até o presente momento, houve a reorganização do programa de melhoramento da Embrapa, ampliação de parcerias e da rede testes, compreendendo as regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Entre 1903 e 2010 foram lançadas e recomendadas para essas regiões 71 cultivares melhoradas (FREIRE FILHO et al., 2011).

Uma publicação recente sobre as cultivares lançadas pelos programas de melhoramento genético vegetal da Embrapa, menciona que o feijão-caupi aparece em terceiro lugar em número de cultivares geradas e lançadas, atrás apenas dos programas de melhoramento de soja e feijão comum (LOPES et al., 2012).

Segundo Freire Filho et al. (2011), a ampliação das áreas de produção, com a incorporação de produtores com um novo perfil, e do mercado consumidor tem feito surgir novas demandas e, com isso, têm-se ampliado os objetivos do melhoramento genético da cultura. Os objetivos a curto prazo são: desenvolver cultivares de porte semiprostrado, com arquitetura moderna, adequadas à agricultura familiar; desenvolver cultivares de portes ereto e semiereto com arquitetura moderna, adequadas ao cultivo totalmente mecanizado, para a agricultura empresarial; aumentar a adaptabilidade e a estabilidade da produção; aumentar a resistência a altas temperaturas e estresses hídricos; aumentar os teores de proteína, ferro, zinco e fibra alimentar digestível dos grãos; melhorar a qualidade visual e culinária dos grãos; desenvolver cultivares adaptadas a todas as regiões do País.

2.4.2 Vagens e grãos verdes

Embora estudos tenham identificado cultivares altamente produtivas (OLIVEIRA et al., 2002, 2003; NASCIMENTO et al., 2004), o feijão verde ainda não é comprado pela cultivar e nem pelos seus atributos de qualidade, o que determina a escolha do consumidor é o preço (OLIVEIRA et al., 2001). Isso denota que a qualidade do feijão-verde deixa a desejar e o melhoramento pode contribuir em muito para agregação de valor e conquista de novos mercados.

Existem quatro programas de melhoramento para feijão-verde no sudeste dos Estados Unidos: USDA-Carolina do Sul, Louisiana, Texas e Arkansas, sendo este último o maior programa. Linhagens selecionadas nesses programas são testadas nos Ensaio Cooperativos de feijão-verde, utilizando padrões da indústria como testemunhas. Os ensaios de produtividade são conduzidos em Alabama, Arkansas, Louisiana, Oklahoma, Carolina do Sul e Texas. Dados de produtividade são coletados em cada local e na Universidade de Arkansas, em Fayetteville, amostras são testadas para conserva no Departamento de Ciência dos Alimentos. Isso permite que os melhoristas vejam como suas linhagens se comportam também como um produto em conserva (WILLIAMS et al., 2005). O foco do melhoramento para feijão-verde nos Estados Unidos tem sido a produtividade de vagens e grãos verdes, a vida de prateleira pós-colheita (BUTCHER et al., 2005; BUTCHER; MORELOCK, 2006) e a adequabilidade para conserva (WILLIAMS et al., 2005).

Outras características que são igualmente importantes no melhoramento para feijão-verde são as relacionadas com a qualidade física do grão, tais como a cor, o brilho e a textura do grão, pois estas estão intimamente ligadas à preferência e ao hábito alimentar do consumidor (BUTCHER et al., 2005). Segundo Ehlers et al. (2003), o desenvolvimento de cultivares de feijão-caupi com grãos de tegumento verde e com persistência dessa cor, representa uma boa alternativa para o mercado de feijão imaturo, pois tais cultivares podem ser colhidas próximo ao estágio de maturidade do grão seco sem perder ou perder muito pouco de sua cor verde.

O melhoramento de feijão-caupi para o mercado de feijão-verde no Brasil encontra-se no início. Alguns trabalhos preliminares têm sido realizados no sentido de avaliar e selecionar genótipos com características mais adequadas a esse mercado (OLIVEIRA et al., 2002; ANDRADE et al., 2005; ROCHA et al., 2006;

ANDRADE, 2010; ROCHA et al., 2012). Os estudos têm sido conduzidos tanto em condições de sequeiro (ROCHA et al., 2006 e 2007; ROCHA et al., 2012), quanto em condições de irrigação (SILVA et al., 2012; ROCHA et al., 2011, 2012).

Alguns cruzamentos foram realizados entre genótipos de feijão-caupi com o objetivo de reunir características mais adequadas ao mercado de feijão-verde. Souza (2005) avaliou 62 populações F_3 e F_4 oriundas do cruzamento entre os parentais Capela e Costelão, que apresentavam boas características de vagens e grãos para o mercado de feijão-verde. A autora concluiu que as populações descendentes desse cruzamento mostraram ampla variabilidade genética e algumas progênies destacaram-se pelo seu rendimento elevado de grãos, cor de vagem roxa e grão branco, constituindo-se em potenciais linhagens a serem recomendadas como cultivares para produção de grãos verdes.

Os objetivos do melhoramento têm sido aumentar a produtividade de grãos e vagens verdes, a qualidade do grão (cor e tamanho), a relação grão/vagem, a resistência a pragas e doenças, a adaptabilidade e estabilidade da produção, a facilidade de debulha, a qualidade nutricional e a adequabilidade à conserva. A curto prazo, essas avaliações preliminares poderão resultar em recomendações de novas cultivares e/ou a seleção de parentais para cruzamentos focados em caracteres associados à produção, mercado e consumo do feijão-caupi como feijão-verde.

A adaptabilidade e a estabilidade da produtividade de vagens e grãos verdes têm sido também caracteres avaliados no melhoramento para feijão-verde. Alleyne et al. (1998) utilizou o método AMMI para avaliar a interação genótipos x ambientes da produção de grãos verdes em genótipos de feijão-caupi no Sudoeste do Estados Unidos. Rocha et al. (2012) e Peksen; Peksen (2012), utilizaram, respectivamente, as metodologias de Eberhart; Russel (1966) e Lin; Bins (1988). Nesses estudos foram identificados genótipos com alta adaptabilidade e estabilidade da produtividade de vagens e grãos verdes.

O tipo de material genético a ser explorado no melhoramento do feijão-caupi para o mercado de feijão-verde depende do sistema de cultivo que irá ser adotado. Para a agricultura familiar, as cultivares devem apresentar preferencialmente crescimento indeterminado, porte semiprostrado, amplo ciclo produtivo, vagens grandes e atrativas, uniformes, bem granadas e de fácil debulha. Para a agricultura empresarial, as cultivares devem possuir preferencialmente crescimento

determinado, porte ereto a semiereto, precoces, maturação uniforme, vagens de tamanho médio-grande, atrativas, uniformes, bem granadas, de fácil debulha e com longo período de preservação pós-colheita.

Alguns estudos têm avaliado o índice de grãos verdes ou a relação peso grão verde/peso vagem verde. As estimativas têm variado de 46% a 59% (ROCHA et al., 2006); de 50,10% a 75% (ROCHA et al., 2007); de 51% a 62% (RODRIGUES et al., 2009); de 49% a 65 % (ANDRADE, 2010); 52% a 63% (ROCHA et al., 2011); 48,92% a 69,46% (SILVA et al., 2012); e 46,98% a 58,84% (ROCHA et al., 2012). O melhoramento tem buscado selecionar genótipos com relação grão/vagem acima de 50%.

Em um estudo conduzido por Oliveira et al. (2006), avaliando genótipos de feijão-caupi para feijão verde sob condições de irrigação, mostrou que a média da produtividade de vagens verdes variou entre 1.667 (kg ha⁻¹) a 4.366 (Kg ha⁻¹); a produtividade de grãos verdes teve sua média variando entre 896 (kg ha⁻¹) a 2.775 (Kg ha⁻¹); e o índice de grãos verdes apresentou variação de 52% a 62%.

Rocha et al. (2007), avaliando genótipos para feijão-verde em condições de sequeiro, verificaram que o PVV variou 256,13 (kg ha⁻¹) a 1.514,53 (kg ha⁻¹), O PGV de 360,40 (kg ha⁻¹) a 1.040,26 (kg ha⁻¹) e o IGV de 50,10% a 75,93%.

Em um estudo conduzido por SILVA et al. (2013), um grupo de genótipos de feijão-caupi foi avaliado para vários caracteres associados com a produção de feijão-verde. Os autores encontraram que as cultivares BRS Potengi, BRS Tucumaque, BRS Guariba, BRS Itaim, BRS Caumé e Paulistinha apresentam potencial para a produção de grãos verdes na região de Serra Talhada-PE, sob regime irrigado.

No mercado brasileiro de feijão-verde, ainda não há cultivares melhoradas e lançadas comercialmente para essa finalidade. Cultivares locais ou cultivares melhoradas para produção de grãos secos têm sido utilizadas para a produção e comercialização de vagens e grãos verdes, é o caso da cultivares locais Vagem Roxa-THE, Azulão-MT, Sempre Verde-CE e da cultivar melhorada BRS Guariba. Segundo Rocha (2009), a falta de cultivares adequadas a esse mercado representa perdas para o produtor, visto que muitas não apresentam características apropriadas para esse mercado.

2.5 Estimativas de parâmetros genéticos em feijão-verde

2.5.1 Coeficiente de variação genético (CVg)

O CVg expressa a magnitude da variação genética em relação a média do caráter. Estudos sobre estimativas desse parâmetro em feijão-caupi para o mercado de grãos secos são comuns na literatura (BARROS et al., 2006; LOPES et al., 2001; MACHADO et al., 2008; MATOS FILHO et al., 2009; OMOIGUI et al., 2006; ROCHA et al., 2003; SANTOS; SANTOS, 2004; 2007). Estimativas de CVg para caracteres associados com a produção de vagens e grãos verdes têm sido desenvolvidos, mas em menor escala (ROCHA et al., 2005; RODRIGUES et al., 2009; ANDRADE et al., 2010; ANDRADE, 2010; SILVA et al., 2012).

Um estudo sobre estimativas de parâmetros genéticos em feijão-verde desenvolvido por Andrade et al. (2010) mostrou que o coeficiente de variação genético variou de 6,58% (índice de grãos verdes) a 31,62% (produtividade de grãos verdes), com destaque também para a produtividade de vagens e grãos verdes (30,16%). Em outro estudo com feijão-verde, Andrade (2010) obteve estimativas mais altas do CVg para o tempo de cozimento de grãos verdes, facilidade de soltura dos grãos de vagens verdes e produtividade de grãos verdes.

2.5.2 Coeficiente de determinação genotípico

A herdabilidade pode ser conceituada como a proporção da variância genética presente na variância fenotípica total. Portanto, ela estima a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo (RAMALHO et al., 2012). Quando as estimativas se referem a genótipos de efeito aleatório adota-se o termo herdabilidade, já quando o efeito de genótipos é fixo, utiliza-se o termo coeficiente de determinação genotípico. Neste caso, os resultados se restringem àquele grupo de genótipos avaliados.

Estudos sobre estimativas de herdabilidade em caracteres de produção para feijão-verde são escassos, sendo encontrados alguns trabalhos estimando o coeficiente de determinação genotípico. Andrade et al. (2010), em um estudo sobre estimativas de parâmetros genéticos em feijão-verde, mostrou que o coeficiente de determinação genotípico foi alto para todos os caracteres avaliados, notadamente

para o peso de 100 grãos verdes (94,80%), número de dias para a colheita de vagens verdes (95,61%), número de grãos por vagem verde (96,98%) e comprimento de vagem verde (98,72%).

Em outro estudo com genótipos de tegumento e cotilédone verdes, Andrade (2010) encontrou que o comprimento de vagem verde, o índice de grãos verdes e o teor de zinco no grão verde apresentaram os coeficientes de determinação genotípicos mais altos, com estimativas acima de 83%.

2.5.3 Correlação entre caracteres

A correlação é um parâmetro estatístico que mede o grau de associação entre duas variáveis. Diz-se que duas variáveis estão correlacionadas quando a variação em uma delas é acompanhada por variação simultânea na outra. A correlação genética procura explicar, por meio de mecanismos genéticos, a variação conjunta de duas variáveis. Nesse contexto, a ligação e a pleiotropia são os fenômenos genéticos que explicam a ocorrência de correlações (RAMALHO et al., 2000).

Correlações positivas e altas foram encontradas por Peksen (2004) e Souza (2005), respectivamente, entre os caracteres produtividade de vagens verdes e comprimento de vagem verde e entre produtividade de vagens verdes e produtividade de grãos verdes. O número de vagens por planta também foi muito associado com a produtividade de vagens verdes em ambos os estudos.

Um estudo conduzido por Okiror et al. (2008) no Estado de Arkansas, Estados Unidos, com quatro cultivares de feijão-caupi utilizadas para feijão-verde evidenciou a existência de correlação alta e positiva entre a produtividade de vagens verdes e produtividade de grãos verdes (0,90) e correlação negativa, porém baixa e não significativa entre dias para floração e a produtividade de grãos verdes.

Andrade et al. (2010), avaliando genótipos para caracteres associados ao mercado de grão frescos (verdes) verificaram, que em geral as correlações genotípicas apresentam valores superiores às suas correspondentes correlações fenotípicas e ambientais. Os autores obtiveram correlação alta e significativa entre o valor de cultivo e a produtividade de vagens verdes (1,00). Também concluíram que no melhoramento para feijão-verde a seleção de genótipos de feijão-caupi de alta

produtividade e precoces é mais fácil do que a seleção de genótipos de alta produtividade e tardios.

Em outro estudo com um grupo de linhagens de tegumento e cotilédones verdes, Andrade (2010) encontrou correlações positivas e significativas dos caracteres produtividade de vagens verdes, índice de grãos verdes e teor de proteína no grão verde, com a produtividade de grãos verdes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material genético

O material experimental constou de dezesseis genótipos de feijão-caupi (linhagens e cultivares), sendo três (14 a 16) utilizados como testemunhas (padrões com referência em feijão-verde) (Tabela 1). Todos os genótipos são oriundos do Banco Ativo de Germoplasma e do Programa de Melhoramento de Feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte.

Tabela 1 - Relação de genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão-verde com suas respectivas origens e subclasses comerciais. Teresina, PI, 2012.

Nº	Genótipo	Origem	Subclasse comercial
1	MNC00-303-09E	(Capela x Costelão) x Costelão	Branca
2	MNC00-595F-2	BR2-Bragança x GV-10-91-1-1	Verde
3	MNC00-595F-27	BR2-Bragança x GV-10-91-1-1	Verde
4	MNC05-835B-15	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-	Verde
5	MNC05-835B-16	MNC00-599F-2 x MNC99-537F-14-	Verde
6	MNC05-841B-49	MNC00-599F-9 x MNC99-537F-14-	Verde
7	MNC05-847B-123	MNC00-599F-11 x MNC99-537-14-	Verde
8	MNC05-847B-126	MNC00-599F-11 x MNC99-537-14-	Verde
9	MNC99-541F-15	TE93-210-13F x TE96-282-22G	Branca
10	BRS Guariba	IT85F-2687 x TE87-98-8G	Branca
11	BRS Tumucumaque	TE96-282-22G x IT87D-611-3	Branca
12	BRS Xiquexique	TE87-108-6G x TE87-98-8G	Branca
13	Paulistinha	Juazeiro-CE	Canapu
14	Vagem Roxa-THE ¹	Teresina-PI	Branca
15	Azulão-MS ¹	Dourados-MS	Azulão
16	Sempre Verde-CE ¹	Fortaleza-CE	Sempre-verde

¹Testemunha.

3.2 Caracterização das áreas experimentais

O ensaio foi conduzido em condições de sequeiro (Figura 1) e irrigação (Figura 2), na área experimental da Embrapa Meio-Norte, 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 março a outubro de 2012.



Figura 1 – Ensaio de avaliação de genótipos para feijão-verde em condições de sequeiro no campo experimental da Embrapa Meio-Norte. Teresina, PI, 2012.



Figura 2 – Ensaio de avaliação de genótipos para feijão-verde em condições de irrigação no campo experimental da Embrapa Meio-Norte. Teresina, PI, 2012

3.3 Delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos completos casualizados, com quatro repetições dos tratamentos. 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 0,80 m entre fileiras e de 0,25 m entre covas dentro da fileira, o que resultou em 20 covas por fileira.

3.4 Manejo dos experimentos

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

No plantio, colocaram-se quatro sementes por cova, realizando-se o desbaste 15 dias após a semeadura, deixando-se duas plantas por cova. Para o controle de plantas daninhas, aplicou-se um herbicida pré-emergente após a semeadura a base de S-METOLACLORO, na dosagem de 1 L ha⁻¹ e durante o desenvolvimento das plantas foram realizadas campinas manuais e à tração animal. Quando necessário, aplicaram-se inseticidas (Dimetoato, na dosagem de 0,6 L ha⁻¹, Deltametrina, na dosagem de 0,3 L por ha⁻¹ e Thiamethoxam, na dosagem de 100g por ha⁻¹) para o controle de insetos-praga associados à cultura.

No experimento conduzido em condições de sequeiro, o solo foi corrigido utilizando-se calcário dolomítico na dosagem de 2 t por ha⁻¹. No experimento conduzido em condições irrigadas, utilizou-se aspersão convencional, com a aplicação de uma lâmina d'água média de 20 mm em um período de duas horas de irrigação, com turno de rega de cinco dias.

A colheita foi realizada manualmente, sempre que as vagens se apresentavam no ponto de maturação para feijão-verde. Embora o ponto de colheita ideal seja difícil de determinar no campo, principalmente nos genótipos que não apresentam maturação uniforme, procurou-se, seguir um padrão de maturação para efeito de colheita. No caso dos genótipos de vagem verde, o ponto de colheita era quando as vagens começavam a mudar da cor verde para a amarela; no caso dos genótipos com vagens roxas, a colheita era realizada quando as vagens apresentavam \pm 50% de pigmentação verde e 50% de pigmentação roxa (Figura 4).

Em ambos os casos, os grãos apresentavam aproximadamente 60 a 70% de umidade.



Figura 3 – a: genótipo de vagem verde – o círculo em vermelho representa o ponto de colheita; b: genótipo de vagem roxa – o círculo em vermelho representa o ponto de colheita. Teresina, PI, 2012.

3.5 Caracteres avaliados

Foram avaliados os seguintes caracteres em condições de sequeiro:

- Número de dias para o início da floração (NDIF): Número de dias da semeadura a floração de 50% das plantas da área útil da parcela;
- Porte da planta (PP): obtido em escala de notas visuais, sendo 1 = Ereto, 2 = Semiereto, 3 = Semiprostrado e 4 = Prostrado;
- Acamamento (ACAM): obtido em escala de notas visuais, sendo 1 = nenhuma planta acamada ou com ramo principal quebrado, 2 = de 1 a 5% das plantas acamadas ou com o ramo principal quebrado, 3 = de 6 a 10% das plantas acamadas ou com o ramo principal quebrado, 4 = de 11 a 20% das plantas acamadas ou com o

ramo principal quebrado e 5 = acima de 20% das plantas acamadas ou com o ramo principal quebrado;

- Valor de cultivo (VC): obtido em escala de notas visuais e determinado considerando o aspecto geral da planta, vigor, arquitetura, carrego e as características das vagens, dos grãos e o aspecto fitossanitário, sendo 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 maioria das características adequadas ao cultivo comercial e 5 = Planta com todas as características adequadas ao cultivo comercial;
- Facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV): obtido em escala de notas visuais, sendo 1 = muito difícil de debulha, 2 = difícil de debulha, 3 = normal, 4 = fácil de debulha e 5 = muito fácil de debulha;
- Comprimento de vagem verde (COMPVV): comprimento médio em cm obtido por meio da medição de 5 vagens verdes tomadas ao acaso na área útil da parcela;
- Número de grãos por vagem verde (NGVV): número de grãos verdes obtido por meio da contagem em 5 vagens verdes tomadas ao acaso na área útil da parcela;
- Peso de cem grãos verdes (P100GV): peso médio em gramas de 100 grãos verdes tomados ao acaso dos grãos colhidos na área útil da parcela;
- Produtividade de vagens verdes (PVV): peso total em gramas das vagens verdes colhidas na área útil da parcela;
- Produtividade de grãos verdes (PGV): peso em g por área útil, extrapolado para kg ha^{-1} , dos grãos verdes colhidos na área útil da parcela;
- Índice de grãos verdes (IGV): obtido em % por meio da relação entre o peso da vagem/peso do grão x 100.

Em condições irrigadas, além dos caracteres avaliados em condições de sequeiro, foram avaliados adicionalmente os caracteres:

- Reação a doenças (RD): obtido em escala de notas visuais, sendo 1 = ausência de sintomas, 3 = sintomas leves, 5 = sintomas médios, 7 = sintomas severos e 9 = sintomas muito severos;

- Frequência de colheita de vagens verdes (FCVV): número de colheitas realizadas por genótipo.

Para os caracteres obtidos em escala de notas visuais, adotou-se a transformação para $\sqrt{x+0,5}$, antes da realização das análises estatísticas.

3.6 Análises estatísticas

3.6.1 Análises de variância

Foram realizadas análises de variância individual e conjunta para todos os caracteres.

Para as análises de variância individuais, adotou-se o seguinte modelo estatístico:

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

em que:

μ é a média geral;

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

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

ε_{ij} é o erro experimental com $\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Para as análises de variância conjunta, adotou-se o seguinte modelo estatístico:

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

em que:

Y_{ijk} é a observação do i -ésimo genótipo no k -ésimo bloco dentro do j -ésimo ambiente;

μ é a média geral;

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

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

G/A_{jk} é o efeito da interação do i -ésimo genótipo dentro do j -ésimo ambiente;

B/A_{jk} é o efeito do k-ésimo bloco dentro do j-ésimo ambiente;
 ε_{ijk} é o erro experimental médio com $\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

3.6.2 Estimativas de parâmetros genéticos

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

3.6.2.1 Coeficiente de variação genético

O coeficiente de variação genético foi estimado segundo a equação (1):

$$cVg(\%) = \frac{100\sqrt{\hat{\phi}_g}}{m} \quad (1)$$

onde $\hat{\phi}_g = \frac{QMT - QMR}{b}$,

em que: $\hat{\phi}_g$ é o componente quadrático que expressa a variabilidade genotípica média; QMT é o quadrado médio tratamento; QMR é o quadrado médio do resíduo; r é o número de repetições; e m é a média geral.

3.6.2.2 Coeficiente de determinação genotípico

As estimativas do coeficiente de determinação genotípico (h^2) foram obtidas por meio da equação (2):

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

em que:

h^2 é o coeficiente de determinação genotípico;

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

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

3.6.2.3 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 equação (3) de Vencovsky; Barriga (1992):

$$r_{xy} = \frac{\hat{Cov}(x,y)}{\sqrt{\hat{V}_{(x)} \hat{V}_{(y)}}} \quad (3)$$

O coeficiente de correlação fenotípica (r_F) foi estimado por meio da equação (4):

$$r_F = \frac{\hat{Cov}_F(x,y)}{\sqrt{\hat{V}_F(x) \hat{V}_F(y)}} \quad (4)$$

em que:

$\hat{Cov}_F(x,y)$ é a covariância fenotípica entre os caracteres x e y;

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

O coeficiente de correlação genotípica (r_G) foi estimado por meio da equação (5):

$$r_G = \frac{\hat{Cov}_G(x,y)}{\sqrt{\hat{V}_G(x) \hat{V}_G(y)}} \quad (5)$$

em que:

$\hat{Cov}_G(x,y)$ é a covariância genotípica entre os caracteres x e y, obtida pela equação

$$\frac{\hat{Cov}_F(x,y) - \hat{Cov}_A(x,y)}{r} \quad (6)$$

em que:

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

$\hat{V}_G(x)$ é a variância genotípica do caráter x, obtida pela equação (7):

$$\frac{\hat{V}_F(x) - \hat{V}_A(x)}{r} \quad (7)$$

em que:

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

$\hat{V}_G(y)$ é a variância genotípica do caráter y, obtida pela equação (8):

$$\frac{\hat{V}_F(y) - \hat{V}_A(y)}{r} \quad (8)$$

em que:

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

O coeficiente de correlação de ambiente (r_A) foi estimado por meio da equação (9):

$$r_A = \frac{\hat{Cov}_A(x,y)}{\sqrt{\hat{V}_A(x) \hat{V}_A(y)}} \quad (9)$$

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

Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa computacional GENES (CRUZ, 2006).

3.6.3 Análises de comparação de médias

As médias dos genótipos, para cada caráter, foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa computacional GENES (CRUZ, 2006).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação em condições de sequeiro

O resumo das análises de variância para todos os caracteres referentes à avaliação dos genótipos em condições de sequeiro é apresentado na Tabela 2. Foram detectadas diferenças entre genótipos para a maioria dos caracteres, exceto ACAM, FAVV e NGVV. A decomposição do efeito de genótipos em linhagens, testemunhas e contraste “linhagens vs testemunhas” mostra que, com exceção do ACAM, FAVV, NGVV, PVV e IGV, os demais apresentaram diferenças significativas entre linhagens e que somente para os caracteres PP e VC foram detectadas diferenças entre médias de linhagens e testemunhas. Esses resultados indicam que há possibilidade de seleção entre linhagens para a maioria dos caracteres avaliados.

Quanto à precisão experimental, foram observados baixos coeficientes de variação (CV) para todos os caracteres, variando de 3,86% (NDIF) a 18,67% (PVV), indicando boa precisão experimental (Tabela 2). 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; ANDRADE, 2010). As estimativas mais altas de VC podem ser explicadas pela influência de 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 macroambientais (fatores edafoclimáticos, manejo de pragas e doenças, irrigação, etc.).

Os caracteres ACAM, FAVV e NGVV não apresentaram diferenças significativas entre genótipos na análise de variância, conforme resultados mostrados na Tabela 2. Assim, para esses caracteres não foi aplicado o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott. Andrade (2010) e Silva et al. (2012) também não encontram diferenças entre genótipos, respectivamente, para os caracteres FAVV e NGVV, ao avaliarem outros genótipos para feijão-verde.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para os caracteres número de dias para o início da floração (NDIF), porte da planta (PP), acamamento (ACAM), valor de cultivo (VC), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV), comprimento de vagem verde (COMPVV), 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), obtido a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi, sob condições de sequeiro. Teresina, PI, 2012.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio										
		NDIF (dias) ²	PP ¹ (nota) ²	ACAM ² (nota) ²	VC ² (nota) ²	FAVV ² (nota) ²	COMPVV (cm) ²	NGVV (unid.) ²	P100GV (g) ²	PVV (kg ha ⁻¹) ²	PGV (kg ha ⁻¹) ²	IGV (%) ²
Blocos	3											
Genótipos (G)	15	10,13**	0,24*	0,03 ^{ns}	0,06**	0,10 ^{ns}	4,10**	2,69 ^{ns}	113,30*	1816585,90**	330367,57*	0,11*
Linhagens (L)	12	9,64**	0,27*	0,02 ^{ns}	0,03*	0,10 ^{ns}	4,29**	2,16 ^{ns}	85,86**	788009,71 ^{ns}	262473,40*	0,01 ^{ns}
Testemunhas (T)	2	17,33**	0,01 ^{ns}	0,09*	0,11**	0,10 ^{ns}	4,26*	5,34*	333,66*	8737641,63*	848807,00*	0,03*
L vs T	1	1,64 ^{ns}	0,30*	0,01 ^{ns}	0,32**	0,02 ^{ns}	1,40 ^{ns}	3,80 ^{ns}	1,79 ^{ns}	317388,77 ^{ns}	108218,81 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Resíduo	45	2,26	0,01	0,03	0,01	0,13	1,06	1,54	18,25	460245	122355	0,001
CV(%)		3,86	5,34	9,55	6,76	17,45	4,49	8,21	10,33	18,67	17,87	6,79
Média Geral		39,00	1,81	1,69	1,78	2,05	22,96	15,11	41,35	3.632,00	1.956,84	55

^{ns}, **, *: Não significativo, significativos ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ¹ Escala de notas variando de 1 a 4, com dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$; ²

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

As médias dos genótipos avaliados em condições de sequeiro, para cada caráter, são apresentadas na Tabela 3.

O Caráter NDIF apresentou médias variando de 37 a 41 dias. Foram estabelecidos dois grupos de genótipos (A e B) pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). O grupo A contemplou os genótipos com floração mais tardia (39 a 41 dias), enquanto o grupo B englobou os genótipos mais precoces (37 e 38 dias) (MNC05-835B-16, BRS Guariba, BRS Tumucumaque, MNC05-841B-49, MNC05-847B-123, MNC05-847B-126 e Vagem Roxa-THE). A média geral desse caráter foi de 39 dias, sendo essa estimativa maior que as médias obtidas por Andrade (2010) e Silva et al. (2012), em outros estudos avaliando genótipos de feijão-caupi para feijão-verde, que obtiveram, respectivamente médias de 38 e 37 dias.

O PP apresentou médias variando de 1,22 (BRS Guariba e BRS Tumucumaque) a 1,99 (MNC99-541F-15, Paulistinha e Azulão-MS). Foram estabelecidos quatro grupos de genótipos (A, B, C, e D) pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). O grupo A contemplou os genótipos de porte Semiereto (MNC00-595F-2, MNC00-595F-27, MNC05-835B-15, MNC05-847B-126, BRS Xiquexique, MNC00-303-09E, MNC05-835B-16, MNC99-541F-15, Paulistinha, Vagem Roxa-THE, Azulão-MS e Sempre Verde-CE); o grupo B, com médias de TP menor que o grupo A, sendo formado apenas pela linhagem MNC05-841B-49; o grupo C incluiu apenas a linhagem (MNC05-847B-123); e o grupo D foi formado pelas cultivares BRS Guariba e BRS Tumucumaque). A média geral desse caráter foi de 1,80, sendo menor que a média encontrada por Rocha et al. (2006) em outro estudo com feijão-verde, que obteve estimativa de 1,93.

O VC apresentou médias variando de 1,58 (MNC00-595F-27) a 2,12 (Sempre Verde-CE). Foram estabelecidos três grupos de genótipos (A, B e C) pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). O grupo A compreendeu a maior média e com apenas um genótipo (Sempre Verde - CE); o grupo B, com valor para o PP menor que o grupo A, sendo formado por sete linhagens (MNC00-303-09E, MNC05-835B-15, MNC99-541F-15, BRS Tumucumaque, BRS Xiquexique, Paulistinha e BRS Guariba) e duas testemunhas (Vagem Roxa-THE e Azulão-MS) e o grupo C compreendendo seis linhagens (MNC00-595F-27, MNC00-595F-2, MNC05-847B-123, MNC05-847B-126, MNC05-835B-16 e MNC05-841B-49). A média geral desse caráter foi de 1,78, sendo esta, inferior à obtida por Andrade (2010), que encontrou média de 1,89 em outro estudo com feijão-verde.

Tabela 3. Estimativas de médias dos caracteres número de dias para início da floração (NDIF), porte da planta (PP), acamamento (ACAM), valor de cultivo (VC), facilidade de abertura de vagens verdes (FAVV), comprimento de vagem verde (COMPVV), 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), obtidas a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi em condições de sequeiro. Teresina, PI, 2012.

Genótipo	Médias							
	NDIF (dias)	PP ¹ (nota)	VC ² (nota)	COMPVV (cm)	P100GV (g)	PVV (kg ha ⁻¹)	PGV (kg ha ⁻¹)	IGV (%)
1-MNC00-303-09E	40 a	1,93 a	1,80 b	24,20 a	47,49 a	4.266,13 b	1.964,89 a	46 c
2-MNC00-595F-2	40 a	1,87 a	1,65 c	22,96 b	41,29 b	3.868,86 b	1.972,50 a	51 b
3-MNC00-595F-27	41 a	1,87 a	1,58 c	23,20 b	37,75 b	4.347,89 b	2.271,77 a	53 b
4-MNC05-835B-15	39 a	1,87 a	1,79 b	22,27 b	36,02 b	2.842,12 c	1.439,20 b	50 b
5-MNC05-835B-16	37 b	1,93 a	1,72 c	22,30 b	37,46 b	3.515,24 c	1.888,66 a	54 b
6-MNC05-841B-49	38 b	1,80 b	1,72 c	22,75 b	40,07 b	3.870,86 b	2.266,29 a	58 a
7-MNC05-847B-123	38 b	1,65 c	1,65 c	21,01 b	39,67 b	3.231,36 c	1.882,25 a	58 a
8-MNC05-847B-126	38 b	1,87 a	1,65 c	21,71 b	36,39 b	3.142,47 c	1.712,31 b	54 b
9-MNC99-541F-15	39 a	1,99 a	1,80 b	22,61 b	40,18 b	3.346,52 c	2.062,09 a	62 a
10-BRS Guariba	37 b	1,22 d	1,87 b	23,37 b	43,85 a	3.785,57 b	2.234,10 a	59 a
11-BRS Tumucumaque	37 b	1,22 d	1,80 b	23,70 b	48,49 a	3.856,38 b	3.217,16 a	60 a
12-BRS Xiquexique	41 a	1,87 a	1,80 b	22,85 b	40,00 b	3.367,88 c	1.929,50 a	58 a
13-Paulistinha	41 a	1,99 a	1,86 b	25,13 a	49,95 a	3.334,95 c	1.754,97 b	54 b
14-Vagem Roxa-THE	37 b	1,93 a	1,80 b	22,36 b	30,48 b	2.349,22 c	1.381,99 b	59 a
15-Azulão-MS	41 a	1,99 a	1,87 b	23,05 b	46,86 a	5.300,79 a	2.296,64 a	43 c
16-Sempre Verde-CE	40 a	1,93 a	2,12 a	24,39 a	45,66 a	3.685,77 b	1.935,08 a	53 b
Média Geral	39	1,8	1,78	22,95	41,35	3.632,00	1.956,83	55

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$); ¹ Escala de notas variando de 1 a 4, com dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$;

² Escala de notas variando de 1 a 5, com dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$.

O COMPVV apresentou médias variando de 21,01 cm (MNC05-847B-123) a 25,13 cm (Paulistinha). Foram estabelecidos dois grupos de genótipos (A e B). O grupo A inclui os genótipos com maior média, compreendendo três genótipos (MNC00-303-09E, Paulistinha e Sempre Verde-CE). O grupo B englobou o restante dos genótipos, com médias inferiores às do grupo A. Esse caráter apresentou média geral de 22,95 cm, média essa, superior à encontrada por Andrade (2010), que obteve média de 20 cm em um estudo com genótipos de feijão-caupi de tegumento e cotilédone verdes. O mercado de feijão verde exige vagens grandes e atrativas (Freire Filho et al., 2011); assim sendo, os genótipos do grupo A são os mais indicados para os agricultores que comercializam o produto.

O caráter P100G variou de 30,48 g (Vagem Roxa-THE) a 49,95 g (Paulistinha). Foram estabelecidos dois grupos de genótipos (A e B) pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). O grupo A foi formado pelos genótipos com maior tamanho de grãos, compreendendo seis genótipos (Paulistinha, BRS Tumucumaque, MNC00-303-09E, BRS Guariba, Azulão-MS e Sempre Verde-CE); e o grupo B incluiu o restante dos genótipos, com tamanho de grãos menor que os do grupo A. Esse caráter apresentou média geral de 41,35 sendo acima do peso exigido pelo mercado de feijão-verde, que é de 30 g. Essa média foi superior à obtida por Rocha et al. (2006), Andrade (2010) e SILVA et al. (2012), que obtiveram médias, respectivamente, de 36, 37 e 35 g.

O caráter PVV apresentou médias variando de 2.349 kg ha⁻¹ (Vagem Roxa-THE) a 5.300 kg ha⁻¹ (Azulão-MS). Foram estabelecidos três grupos de genótipos (A, B e C) pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). O grupo A inclui os genótipos com maior produtividade de vagens, compreendendo apenas um genótipo (Azulão-MS); o grupo B foi formado pelos genótipos com médias intermediárias, compreendendo sete genótipos; e o grupo C, que englobou os genótipos com as menores médias, compreendendo oito genótipos. O PVV apresentou média geral de 3.632 kg ha⁻¹. Essa média foi inferior à média obtida por Andrade (2010), que obteve média de 5.154 kg ha⁻¹, mas superior à média encontrada por Rocha et al. (2012), que foi de 2.109 kg ha⁻¹.

O PGV apresentou médias variando de 1.381 kg ha⁻¹ (Vagem Roxa-THE) a 3.217 kg ha⁻¹ (BRS Tumucumaque). Foram estabelecidos dois grupos de genótipos (A e B) pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). O grupo A inclui os genótipos com maior média, compreendendo 12 genótipos; e o grupo B englobou os genótipos com as

menores médias (MNC05-835B-15, MNC05-847B-126, Paulistinha e Vagem Roxa-THE). O PGV apresentou média geral de 1.956 kg ha⁻¹. Essa média foi inferior à média obtida por Andrade (2010), que obteve média de 2.816 kg ha⁻¹, mas sob condição irrigada, sendo superior à média encontrada por Rocha et al. (2012), que foi de 1.846 kg ha⁻¹, em condições de sequeiro e irrigação.

O caráter IGV obteve médias variando de 43,5% (Azulão-MS) a 62% (MNC99-541F-15). Foram estabelecidos três grupos de genótipos (A, B e C) pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). O grupo A contemplou as maiores médias, com 7 genótipos; o grupo B, englobou médias menores que o grupo A, sendo formado também por sete genótipos; e o grupo C incluiu as menores médias para o IGV, compreendendo dois genótipos (MNC00-303-09E e Azulão-MS). A média geral do caráter foi de 55%. Essa média é superior à média encontrada por Rocha et al. (2012), que obtiveram média de 52,6%, mas inferior à média de Silva et al. (2012), que encontraram média de 57,7%, em outros estudos com feijão-verde.

Observa-se que, embora as testemunhas Azulão-MS e BRS Guariba tenham apresentado comportamentos médios iguais em termos de PGV, para a PVV somente Azulão-MS foi superior, provavelmente pelo fato desta cultivar apresentar índice de grãos menor (Tabela 5), relativamente à BRS Guariba.

4.2 Avaliação em condições de irrigação

O resumo da análise de variância para todos os caracteres avaliados em condições de irrigação é apresentado na Tabela 4. Foram detectadas diferenças entre genótipos para a maioria dos caracteres, exceto para FCVV, COMPVV, PVV e IGV. A decomposição do efeito de genótipos em linhagens (L), testemunhas (T) e no contraste “L vs T” mostrou a existência de diferenças significativas entre linhagens para os caracteres RD, PP, FCVV, ACAM, NGV e P100GV; entre testemunhas nos caracteres NDIF, PP e P100GV; e para o contraste “L vs T” para os caracteres RD, ACAM, NGVV, PVV e PGV. Isso indica que a seleção entre linhagens será eficiente apenas para RD, PP, FCVV, ACAM, NGV e P100GV. Andrade (2010) também encontrou variabilidade entre linhagens de tegumento e cotilédone verdes para a maioria desses caracteres.

Quanto à precisão experimental, foram obtidos baixos coeficientes de variação (CV) para NDIF e FCV, com estimativas de 4,48% e 4,37%,

respectivamente, o que indica boa precisão experimental. Esses valores de CV's estão de acordo com os observados em outros estudos dessa natureza (ANDRADE, 2010, ANDRADE et al., 2005; ROCHA et al., 2007; RODRIGUES et al., 2009). Foram estimados valores intermediários de CV para os caracteres COMPVV (5,45%), TP(7,45%), ACAM(7,36%), NGV(7,70%) e RD(9,27%), 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 P100G, IGV, PGV e PVV, de 11,28%, 15,84%, 25,05%, e 26,40%, respectivamente, os dois últimos valores estão de acordo com (ANDRADE, 2010). Essas estimativas podem ser explicados pela influência de 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 macroambientais (fatores edafoclimáticos, manejo de pragas e doenças, irrigação, etc.).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os caracteres número de dias para o início da floração (NDIF), reação a doenças (RD), porte da planta (PP), frequência de colheita das vagens verdes (FCVV), acamamento (ACAM), comprimento de vagem verde (COMPVV), 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), obtido a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi, sob condições irrigadas. Teresina, PI, 2012.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio										
		NDIF (dias) ²	RD ¹ (nota) ²	PP ¹ (nota) ²	FCVV ¹ (nota) ²	ACAM ² (nota) ²	COMPVV (cm) ²	NGVV (unid.) ²	P100GV (g) ²	PVV (kg ha ⁻¹) ²	PGV (kg ha ⁻¹) ²	IGV (%) ²
Blocos	3											
Genótipos	15	7,39*	0,16**	0,08**	0,01 ^{ns}	0,09**	2,65 ^{ns}	4,09**	107,27*	1453364,92 ^{ns}	710670,47*	0,01 ^{ns}
Linhagens (L)	12	4,17 ^{ns}	0,13*	0,08**	0,02*	0,08**	2,23 ^{ns}	3,85*	107,73*	1124187,94 ^{ns}	569617,51 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Testemunhas (T)	2	27,08*	0,12 ^{ns}	0,09*	0,004 ^{ns}	0,03 ^{ns}	4,40 ^{ns}	0,24 ^{ns}	157,41*	1767446,78 ^{ns}	188773,90 ^{ns}	0,01 ^{ns}
L vs T	1	6,77 ^{ns}	0,52*	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,31**	4,21 ^{ns}	14,80*	1,52 ^{ns}	4775324,99*	3447099,10*	0,01 ^{ns}
Resíduo	45	3,78	0,04	0,02	0,01	0,02	1,46	1,34	16,01	988384,59	358485,50	0,01
CV(%)		4,48	9,27	7,45	4,37	7,36	5,45	7,70	11,28	26,40	25,05	15,84
Média geral		43,40	2,11	1,73	2,11	1,82	22,14	15,01	35,45	3.765,56	2.389,94	64

^{ns}, **, *: Não significativo, significativos ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ¹ Escala de notas variando de 1 a 4, com dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$; ² Escala de notas variando de 1 a 5, com dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$.

As médias dos genótipos, para todos os caracteres avaliados em condições de irrigação são apresentadas na Tabela 5. Pelo fato dos caracteres FCVV, COMPVV, PVV e IGV não terem apresentado diferenças entre genótipos pelo teste F, para tais caracteres não foi aplicado o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott ($P < 0,05$).

O Caráter NDIF apresentou médias variando de 42 dias (MNC05-835B-16, MNC05-847B-126, BRS Tumucumaque e Vagem Roxa-THE) a 47 dias (Azulão-MS). Foram estabelecidos dois grupos: grupo A, compreendendo os genótipos mais tardios (MNC00-303-09E, MNC05-847B-123 e Azulão-MS), indicados para o pequeno agricultor, que prefere genótipos com possibilidade de realização de mais de uma colheita por ciclo; e grupo B, que incluiu os demais genótipos, de ciclo mais precoce, sendo estes mais indicados para agricultores mais tecnificados e que plantam em sistema escalonado. O caráter apresentou média geral de 43,4 dias, sendo esta maior que as médias obtidas por Andrade (2010) e Silva et al. (2012), que foram, respectivamente de 38 e 37 dias.

O RD apresentou médias variando de 1,87 (MNC00-595F-2) a 2,45 (Sempre Verde-CE). O teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) estabeleceu dois grupos de genótipos (A e B). O grupo A inclui os genótipos com maior incidência de sintomas, compreendendo quatro linhagens e duas cultivares testemunhas (Azulão-MS e Sempre Verde-CE); e o grupo B incluindo, que incluiu os genótipos com menor incidência de sintomas, compreendendo nove linhagens e uma testemunha (Vagem Roxa-THE). As linhagens componentes do grupo B, são resultantes de hibridação com parentais com resistência a doenças, apresentam, por este motivo, também alguma resistência a doenças, relativamente aos do grupo A, sendo necessárias avaliações mais específicas e em condições controladas, para confirmação. A média geral do caráter foi 2,11, que é similar à obtida por Silva et al. (2012), que obtiveram estimativa média de 2,19.

Tabela 5. Estimativas de médias para os caracteres número de dias para início da floração (NDIF), reação a doenças (RD), porte da planta (PP), acamamento (ACAM), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de cem grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV) e produtividade de grãos verdes (PGV), obtidas a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi, sob condições irrigadas. Teresina, PI, 2012.

Genótipo	Médias						
	NDIF (dias)	RD ¹ (nota)	PP ¹ (nota)	ACAM ² (nota)	NGVV (unid.)	P100GV (g)	PGV (kg ha ⁻¹)
1-MNC00-303-09E	45,75 a	1,99 b	1,79 a	1,93 a	14,45 b	40,99 a	2.138,95 a
2-MNC00-595F-2	43,25 b	1,87 b	1,80 a	1,87 a	15,50 a	35,60 a	2.381,87 a
3-MNC00-595F-27	43,25 b	1,99 b	1,58 b	1,72 b	15,25 a	30,25 b	3.322,50 a
4-MNC05-835B-15	43,25 b	1,99 b	1,72 b	1,99 a	13,10 b	31,43 b	2.298,47 a
5-MNC05-835B-16	42,00 b	2,23 a	1,58 b	1,93 a	13,55 b	36,12 a	2.365,21 a
6-MNC05-841B-49	43,25 b	2,33 a	1,99 a	2,12 a	15,50 a	28,90 b	2.599,45 a
7-MNC05-847B-123	44,50 a	2,35 a	1,87 a	1,99 a	13,65 b	35,92 a	2.925,98 a
8-MNC05-847B-126	42,00 b	1,87 b	1,87 a	1,87 a	14,85 b	28,24 b	2.799,06 a
9-MNC99-541F-15	43,25 b	2,11 b	1,72 b	1,80 b	15,00 a	40,66 a	2.389,59 a
10-BRS Guariba	43,25 b	1,87 b	1,58 b	1,65 b	14,60 b	39,52 a	2.492,17 a
11-BRS Tumucumaque	42,00 b	1,99 b	1,65 b	1,65 b	14,50 b	42,29 a	2.749,08 a
12-BRS Xiquexique	43,25 b	1,99 b	1,93 a	1,71 b	16,75 a	30,33 b	2.148,21 a
13-Paulistinha	43,25 b	2,35 a	1,58 b	1,87 a	15,50 a	41,54 a	1.908,02 a
14-Vagem Roxa-THE	42,00 b	2,11 b	1,85 a	1,72 b	15,90 a	27,91 b	1.676,92 a
15-Azulão-MS	47,00 a	2,35 a	1,58 b	1,58 b	16,30 a	39,25 a	2.108,68 a
16-Sempre Verde-CE	43,25 b	2,45 a	1,58 b	1,72 b	15,85 a	38,22 a	1.934,88 a
Média Geral	43,40	2,11	1,73	1,82	15,02	35,45	2.389,94

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott (P<0,05); ¹ Escala de notas variando de 1 a 4, com dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$; ² Escala de notas variando de 1 a 5, com dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$.

O ACAM apresentou médias variando de 1,58 (Azulão-MS) a 2,12 (MNC05-841B-49). O teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) estabeleceu dois grupos de genótipos (A e B). O grupo A (maior acamamento de plantas) compreendendo oito linhagens; e o grupo B (menor acamamento das plantas) compreendendo seis linhagens e as três testemunhas (Vagem Roxa-THE, Azulão-MS e Sempre Verde-CE). O grupo B deve receber maior atenção na seleção, tendo em vista que os genótipos com menor acamamento apresentam perdas menores, relativamente aos que apresentam algum grau de acamamento.

O caráter NGVV apresentou médias variando de 13,10 (MNC05-835B-15) a 16,75 (BRS Xiquexique). O teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) estabeleceu dois grupos de genótipos (A e B), sendo o grupo A formado pelos genótipos com maior NGV, compreendendo nove genótipos, incluindo as testemunhas; e o grupo B incluindo genótipos com menor NGV, compreendendo sete linhagens. Os genótipos do grupo A devem merecer maior atenção por parte da seleção, tendo em vista que os agricultores preferem genótipos com vagens grandes. A média do caráter foi de 15,02 grãos. Essa média é superior à média das cultivares nacionais, que é de 13 grãos, segundo Freire Filho et al. (2011).

O caráter P100GV variou de 27,91 g (Vagem Roxa-THE) a 42,29 g (BRS Tumucumaque). O teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) estabeleceu dois grupos de genótipos (A e B), sendo dez genótipos alocados no grupo A (maior peso de 100 grãos) - compreendendo oito linhagens e duas testemunhas: Azulão-MS e Sempre Verde-CE e seis genótipos no grupo B (menor peso de 100 grãos) - compreendendo cinco linhagens e uma testemunha: Vagem Roxa-THE. Neste caso, os genótipos do grupo A são os mais indicados para o mercado de grãos verdes, já que estes tipos de grãos são mais valorizados. A média geral do caráter foi de 35,45 g, sendo similar às médias obtidas por Rocha et al. (2006) e Andrade (2010), que foi, respectivamente, de 36 e 37 g.

O caráter PGV, apesar de ter apresentado diferenças pelo teste F na análise de variância, o teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) não detectou diferenças entre médias. Este apresentou médias variando de 1.676 kg ha⁻¹ (Vagem Roxa-THE) a 3.322 kg ha⁻¹ (MNC00-595F-27), com média geral de 2.389 kg ha⁻¹. Essa média é superior à média encontrada por Rocha et al. (2006) em ensaios conduzidos em condições de sequeiro e irrigação (1.846 kg ha⁻¹) e Silva et al. (2013), que obtiveram média de

1.353 kg ha⁻¹ sob irrigação, mas inferior às médias encontrada por Andrade (2010) e Silva et al. (2012), também sob condições irrigadas (2.816 kg ha⁻¹; 3.243 kg ha⁻¹).

4.3 Análises de variância conjunta

O resumo da análise de variância conjunta dos genótipos/caracteres avaliados em condições de sequeiro e irrigação é apresentado na Tabela 6. Foram detectadas diferenças entre genótipos para todos os caracteres. A decomposição do efeito de genótipos em linhagens (L), testemunhas (T) e no contraste “L vs T” mostrou a existência de diferenças significativas para o efeito de linhagens em todos os caracteres, exceto para o IGV; para o efeito de testemunhas nos caracteres NDIF, COMPVV, P100GV, PVV, PGV e IGV; e para o contraste “L vs T” nos caracteres ACAM, COMPVV, NGV e PGV. Isso indica que as linhagens apresentam variabilidade na maioria dos caracteres para efeito de seleção. O contraste “L vs T” mostrou que as médias das linhagens diferiram em relação às médias das testemunhas apenas para quatro caracteres: ACAM, COMPVV, NGVV e PGV.

Embora tenham ocorrido diferenças significativas entre ambientes (sequeiro e irrigado) para os caracteres NDIF, ACAM, COMPVV, P100GV, PGV e IGV, não foi detectada significância para a interação genótipos x ambientes, exceto para PP e ACAM. Esses resultados diferem dos obtidos por Rocha et al. (2006 e 2012), que encontraram comportamento diferencial entre outros genótipos e os ambientes (sequeiro e irrigado) em Teresina, P. Os resultados obtidos no presente trabalho não corroboram com as conclusões de Ramos et al. (2012) de que o feijão-caupi verde responde bem à irrigação. No entanto, vale ressaltar que a pesquisa desses autores foram realizadas com apenas dois genótipos (cultivares) e com monitoramento constante das quantidades de lâminas d’água, relativamente à pesquisa do presente trabalho.

Tabela 6. Resumo da análise de variância conjunta para os caracteres número de dias para o início da floração (NDIF), porte da planta (PP), acamamento (ACAM), comprimento de vagem verde (COMPVV), 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), obtido a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi, sob condições de sequeiro e irrigação. Teresina, PI, 2012.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio								
		NDIF (dia) ²	PP ¹ (nota) ²	ACAM ² (nota) ²	COMPVV (cm) ²	NGVV (unid.) ²	P100GV (g) ²	PVV (kg ha ⁻¹) ²	PGV (kg ha ⁻¹) ²	IGV (%) ²
Blocos	3	9,86	0,07	0,03	3,02	0,59	24,40	652486,27	135396,69	0,02
Genótipos	15	13,43*	0,17*	0,05*	5,43*	5,73**	201,47*	2379916,88**	747506,13**	0,02*
Linhagens (L)	12	9,40*	0,20*	0,05*	5,34**	5,46**	172,44*	1355301,18*	582168,92*	0,01 ns
Testemunhas (T)	2	40,54*	0,03 ns	0,01 ns	6,12*	1,80 ns	474,68*	9059946,63**	919067,57*	0,03*
L vs T	1	7,53 ns	0,05 ns	0,10*	5,23*	16,80**	3,31 ns	1315245,78 ns	2388429,76*	0,02 ns
Ambientes (A)	1	621,28**	0,20 ns	0,54*	21,33*	0,28 ns	1114,45*	570858,14 ns	6002532,12*	0,29*
G x A	15	4,10 ns	0,14*	0,06*	1,30 ns	1,05 ns	19,10 ns	890033,95 ns	293531,92 ns	0,003 ns
L x A	12	4,40 ns	0,14*	0,04*	1,18 ns	0,54 ns	21,14 ns	556896,47 ns	249922,00 ns	0,003 ns
T x A	2	3,87 ns	0,06*	0,10*	2,54 ns	3,78 ns	16,39 ns	1445141,78 ns	118513,34 ns	0,007 ns
(L vs T) x Amb	1	0,87 ns	0,30*	0,21*	0,37 ns	1,80 ns	0,005 ns	3777467,99*	1166888,15*	0,00056 ns
Resíduo	45	3,02	0,01	0,02	1,26	1,43	17,13	724314,71	240420,39	0,01
CV(%)		4,22	6,44	8,45	4,98	7,96	10,77	23,01	22,56	16,19
Média geral		41,20	1,77	1,76	22,55	15,06	38,40	3.698,78	2.173,39	59

^{ns}, **, *: Não significativo, significativos ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ¹ Escala de notas variando de 1 a 4, com dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$; ² Escala de notas variando de 1 a 5, com dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$.

As estimativas de médias dos genótipos para todos os caracteres, com base na análise conjunta, são apresentadas na Tabela 7. Apesar do teste F ter detectado diferenças entre genótipos para todos os caracteres, o teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) só conseguiu diferenciar os genótipos em termos de médias para PP, COMPVV e P100GV.

O PP apresentou médias variando de 1,40 (BRS Guariba) a 1,90 (MNC99-841B-49 e BRS Xiquexique). Foram estabelecidos dois grupos de genótipos (A e B) pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). O grupo A contemplou os genótipos de porte semiprostrado, com quatorze dos genótipos, e o grupo incluiu apenas dois genótipos, os de porte semiereto (BRS Guariba e BRS Tumucumaque). A média geral desse caráter foi de 1,77, sendo inferior à média encontrada por Rocha et al. (2006), em outro estudo com feijão-verde, que foi de 1,93.

O COMPVV apresentou médias variando de 21,10 cm (MNC05-847B-123) a 23,99 cm (Paulistinha). Foram estabelecidos dois grupos de genótipos (A e B). O grupo A inclui os genótipos com maior média, compreendendo cinco genótipos e o grupo B englobou a maioria dos genótipos, com médias inferiores às do grupo A. Esse caráter apresentou média geral de 22,55 cm, média essa, superior à encontrada por Andrade (2010), que obteve média de 20 cm em um estudo com genótipos de feijão-caupi de tegumento e cotilédones verdes. O mercado de feijão verde exige vagens grandes e atrativas (FREIRE FILHO et al., 2011); assim sendo, os genótipos do grupo A são os mais indicados para o mercado de feijão-verde.

O caráter P100GV variou de 29,19 g (Vagem Roxa-THE) a 45,75 g (Paulistinha). O teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) estabeleceu dois grupos de genótipos (A e B), sendo cinco genótipos alocados no grupo A (maior peso de 100 grãos) - compreendendo duas linhagens e três cultivares: BRS Guariba, BRS Tumucumaque e Paulistinha e onze genótipos no grupo B (menor peso de 100 grãos) - compreendendo sete linhagens, a cultivar BRS Xiquexique e as três testemunhas. Neste caso, os genótipos do grupo A são os mais indicados para o mercado de grãos verdes, já que estes tipos de grãos são mais valorizados. A média geral do caráter foi de 38,40g, sendo superior às médias obtidas por Rocha et al. (2006) e Andrade (2010), que foram, respectivamente, de 36 e 37 g.

Tabela 7. Estimativas de médias da análise conjunta para os caracteres número de dias para início da floração (NDIF), porte da planta (PP), acamamento (ACAM), comprimento de vagem verde (COMPVV), 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), obtido a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi, sob condições de sequeiro e irrigação. Teresina, PI, 2012.

Genótipo	NDIF (dias)	PP (nota)	ACAM (nota)	COMPVV (cm)	NGVV (unid.)	P100GV (g)	PVV (kg ha ⁻¹)	PGV (kg ha ⁻¹)	IGV (%)
1-MNC00-303-09E	42,87 a	1,86 a	1,86 a	23,39 a	14,90 a	44,24 a	4.059,34 a	2.051,92 a	51 a
2-MNC00-595F-2	41,62 a	1,83 a	1,76 a	23,04 a	15,52 a	38,44 b	3.797,02 a	2.177,19 a	58 a
3-MNC00-595F-27	42,12 a	1,72 a	1,65 a	22,53 b	15,15 a	34,00 b	4.833,28 a	2.797,14 a	58 a
4-MNC05-835B-15	41,12 a	1,80 a	1,82 a	21,43 b	13,65 a	33,30 b	3.411,84 a	1.868,84 a	55 a
5-MNC05-835B-16	39,50 a	1,76 a	1,83 a	22,37 b	13,80 a	36,90 b	3.767,91 a	2.126,94 a	56 a
6-MNC05-841B-49	40,62 a	1,90 a	1,89 a	22,18 b	15,52 a	34,80b	3.827,44 a	2.432,87 a	64 a
7-MNC05-847B-123	41,25 a	1,76 a	1,82 a	21,10 b	13,75 a	37,00 b	3.740,59 a	2.404,12 a	62 a
8-MNC05-847B-126	40,00 a	1,87 a	1,80 a	21,54 b	14,70 a	32,32 b	3.542,24 a	2.255,68 a	64 a
9-MNC99-541F-15	41,12 a	1,86 a	1,80 a	22,08 b	14,92 a	40,42 a	3.398,84 a	2.225,84 a	65 a
10-BRS Guariba	40,12 a	1,40 b	1,65 a	23,06 a	14,87 a	41,68 a	3.791,06 a	2.363,14 a	62 a
11-BRS Tumucumaque	39,50 a	1,44 b	1,61 a	22,79 a	14,52 a	45,39 a	3.954,45 a	2.533,12 a	64 a
12-BRS Xiquexique	42,12 a	1,90 a	1,72 a	22,38 b	16,37 a	35,16 b	3.396,12 a	2.038,86 a	60 a
13-Paulistinha	42,12 a	1,79 a	1,79 a	23,99 a	15,85 a	45,75 a	3.197,11 a	1.831,50 a	59 a
14-Vagem Roxa-THE	39,50 a	1,89 a	1,72 a	21,97 b	16,30 a	29,19 b	2.513,58 a	1.529,46 a	61 a
15-Azulão-MS	44,00 a	1,79 a	1,72 a	23,36 b	15,35 a	43,06 b	4.623,49 a	2.202,66 a	49 a
16-Sempre Verde-CE	41,62 a	1,75 a	1,64 a	23,58 b	15,80 a	41,94 b	3.326,24 a	1.934,98 a	60 a
Média geral	41,20	1,77	1,76	22,55	15,06	38,40	3.698,78	2.173,39	59

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott (P<0,05); ¹Escala de notas variando de 1 a 4, com dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$;

²Escala de notas variando de 1 a 5, com dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$.

O caráter PVV variou de 2.513,58 kg ha⁻¹ (Vagem Roxa-THE) a 4.833,28 kg ha⁻¹ (MNC00-595F-27). A média geral do caráter foi de 3.698,78 kg ha⁻¹, sendo esta inferior às médias obtidas por Andrade (2010) e Silva et al. (2012), em condições de irrigação, que encontraram, respectivamente, de 5.145 kg ha⁻¹ e 5.846 kg ha⁻¹.

O caráter PGV variou de 1.529,46 kg ha⁻¹ (Vagem Roxa-THE) a 2.797,14 kg ha⁻¹ (MNC00-595F-27). A média geral do caráter foi de 2.173,39 kg ha⁻¹, sendo esta inferior às médias obtidas por Andrade (2010) e Silva et al. (2012), em condições de irrigação, que obtiveram, respectivamente, de 2.816 kg ha⁻¹ e 3.243 kg ha⁻¹, mas superior à média encontrada por Silva et al. (2013), que obteve média de 2.138 kg ha⁻¹.

Observa-se que, embora não tenha sido detectada diferenças entre genótipos para os caracteres PVV, PGV e IGV, a linhagem MNC00-595F-27, por apresentar a maior média de PGV e tegumento e cotilédone verdes, pode ser um diferencial na preservação da cor verde, pós-colheita, aspecto esse, bastante apreciado pelos agricultores e comerciantes. De fato, segundo Ehlers et al. (2002) e Freire Filho et al. (2007), as sementes desse grupo comercial podem potencialmente serem colhidas antes da maturação completa sem perder muito de sua cor verde.

As estimativas dos coeficientes de variação genético, de determinação genotípico e da razão Cvg/CVe, obtidas em condições de sequeiro e irrigação, são apresentadas na Tabela 8.

Observou-se que o tipo de manejo (sequeiro e irrigado) provocou mudanças em relação ao comportamento dos caracteres quanto à magnitude das estimativas de parâmetros genéticos. As estimativas dos parâmetros para os caracteres NDIF, PP, COMPVV, PVV e PGV foram maiores em condições de sequeiro, relativamente em cultivo irrigado; já as estimativas dos caracteres NGVV e P100G foram maiores em condições de irrigação, relativamente ao cultivo de sequeiro.

Em condições de sequeiro, o coeficiente de variação genético (CV_G) variou de 2,62% (NGVV) a 14,48% (PP), enquanto que em condições de irrigação, observou-se uma variação desse parâmetro de 0,71% (NDIF) a 13,47% (P100GV). As maiores estimativas do Cvg, tanto em condições de sequeiro quanto em condições de irrigação, foram obtidas para os caracteres PP (14,48%; 7,43%), P100GV (9,92%; 13,47%) e PGV (9,46%; 9,18%) e PVV (7,95%; 4,72%), indicando que apresentam maior variabilidade, com possibilidade de seleção em ciclos posteriores. O Cvg estimado para PGV foi menor do que aquele obtido por Andrade (2010), que foi de

10,36%; Andrade et al. (2005), que foi de 31,62%; e por Lopes et al. (2001), que obteve 23%.

Tabela 8 - Estimativas do coeficiente de variação genético (CVg), coeficiente de determinação genotípico (h^2) e a razão entre CV_g/CV_e , relativos aos caracteres número de dias para início da floração (NDIF), porte da planta (PP), acamamento (ACAM), comprimento de vagem verde (COMPVV), 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), obtidas a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi em condições de sequeiro e irrigação. Teresina, PI, 2012.

Caráter	Cultivo	CVg (%)	h^2 (%)	CVg/CVe
NDIF (dias)	Sequeiro	3,48	76,49	0,90
	Irrigado	0,71	9,16	0,15
PP (nota)	Sequeiro	14,48	96,58	2,65
	Irrigado	7,43	80,16	1,00
ACAM (nota)	Sequeiro	-	-	-
	Irrigado	6,77	77,84	0,93
COMPVV (cm)	Sequeiro	3,92	75,21	0,87
	Irrigado	1,99	34,67	0,36
NGVV (u)	Sequeiro	2,62	28,76	0,31
	Irrigado	5,35	65,23	0,68
P100GV (g)	Sequeiro	9,92	78,74	0,96
	Irrigado	13,47	85,13	1,19
PVV (kg ha ⁻¹)	Sequeiro	7,95	41,59	0,42
	Irrigado	4,72	12,08	0,18
PGV (kg ha ⁻¹)	Sequeiro	9,46	53,38	0,53
	Irrigado	9,18	37,06	0,38
IGV (%)	Sequeiro	7,59	83,64	1,13
	Irrigado	-	-	-

Em condições de sequeiro, o coeficiente de determinação genotípico (h^2) variou de 28,76% (NGVV) e 96,58% (PP), enquanto em condições de irrigação, de 9,16% (NDIF) a 85,13% (P100GV). As maiores estimativas de h^2 foram observadas para os caracteres NDIF, PP e IGV, em condições de sequeiro, e P100GV, em condições de irrigação. Esses caracteres apresentam, nessas condições, maior confiabilidade do fenótipo na expressão do componente genético. Altas estimativas de h^2 para os componentes de produção também foram obtidas por Andrade (2010) estudando feijão-verde.

Em condições de sequeiro, a razão CV_g/CV_e variou de 0,31 (NGVV) a 2,65 (PP), enquanto em condições de irrigação, de 0,15 (NDIF) a 1,19 (P100GV). As

maiores estimativas da razão CVg/CVe foram apresentadas pelos caracteres PP e IGV, em condições de sequeiro, e P100GV, em condições de irrigação. Esses caracteres apresentaram, nessas condições, maior componente genético em relação ao componente ambiental na expressão do fenótipo.

As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental entre os caracteres avaliados, obtidas sob condições de sequeiro e irrigação são apresentados na Tabela 9.

No geral, observa-se que as estimativas de correlações foram muito influenciadas pelo tipo de cultivo (Tabela 9). De 28 correlações fenotípicas analisadas, dezoito foram não significativas (NDIF com P100GV; NDIF com PVV; NDIF com PGV; NDIF com IGV; PP com COMPVV, NGVV, P100GV, PVV e IGV; COMPVV com PGV e IGV; NGVV com PVV, PGV e com IGV; P100GV com PVV, PGV e IGV; e PVV com IGV), das correlações genotípicas 13 apresentaram significância e magnitudes diferentes (significância sob um tipo de cultivo e ausência de significância sob o outro tipo de cultivo), duas foram significativas, comportaram-se igualmente em magnitude, mas foram diferentes em direção (COMPVV com PVV; P100GV e PVV); duas apresentaram significância, magnitudes e direção similares em ambos os tipos de cultivo (PP com NGVV; COMPVV com P100G); e duas apresentaram significância, magnitudes e direções diferentes COMPVV com PVV; P100GV com PVV) (Tabela 11). As correlações foram mais expressas em condições de sequeiro, relativamente sob condições de irrigação.

Entre as correlações fenotípicas ou genotípicas significativas que se expressaram somente em condições de sequeiro, destacam-se: NDIF com PP (-0,70), NDIF com COMPVV (0,59), NDIF com NGVV (1,00), PP com PGV (-0,70), PP com IGV (-0,51), COMPVV com NGV (1,00), NGVV com P100G (0,93) e NGVV com PGV (0,84). Isso sugere que em condições de sequeiro é mais fácil selecionar para precocidade e porte ereto do que para precocidade e maior comprimento de vagem e número de grãos por vagem; há possibilidade de seleção para porte mais ereto e aumento da produção e do índice de grãos verdes, ganhos simultâneos para aumento do tamanho do grão, número de grãos por vagem e produtividade de grãos verdes.

Tabela 9 - Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e ambiental (r_A), entre os caracteres número de dias para o início da floração (NDIF), porte da planta (PP), comprimento de vagem verde (COMPVV), número de grãos por vagem verde (NGVV), peso de 100 grãos verdes (P100GV), produtividade de vagens verdes (PVV), produtividade de grãos verdes (PGV) e índice de grãos verdes (IGV), obtidas a partir da avaliação de 16 genótipos de feijão-caupi, sob condições de sequeiro (diagonal superior) e irrigação (diagonal inferior). Teresina, PI, 2012.

Caráter		PP	COMPVV	NGVV	P100GV	PVV	PGV	IGV
NDIF	r_F	0,6116**	0,4788 *	0,6530 **	0,1145 ^{ns}	0,1543 ^{ns}	- 0,1916 ^{ns}	- 0,4180 ^{ns}
	r_G	0,7018 **	0,5978 **	1,4460 **	0,1504 ^{ns}	0,1723 ^{ns}	- 0,3499 ^{ns}	- 0,4704 ^{ns}
	r_A	0,0938 ^{ns}	0,1049 ^{ns}	- 0,0624 ^{ns}	- 0,0101 ^{ns}	0,1540 ^{ns}	0,0966 ^{ns}	- 0,2127 ^{ns}
PP	r_F		0,0642 ^{ns}	0,2120 ^{ns}	- 0,3186 ^{ns}	- 0,1846 ^{ns}	- 0,5124 *	- 0,4667 ^{ns}
	r_G		0,0921 ^{ns}	0,4285 *	- 0,3498 ^{ns}	- 0,2777 ^{ns}	- 0,7015 **	- 0,5159 **
	r_A		- 0,1560 ^{ns}	- 0,0892 ^{ns}	- 0,1590 ^{ns}	- 0,0605 ^{ns}	- 0,0688 ^{ns}	- 0,0399 ^{ns}
COMPVV	r_F	- 0,4022 ^{ns}		0,7456 **	0,7735 **	0,4499 *	0,1919 ^{ns}	- 0,2840 ^{ns}
	r_G	- 0,7841**		1,000 **	0,8601 **	0,7715 **	0,3118 ^{ns}	- 0,3139 ^{ns}
	r_A	0,0311 ^{ns}		0,4869 *	0,4862 *	0,0484 ^{ns}	- 0,0167 ^{ns}	- 0,1738 ^{ns}
NGVV	r_F	0,3122 ^{ns}	0,3485 ^{ns}		0,4814 *	0,3280 ^{ns}	0,2072 ^{ns}	- 0,0741 ^{ns}
	r_G	0,4276*	0,1472 ^{ns}		0,9382 **	-	0,8448 **	- 0,1334 ^{ns}
	r_A	0,0113 ^{ns}	0,5844**		0,0897 ^{ns}	- 0,1994 ^{ns}	- 0,2149 ^{ns}	- 0,0253 ^{ns}
P100GV	r_F	- 0,5302*	0,5554**	- 0,1835 ^{ns}		0,3612 ^{ns}	0,3019 ^{ns}	- 0,0038 ^{ns}
	r_G	- 0,6664**	0,9100**	- 0,1717 ^{ns}		0,5527 **	0,4035 ^{ns}	0,0013 ^{ns}
	r_A	0,1181 ^{ns}	0,1956 ^{ns}	- 0,2444 ^{ns}		0,1275 ^{ns}	0,1281 ^{ns}	- 0,0261 ^{ns}
PVV	r_F	- 0,2012 ^{ns}	- 0,2595 ^{ns}	- 0,2997 ^{ns}	- 0,354 ^{ns}		0,7651 **	- 0,2135 ^{ns}
	r_G	- 0,7746**	- 0,8020**	-	- 0,7543**		0,5950 **	- 0,1579 ^{ns}
	r_A	0,0954 ^{ns}	- 0,1258 ^{ns}	- 0,0161 ^{ns}	- 0,3099 ^{ns}		0,9289 **	- 0,3894 ^{ns}
PGV	r_F	- 0,0050 ^{ns}	- 0,3367 ^{ns}	- 0,1522 ^{ns}	- 0,3782 ^{ns}	0,8645**		0,4591 *
	r_G	- 0,0302 ^{ns}	- 0,8555**	- 0,2973 ^{ns}	- 0,4508*	-		-
	r_A	0,0324 ^{ns}	- 0,0468 ^{ns}	- 0,0127 ^{ns}	- 0,4086 ^{ns}	0,8226**		- 0,0388 ^{ns}
IGV	r_F	0,3073 ^{ns}	- 0,2623 ^{ns}	- 0,2417 ^{ns}	- 0,2472 ^{ns}	- 0,0612 ^{ns}	0,4227*	
	r_A	-	-	-	-	-	-	
	r_A	- 0,0674 ^{ns}	0,2649 ^{ns}	0,0719 ^{ns}	- 0,1299 ^{ns}	- 0,3577 ^{ns}	0,2054 ^{ns}	
NDIF	r_F	0,2414 ^{ns}	0,0191 ^{ns}	- 0,0364 ^{ns}	0,2211 ^{ns}	- 0,0116 ^{ns}	- 0,1919 ^{ns}	- 0,4812*
	r_G	-	0,1973 ^{ns}	- 0,0007 ^{ns}	0,8354**	-	- 0,4540*	-
	r_R	- 0,1951 ^{ns}	- 0,0208 ^{ns}	- 0,0645 ^{ns}	- 0,0334 ^{ns}	- 0,2090 ^{ns}	- 0,1431 ^{ns}	0,1342 ^{ns}

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

Entre as correlações genotípicas significativas que se expressaram somente em condições de irrigação, destacam-se: NDIF com P100G (0,83), PP com

COMPVV (0,78), PP com P100GV (-0,66), PP com PVV (-0,77) e COMPVV com PGV (-0,85). Isso sugere que em condições de irrigação é difícil selecionar para precocidade e aumento do tamanho do grão, porte mais ereto e maior comprimento de vagem e maior comprimento de vagem e alta produtividade de grãos verdes; no entanto, é possível obter ganhos com a seleção para porte mais ereto e maior tamanho do grão e produtividade de vagens verdes.

Em ambas as condições de cultivo, destacam-se as seguintes correlações genóticas significativas: PP com NGVV (0,42), COMPVV com P100GV (0,86 e 0,91), COMPVV com PVV (0,77 e -0,80) e P100GV com PVV (0,55 e -0,75). Isso sugere que tanto em condições de sequeiro quanto em condições de irrigação é difícil selecionar para porte mais ereto e maior número de grãos por vagem, no entanto, é possível obter ganhos simultâneos para aumento do comprimento de vagem e tamanho do grão. A correlação entre o P100GV e PVV obtida nesse trabalho discorda com os resultados encontrados por Andrade et al. (2010), estudando outro grupo de genótipos de feijão-caupi para feijão-verde, que obtiveram correlação alta e positiva entre esses dois caracteres (0,84) em condições irrigadas. Andrade (2010) obteve correlação positiva e significativa entre esses caracteres, porém de baixa magnitude (0,39).

A correlação entre o COMPVV e o PVV, por apresentar sinais diferentes com os tipos de cultivo, indica que diferentes estratégias de seleção deverão ser adotadas para cada condição. Em condições de sequeiro, a seleção será mais vantajosa para ganhos simultâneos visando o aumento do comprimento da vagem verde e a produtividade de vagens verdes; já em condições de irrigação obter genótipos com essas duas características é muito difícil devido a existência de correlação alta e negativa entre esses caracteres. Andrade et al. (2010) e Andrade (2010), em outro estudo com feijão-verde em condições irrigadas, obteve correlações não significativas entre esses caracteres, diferentemente dos resultados obtidos no presente trabalho.

A seleção para maior tamanho do grão e a produtividade de vagens verdes é mais vantajosa em condições de sequeiro (0,55) e mais difícil em condições de irrigação (-0,75), devido a correlação ser negativa.

5 CONCLUSÕES

Existe variabilidade genética entre genótipos para a maioria dos caracteres, em ambas as condições de cultivo, sendo maior em condições irrigadas.

As linhagens apresentaram comportamentos similares às testemunhas quanto à produtividade de vagens e grãos verdes, em ambas as condições de cultivo (sequeiro e irrigado).

As estimativas de parâmetros genéticos foram muito afetadas pela condição de cultivo (sequeiro e irrigado).

O porte da planta, o peso de 100 grãos verdes e as produtividades de vagens e grãos verdes apresentaram maior variabilidade genética em ambas as condições de cultivo.

O número de dias para o início da floração, o porte da planta e o índice de grãos verdes apresentaram maior confiabilidade do fenótipo na expressão do componente genético em condições de sequeiro, enquanto o peso de 100 grãos verdes, em condições irrigadas.

É difícil a seleção para porte mais ereto e maior número de grãos por vagem verde e mais fácil obter ganhos simultâneos para o aumento do comprimento de vagem verde e tamanho do grão (em ambos os sistemas de cultivo).

A seleção para o aumento do comprimento de vagem verde e da produtividade de vagens verdes deve levar em consideração o tipo de cultivo, sendo mais vantajoso em condições de sequeiro.

REFERÊNCIAS

- ALLEYNE, J. C.; MORELOCK, T. E.; SNELLER, C. H. Genotype x Environment (G x E) Interaction in Southernpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] Genotypes in the Southeastern USA. **HortScience**, vol.33, n. 4596, p , 1998.
- 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, F. N. **Avaliação e seleção de linhagens de tegumento e cotilédone verdes para o mercado de feijão-caupi verde**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- ANDRADE, F. N. A.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, M. M. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agrônômica**, 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.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. A.; SANTOS, A. A.; SOBRINHO, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. S.; ROCHA, M. M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002.
- ARAÚJO, J. P. P. de, org. **O caupi no Brasil**. Brasília: IITA/EMBRAPA,1988. 722p.
- 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.cpamn.embrapa.br/congressos/conac2006/>>. Acesso em: 15 abr. 2010.
- BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; VELOSO, M. E. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. S. Milho-verde e feijão-caupi cultivados em consórcio

com diferentes lâminas de água e doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.5, p.524-530, 2012.

BRITO, E. S. **Feijão-caupi**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. 97p.

BUTCHER, J.; MORELOCK, T. Effects of postharvest storage and genotypes on quality and shelf life of fresh southernpeas (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Hortscience**, v.41, n.3, p. 516-517, 2006.

BUTCHER, J.; MORELOCK, T.; WILLIAMS, D. Effect of storage conditions and genotype on shelflife of fresh southernpea. **Hortscience**, v.40, n.3, p. 882, 2005.

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.

COSTA, M. M. M. N.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N.; MELO, F. I. O. **Produção, componentes de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetido à deficiência hídrica**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.32, n.1, p.43-50, 1997.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: Biometria. Editora UFV. Viçosa (MG). 2006, 382p.

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

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, n. 1, p.36-40, 1966.

EHLERS, J.D.; FERY, R.L.; HALL, A.E. Cowpea breeding in the USA: new varieties and improved germplasm. In: FATOKUN, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGH, B. B.; KORMAWA, P. M.; TAMÒ, M. (Ed.) **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture, p.62-77, 2002.

FAOSTAT. **Production Crops**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID = 567&lang = cn#cnanchor>. Acesso em 18 maio 2011.

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

- 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 Agronômica**, v. 38, p. 286-290, 2007.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (eds). **Feijão-caupi: Avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2005. 519p.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; LOPES, A. C. A. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de caupi enramador de tegumento mulato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.5, p.591-598, 2003.
- KBATOUNIAN, C. A. **Produção de alimentos para consumo doméstico no Paraná**. Caracterização e culturas alternativas. Londrina: IAPAR, 1994. 155p. (IAPAR. Circular, 81)
- 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.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, n.1, p.193-198, 1988.
- LOPES, M.A.; FALEIRO, F.G.; FERREIRA, M.E.; LOPES, D.B.; VIVIAN, R.; BOITEUX, L.S. Embrapa's contribution to the development of new plant varieties and their impact on Brazilian agriculture. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.12, s.2, p.31-43, 2012.
- 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. 1, p. 114-123, 2008.

- 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).
- NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão-caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.174- 177, 2004.
- OKIROR, S.O.; ONYILAGHA, J.C.; DUNBAR, T.; NJUE, O. investigating the potentials of four cowpea (southern pea) cultivars for fresh seed production. **International Journal of Applied Agricultural Research**, v.3, n.1, p.67-74, 2008.
- 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, A. P.; SILVA, V. R. F.; ARRUDA, F. P.; NASCIMENTO, I. S. S.; ALVES, A. U. 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.; TAVARES SOBRINHO, J.; NASCIMENTO, J. T.; ALVES, A. U.; ALBUQUERQUE, I. C.; BRUNO, G. B. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-caupi, em Areia, PB. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p.180-182, 2002.
- 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.
- 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.

- PEKSEN, E.; PEKSEN, A. Evaluation of vegetable cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) breeding lines for cultivar development. **Igdi University Journal of the Institute of Science & Technology**, v.2, n.4, p.9-18, 2012.
- QUEIROGA, P. V. D. M.; MEDEIROS, M. D. F.; MATA, W.; MATA, A. L. M. L. Análise da desidratação osmótica do feijão-verde (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Holos**, a.27, v.5, 2011.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A de F. B.; SANTOS, J. B dos.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Editora UFLA, 522 p, 2012.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. Lavras: UFLA, 472p, 2000.
- RAMOS, H. M. M.; BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MAROUELLI, W. A. Estratégias ótimas de irrigação do feijão-caupi para produção de grãos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.4, p.576-583, 2012.
- ROCHA, M. M.; ANDRADE, F. N.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão-caupi quanto à produção de grãos frescos, em Teresina-PI. **Revista Científica Rural**, v.14, n.1, p.40-55, 2012.
- ROCHA, M. M.; RODRIGUES, E. V.; ANDRADE, F. N.; FREIRE FILHO, OLIVEIRA, C. R. R.; RIBEIRO, V. Q. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de vagens e grãos verdes em genótipos de feijão-caupi. In: CBMP - CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2011, Búzios. **Panorama atual e perspectivas de melhoramento de plantas no brasil: Anais...** (CD), Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.
- ROCHA, M. M. **O feijão-caupi para consumo na forma de grãos frescos**. 2009. Agrosoft Brasil. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/agropaq/212374.htm>. Acesso em: 13 jan. 2012.
- ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; CARVALHO, H. W. L.; FILHO, J. B.; RAPOSO, J. A. A.; ALCÂNTARA, J. dos P.; RAMOS, S. R. R.; MACHADO, C. F. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de porte semiereto na Região Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.9, p.1283-1289, 2007.

- 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.; GOMES, R. L. F. **Avaliação agrônômica de genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 16 p. (Embrapa Meio-Norte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 67).
- 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.
- RODRIGUES, E. V.; ROCHA, M. de M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, K. J. D.; V. Q. RIBEIRO; ASSUNÇÃO FILHO, J. R. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão-caupi para produção de feijão-verde em Teresina-PI. In: CONAC - CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2 e REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 7, 2009, Belém. **Anais...** (CD), Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.
- 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, J. F. et al. Produtividade do feijão-caupi utilizando biofertilizante e uréia. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 25-29, 2007.
- 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.
- 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.
- SILVA, E. F.; BARROS-JÚNIOR, A.P.; SILVEIRA, L. M.; SANTANA, F. M. S.; SANTOS, M. G. Avaliação de cultivares de feijão-caupi irrigado para produção de grãos verdes em Serra Talhada-PE. **Revista Caatinga**, v.26, n.1, p.21-26, 2013.
- SILVA, L. R. A.; RODRIGUES, E. V.; SILVA, V. B.; GOMES, R. L. F.; ROCHA, M. M. Avaliação agrônômica de genótipos de feijão-caupi para feijão-verde. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012, Belém. **Anais**. Brasília: SBRG, 2012.

- SINGH, B. B. **The quiet revolution**. IITA Research to Nourish Af, R4D Review, Ibadan, Edition 5, p. 8-11, Sep. 2010. Disponível em: http://r4dreview.org/vvp-content/uploads/2011/01/sept2010_low_res.pdf. Acesso em 14 mar.2012.
- SINGH, B. B.; EHLERS, J. D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F. R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGH, B. B.; KORMAWA, P. M.; TAMÒ, M. (Ed.) **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture, p.22-40, 2002.
- SOUZA, C. L. C. **Variabilidade, correlações e análise de trilha em populações de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) para produção de grãos verdes**. 2005. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.
- VIEIRA, C. Leguminosas de Grãos: importância na agricultura e na alimentação humana. **Informe Agropecuário**, v.16, p. 5 -11. 1992.
- WILLIAMS, D.; MORELOCK, T.; STILES, E. Canning and tasting evaluation of the southernpea cooperative trial in Arkansas. **HortScience**, v.40, n.3, p.876, 2005.

ANEXOS

Anexo 1 - Valor total de precipitação (mm) do período. Teresina- PI. 2012.

Mês	Dados de Chuva em (mm)
Março	329,8
Abril	298
Maio	7,5
Junho	25,2
Julho	0
Agosto	0
Setembro	0
Outubro	3,1

Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí.

Anexo 2 - Resultado da análise do solo dos experimentos instalados em condições de sequeiro e irrigação.

Análise	Experimento em condições de Sequeiro	Experimento em condições Irrigadas
Ph	5,69	6,08
Fósforo (mg/dm ³)	14,01	57,36
Potássio (cmolc/dm ³)	0,11	0,75
Cálcio (cmolc/dm ³)	1,2	6,23
Magnésio (cmolc/dm ³)	0,41	1,42
Alumínio (cmolc/dm ³)	0,15	0,02
H + AL (cmolc/dm ³)	3,26	1,82
Nitrogênio (dag/Kg)	0,05	0,06
Matéria Orgânica (dag/Kg)	0,93	1,1
C. T. C.	4,98	10,21