MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/PRODUÇÃO VEGETAL

LUCÉLIA DE CÁSSIA RODRIGUES DE BRITO

COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI DE PORTE SEMIPROSTRADO EM RESPOSTA À DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAS

TERESINA-PI
2014

LUCÉLIA DE CÁSSIA RODRIGUES DE BRITO

COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI DE PORTE SEMIPROSTRADO EM RESPOSTA À DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: **Prof. Dr. ANTÔNIO AÉCIO DE CARVALHO BEZERRA**

TERESINA-PI

2014

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/PRODUÇÃO VEGETAL
Campus Ministro Petrônio Portela – Cep: 64.049-550 - Teresina, Piauí – Fone/Fax: 3215-5753 – email: ppga@ufpi.edu.br

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA PELA DISCENTE LUCÉLIA DE CÁSSIA RODRIGUES DE BRITO

Aos vinte e sete dias do mês de junho de 2013 às 14:30 horas, no Auditório do Núcleo de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella, Bairro Ininga, Teresina-PI, a banca examinadora infranomeada procedeu ao julgamento de defesa da dissertação de mestrado, Intitulada: **"Comportamento de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado em resposta a diferentes densidades de plantas",** apresentada pela discente Lucélia de Cássia Rodrigues de Brito, para obtenção do título de mestre junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Produção Vegetal, desta Universidade, o Presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra iniciando os trabalhos, concedeu a palavra à candidata para uma breve exposição do seu trabalho. Em seguida, o Presidente concedeu a palavra pela ordem e sucessivamente aos examinadores, os quais passaram a argüir a candidata durante o prazo máximo de 30 (trinta) minutos cada, assegurando-se igual prazo à candidata para responder aos senhores examinadores. Ultimada a defesa, que se desenvolveu nos termos regimentais, a banca examinadora, em sessão secreta expressou seu julgamento considerando a candidata Lucélia de Cássia Rodrigues de Brito APROVADA, devendo a mesma proceder às correções sugeridas pela banca examinadora no prazo de 60 (sessenta dias) a partir desta data, conforme artigo 39 § 2º da resolução 189/07 do CEPEX-UFPI. Nada mais havendo a tratar eu Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra lavrou o presente ata, que após lida e achada conforme, foi por todos (a) assinada, Teresina-PI, 27 de junho de 2014 .

APROVAÇÃO	Ap	NAp
Antônio Aécio de Carvalho Bezerra **Prof. Dr. Antônio Aécio Carvalho Bezerra- CCA/UFPI(Presidente)**	(X)	( )
Luís Alfredo P. Leal Nunes **Prof. Dr. Luís Alfredo Pinheiro Léal Nunes – CCA/UFPI(Membro)**	(X)	( )
Francisco de Alcântara Neto **Prof. Dr. Francisco de Alcântara Neto – CCA/UFPI(Membro)**	(X)	( )
Maurisrael de Moura Rocha **Prof. Dr. Maurisrael de Moura Rocha - Embrapa Meio Norte(Membro)**	(X)	( )

Aos meus amados pais, Lêda Rodrigues da Silva Brito e Francisco José Carneiro de Brito, por sempre acreditarem incondicionalmente em meu potencial.

DEDICO

"Precisamos dar um sentido humano às nossas construções. E, quando o amor ao dinheiro, ao sucesso, nos estiver deixando cegos, saibamos fazer pausas para olhar os lírios do campo e as aves do céu".

(Érico Veríssimo)

AGRADECIMENTOS

DEUS e aos agentes de sua vontade, por terem permitido essa vitória e concedido, mesmo em momentos difíceis, a proteção, a força e a fé necessárias para aqui chegar.

Aos meus pais, Lêda Rodrigues da Silva Brito e Francisco José Carneiro de Brito, por estarem sempre presentes cercando-me de amor, apoio e solicitude.

Ao meu esposo, Jelves Aaron Presley da Costa Lima, pela compreensão e incentivo recebidos ao longo desta jornada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Ao Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra, pela orientação, paciência, disponibilidade e, acima de tudo, pelos ensinamentos dispensados com sabedoria, profissionalismo e humildade, sendo para mim modelo de profissional a ser seguido.

Ao companheiro de trabalho Adão Cabral das Neves, pela dedicação e colaboração inestimadas em todas as fases desta árdua caminhada, a qual muitas vezes foi suavizada pelas suas conversas francas e inteligentes.

Ao programa de Pós-graduação em Agronomia, da universidade Federal do Piauí, pelo apoio e oportunidade.

Todos os professores da Pós-graduação em Agronomia pelos ensinamentos e conselhos.

À Embrapa Meio-Norte por ter disponibilizado sua infraestrutura física, técnica e humana para realização dos ensaios experimentais.

Aos funcionários que constituem a equipe do feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte, em especial, Manoel Gonçalves, Paulo Monteiro, Agripino Ferreira, Sr. França, Sr. Patrícia e as “mulheres do caupi” pela ajuda, recepção, carinho e atenção.

Aos colegas e parceiros de trabalho, Ronielle, Mayara e Rafael pela fundamental ajuda nos trabalhos de campo e coleta de dados dos ensaios experimentais.

A todos os colegas da pós-graduação em Produção Vegetal da UFPI pelas incontáveis horas de estudos em grupo, companheirismo e amizade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comprimento de hipocótilo (CH) em função da população de plantas de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014. 37

Figura 2. Comprimento do epicótilo (CE) em função da população de plantas de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014. 39

Figura 3. Diâmetro de caule (DC) em função da população de plantas de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014. 40

Figura 4. Número de ramos laterais (NRL) em função da população de plantas de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014. 42

Figura 5. Número de dias para maturação de vagens (MAT) em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014..... 57

Figura 6. Percentual de interceptação luminosa (ITL), aos 32 DAE, em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014. 58

Figura 7. Percentual de interceptação luminosa (ITL), aos 40 DAE, em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014. 60

Figura 8. Número de vagens por planta (NVP) em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014..... 78

Figura 9. Comprimento de vagem (CMV) em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014. 80

Figura 10. Peso de cem grãos (P100G) em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014. 82

Figura 11. Número médio de grãos (NGV) em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014..... 83

Figura 12. Peso de grãos por planta (PGP) em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014. 84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da análise química do solo da área experimental para macronutrientes, na profundidade de 0 – 20 cm. Teresina, PI, 2014. 33

Tabela 2. Espaçamento entre plantas dentro da fileira (EDF) e número de plantas por metro linear em função do arranjo populacional. Teresina, PI, 2014. 34

Tabela 3. Variedades, porte da planta (PP), ciclo (CIC), dias para o florescimento (FLO), comprimento de vagem (CV), peso de cem grãos (P100G) e subclasse comercial (CC). Teresina, PI, 2014..... 34

Tabela 4. Resumo da análise de variância para o comprimento do hipocótilo (CH), comprimento do epicótilo (CE), diâmetro do caule (DC), número de nós no ramo principal (NNRP) e número de ramos laterais (NRL) de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas a diferentes populações de plantas. Teresina, PI, 2014. 36

Tabela 5. Valores médios para o comprimento do hipocótilo (CH) de quatro cultivares de feijão-caupi de port semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014..... 37

Tabela 6. Valores médios para o comprimento do epicótilo (CE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014..... 38

Tabela 7. Valores médios para o diâmetro de caule (DC) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014. 39

Tabela 8. Valores médios para o número de nós no ramo principal (NNRP) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014. 41

Tabela 9. Valores médios para o número de ramos laterais (NRL) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014..... 42

Tabela 10. Resumo da análise de variância para número de dias para maturação (MAT), número de dias para floração (FLO), interceptação de luz aos 32 (ITL1), 40 (ITL2), 47 (ITL3) e 52 (ITL4) dias após a emergência (DAE) de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a diferentes populações de plantas. Teresina, PI, 2014. 54

Tabela 11. Resumo da análise de variância para teor de clorofila aos 43 (TCLO1) e 52 (TCLO2) dias após a emergência (DAE) e fotossíntese aos 41 (FOT1) e 53 (FOT2) DAE de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a diferentes populações de plantas. Teresina, PI, 2014. 55

Tabela 12. Valores médios para o número de dias para início da floração de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014. 56

Tabela 13. Valores médios para o número de dias para início da maturação de vagem de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014. 56

Tabela 14. Valores médios para interceptação luminosa aos 32 dias após a emergência (DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014..... 58

Tabela 15. Valores médios para interceptação luminosa aos 40 dias após a emergência (DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014..... 59

Tabela 16. Valores médios para interceptação luminosa aos 47 dias após a emergência (DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014..... 60

Tabela 17. Valores médios para interceptação luminosa aos 52 dias após a emrgência (DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas a cinco populações de plantas.Teresina, PI, 2014.....61

Tabela 18. Valores médios para teor de clorofila aos 43 dias após a emrgência (DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014. 62

Tabela 19. Valores médios para teor de clorofila aos 52 dias após a emergência (DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014. 63

Tabela 20. Valores médios para fotossíntese aos 41 dias após a emergência (DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014. 64

Tabela 21. Valores médios para fotossíntese aos 53 dias após a emergência (DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014. 65

Tabela 22. Resumo da análise de variância para número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (CMV), índice de grãos (IG), peso de cem grãos (P100G), número médio de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por planta (PGP) e rendimento de grãos (REND) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostardo, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014..... 76

Tabela 23. Valores médios para número de vagens por planta de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014..... 77

Tabela 24. Valores médios para comprimento de vagem de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014. 79

Tabela 25. Valores médios para índice de grãos (IG) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014..... 80

Tabela 26. Valores médios para peso de cem grãos (P100G) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostardo, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014..... 81

Tabela 27. Valores médios para número de grãos por vagem de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014..... 82

Tabela 28. Valores médios para peso de grãos por planta de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014. 84

Tabela 29. Valores médios para rendimento de grãos de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014..... 85

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL 14

2. REFERENCIAL TEÓRICO 16

2.1 Origem, classificação botânica e nomes vulgares 16

2.2 Importância socioeconômica 16

2.3 Densidade de plantio 17

2.4 População de plantas e componentes morfológicos 18

2.5 População de plantas e componentes fisiológicos 20

2.6 População de plantas e produção de grãos seus componentes 21

3. REFERÊNCIAS 23

CAPÍTULO 1. Comportamento morfológico de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado em resposta à diferentes densidades de plantas 29

RESUMO 29

ABSTRACT 30

1. INTRODUÇÃO 31

2. MATERIAL E MÉTODOS 33

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 36

3.1 Comprimento do hipocótilo (CH) 36

3.3 Diâmetro do caule (DC) 39

3.4 Número de nós no ramo principal (NNRP) 40

3.5 Número de ramos laterais (NRL) 41

4. CONCLUSÕES 44

5. REFERÊNCIAS 45

CAPÍTULO 2. Comportamento fisiológico de cultivares de Feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas à diferentes densidades de plantas 48

RESUMO 48

ABSTRACT 49

1. INTRODUÇÃO 50

2. MATERIAL E MÉTODOS 52

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 54

3.1 Número de dias para o início da floração (FLO) 55

3.2 Número de dias para o início da maturação de vagem (MAT) 56
3.3 Interceptação de luz aos 32 DAE 57
3.4 Interceptação de luz aos 40 DAE 59
3.5 Interceptação de luz aos 47 DAE 60
3.6 Interceptação de luz aos 52 DAE 61
3.7 Teor de clorofila aos 43 DAE 62
3.8 Teor de clorofila aos 52 DAE 62
3.9 Fotossíntese aos 41 DAE 63
3.10 Fotossíntese aos 53 DAE 64
4. CONCLUSÕES 65
5. REFERÊNCIAS 67
CAPÍTULO 3. Comportamento da produção de grãos e seus componentes de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado em resposta à densidade de plantas 70
RESUMO 70
ABSTRACT 71
1. INTRODUÇÃO 72
2. MATERIAL E MÉTODOS 74
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 76
3.1 Número de vagens por planta (NVP) 76
3.2 Comprimento de vagem (CMV) 78
3.3 Índice de grãos (IG) 80
3.4 Peso de cem grãos (P100G) 81
3.5 Número de grãos por vagem (NGV) 82
3.6 Peso de grãos por planta (PGP) 83
3.7 Rendimento de grãos (REND) 85
4. CONCLUSÕES 86
5. REFERÊNCIAS 87
4. CONCLUSÕES GERAIS 90

1. INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) também conhecido como feijão-macassar e feijão-de-corda é uma leguminosa de clima tropical que vem sendo amplamente cultivada nas regiões mais quentes da África, Brasil e Estados Unidos. No Brasil, ele é de grande importância para os povos da região Norte e Nordeste pelo seu alto potencial produtivo e excelente valor nutritivo. Recentemente a cultura tem se expandido para a região Centro-Oeste, onde a produção provém principalmente de médios e grandes produtores que praticam uma lavoura tecnificada (FREIRE FILHO et al., 2011).

Em 2011 foram colhidos no Brasil aproximadamente 1,6 milhões de hectares de feijão-caupi, com produção de 822 mil toneladas e produtividade média de 525 kg ha^{-1}. A maior produção concentra-se no Nordeste, com 84% da área plantada e 68% da produção nacional (CONAC, 2013).

Apesar da franca expansão da cultura para a região Centro-Oeste, a produtividade do feijão-caupi ainda é considerada baixa, o que segundo Cardoso e Ribeiro (2006), deve-se principalmente ao baixo nível tecnológico empregado nas atividades de produção associado ao uso de cultivares tradicionais com baixo potencial produtivo. Além disso, na região Nordeste do Brasil, o cultivo do feijão-caupi, quase sempre, está associado às incertezas da agricultura de sequeiro e ao sistema de produção de subsistência consorciado com outras culturas como o milho e a mandioca, embora o seu monocultivo seja crescente, tanto em condições de sequeiro como irrigado. Outro fator que colabora para o baixo rendimento dos cultivos de feijão-caupi é o uso inadequado do número de plantas por unidade de área. Tal aspecto contribui para que o potencial produtivo da cultivar não se expresse na sua plenitude.

A densidade de plantio é a combinação entre o número de plantas na linha de semeadura e o espaçamento entre linhas, e apresenta variações de acordo com as características intrínsecas de cada cultivar, sendo o porte da planta um dos caracteres que exerce influência sobre a resposta do feijão-caupi ao adensamento populacional (CARDOSO; RIBEIRO, 2006).

As pesquisas indicam que vários componentes como número de ramos laterais, número de nós no ramo principal, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e comprimento de vagem estão fortemente relacionados à produtividade de grãos. No entanto, tais componentes

apresentam variações em função da densidade de plantas conforme observado por Távora et al. (2001), Mendes et al. (2005), Bezerra et al. (2008) e Costa et al. (2013).

Haizel (1972), Cardoso e Ribeiro (2006), Bezerra et al. (2008), Bezerra et al. (2009) e Bezerra et al. (2012) ratificam que a densidade de plantio influencia os componentes de produção e a produtividade final da cultura. Desta forma, estudos sobre o manejo do número de plantas por unidade de área assumem elevada importância no estabelecimento dos cultivos agrícolas de feijão-caupi, em especial das cultivares de porte semiprostrado e prostrado, que são as mais adotadas pelos agricultores familiares, os quais contribuem com a maior parte da área plantada e da produção de feijão-caupi no Brasil.

Diante do exposto, esta pesquisa objetivou avaliar os componentes morfológicos, fisiológicos e de produção de três variedades de feijão-caupi de porte semiprostrado (BRS Marataoã, BRS Pujante e BRS Xiquexique), e uma de porte prostrado (BRS Paraguaçu), submetidas a cinco densidades populacionais (80.000, 160.000, 240.000, 320.000 e 400.000 plantas ha^{-1}), em sistema irrigado, nas condições edafoclimáticas de Teresina-PI.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem, classificação botânica e nomes vulgares

O feijão-caupi é uma espécie vegetal originária do continente africano. Essa constatação deve-se à presença, nesse continente, de todas as 170 espécies catalogadas, onde 66 delas são endêmicas da região. Ademais, não se encontram registros da presença das formas selvagens da espécie fora da África.

O centro de origem ainda é conteúdo de discordância, segundo Steele e Mehra (1980) a região Oeste da África, especificamente a Nigéria é provavelmente seu centro primário de evolução, entretanto outros países como Etiópia, Paquistão e Irã são sugeridos na literatura.

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

O feijão-caupi é uma planta dicotiledônea, pertencente ao filo *Magnoliophyta*, à classe *Magnoliopsida*, ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboidea*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinea*, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, secção *Catiang*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *unguiculata* (EMBRAPA, 2007).

No território brasileiro a espécie *Vigna unguiculata* (L) Walp. se apresenta com vários nomes vulgares, distintos em cada região. No Nordeste é conhecido como feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-macassar; no Norte, feijão-da-colônia e feijão-de-praia; no Sul é conhecido como feijão-miúdo. Em algumas regiões da Bahia e Norte de Minas Gerais pode ser conhecido como feijão-gurutuba ou feijão-catador e nos estados da Bahia e Rio de Janeiro como feijão-fradinho (FREIRE FILHO et al., 2005b).

2.2 Importância socioeconômica

O feijão-caupi destaca-se por sua importância socioeconômica para as famílias das regiões Norte e Nordeste do Brasil e, mais recentemente, para algumas regiões do Centro-Oeste. Constitui-se um dos principais componentes da dieta alimentar nas zonas rural e urbana, sendo

importante fonte de proteína, energia, fibras e minerais (SINGH, 2007; FROTA et al., 2008), além de gerador de emprego e renda para milhares de pessoas. Segundo Freire Filho et al. (2011), no período de 2005 a 2009 a cultura foi responsável por gerar em média 1.113.109 empregos por ano, produzir suprimento alimentar para 28.205.327 pessoas e gerar uma produção anual no valor de R$ 684.825.333,00.

O feijão-caupi caracteriza-se por ser bastante versátil em termos de mercado, podendo ser comercializado na forma de grãos secos e vagem, farinha para acarajé e sementes (ROCHA et al., 2006; ROCHA, 2009).

O cenário atual dos cultivos de feijão-caupi tem se transformado, pois com o avanço para outras regiões brasileiras, a cultura deixou de ser uma atividade exclusiva de subsistência. Assim, é possível encontrar cultivos empresariais, direcionados para o mercado de grãos secos, que utiliza elevado nível tecnológico durante o processo produtivo, refletindo, dessa forma, o êxito dos programas de melhoramento da Embrapa Meio-Norte no lançamento de cultivares melhoradas que atendam os objetivos do pequeno agricultor e do produtor empresarial (SILVA, 2008).

2.3 Densidade de plantio

A densidade de plantio, definida pela combinação entre o número de plantas na linha de semeadura e o espaçamento entre linhas (CARDOSO et al., 2006), pode provocar alterações capazes de interferir no microclima formado, na disponibilidade de luz, nutrientes e água. Produções biológicas e econômicas das culturas dependem diretamente do aproveitamento da luz, resultante da interceptação desta pela folhagem e da eficiência com que sua energia é convertida em energia química dos constituintes vegetais (MATOSO, 2011). Assim, a densidade e o arranjo de plantas são determinantes para a maximização dos rendimentos da atividade agrícola.

O adensamento de plantas estimula a competição intraespecífica pelos recursos do meio (água, luz, nutrientes, CO_2), sendo que a duração do tempo da competição determina prejuízos no crescimento, no desenvolvimento e, consequentemente, na produção das culturas. Uma redução considerável no crescimento de espécies, tanto em combinações intra como interespecíficas, é resultante da competição espacial entre grupos de plantas que ocupam o mesmo local em um determinado período de tempo (ZANINE; SANTOS, 2004).

Nesse contexto, para as culturas do feijão-guandu, do milho e do feijão-caupi vários estudos indicam que, dentre as formas existentes de manejo do arranjo espacial, a densidade de plantas é a que apresenta maior interferência na produção (MAIOR JÚNIOR, 2006; BRACHTVOGEL et al., 2009; MIRANDA NETO et al., 2013). No entanto, para qualquer cultura, conforme Henderson et al. (2000), o conhecimento do arranjo de plantas mais adequado é essencial para a maximização econômica da produção, haja visto que a competição entre plantas exerce influencia direta em diversos fatores morfofisiológicos e de produção.

Os efeitos da variação da densidade são distintos para cada cultivar de acordo com suas características particulares, assim, para cultivares de hábito determinado pode ser conseguido aumento da produção através da utilização de altas populações (CROTHERS; WESTERMANN, 1977). Para cultivares de porte ereto os efeitos do aumento da população de plantas são menos pronunciados que em cultivares de porte prostrado (NANGJU et al., 1975; CARDOSO et al., 1997). Resultados de pesquisa, obtidos por Cardoso et al. (1997) e Cardoso e Ribeiro (2006), indicam que o porte da planta apresenta influência sobre a resposta do feijão-caupi ao adensamento populacional.

Estudos de densidade de plantio em cultivares de feijão-caupi de porte prostrado e semiprostrado são mais escassos que em cultivares de porte ereto e semiereto (PEDROZO et al., 2013), indicando necessidade de mais pesquisas para esse grupo de porte de cultivares.

2.4 População de plantas e componentes morfológicos

Para Willey e Heath (1969), a população de plantas pode ser definida não somente em termos do número de plantas por área, mas também em termos do arranjo destas na área. A combinação desses fatores provocam efeitos nos componentes morfológicos do vegetal, os quais assumem maior ou menor intensidade de acordo com o porte da planta.

Costa et al. (2013), estudando o efeito da densidade de plantas sobre componentes morfológicos em cultivares de feijão-caupi de porte semiereto e prostrado, encontraram diferenças significativas entre as cultivares para o número de nós por planta (NNP) sendo que, para todas as cultivares estudadas, houve redução desse componente com o aumento da população de plantas, indicando efeito linear.

Semelhante ao que acontece com o NNR, estudos apontam que o componente número de ramos laterais (NRL) também diminui significativamente com o aumento da densidade de plantas. Estudos realizados por Távora et al. (2001), Mendes et al. (2005) e Bezerra et al. (2008) ratificam efeito da densidade de plantas sobre tal componente.

A redução do NRL, verificada nos diversos trabalhos de pesquisa, deve-se ao aumento da competição entre plantas imposta pelas maiores densidades, sendo que a modificação nesse componente influencia a arquitetura da planta e, em consequência, o potencial de rendimento de grãos.

Bezerra et al. (2008) apontam que incrementos na densidade de 100.000 plantas há$^{-1}$ para 400.000 plantas ha^{-1} promovem mudanças significativas na morfologia e capacidade produtiva da planta, as quais são refletidas no aumento do comprimento do ramo principal, redução do número de nós do ramo principal, número de ramos laterais e produção de grãos por planta. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos e Araújo (2000), ao trabalharem com densidades de 20.000, 40.000, 80.000 e 160.000 plantas ha^{-1}.

O diâmetro de caule (DC) é uma característica que se relaciona com a suscetibilidade ao acamamento da cultura. No feijão-caupi é comum que, sob altas densidades de plantas, haja uma redução do DC associado ao aumento no comprimento do epicótilo (CE). Em estudo desenvolvido por Bezerra et al. (2013) no qual se avaliou componentes morfológicos e de produção em cultivar de porte semiereto de feijão-caupi submetida a diferentes populações de plantas, ratifica-se que o incremento da densidade favorece a redução do DC e aumenta o CE.

Mudanças significativas na morfologia da planta de feijão-caupi, promovidas pelas alterações no número de plantas por unidade de área, têm sido bastante observadas em diversas pesquisas (BEZERRA et al., 2008; COSTA et al., 2013; MIRANDA NETO 2013), no entanto, a ampla diversidade ambiental e climática das regiões brasileiras e as distintas cultivares de feijão-caupi lançadas pelo programa de melhoramento da Embrapa Meio-Norte, exigem continuidade nos estudos, a fim de aprofundar os conhecimentos sobre os efeitos da densidade de plantas sobre os componentes morfológicos de plantas.

2.5 População de plantas e componentes fisiológicos

Entre os diversos componentes do ambiente, a luz é primordial para o crescimento das plantas, não só por fornecer energia para a fotossíntese, mas também por fornecer sinais que regulam seu desenvolvimento por meio de receptores de luz sensíveis a diferentes intensidades, qualidade espectral e estado de polarização (REGO; POSSAMAR, 2006).

A densidade ótima de plantio é essencial para assegurar bons níveis de captação luminosa podendo o aumento exagerado do número de plantas na área, induzir o surgimento de resultados fisiológicos que comprometam a capacidade produtiva da cultura.

O auto-sombreamento formado pelo excesso de plantas reduz a interceptação luminosa, afetando a eficiência fotossintética e a produtividade de grãos. Por outro lado, aumentos na densidade populacional, até certos níveis, podem aumentar o índice de área foliar, a interceptação da radiação solar e a eficiência de seu uso (BAUMANN et al., 2001; MENDES et al., 2005; OROKA; OMOREGIE, 2007).

A capacidade fotossintética das plantas reduz-se com o aumento do auto-sombreamento (KERBAUY, 2004), assim o desenvolvimento do dossel da cultura está intimamente relacionada com a interceptação de luz e consequentemente com a atividade fotossintética realizada. Desse modo, alterações nos espaçamentos, seja entre linhas ou entre plantas, tendem a influenciar no aproveitamento da energia luminosa pelas plantas.

Carvalho et al. (2000) em estudo realizado com dez cultivares de feijão-caupi, de diferentes características de copa e hábito de crescimento, nas populações de 41,7 e 125 mil plantas ha^{-1} concluíram que o aumento da densidade de plantas reduz o número de dias para que a cultura atinja a máxima interceptação de luz devido ao alcance mais precoce da cobertura do solo. Ainda segundo esses autores, na maior densidade de plantas houve tendência na redução do número de flores por planta, sem, no entanto, afetar a eficiência reprodutiva da cultura. Resultados semelhantes para redução de flores por planta foram observados por Mendes et al. (2005).

Com relação ao teor de clorofila presente na folha, alguns estudos têm sido desenvolvidos relacionando o pigmento fotossintético à densidade de plantas. Costa et al. (2013) avaliaram os efeitos de cinco populações de plantas sobre cultivares de feijão-caupi de diferentes porte e observou que, independente da cultivar, a densidade de plantas não influenciou no teor de

clorofila total. Matoso (2011) estudando o monocultivo e o cultivo consorciado de cultivares de feijão-caupi de diferentes porte com uma cultivar de híbrido simples de milho, verificou que o teor de clorofila nas folhas é mais afetado pelas características genéticas da cultivar que pelo sistema de manejo empregado. Desta maneira evidencia-se que o teor de clorofila é muito variável entre as espécies assim como entre genótipos de uma mesma espécie (LEE, 1988).

Matoso et al. (2013) avaliaram o número de dias transcorridos para emergência da planta e número de dias para o florescimento e maturação em ensaio experimental à cerca da produtividade de grãos de feijão-caupi sob diferentes densidades de plantas. De acordo com os autores, os componentes referentes ao ciclo da cultura, não sofreram influência das populações de plantas estudadas.

No Brasil ainda são escassas as pesquisas que relacionam os efeitos da densidade de plantas em cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado e prostrado sobre os fatores fisiológicos interceptação luminosa, teor de clorofila total e taxa fotossintética, bem como os componentes relativos ao ciclo fenológico da cultura.

2.6 População de plantas e produção de grãos seus componentes

Vários estudos foram desenvolvidos para avaliar os efeitos do número de plantas sobre a produtividade de grãos e seus componentes na cultura do feijão-caupi (OLUFAJO e SINGH, 2000; BEZERRA et al., 2008; CARDOSO; MELO, 2009; MATOS FILHO et al. 2009; COSTA et al., 2012; BRITO et al., 2013; SANTOS et al., 2013; MATOSO et al., 2013).

Cardoso et al. (2013), avaliando efeitos da densidade de plantas sobre cultivares de feijão-caupi de diferentes portes, verificaram que o número de vagens por planta (NVP), apresentou efeito linear decrescente com o aumento do número de plantas por unidade de área, sendo tal efeito, mais pronunciado nas cultivares de porte semiprostrado do que nas de porte semiereto e ereto. Em geral, aumentos na população de plantas por área, em uma mesma cultivar, têm efeito no padrão de distribuição das vagens na planta (HORN et al., 2000).

O NVP é um dos principais componentes de produção do feijão-caupi. É muito afetado pelas alterações em número de ramos laterais, pois esta variável quando decresce, leva à redução reprodutiva em consequência da redução de gemas. Essa relação é ratificada por resultados obtidos por Bezerra et al. (2012).

O rendimento de grãos também sofre influencia do NRL e apresenta diminuição significativa com o aumento da população de plantas, conforme observado por Távora et al. (2001), Mendes et al. (2005) e Bezerra et al. (2008). No entanto o peso de cem grãos, para a cultura do feijão-caupi, não é influenciado por alterações nas populações, conservando desse modo à qualidade fisiológica dos grãos (BEZERRA et al., 2012). Outros estudos endossam essa informação (SANTOS et al., 2008; LEMMA et al., 2009; NAIM; JABERELDAR, 2010).

Rocha et al. (2013) Avaliando o efeito de cinco densidades populacionais sobre a produtividade de grãos de cultivares de feijão-caupi concluíram que o aumento da densidade de plantas não teve influência na produtividade das cultivares estudadas. Resultados discordantes foram observados por Santos e Araújo (2000) trabalhando com cultivares de porte semiereto que obtiveram os maiores rendimentos de grãos com o aumento da densidade de plantas. Enquanto que Mendes et al. (2005) observaram decréscimos na produtividade de grãos em função do aumento na densidade de plantas.

Estes resultados são importantes na medida em que se verifica o comportamento intrínseco de cada cultivar em resposta às densidades testadas, além do que, as respostas obtidas nas pesquisas levam em consideração fatores ambientais e sistemas de manejo que também influenciam nos componentes morfofisiológicos e de produção. Desta forma, as pesquisas são fundamentais para a determinação da densidade ótima de plantas e assim alavancar a produtividade da cultura, pois, segundo Cardoso et al. (2005), uma das causas da baixa produtividade de feijão-caupi no Brasil é a escassez ou excesso de plantas na área.

3. REFERÊNCIAS

BAUMANN, D. T.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M. J. Competition and crop performance in a leek – celery intercropping system. **Crop Science,** v. 41, p. 764-774, 2001.

BEZERRA, A. A. C.; NETO, F. A.; NEVES, A. C.; MAGGIONI, K. Comportamento morfoagronômico de feijão-caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. **Revista Ciência Agrária**, v. 55, n. 3, p. 184-189, 2012.

BEZERRA, A. A. C.; NEVES, A. C.; GUIMARÃES, A. R. C.; SILVA JÚNIOR, J. V. S.; PESSOA, E. F. Morfologia e produção de feijão-caupi, cv. BBS Novaera, sob diferentes densidades e plantio. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2012. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/029a.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1239-1245, 2009.

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.8, p.85-93, 2008.

BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. S.; CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S. J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, v.39, p. 2334-2339, 2009.

BRITO, L. L. M.; MASSARANDUBA, W. M.; SILVA, W. C.; MOTA, A. M. D.; CAMARA, F. T. Desenvolvimento e produtividade de feijão caupi em grãos secos em função do espaçamento entre fileiras e da população inicial. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-Caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2012.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B. Desempenho produtivo de feijão-caupi semi-ereto a densidade de plantas em argissolo amarelo. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 7. Belém, 2009. **Anais.**

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; ANDRADE Jr., A. S. Densidade de plantas de caupi em regime irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.4, p.399-405, 1997.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; ERIC RODRIGUES, B. H. N. Adubação fosfatada e densidades de planta em feijão-caupi em solo de tabuleiro costeiro. In:

CONGRESSO NACIONAL DE FEIJAO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJAO-CAUPI, 6., Teresina, 2006. **Anais.** Teresina, Embrapa Meio-Norte, 2006.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; LIMA, M. G. de. Ecofisiologia e manejo de plantio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi**: avanços tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 212-228.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agronômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamento entre linhas e densidade de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 01, p. 102-105, 2006.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F. B. Performance da densidade de plantas em cultivares comerciais de feijão-caupi nos cerrados do leste maranhense. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/026b.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

CARVALHO, W. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N.; PITOMBEIRA, J. B. Densidade de plantio na cultura de feijão- de-corda irrigada. I. Área foliar, interceptação de luz e características de florescimento. **Ciência Agronômica**, v.31 (1/2), p. 1-13, 2000.

CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI- III CONAC. Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA). Disponível em: < http://www.conac2012.org/congresso>. Acesso em: 01 março 2012.

COSTA, A. A.; SANTOS, A.; CORREA, A. M.; CECCON, G. Produtividade e índice de clorofila em genótipos de feijão-caupi de porte prostrado e semiprostrado. In: Jornada de iniciação científica da Embrapa, 8., Manaus, 2012. **Anais**. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental, 2012.

COSTA, A. A.; CECCON, F.; CECCON, D. P.; SANTOS, A.; SILVA, J. F.; CECCON, G. Morfofisiologia de feijão-caupi em populações de plantas, em Dourados, MS, 2012. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/170a.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

CROTHERS, S. E.; WESTERMANN, D. T. Plant population effects on the seed yield of *Phaseolus vulgaris* L. **Agronomy Journal,** Madison, v.68, n.6, p.958-960, 1976.

EMBRAPA MEIO-NORTE. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Feijão-caupi: biologia floral**. 2007. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/61893> Acesso em: 05 mar. 2014.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil:** produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2011, 84p.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi:** avanços tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005b. 519 p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. **Melhoramento genético.** In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi:** avanços tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005a. p. 28-92.

FROTA, K. M. G.; MENDONÇA, S.; SALDIVA, P. H. N.; CRUZ, R. J.; ARÊAS, J. A. G. Cholesterol-lowering properties of whole cowpea seed and its protein isolate in hamsters. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 9, p. H235-H240, 2008.

HAIZEL, K. A. The effects of plant density on the growth, development and grain yield of two varieties of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Ghana Journal Agriculture Sciences**, v. 5, p. 163-171, 1972.

HENDERSON, T. L.; JOHNSON, B. L.; SCHNEITER, A. A. Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the northern Great Plains. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 329-336, 2000.

HORN, F. L.; SCHUCH, L. O. B.; SILVEIRA, E. P.; ANTUNES, I. F.; VIEIRA, J. C.; MARCHIORO, G.; MEDEIROS, D. F.; SCHWENGBER, J. E. Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 41-46, 2000.

LEE, D. W. Simulating forest shade to study the development ecology of tropical plants: Juvenile growth in three vines in India. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 4, p. 281-92, 1988.

LEMMA, G.; WORKU, W.; WOLDERMICHAEL, A. Moisture and planting density interactions affect productivity in cowpea *(Vigna unguiculata)*. **Journal of Agronomy**, v. 8, n. 4, p. 117-123, 2009.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal.** Rio de Janeiro, Guanabara Koogan S. A., 2004, 452 p.

MAIOR JÚNIOR, S. G. S. Produção de forragem de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) Millsp.) em região semi-árida – Patos: CSTR/UFCG, 2006. Dissertação.

MATOSO, A. O. **Milho e feijão-caupi cultivados em faixa na safrinha.** 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu.

MATOSO, A. O.; SORATTO, R. P.; GUARNIERI, F.; SOUZA, M. R.; ABRAHÃO, R. C. Produtividade de grãos de feijão-caupi sob diferentes densidades de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/047b.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

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

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N; PITOMBEIRA, J. B. Alterações na relação fonte-dreno em feijão-de-corda submetido a diferentes densidades de plantas. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 1, p.82-90, 2005.

MIRANDA NETO, V. N.; CECCON, G.; SOUZA, E. F. C.; SANTOS, A. Resposta de quatro cultivares de feijão-caupi a diferentes densidades populacionais. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/050e.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

NAIM, A. M.; JABERELDAR, A. A. Effect of Plant density and Cultivar on Growth and Yield of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.)Walp). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 4, n. 8, p. 3148-3153, 2010.

NANGJU, D.; LITTLE, T. M.; ANJORIN-OHU, A. Effect of plant density and spatial arrangement on seed yield of cowpea (Vigna-unguiculata (L.) Walp.). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.100, p.467-470, 1975.

OLUFAJO, O. O.; SINGH, B. B. Advances in cowpea cropping systems research In: **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production.** Proceedings of the world cowpea Conference III held at international Institute of Tropical Agriculture (IITA). Ibadan, Nigeria, 4-8 september 2000. IITA, Ibadan, Nigeria. p. 267-277.

OROKA, F. O.; OMEREGIE, A. U. Competition in a rice – cowpea intercrop as affected by nitrogen fertilizer and plant population. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 6, p. 621-629, 2007.

PEDROZO, C. A.; VILARINHO, A. A.; SILVA, N. M.; CARDOSO, M. J.; BASTOS E. A. Densidade de plantio em cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/022c.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do Sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 179-194, 2006.

ROCHA, M. de M.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q.; ANDRADE, F. N.; GOMES, R. L. F. Avaliação agronômica 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. O feijão-caupi para consumo na forma de grãos frescos. 2009. Agrosoft Brasil. Disponível em: http://www.agrosoft.org.br/agropag/212374.htm. Acesso em:10 dez. 2013.

ROCHA, P. A.; MORAIS, O. M.; ARAUJO NETO, A. C.; NUNES, R. T. C.; ÁVILA, J. S.; LIMA, R. S. Produtividade de feijão-caupi em diferentes densidades populacionais. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/048c.pdf. Acesso em: 28 mai. 2014.

SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P. Produtividade e morfologia de genótipos de caupi em diferentes densidades populacionais nos sistemas irrigado e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.35, n.10, p.1977-1984, 2000.

SANTOS, C. A. F.; BARROS, G. A.; SANTOS, I. C. C. N.; FERRAZ, M. G. S. Comportamento agronômico e qualidade culinária de feijão-caupi no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 3, 2008.

SILVA, K. J. D. **Panorama do melhoramento e mercado do Feijão-caupi no Brasil.** Embrapa Meio Norte. 2008. Disponível em: <http//www.agrosoft.org.br/agropag/103401> Acesso em: 15 nov. 2013.

SINGH, B. B. Recent progress in cowpea genetics and breeding. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 752, p. 69-76, 2007. Edition of the Proceedings of the International Conference on Indigenous Vegetables and Legumes, Hyderabad, India, Sep. 2007. Disponível em: http://www.actahort.org/books/752/752_7.htm.

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

SUMMERFIELD, R. J.; PATE, J. S.; ROBERTS, E. H.; WIEN, H. C. The physiology cowpea. In: SINGH, S. R.; RACHIE, K. O. (Eds.). **Cowpea research, production and utilization.** Chichester: John Wiley, p.66-101, 1985.

TÁVORA, F. J. A. F.; NOGUEIRA, S. L.; PINHO, J. L. N. Arranjo e populações de plantas em cultivares de feijão-de-corda com diferentes características de copa. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 32, n. 1/2, p.69-77, 2001.

ZANINE, A. M.; SANTOS, M. E. Competição entre espécies de plantas. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.11, n.1, p. 10-30, 2004.

WIEN, H. C.; SUMMERFIELD, R. J. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). In: Goldsworthy, P. R., Fischer, N. M. (eds). **The Physiology of Tropical Field Crops**. John Willey & Sons Ltd., p. 353-383, 1984.

WILLEY, R. W.; HEATH, S. B. The quantitative relationships between plant population and crop yield. In: Nyle C. Brady (ed). **Advences in Agronomy.** England: Academic press, v. 21, p. 281-320, 1969.

CAPÍTULO 1. Comportamento morfológico de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado em resposta à diferentes densidades de plantas

RESUMO

A densidade de plantas é considerada como um dos principais fatores responsáveis pela baixa nos rendimentos de grãos na cultura do feijão-caupi, pois exerce influência nos componentes morfofisiológicos e de produção. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de cinco densidades de plantas sobre os componentes morfológicos número de ramos laterais (NRL), comprimento do hipocótilo (CE), comprimento do hipocótilo (CH), diâmetro de caule (DC) e número de nós no ramo principal (NNRP) em quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado e prostrado (BRS Marataoã, BRS Xiquexique, BRS Paraguaçu e BRS Pujante). O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, Piauí, no período de junho a agosto de 2013. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados no esquema fatorial (4x5), com quatro repetições. Os componentes CE e CH apresentaram efeitos lineares crescentes em função do aumento na densidade de plantas, o NRL sofreu redução com o incremento do número de plantas. O DC apresentou efeito quadrático quando aumentaram-se as densidades, sendo a população de 80 mil plantas ha^{-1} a que permitiu maior DC, com tendência de redução até a população de 240 mil plantas ha^{-1}, e a partir desta este não sofreu mais redução permanecendo constante. Incrementos no número de plantas não influenciaram o NNRP. As cultivares BRS Paraguaçu e BRS Xiquexique apresentaram melhores respostas às alterações dos componentes morfológicos em função das diferentes populações de plantas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, cultivar, porte semienramador, população de plantas, morfologia.

Morphological behavior of cultivars of cowpea semiprostrado size in response to different plant densities

ABSTRACT

The plant density is considered as one of the main factors responsible for the low grain yields in the culture of cowpea because it exerts influence on Morphophysiological components and production. The present study aimed to evaluate the effects of five plant density on morphological components number of lateral branches (NRL), hypocotyl length (CE), hypocotyl length (CH), stem diameter (DC) and number of nodes the main branch (NNRP) in four cultivar of cowpea semiprostrado and prostrate (BRS Marataoã, BRS Xiquexique, BRS Paraguassu and BRS Pujante). The experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Meio-Norte in Teresina, Piauí, in the period June-August 2013 The experimental design was randomized in a factorial design (4x5) with four replications. The EC and CH components showed increasing linear effects due to the increase in plant density, the NRL was reduced with the increase in the number of plants. The DC showed a quadratic effect when the density is increased, and the population of 80 000 plants ha^{-1} that allowed greater DC, with a tendency of reduction to the population of 240 000 plants ha^{-1}, and from this it has not suffered more reduction remained constant. Increments in the number of plants did not affect the NNRP. BRS Paraguassu and BRS Xiquexique responded better to the changes of morphological components due to different plant populations.

Keywords: *Vigna unguiculata*, cultivar, semienramador size, plant density, morphology.

1. INTRODUÇÃO

Tradicional na região Norte e Nordeste, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) apresenta alta qualidade nutricional em função dos seus elevados teores proteicos, energéticos, de fibras alimentares e de minerais (FROTA et al., 2008). Nestas regiões, o cultivo desta leguminosa é amplamente difundido, sendo considerada uma atividade de importância, no aspecto socioeconômico e nutricional, sobretudo para a população rural (TEÓFILO, 2008).

A maior produção concentra-se no Nordeste, com 84% da área plantada e 68% da produção nacional. Em 2011 foram colhidos no Brasil aproximadamente 1,6 milhão de hectares, com produção de 822 mil toneladas, média de 525 kg ha^{-1} (CONAC, 2012). Contudo, a produtividade de feijão-caupi nas regiões tradicionais ainda é considerada baixa, principalmente escassez ou excesso de plantas por área (CARDOSO et al., 2006).

A otimização da densidade de plantio apresenta variações de acordo com as particularidades de cada genótipo, bem como é influenciada pelas condições climáticas, edáficas e o tipo de sistema de produção empregado segundo Bezerra (2005) provoca influência marcante em vários caracteres morfofisiológicos e de rendimento de grãos. A melhor distribuição de plantas na área proporciona melhores rendimentos pois favorece a captação da radiação solar, a eficiência fotossintética e a utilização dos nutrientes e da água disponível no solo, fatores esses, resultantes de um ambiente em equilíbrio.

Em um estudo sobre adensamento de plantas em feijão-caupi, Bezerra et al. (2012), trabalhando com populações de 100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha^{-1} encontraram redução no número de ramos laterais, diâmetro de caule, número de vagens por planta e peso de grãos por planta, provocados pelo aumento no número de plantas. Arruda et al. (2009), Lemma et al. (2009), Matoso et al. (2013), Naim e Jabereldar (2010), Oliveira et al. (2012), Cardoso et al. (2013) também estudaram os efeitos do aumento da densidade de plantas de feijão-caupi sobre o rendimento de grãos e outros componentes morfoagronômicos.

Miranda Neto (2013), ao avaliar o efeito da população de plantas (10, 14,18, 22 e 26 plantas m^{-2}) em quatro cultivares de feijão-caupi, sendo três cultivares de porte semiereto e uma de porte semiprostrado, constatou que esta última sofreu maior interferência do adensamento, diferindo significativamente das cultivares semieretas nas variáveis número de grãos por planta e rendimento de grãos, apresentando valores menores (26,25 e 762 kg ha^{-1}, respectivamente) aos

alcançados pelas demais variedades (32,46 e 963 kg ha^{-1}; 34,76 e 982 kg ha^{-1}; 31,99 e 939 kg ha^{-1}). Segundo Cardoso et al. (2006), o porte da planta é um fator que influencia a resposta agronômica do feijão-caupi ao adensamento de plantas.

A competição em intensidade elevada, nos estádios iniciais do desenvolvimento da cultura do feijão-caupi, pode favorecer o surgimento de plantas improdutivas, diminuindo o stand produtivo final e, consequentemente, o rendimento de grãos (BEZERRA et al., 2008). Assim, com o estudo da densidade de plantas é possível avaliar a intensidade da competição intraespecífica e os efeitos imputados na morfologia e nos componentes de produção.

Embora todos os estudos evidenciem o efeito da densidade nos parâmetros morfofisiológicos e de produção, o entrave está nas particularidades de cada material estudado, além disso, para cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado/prostrado o referencial bibliográfico é menos vasto em comparação às cultivares mais voltadas ao sistema de produção tecnificado (cultivares de porte ereto).

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da densidade de plantas sobre componentes morfológicos em quatro cultivares de feijão-caupi, de porte semiprostrado, na condição edafoclimática de Teresina, Piauí.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte (Embrapa Meio-Norte) no município de Teresina, PI, a 05° 05’ de latitude Sul e 42° 48’ de longitude Oeste e a 74,4 m de altitude, durante o período de junho a agosto de 2013.

De acordo com a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955), o clima da região é classificado como C1sA’a’ e caracteriza-se, segundo Bastos e Andrade Júnior (2009), como subúmido seco megatérmico com excedente hídrico moderado no verão.

O solo da área experimental é um Argissolo Vermelho–Amarelo eutrófico de textura franco-arenosa (EMBRAPA, 2006). Foi realizada análise química do solo para a camada de 0 – 20 cm no Laboratório de Solos da Embrapa em Teresina, PI. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo da área experimental para macronutrientes, na profundidade de 0 – 20 cm. Teresina, PI, 2014.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V
$CaCl_2$	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	Mmolc dm^{-3}							(%)
5,91	9,24	12,63	3,0	26,2	6,5	0,2	20,6	35,7	5,63	56,3

Fonte: Laboratório de solos da Embrapa Meio-Norte, Parnaiba-PI, 2014.

A área foi preparada com uma aração na camada de 0 – 20 cm, seguida de uma gradagem. Não foram feitas adubações de plantio e cobertura em função dos resultados da análise de solo. A semeadura foi manual, realizada em 12 de junho de 2013, utilizando-se cordões previamente marcados para garantir o número correto de sementes por metro linear. Semeadas duas sementes por cova.

O desbaste de planta foi realizado 15 dias após a semeadura, deixando-se apenas uma planta por cova. Na ocasião as plantas excedentes foram cortadas abaixo do nó cotiledonar, evitando-se assim, o rebrotamento e danos ao sistema radicular das plantas remanescentes.

O controle de plantas daninhas foi realizado com uma aplicação do herbicida de ação pré-emergente a base de S-Metolacloro na dosagem de 1 L ha^{-1}. Durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas capinas manuais. Para o controle de insetos-praga, em especial cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri*), tripes (*Frankliniella schultzei*) e mosca branca (*Bemisia tabaci* raça B) foram feitas pulverizações com inseticida a base deThiamethoxam (250 g kg^{-1}), na

dosagem de 150 g ha^{-1} e para o controle de pulgões (*Apis cracyvora Koch*) foi aplicado o inseticida a base de Dimetoato (400 g L^{-1}), na dosagem de 600 mL ha^{-1}.

O sistema de irrigação utilizado foi aspersão convencional do tipo fixo, com aspersores espaçados a cada 12 m com 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 parcela experimental, com uma área total de 10 m², foi formada por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, espaçadas em 0,50 m, sendo a área útil representada pelas duas fileiras centrais, equivalendo a 5,0 m^2. O espaçamento entre plantas dentro da fileira (EDF) e o número de plantas por metro linear estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Espaçamento entre plantas dentro da fileira (EDF) e número de plantas por metro linear em função do arranjo populacional. Teresina, PI, 2014.

População de plantas ha^{-1}	EDF (m)	Plantas m^{-1}
80.000	0,250	4
160.000	0,125	8
240.000	0,083	12
320.000	0,062	16
400.000	0,050	20

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos casualizados no esquema fatorial 4x5, com 4 repetições. Foram avaliadas as cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado BRS Marataoã, BRS Paraguaçu, BRS Pujante e BRS Xiquexique submetidas a cinco populações de plantas (80.000, 160.000, 240.000, 320.000 e 400.000 plantas ha^{-1}). As principais características agronômicas destas variedades estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Cultivares e características de porte da planta (PP), ciclo (CIC), dias para o florescimento (FLO), comprimento de vagem (COMPV), peso de cem grãos (P100G) e subclasse comercial (CC). Teresina, PI, 2014.

Variedade	PP	CIC	FLOR	COMPV	P100G	CC
		DAP*		cm	g	
BRS Marataoã[1]	Semiprostrado	70 - 75	42	18,0	15,5	Sempreverde
BRS Paraguaçu[2]	Prostrado	65 - 75	45 - 55	18,0	17,0	Branco liso
BRS Pujante[3]	Semiprostrado	70	48	18,4	24,8	Mulato
BRS Xiquexique[4]	Semiprostrado	65 - 75	39 - 45	20,0	16,5	Branco liso

*DAP: dias após o plantio; Fonte: Embrapa (2004)[1], Embrapa (2002)[2], Embrapa (2007)[3], Vilarinho et al. (2008)[4].

As seguintes características morfológicas foram avaliadas por ocasião da colheita realizada após 70 dias da semeadura:

a) Comprimento do hipocótilo (CH): comprimento, em cm, do coleto ao nó cotiledonar.

b) Comprimento do epicótilo (CE): comprimento, em cm, do nó cotiledonar ao nó das folhas unifoliadas.

c) Diâmetro de caule (DC): medição, em mm, abaixo do nó cotiledonar realizada com auxílio de paquímetro digital.

d) Número de nós no ramo principal (NNRP): contagem direta dos nós, a partir do nó cotiledonar, ao último nó do ramo principal.

e) Número de ramos laterais (NRL): média da contagem do número de ramos laterais no ramo principal.

Os dados para estes caracteres correspondem à média de cinco plantas sorteadas da área útil de cada parcela.

Foram realizadas análises de variância as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Em relação ao fator populações de plantas, realizou-se a análise de regressão polinomial para identificação do modelo com melhor ajuste às variações dos componentes morfológicos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software ASSISTAT 7.6 (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças significativas (p<0,01) entre as variedades para os caracteres CE, DC, e NRL pelo teste F e não significância (p>0,05) para CH e NNRP (Tabela 4).

A interação entre os fatores cultivares e populações de plantas não foi significativa (p>0,05) para todas as variáveis, indicando independência entre os efeitos dos mesmos.

Tabela 4. Resumo das análises de variâncias para o comprimento do hipocótilo (CH), comprimento do epicótilo (CE), diâmetro do caule (DC), número de nós no ramo principal (NNRP) e número de ramos laterais (NRL) de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a diferentes densidades populacionais. Teresina, PI, 2014.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios				
		CH (cm)	CE (cm)	DC (cm)	NNRP	NRL
Blocos	3	0,20	1,18	5,13	50,56	0,85
Cultivares (C)	3	0,10^{ns}	7,73**	4,61**	6,18^{ns}	0,45**
Populações (P)	4	0,93--	4,34--	5,33--	4,21--	0,82--
CxP	12	0,15^{ns}	0,39^{ns}	0,23^{ns}	3,80^{ns}	0,11^{ns}
Resíduo	57	0,14	0,32	0,52	2,61	0,08
Médias	--	23,07	61,08	6,46	11,19	1,19
CV (%)	--	16,30	9,28	11,17	14,43	23,92

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; -- teste F não se aplica, os tratamentos são quantitativos; ^{ns} não significativo (P>0,05).

3.1 Comprimento do hipocótilo (CH)

Os valores médios para o CH são apresentados na Tabela 5. O estudo comparativo de médias não revelou significância estatística entre as cultivares.

A análise de regressão polinomial detectou efeitos lineares (Figura 1), indicando que acréscimos no número de plantas provocaram aumento no CH. Assim, na média de quatro cultivares, houve um aumento de 26,90% do CH quando comparadas as populações de 80 e 400 mil plantas ha^{-1}. Para as populações de 240 a 400 mil plantas ha^{-1}, os valores de CH estão próximos da média de 2,54 cm encontrada por Machado et al. (2008) em estudo realizado com 22 genótipos de feijão-caupi de porte ereto.

Tabela 5. Valores médios para o comprimento do hipocótilo de quatro cultivares de feijão- caupi de porte semiprostrado submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média
	80x10³	160x10³	240x10³	320x10³	400x10³	
BRS Marataoã	1,77	2,13	2,35	2,83	2,69	2,36
BRS Paraguaçu	2,08	2,15	2,32	2,28	2,20	2,21
BRS Pujante	2,05	2,34	2,41	2,54	2,46	2,36
BRS Xiquexique	1,96	1,94	2,59	2,34	2,66	2,30
Média	1,97	2,14	2,42	2,50	2,50	
DMS = 0,70						

O CH relaciona-se com a maior ou menor predisposição das plantas ao acamamento. Isso implica que plantas com maior CH são mais propensas ao acamamento, desta forma, em maiores adensamentos, os resultados sugerem que as plantas tendem a sofrer mais quebras ou dobras pelo aumento do CH, principalmente, se aliado a este comportamento houver redução no diâmetro do caule (BEZERRA et al., 2012).

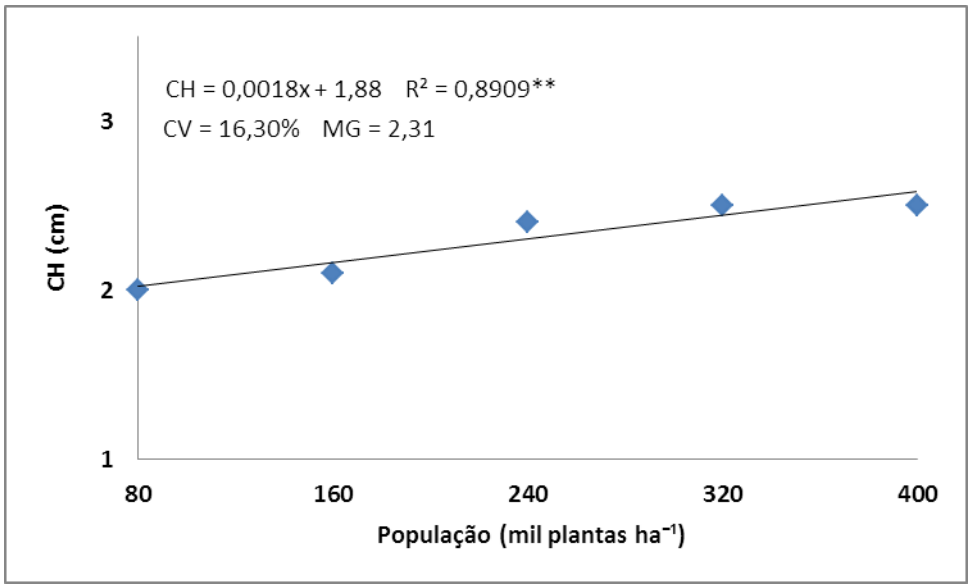

Figura 1. Comprimento do hipocótilo (CH) em função da população de plantas de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014.

3.2 Comprimento do epicótilo (CE)

O estudo comparativo de médias das cultivares detectou diferenças significativas para o CE (Tabela 6). A cultivar BRS Pujante, seguida da cultivar BRS Xiquexique, apresentaram as maiores médias para o CE, sendo que ambas foram estatisticamente diferentes entre si e das demais cultivares. As cultivares BRS Marataoã e BRS Paraguaçu foram estatisticamente iguais entre si. Desse modo, as cultivares com CE mais longo podem apresentar maior tendência ao acamamento, visto que a quebra da planta ocorre na região do epicótilo. Machado et al. (2008), estudando 22 genótipos de feijão-caupi evidenciaram que genótipos que apresentam epicótilo e hipocótilo mais curtos apresentam maior resistência ao acamamento.

Tabela 6. Valores médios para o comprimento de epicótilo (cm) de quatro vcultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média[1]
	$80x10^3$	$160x10^3$	$240x10^3$	$320x10^3$	$400x10^3$	
BRS Marataoã	5,23	5,53	5,81	5,82	6,13	5,71 c
BRS Paraguaçu	4,94	5,41	5,81	5,64	6,01	5,56 c
BRS Pujante	5,95	6,28	7,19	7,77	7,47	6,94 a
BRS Xiquexique	5,38	6,11	5,80	6,76	7,07	6,23 b
Média	5,38	5,83	6,16	6,50	6,67	
DMS = 1,06						

[1]Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Com relação ao fator população de plantas a análise de regressão polinomial (Figura 2) detectou efeitos lineares, indicando que o aumento da população de plantas provoca aumento no CE. Estes resultados indicam que em populações maiores há uma maior predisposição das plantas ao acamamento. Resultados semelhantes foram observados por Bezerra et al. (2012) e Bezerra et al. (2013).

Verifica-se que houve um aumento de 23,98% no CE quando comparadas as populações de 80 mil plantas ha^{-1} e 400 mil plantas ha^{-1}. Os valores de CE encontrados nas menores e maiores populações são superiores aos obtidos por Bezerra et al. (2012) para feijão-caupi de porte semiereto nas populações de 100 mil plantas ha^{-1}, onde obtiveram CE de 4,32 cm, e 400 mil plantas ha^{-1} com resultado de CE de 5,31cm.

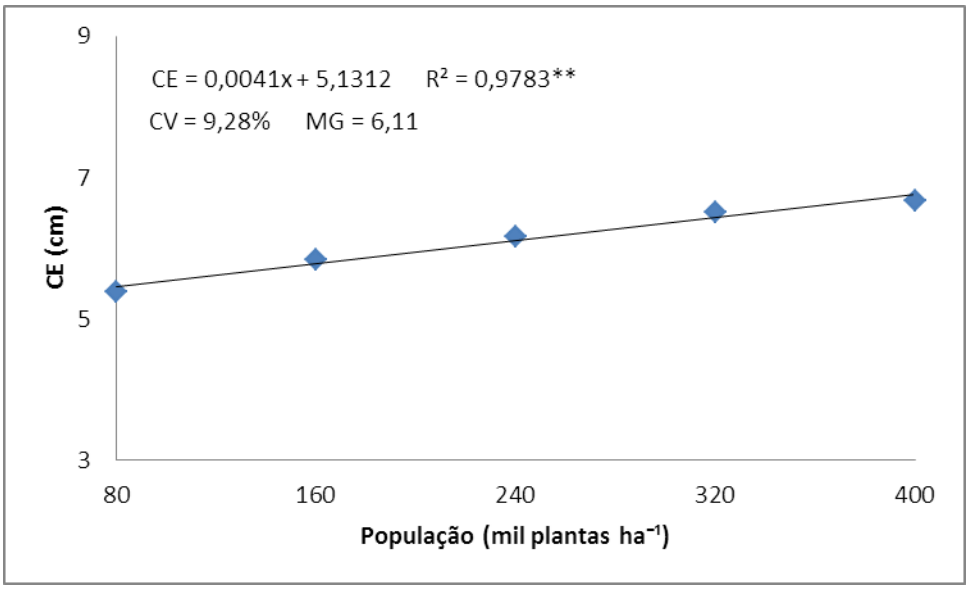

Figura 2. Comprimento do epicótilo (CE) em função da população de plantas de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014.

3.3 Diâmetro do caule (DC)

O estudo comparativo de médias indicou diferença significativa ($p<0,05$) entre a cultivar BRS Paraguaçu e as cultivares BRS Marataoã, BRS Pujante e BRS Xiquexique que apresentaram maiores médias para o DC (6,54; 6,74 e 6,81 mm, respectivamente), não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios para o diâmetro de caule (mm) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média[1]
	80x10³	160x10³	240x10³	320x10³	400x10³	
BRS Marataoã	7,42	6,70	6,29	5,94	6,34	6,54 a
BRS Paraguaçu	6,67	5,79	5,37	5,45	5,53	5,76 b
BRS Pujante	8,11	6,89	6,22	6,17	6,33	6,74 a
BRS Xiquexique	7,33	7,32	6,24	6,60	6,54	6,81 a
Média	7,38	6,67	6,03	6,04	6,18	
DMS = 1,35						

[1]Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

A análise de regressão polinomial para o fator população de plantas mostrou efeitos quadráticos ($p<0,01$). Houve redução no DC de 18,29% com o aumento da população de plantas, no intervalo de 80 a 240 mil plantas ha^{-1} e, a partir desta, não houve variação significativa para esse caráter com o aumento da densidade de plantas (Figura 3).

Similar ao que foi observado em CH e CE, estes resultados, indicam que em elevadas populações as plantas estão mais propensas ao acamamento. Assim o DC se relaciona com a consistência do mesmo e a sua redução, aliado à redução do CH, e mais especialmente, do CE, tendem a aumentar a predisposição da planta ao tombamento. Estudos desenvolvidos por Machado et al. (2008) confirmam esta relação.

A redução no diâmetro de caule em função do aumento da densidade de plantas também foi observada por Bezerra et al. (2012) e Bezerra et al. (2013).

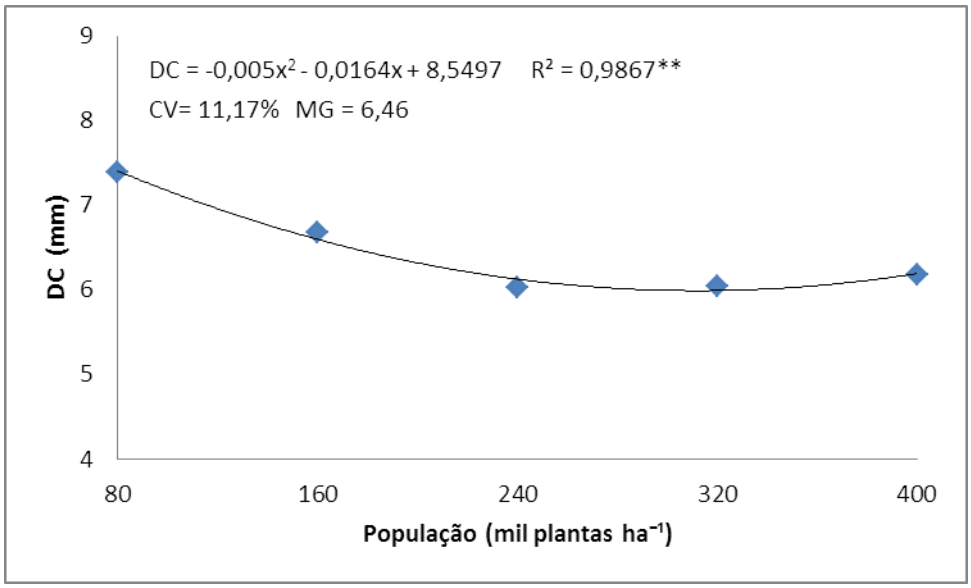

Figura 3. Diâmetro de caule (DC) em função da população de plantas de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014.

3.4 Número de nós no ramo principal (NNRP)

Os valores médios para o NNRP são apresentados na Tabela 8. A análise de regressão não detectou significância estatística para o fator população de plantas, indicando assim que esse caráter se comporta de forma independente em relação à população de plantas para os intervalos

estudados. Resultados discordantes foram obtidos por Bezerra et al. (2008) e Costa et al. (2013) que verificaram efeitos lineares decrescentes no NNRP em função do aumento da densidade de plantas.

Não se esperava uma não significância estatística para o fator população de plantas, tendo em vista que a competição entre plantas imputada nas elevadas densidades afeta a capacidade produtiva de grãos, o que está diretamente relacionado à redução do NNRP. Essa relação é confirmada por Adams (1982), o qual relata que quanto maior o NNRP mais elevada será a produção de vagens e grãos.

Tabela 8. Valores médios para o número de nós no ramo principal de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média
	$80x10^3$	$160x10^3$	$240x10^3$	$320x10^3$	$400x10^3$	
BRS Marataoã	11,30	10,85	11,10	10,45	12,00	11,14
BRS Paraguaçu	10,55	11,95	9,60	9,90	10,10	10,42
BRS Pujante	13,65	11,90	10,30	10,90	11,00	11,55
BRS Xiquexique	10,35	12,35	10,75	12,50	12,25	11,64
Média	11,46	11,76	10,44	10,94	11,34	

3.5 Número de ramos laterais (NRL)

O estudo comparativo entre médias indicou que as cultivares BRS Paraguaçu e BRS Xiquexique apresentaram as maiores médias para o NRL e diferiram significativamente da cultivar BRS Pujante, que apresentou a menor média para esse caráter. Entretanto, não houve diferença significativa destes em relação à cultivar BRS Marataoã (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios para o número de ramos laterais de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média[1]
	80x10³	160x10³	240x10³	320x10³	400x10³	
BRS Marataoã	2,00	1,75	1,70	0,62	1,00	1,41 ab
BRS Paraguaçu	2,40	2,45	1,75	1,50	1,00	1,82 a
BRS Pujante	2,65	1,20	1,05	0,60	0,45	1,19 b
BRS Xiquexique	2,40	2,30	1,35	1,75	1,75	1,91 a
Média	2,36	1,92	1,46	1,12	1,05	
DMS = 0,53						

[1]Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

A análise de regressão polinomial para o fator população de plantas revelou efeitos lineares para o NRL, indicando que houve uma redução desse caráter em função do aumento da densidade de plantas. Assim, independente da cultivar, houve um decréscimo de 55,51% no NRL, quando a população de plantas foi aumentada de 80 mil para 400 mil plantas ha^{-1} (Figura 4). Essa relação inversa é explicada pela competição intraespecífica, sendo, portanto, um comportamento esperado. Resultados concordantes foram encontrados por Mendes et al. (2005), Bezerra et al. (2008) e Bezerra et al. (2012).

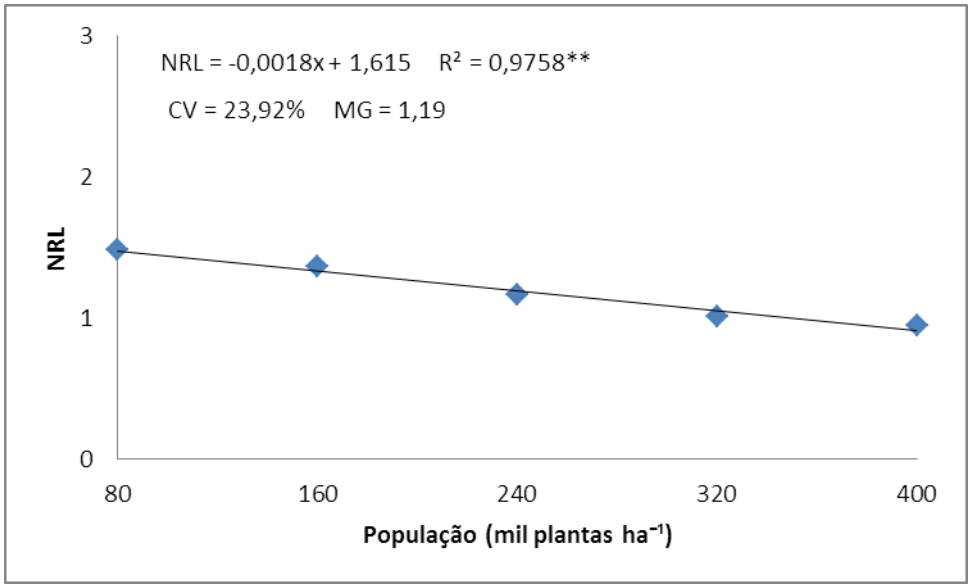

Figura 4. Número de ramos laterais (NRL) em função da população de plantas de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014.

Decréscimos no NRL em função do aumento da densidade de plantas favorecem o processo de colheita manual, além de colaborar para o processo de tecnificação nos cultivos de feijão-caupi, por outro lado, provocam redução na produção de grãos como consequência da diminuição do NNRP e da redução da área foliar, que, segundo Said et al. (2007, apud Bezerra et al., 2012), altera a disponibilidade de fotoassimilados.

4. CONCLUSÕES

A densidade de plantas não influenciou o número de nós no ramo principal.

O aumento da densidade de plantas reduz o comprimento do epicótilo, hipocótilo e o número de ramos laterais.

O diâmetro de caule reduz-se no intervalo de 80 a 160 mil plantas ha^{-1}, mantendo seu diâmetro praticamente constante nas populações de 240, 320 e 400 mil plantas ha^{-1}.

As cultivares BRS Paraguaçu e BRS Xiquexique apresentaram melhores respostas com o aumento da população de plantas.

5. REFERÊNCIAS

ARRUDA, K. R.; SMIDERLE, O. J.; VILARINHO, A. A. Uniformidade de sementes de genótipos de feijão-caupi cultivados em dois ambientes no Estado de Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 3, n. 2, p. 122-127, 2009.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Boletim Agrometeorológico do ano de 2008 para o município de Teresina, PI. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 37p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 181), 2008.

BERTOLDO, J. G.; ROCHA, F. R.; COIMBRA, J. L. M.; ZITTERELL, D.; GRAH V. F. Teste de comparação de médias: dificuldades e acertos em artigos científicos. **Revista Brasileira de Agrociência,** Pelotas, v.13, n.4, p.441-447, 2007.

BEZERRA, A. A. C. Efeitos de arranjos populacionais na morfologia e produtividade de feijão-caupi de crescimento determinado e porte ereto. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal do Ceará, 2005.124f.

BEZERRA, A. A. C.; NETO, F. A.; NEVES, A. C.; MAGGIONI, K. Comportamento morfoagronômico de feijãocaupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. **Revista Ciências Agrárias**, v. 55, n. 3, p. 184-189, 2012.

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 85-93, 2008.

BEZERRA, A. A. C.; NEVES, A. C.; GUIMARÃES, A. R. C.; SILVA JÚNIOR, J. V. S.; PESSOA, E. F. Morfologia e produção de feijão-caupi, cv. BBS Novaera, sob diferentes densidades e plantio. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/029a.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

CARDOSO, M.J.; MELO, F. B.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; ERIC RODRIGUES, B.H.N. Adubação fosfatada e densidades de planta em feijão-caupi em solo de tabuleiro costeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJAO-CAUPI; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJAO-CAUPI, Teresina, 2006. **Anais.** Teresina, Embrapa Meio-Norte, 2006.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; LIMA, M. G. de. Ecofisiologia e manejo de plantio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi**: **avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 212-228.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F. B. Performance da densidade de plantas em cultivares comerciais de feijão-caupi nos cerrados do leste maranhense. In: CONGRESSO

NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. Feijão-Caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais. Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/026b.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI- III CONAC. Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA). Disponível em: < http://www.conac2012.org/congresso>. Acesso em: 01 março 2012.

COSTA, A. A.; CECCON, F.; CECCON, D. P.; SANTOS, A.; SILVA, J. F.; CECCON, G. Morfofisiologia de feijão-caupi em populações de plantas, em Dourados, MS, 2012. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/170a.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão-caupi (Vigna unguiculata L. Walp), cultivar BRS Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 407‑476, 2008.

LEMMA, G.; WORKU, W.; WOLDERMICHAEL, A. Moisture and planting density interactions affect productivity in cowpea (Vigna unguiculata). **Journal of Agronomy**, v. 8, n. 4, p. 117-123, 2009.

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

MATOSO, A. O.; SORATTO, R. P.; GUARNIERI, F.; SOUZA, M. R.; ABRAHÃO, R. C. Produtividade de grãos de feijão-caupi sob diferentes densidades de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/047b.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

MENDES, R. M. de S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N. de; PITOMBEIRA, J. B. Alterações na relação fonte-dreno em feijão-de-corda submetido a diferentes densidades de plantas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 1, p.82-90, 2005.

MIRANDA NETO, V. N.; CECCON, G.; SOUZA, E. F. C.; SANTOS, A. Resposta de quatro cultivares de feijão-caupi a diferentes densidades populacionais. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http:// http://www.conac2012.org/resumos/pdf/050e.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

NAIM, A. M.; JABERELDAR, A. A. Effect of Plant density and Cultivar on Growth and Yield of Cowpea (Vigna unguiculata L.Walp). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 4, n. 8, p. 3148-3153, 2010.

OLIVEIRA, S. R. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RIBEIRO, V. Q.; BRAGA, D. L. 3; GOMES, E. R. **Produtividade e eficiência do uso da água de irrigação do feijão-caupi, BRS Itaim, em resposta a densidade de plantas**. IV WINOTEC – Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação. Fortaleza- Ceará, 2012.

SAID, M.; NGOUAJIO, M.; ITULYA, F. M.; EHLERS, J. Leaf harvesting initiation time and frequency affect biomass partitioning and yield of cowpea. **Crop Science,** v. 47, p.1159-1166, 2007.

SANTOS, C. A. F. ; ARAUJO, F. P. Produtividade e morfologia de genótipos de caupi em diferentes densidades populacionais nos sistemas irrigado e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.35, n.10, p.1977-1984, 2000.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture. St. Joseph: ASABE, 2009. v. CD-Rom. p.1-5.

TEÓFILO, E. M. et al. Potencial fisiológico de sementes de feijão caupi produzidas em duas regiões do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica,** v. 39, n. 03, p. 443-448, 2008.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: **Drexel Institute of Technology**, 1955. 104 p.

CAPÍTULO 2. Comportamento fisiológico de cultivares de Feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas à diferentes densidades de plantas

RESUMO

O manejo inadequado do número de plantas na área está intimamente relacionado aos déficits na produtividade, tendo em vista que o aumento exagerado de plantas provoca alterações em componentes fisiológicos que influenciam no rendimento de grãos. O objetivo deste trabalho foi identificar os efeitos da densidade de plantas sobre caracteres fisiológicos de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. O experimento foi conduzido no período de junho a agosto de 2013, na área experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, Piauí. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial (4x5), com quatro repetições. Foram avaliadas quatro cultivares de feijão-caupi (BRS Marataoã, BRS Xiquexique, BRS Paraguaçu e BRS Pujante) submetidas a cinco populações de plantas (80.000, 160.000, 240.000, 320.000 e 400.000 plantas ha^{-1}). Foram avaliados os seguintes caracteres: número de dias para o início da floração (FLO), número de dias para o início da maturação de vagem (MAT), interceptação de luz (ITL) aos 32, 40, 47 e 52 dias após a emergência (DAE), teor de clorofila (TCLO) aos 43 e 52 DAE e fotossíntese (FOT) aos 41 e 53 DAE. Os fatores cultivar e densidade de plantas agiram conjuntamente apenas sobre a taxa fotossintética observada aos 53 DAE. Incrementos na população de plantas provocam efeito linear crescente no MAT, ITL aos 32 DAE e ITL aos 40 DAE. Aumentos na densidade de plantas não influenciam o comportamento dos parâmetros FLO, ITL aos 47 DAE, ITL aos 52 DAE, TCLO aos 43 DAE, TCLO aos 52 DAE (TCLO2) e FOT aos 41DAE.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, porte semienramador, população de plantas, fisiologia.

Physiological behavior of cultivars of cowpea bean-sized semiprostrado submitted to different plant densities

ABSTRACT

Inadequate management of the number of plants in the area is closely related to deficits in productivity, considering that the exaggerated increase in plants causes changes in physiological components that influence grain yield. The aim of this study was to identify the effects of plant density on physiological characters of four cultivars of cowpea semiprostrado size. The experiment was conducted in the period June to August 2013, the experimental area of Embrapa Meio-Norte in Teresina, Piauí. The experimental design was a randomized block factorial (4x5) with four replications. Four cultivars of cowpea (BRS Marataoã, BRS Xiquexique, BRS Paraguassu and BRS Pujante) received five plant populations (80,000, 160,000, 240,000, 320,000 and 400,000 plants ha^{-1}) were evaluated. The following traits were evaluated: number of days to the start of flowering (FLO), number of days to the start of pod maturation (MAT), light interception (ITL) at 32, 40, 47 and 52 days after emergence (DAE), chlorophyll content (TCLO) at 43 and 52 DAE and photosynthesis at 41 and 53 DAE. The factors cultivar and plant density acted together only on the photosynthetic rate observed at 53 DAE. Increases in plant population cause linear increase in MAT, the ITL ITL and 32 DAE to 40 DAE. Increases in plant density did not influence the behavior of FLO parameters, ITL at 47 DAE to 52 DAE ITL, TCLO at 43 DAE to 52 DAE TCLO (TCLO2) and FOT to 41DAE.

Keywords: *Vigna unguiculata*, semienramador sized, plant population, physiology.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) apresenta importância histórica na economia e na alimentação dos povos das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Seu cultivo tem se expandido para os cerrados da região Centro-Oeste (FREIRE FILHO et al., 2009) o que vem colaborando para fomentar as pesquisas voltadas para a cultura, a qual segundo Xavier et al. (2005) está sendo intensamente pesquisada nas últimas décadas.

No entanto, apesar da crescente expansão do feijão-caupi para outras regiões e da qualidade fisiológica dos materiais lançados, não se tem verificado ganhos substanciais na produtividade dessa leguminosa. O manejo inadequado do número de plantas na área está intimamente relacionado aos déficits na produtividade. Desse modo, Cardoso et al. (2012), Cardoso et al. (2013a), Cardoso et al. (2013b) e Klehm et al. (2013) realizaram estudos a cerca da interação entre o número de plantas por área e mudanças no comportamento produtivo do vegetal, e identificaram que o aumento exagerado da densidade de plantas provoca alterações em componentes fisiológicos, desencadeando mudanças significativas em componentes de produção e consequentemente alterando o rendimento final de grãos.

Estudos realizados por Baumann et al. (2001), Mendes et al. (2005) e Oroka e Omoregie (2007) constataram que aumentos na densidade de plantas podem provocar aumento no índice de área foliar, na interceptação da radiação solar e na eficiência de utilização da energia interceptada. Casal et al. (1985) identificaram que as respostas à densidade de plantas incluem mudanças na arquitetura da planta, no crescimento, no desenvolvimento e na absorção e partição de assimilados pelas plantas.

A eficiência fotossintética está ligada ao teor de clorofila foliar, componente essencial na captação luminosa e, consequentemente, para o crescimento e adaptabilidade aos diversos ambientes. A investigação à cerca de tal parâmetro fisiológico (teor de clorofila) pode ser utilizado como ferramenta para diagnosticar a integridade do aparato fotossintético quando as plantas estão submetidas a adversidades ambientais, tendo em vista que são técnicas rápidas, precisas e não destrutivas (VAN DEN BERG; PERKINS, 2004; TORRES NETO et al., 2005).

Características relacionadas ao ciclo da planta, como floração e maturação, também tem sido investigadas. Mendes et al. (2005) estudaram a relação fonte/dreno em função de diferentes densidades populacionais para a cultura do feijão-caupi e identificou tendência de redução do

número de flores por planta com o aumento na densidade de plantas. As pesquisas têm revelado que quando submetidos a certos arranjos espaciais e populações de plantas inadequados, algumas cultivares de feijão-caupi tendem a prolongar o seu ciclo e mudam o seu hábito de crescimento, provavelmente em decorrência do sombreamento provocado pelo excesso de plantas na área.

Em essência, todos os trabalhos conduzidos para estudar às alterações fisiológicas de plantas em função da densidade, apresentam importância para o aprimoramento do manejo de plantas e assim a obtenção de melhores rendimentos, seja na cultura do feijão-caupi ou em outras culturas. Desta maneira, o presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da densidade de plantas sobre a fisiologia das plantas e o ciclo de maturação de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido durante o período de junho a agosto de 2013, no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte (Embrapa Meio-Norte) no município de Teresina, PI a 05° 05’ de latitude Sul e 42° 48’ de longitude Oeste e a 74,4 m de altitude.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados, no esquema fatorial 4x5, combinando-se quatro cultivares de feijão-caupi, de porte semiprostrado (BRS Marataoã, BRS Pujante, BRS Xiquexique e BRS Paraguaçu) submetidas a cinco populações de plantas (80.000, 160.000, 240.000, 320.000 e 400.000 plantas ha^{-1}), com quatro repetições. Assim o experimento foi constituído de 80 parcelas, sendo cada unidade experimental constituída de quatro fileiras, de 5,0 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,50 m. O espaçamento entre plantas variou conforme as populações (0,250 m; 0,125 m; 0,083 m; 0,0625 m e 0,050 m, respectivamente). A área útil da parcela totalizava 5,0 m^2 e era formada pelas duas fileiras centrais.

As características químicas do solo da área, o preparo da área para o plantio, o procedimento de plantio bem como os tratos culturais e o manejo fitossanitário empregados durante a condução do experimento encontram-se no capítulo 1.

Foram avaliados os seguintes caracteres:

a) Número de dias para início da floração (FLO): correspondeu ao número de dias entre a semeadura e a fase em que 50% das plantas da parcela possuíam flores;

b) Número de dias para o início maturação das vagens (MAT): considerou o número de dias transcorridos, da emergência até a maturação fisiológica das vagens de 90% das plantas de cada parcela;

c) Interceptação de luz (ITL): foram realizadas leituras de interceptação luminosa entre 11:30 e 12:30 h, na ausência de nebulosidade aos 32, 40, 47 e 52 dias após a emergência (DAE) da planta, com luxímetro digital "Instrutemp-Modelo LD-240", em duas diferentes alturas, acima do dossel e ao nível do solo, nesta foram realizadas duas leituras, em cada lado da fileira. Este procedimento foi realizado em uma planta, escolhida ao acaso, em cada fileira que compunha a área útil da parcela, totalizando assim duas plantas para o cálculo da média de interceptação de

luz por parcela. Após os dados coletados utilizou-se a seguinte relação descrita por Andrade et al. (2005):

$$IL = 100.\frac{(I_0 - \mathrm{I})}{I_0}$$

Onde:

IL = interceptação de luz (%)

I_0 = radiação no topo do dossel

I = radiação ao nível de solo

d) Teor de clorofila: monitorou-se o teor de clorofila no tecido foliar das plantas por meio de medidor eletrônico (ClorofiLOG® modelo CFL 1030) operado conforme as instruções do fabricante (FALKER, 2008). Os dados analisados resultam da média do teor de clorofila foliar de quatro plantas da área útil por parcela, as quais foram previamente escolhidas ao acaso e marcadas. Os índices de clorofila foram avaliados aos 43 e 52 dias após a emergência (DAE).

e) Fotossíntese (FOT): a fotossíntese foi mensurada, aos 41 e 53 DAE, com um analisador de gás infravermelho (IRGA), modelo LCpro+ (Analytical Development, Kings Lynn, UK), no terço superior do limbo do folíolo central da terceira folha completamente desenvolvida, a partir do ápice da planta, na haste principal. As mensurações foram feitas em um folíolo de uma única planta em cada parcela experimental. As plantas foram escolhidas ao acaso na área útil das parcelas. Nas medições, sempre realizadas nas primeiras horas da manhã, foi padronizada a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos de 1200 µmol m^{-2} s^{-1}.

Foram realizadas análises de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Em relação às populações de plantas, realizou-se uma análise de regressão polinomial para identificação do modelo com melhor ajuste às variações dos componentes avaliados. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software ASSISTAT 7.6 (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância, para os caracteres maturação de vagem, floração, interceptação de luz aos 32, 40, 47 e 52 DAE (Tabela 10), teor de clorofila aos 43 e 52 DAE e fotossíntese aos 41 e 53 DAE (Tabela 11), mostra que houve diferença significativa entre as cultivares apenas para a terceira leitura de interceptação de luz realizada aos 47 dias após a emergência. Houve interação significativa ($p<0,01$) entre os fatores cultivares de feijão-caupi e população de plantas apenas na leitura de fotossíntese realizada aos 53 DAE.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para maturação (Mat), floração (FLO), interceptação de luz aos 32 (ITL1), 40 (ITL2), 47 (ITL3) e 52 (ITL4) dias após a emergência (DAE) de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a diferentes populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios					
		MAT (dias)	FLO (dias)	ITL1 (%)	ITL2 (%)	ITL3 (%)	ITL4 (%)
Blocos	3	0,98	13,03	8185,94	2108,97	691,91	901,87
Cultivares (C)	3	50,18^{ns}	90,73^{ns}	71,02^{ns}	248,38^{ns}	917,82*	311,55^{ns}
Populações (P)	4	0,82--	1,07--	782,08--	789,54--	406,91--	341,53--
CxP	12	0,56^{ns}	1,19^{ns}	451,0 ^{ns}	568,51^{ns}	234,08^{ns}	331,27^{ns}
Resíduo	57	0,32	1,47	440,87	375,86	307,36	315,12
Médias		60,82	38,55	64,90	67,18	62,53	61,04
CV (%)		0,93	3,15	32,35	28,86	28,04	29,08

*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.;-- Teste F não se aplica; ^{ns} não significativo ($P>0,05$).

Tabela 11. Resumo da análise de variância, para teor de clorofila aos 43 (TCLO1) e 52 (TCLO2) DAE e fotossíntese aos 41 (FOT1) e 53 (FOT2) DAE de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a diferentes populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		TCLO1	TCLO2	FOT1	FOT2
Blocos	3	781,22	794,08	23,19	173,88
Cultivares (V)	3	48,86^{ns}	14,62^{ns}	8,17^{ns}	12,70^{ns}
Populações (P)	4	36,82--	21,40--	18,58--	20,99--
VxP	12	49,73^{ns}	34,15^{ns}	8,06^{ns}	13,37*
Resíduo	57	32,82	40,46	11,72	43,22
Médias		49,64	47,39	24,49	16,82
CV (%)		11,54	13,42	13,98	22,86

*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.;-- Teste F não se aplica; ^{ns} não significativo (P>0,05).

3.1 Número de dias para o início da floração (FLO)

O estudo comparativo de médias para as cultivares demostrou que as cultivares BRS Pujante e BRS Marataoã apresentaram, respectivamente, maiores médias (41,40) e (38,90) para o número de dias para o início da floração, sendo estatisticamente diferentes entre si e entre as demais cultivares. As cultivares BRS Xiquexique e BRS Paraguaçu apresentaram-se estatisticamente semelhantes, com médias 37,30 e 36,60 DAE, respectivamente (Tabela 12). Dados semelhantes foram obtidos por Matoso (2011) em um experimento realizado em 2009, trabalhando com três cultivares de feijão-caupi, em cultivo consorciado com milho (*Zea mays*) e solteiro, onde obtiveram a média de florescimento para a cultivar BRS Xiquexique de 37 DAE.

A análise de regressão polinomial para o fator população de plantas revelou não significância para todos os modelos de regressão testados. Assim, dentro dos níveis avaliados, o fator população de plantas não influenciou o número de dias para o início da floração. Esses resultados indicam que o número de dias para o início do florescimento é um caráter mais influenciado pelas características genéticas das cultivares do que pelo arranjo de plantas, na qual estas cultivares foram submetidas.

Tabela 12. Valores médios para o número de dias para o início da floração de quatro variedades de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média
	80x10³	160x10³	240x10³	320x10³	400x10³	
BRS Marataoã	38,75	39,00	38,25	39,75	38,75	38,90 b
BRS Paraguaçu	36,75	36,25	36,00	37,50	36,50	36,60 c
BRS Pujante	41,25	41,75	41,25	40,75	42,00	41,40 a
BRS Xiquexique	38,00	37,25	37,25	37,50	36,50	37,30 c
Média	38,69	38,56	38,19	38,87	38,44	
DMS = 2,27						

[1]Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

3.2 Número de dias para o início da maturação de vagem (MAT)

A análise comparativa entre médias revelou que a cultivar BRS Pujante apresentou a maior média (63,2 DAE) para a maturação de vagem, sendo estatisticamente diferente das demais cultivares, que não diferiram entre si e apresentaram média de 60 DAE para o caráter estudado.

A precocidade de florescimento e a precocidade de maturação são importantes, pois ambas as características tendem a reduzir o tempo da cultura em campo, reduzindo também a sua exposição aos possíveis intempéries. Machado et al. (2008) trabalhando com diferentes genótipos de feijão-caupi, identificaram que os mais precoces para o ponto de colheita também o foram para floração inicial e maturação.

Tabela 13. Valores médios para maturação de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média
	80x10³	160x10³	240x10³	320x10³	400x10³	
BRS Marataoã	60,00	60,00	60,00	60,50	60,00	60,10 b
BRS Paraguaçu	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00 b
BRS Pujante	62,00	63,00	62,00	64,00	64,00	63,20 a
BRS Xiquexique	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00 b
Média	60,62	60,75	60,62	61,12	61,00	
DMS = 1,05						

[1]Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

A análise de regressão polinomial para o fator população de plantas detectou efeitos lineares (Figura 5), indicando que acréscimos no número de plantas provocam aumento no

número de dias para maturação de vagens. Esse efeito pode estar associado à maior competição intraespecífica presente nas maiores populações, a qual dificulta a assimilação e a translocação de fotoassimilados para vagens e sementes em desenvolvimento durante o processo de maturação.

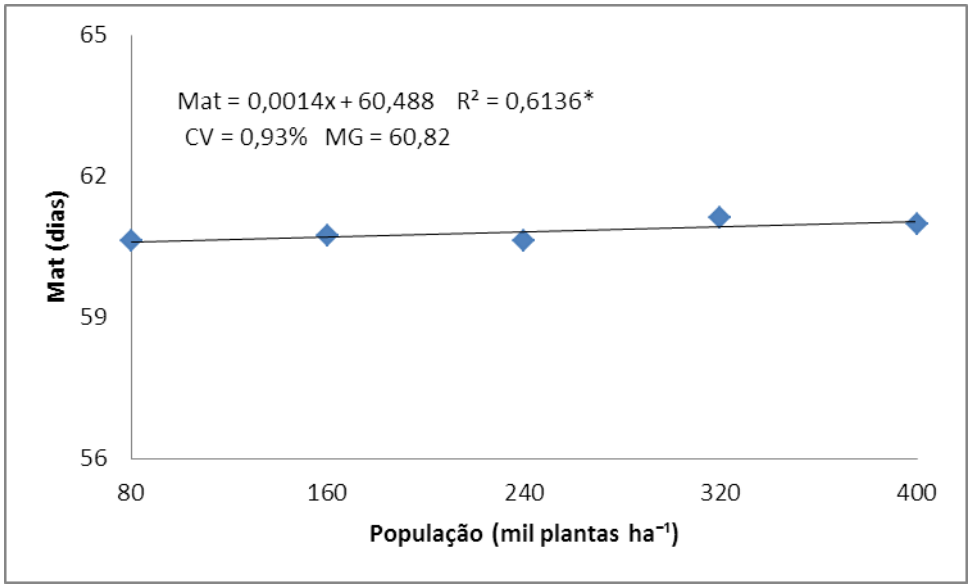

Figura 5. Número de dias para o início da maturação de vagem (MAT) em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014.

3.3 Interceptação de luz aos 32 DAE

Na comparação da população de 80 mil plantas ha^{-1} com as demais populações, a ITL foi crescente em função do aumentou da população de plantas. Verifica-se que na média das quatro cultivares, houve um aumento de 27,80% quando comparadas as populações de 80 mil plantas ha^{-1} às de 400 mil plantas ha^{-1} (Tabela 14).

Tabela 14. Valores médios para interceptação luminosa aos 32 DAE de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média
	80x10³	160x10³	240x10³	320x10³	400x10³	
BRS Marataoã	71,17	60,33	71,26	62,84	71,04	67,33
BRS Paraguaçu	58,74	59,4	84,44	63,50	60,91	65,40
BRS Pujante	44,94	63,91	69,90	77,42	59,51	63,14
BRS Xiquexique	41,41	64,91	61,22	66,12	84,94	63,72
Média	54,07	62,14	71,70	67,47	69,10	

A análise de regressão (Figura 6) para o fator população de plantas revelou efeitos lineares para as variações na interceptação de luz, indicando que há uma relação direta entre o percentual de interceptação luminosa com o aumento dos níveis populacionais. Esse efeito pode ser explicado pela formação de maior dossel em maiores adensamentos de plantas, o que, segundo Klehm et al. (2013), colabora para supressão de plantas daninhas na área de cultivo pela redução de radiação luminosa incidente no solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Mendes et al. (2005).

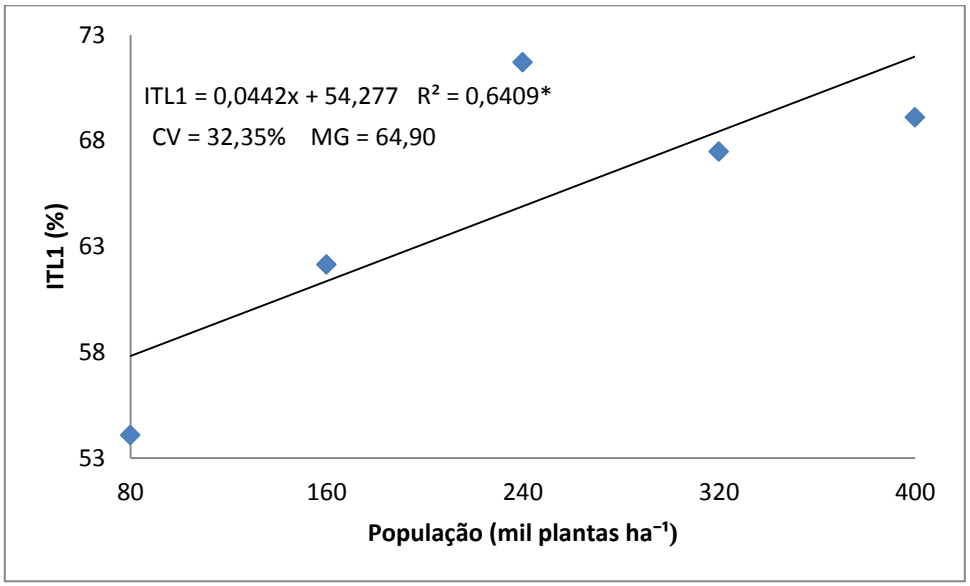

Figura 6. Percentual de interceptação luminosa, aos 32 DAE, em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014.

3.4 Interceptação de luz aos 40 DAE

As médias da interceptação de luz aos 40 DAE para os fatores cultivares e população de plantas estão apresentadas na Tabela 15. Verifica-se que ocorreram aumentos nos valores de interceptação de luz com incrementos na densidade de plantas. Assim, verifica-se que na média das quatro cultivares, houve um aumento de 31,27% quando comparadas as populações de 80 mil plantas ha^{-1} às de 400 mil plantas ha^{-1}.

Tabela 15. Valores médios para interceptação luminosa aos 40 DAE de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média
	$80x10^3$	$160x10^3$	$240x10^3$	$320x10^3$	$400x10^3$	
BRS Marataoã	66,43	69,93	66,06	58,58	76,84	67,57
BRS Paraguaçu	56,95	63,75	67,85	50,99	77,09	63,33
BRS Pujante	42,10	63,41	65,77	84,38	74,74	66,08
BRS Xiquexique	55,29	81,28	68,41	92,69	61,15	71,77
Média	55,19	69,59	67,02	71,66	72,45	

Para o fator população de plantas, a análise de regressão polinomial (Figura 7), revelou efeitos lineares significativos ($p<0,01$) para o percentual de interceptação de luz no período estudado. Assim a relação de ITL é diretamente proporcional ao aumento do número de plantas.

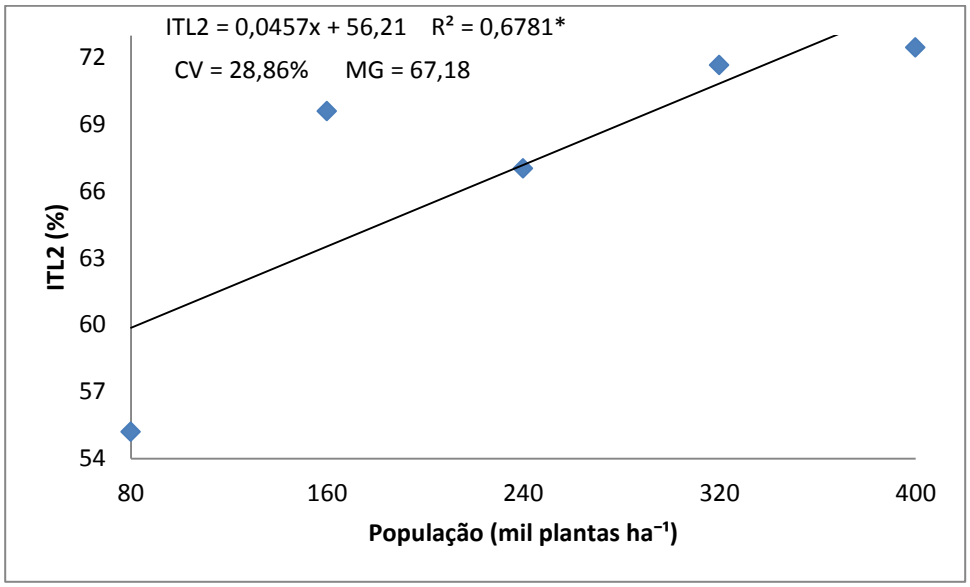

Figura 7. Percentual de interceptação luminosa, aos 40 DAE, em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014.

3.5 Interceptação de luz aos 47 DAE

O estudo comparativo de médias para os níveis do fator cultivares de feijão-caupi detectou que a cultivar BRS Marataoã apresentou a maior média (68,71%) de interceptação luminosa para o período, sendo estatisticamente semelhante às cultivares BRS Pujante e BRS Xiquexique, ambas estatisticamente iguais à cultivar BRS Paraguaçu, que apresentou a menor média (53,38%) diferindo significativamente da cultivar BRS Marataoã (Tabela 16).

Tabela 16. Valores médios para interceptação luminosa aos 47 DAE de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média
	80x10³	160x10³	240x10³	320x10³	400x10³	
BRS Marataoã	56,98	67,93	78,46	69,74	70,46	68,71 a
BRS Paraguaçu	37,39	50,57	65,76	49,66	63,51	53,38 b
BRS Pujante	66,56	64,78	62,50	69,57	68,54	66,39 ab
BRS Xiquexique	59,04	56,27	60,82	76,79	55,29	61,64 ab
Média	54,99	59,89	66,88	66,44	64,45	
DMS = 32,83						

[1]Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

As interceptações luminosas nos períodos de 32, 40 e 47 DAE, apresentaram aumentos da interceptação de luz diretamente relacionados com o aumento dos níveis populacionais de plantas. Entretanto, comparando-se a ITL ocorrida nos três períodos constata-se que houve um maior incremento na interceptação da radiação solar, em função da diferença do maior e menor nível populacional, no período de 40 DAE, que apresentou um aumento de interceptação de 31,27%, enquanto na ITL1 e na ITL3 interceptou-se 27,80% e 17,20%, respectivamente. Esses resultados refletem a passagem dos níveis do ciclo fenológico da planta que aos 47 DAE já apresenta senescência acentuada das folhas, reduzindo assim o dossel o que explica a redução de interceptação de luz de forma diretamente proporcional ao tempo transcorrido.

3.6 Interceptação de luz aos 52 DAE

Os valores médios para a interceptação de luz aos 52 DAE estão apresentados na Tabela 17. A análise de regressão não detectou significância para o teste F ($p>0,05$) em relação aos níveis do fator população de plantas e cultivares.

Comparando as médias de interceptação luminosa das populações de 80 mil plantas ha^{-1} às de 400 mil plantas ha^{-1} verifica-se que houve um aumento de apenas 9,08% na interceptação de luz. Esse resultado foi o menor dentre as quatro leituras de interceptação de luz, sendo 70,96% inferior à maior interceptação ocorrida aos 40 DAE quando comparado o incremento obtido pela população de 400 mil plantas ha^{-1} em relação à menor população.

Tabela 17. Valores médios para interceptação luminosa aos 52 DAE de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média
	$80x10^3$	$160x10^3$	$240x10^3$	$320x10^3$	$400x10^3$	
BRS Marataoã	58,59	67,31	74.55	77,16	55,05	66,54
BRS Paraguaçu	40,46	61,79	50,31	60,61	73,78	57,39
BRS Pujante	57,90	57,71	58,77	61,51	60,35	59,25
BRS Xiquexique	62,75	71,07	53,16	67,37	50,50	60,97
Média	54,93	64,47	59,20	66,66	59,92	

3.7 Teor de clorofila aos 43 DAE

Na avaliação do teor de clorofila total nas folhas em função das diferentes densidades populacionais, não houve ajuste de equação quando realizada a regressão polinomial, sendo esta variável não alterada pelas populações de plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por Costa et al 213, que ao trabalhar com quatro variedades de feijão-caupi e cinco populações de plantas (10, 14, 18, 22 e 26 plantas m^{-2}), não observou diferença significativa para efeito das populações, variedades e para interação destes sobre o teor de clorofila.

Estes resultados não são esperados uma vez que o teor de clorofila é indicativo de resposta ao sombreamento, e segundo Engel e Poggiane (1991), não só a concentração total de clorofila, mas também a proporção entre os diversos tipos desta mudam em função da intensidade luminosa. Logo em populações mais adensadas esperava-se que houvesse uma maior concentração de clorofila nas folhas em relação àquelas submetidas a menores densidades de plantas. No entanto estes resultados podem ser uma indicação de tolerância da cultura ao sombreamento, tendo em vista que as diferentes populações não influenciaram no teor de clorofila presente nas folhas.

Tabela 18. Valores médios para teor de clorofila aos 43 DAE de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média
	$80x10^3$	$160x10^3$	$240x10^3$	$320x10^3$	$400x10^3$	
BRS Marataoã	50,17	48,69	51,48	57,38	50,61	51,66
BRS Paraguaçu	55,97	47,11	42,30	50,12	47,96	48,69
BRS Pujante	48,30	50,72	46,16	46,79	48,88	48,17
BRS Xiquexique	45,89	49,31	51,04	53.16	50,87	50,05
Média	50,08	48,95	47,74	51,86	49,58	

3.8 Teor de clorofila aos 52 DAE

As médias de teor de clorofila aos 52 DAE para os fatores variedades e população de plantas são apresentados na Tabela 19. A análise de regressão polinomial para o fator população de plantas, não encontrou significância estatística, assim os dados não se ajustaram a nenhum

modelo matemático, indicando que o teor de clorofila foliar não é influenciado pela população de plantas nos intervalos estudados.

Os efeitos da população de plantas sobre o teor de clorofila total em cultivar de feijão-caupi de porte prostrado obtidos por Costa et al. (2013) são concordantes com os efeitos obtidos neste trabalho para os dois períodos avaliados. Possivelmente as culturas estudadas apresentam tolerância ao sombreamento imposto pelos níveis populacionais de plantas avaliados, não sofrendo, dentro destes intervalos, alteração do teor de clorofila nas folhas.

Tabela 19. Valores médios para teor de clorofila aos 52 DAE de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média
	$80x10^3$	$160x10^3$	$240x10^3$	$320x10^3$	$400x10^3$	
BRS Marataoã	44,65	51,12	48,52	46,22	48,76	47,86
BRS Paraguaçu	49,63	44,09	51,32	48,39	47,23	48,13
BRS Pujante	48,85	44,32	45,72	50,56	47,40	47,37
BRS Xiquexique	51,82	42,80	45,36	45,69	45,31	46,20
Média	48,74	45,58	47,73	47,72	47,17	

3.9 Fotossíntese aos 41 DAE

As médias de fotossíntese realizadas aos 41 DAE para os fatores cultivares e população de plantas estão apresentadas na Tabela 20. Observa-se que as cultivares BRS Marataoã e BRS Xiquexique apresentaram, respectivamente, a menor (23,69 μmol CO^2 m^{-2} s^{-1}) e a maior (25,24 μmol CO^2 m^{-2} s^{-1}) médias para taxa de fotossíntese. Entretanto estatisticamente não houve variação na fotossíntese entre as diferentes cultivares.

A análise de regressão não detectou significância estatística para a taxa fotossintética aos 41 DAE, em função da população de plantas.

Tabela 20. Valores médios para fotossíntese aos 41 DAE de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média
	$80x10^3$	$160x10^3$	$240x10^3$	$320x10^3$	$400x10^3$	
BRS Marataoã	22,03	23,60	25,48	22,86	24,46	23,69
BRS Paraguaçu	25,72	23,86	25,19	23,10	24,39	24,45
BRS Pujante	24,55	25,48	24,60	24,54	23,79	24,59
BRS Xiquexique	23,61	27,65	28,10	21,62	25,25	25,24
Média	23,98	25,15	25,84	23,03	24,47	

3.10 Fotossíntese aos 53 DAE

As médias de fotossíntese realizadas aos 53 DAE para os fatores cultivares e população de plantas estão apresentadas na Tabela 21. A análise de regressão polinomial não identificou significância estatística para o fator população de plantas, indicando que o aumento de densidade, nos intervalos estudados, não provoca alteração na taxa de fotossíntese aos 53 DAE.

Os resultados de fotossíntese referentes aos dois períodos (41 e 53 DAE) podem ser explicados pela ausência de resposta das plantas em função dos adensamentos populacionais para o parâmetro teor de clorofila total. Uma vez que não houve alterações nos teores de clorofila com incrementos na população de plantas e também não houve na taxa de fotossíntese realizada, apesar de ter ocorrido maior interceptação de luz com o aumento do adensamento de plantas. Com isso, infere-se que apesar da crescente interceptação de luz provocada pelo adensamento de plantas, é o teor de clorofila que regula a eficiência no aproveitamento de radiação solar e consequentemente alterações na atividade fotossintética. Assim, tendo o teor de clorofila se mantido inalterado com o adensamento de plantas isso pode ter levado a fotossíntese a apresentar um comportamento independente dos incrementos no número de plantas.

Tabela 21. Valores médios para fotossíntese aos 53 DAE de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média
	$80x10^3$	$160x10^3$	$240x10^3$	$320x10^3$	$400x10^3$	
BRS Marataoã	15,81	15,62	15,94	17,09	13,94	15,68
BRS Paraguaçu	18,30	15,42	15,30	19,37	17,03	17,08
BRS Pujante	13,76	17,49	19,86	19,82	14,02	16,99
BRS Xiquexique	18,61	18,94	15,80	17,95	16,39	17,53
Média	16,62	16,87	16,72	18,56	15,34	

O desdobramento da interação cultivares e população de plantas para o estudo dos efeitos dos níveis populacionais dentro das cultivares identificou que todos os contrastes entre médias, são estatisticamente nulos ao nível de 5% de probabilidade. Assim os valores de F no desdobramento indicaram que os níveis populacionais dentro das cultivares não diferem entre si em relação à fotossíntese realizada pelas plantas aos 53 dias após a emergência.

4. CONCLUSÕES

As cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado avaliadas e as populações de plantas influem conjuntamente apenas sobre a fotossíntese aos 53 dias após a emergência.

O aumento da densidade de plantas provocam aumentos no número de dias para início da maturação de vagens, interceptação de luz aos 32 e 40 dias após a emergência.

O aumento da população de plantas não influenciaram nos teores de clorofila foliar e na fotossíntese da planta.

5. REFERÊNCIAS

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.

BAUMANN, D. T.; BASTIAANS, L.; OPFF, M. J. K. Competition and crop performance in a leek – celery intercropping system. **Crop Science,** v. 41, p. 764-774, 2001.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A. Densidade de plantas e eficiência de uso da água em cultivares comerciais de feijão-caupi em ambiente do centro norte piauiense. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/026a.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B. Eficiência de uso da água e produtividade de grãos de Feijão-Caupi em relação a densidade de plantas. IN: CONGRESSO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 10, CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2012, **Anais.** Londrina- PR, 2012.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A. Produtividade de grãos e eficiência de uso da água de feijão-caupi de portes ereto, semi-ereto e semi-prostrado em relação à densidade de plantas. In: XLII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA, Fortaleza - CE, 2013.

CASAL, J. J.; DEREGIBUS, V. A.; SÁNCHEZ, R. A. Variations in tiller dynamics and morphology in *Loliummultiflorum* Lam. vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far-red irradiation. **Annals of Botany**, v. 56, n. 4, p. 533-559, 1985.

COSTA, A. A.; CECCON, F.; CECCON, D. P.; SANTOS, A.; SILV, J. F.; CECCON G. Morfofisiologia de feijão-caupi em populações de plantas, em Dourados, MS, 2012. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-Caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/170a.pdf.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

COSTA, A. A.; SANTOS, A.; CORREA, A. M.; CECCON, G. Produtividade e índice de clorofila em genótipos de feijão-caupi de porte prostrado e semiprostrado. JORNADA DE INICIAÇÃO À PESQUISA DA EMBRAPA-JIPE, Resumos. Dourados- MS, 2012.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA Ltda. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila** (ClorofiLOG /CFL 1030). Falker Automação Agrícola. 2008. 33p.

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

KLEHM, C. S.; SILVA, J. F.; OLIVEIRA, O. M. S.; GONÇALVES, G. S.; SANTOS, A. F. Característica de dossel de feijão-caupi como indicador da capacidade competitiva. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/012b.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

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

MATOSO, A.O. **Milho e feijão-caupi cultivados em faixas na safrinha**. 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2011.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N.; PITOMBEIRA, J. B. Alterações na relação fonte-dreno em feijão-de-corda submetido a diferentes densidades de plantas. **Revista Ciência Agronômica,** v. 36, n. 1, p. 82-90, 2005.

NASCIMENTO, S. P. **Efeito do déficit hídrico em feijão caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca**. 2009. 109p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí, Teresina.

OROKA, F. O.; OMEREGIE, A. U. Competition in a rice - cowpea intercrop as affected by nitrogen fertilizer and plant population. **Scientia Agricola,** v. 64, n. 6, p. 621-629, 2007.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture. St. Joseph: ASABE, 2009. v. CD-Rom. p.1-5.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F.; RAMBO, L.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; ENDRIGO, P. C.; JANDREY, D. B. Características de dossel e rendimento de milho em diferentes espaçamentos e sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.309-317, 2008.

SUMMERFIELD, R. J., PATE, J. S., ROBERTS, E. H. et al. The physiology of cowpeas. In: SINGH, S. R., RACHIE, K. O. (eds) Cowpea research, production and utilization. Great Britain: A. WILEY - INTERSCIENCE PUBLICATION, 460p. p. 65-102, 1985.

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; SMITH, R. E. B. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104, p. 199-209, 2005.

VAN DEN BERG, A. K.; PERKINS, T. D. Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimate chlorophyll and nitrogen contents in sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) leaves. **Forest Ecology and Management**, v. 200, p. 113-117, 2004.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RUMJANEK, N. G.; FREIRE FILHO, F. R. Variabilidade genética em acessos de caupi analisada por meio de marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 4, p. 353-359, 2005.

CAPÍTULO 3. Comportamento da produção de grãos e seus componentes de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado em resposta à densidade de plantas

RESUMO

Pesquisas envolvendo os efeitos da densidade de plantio sobre componentes de produção são importantes para determinação do manejo de plantas que possibilitem maior expressão do potencial produtivo das cultivares, pela utilização mais eficiente dos recursos solo, água e energia luminosa. Com o objetivo de avaliar os efeitos de cinco densidades de plantas sobre a produção de grãos e seus componentes de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, foi conduzido um experimento no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, Piauí, de junho a agosto de 2013. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial (4x5), com quatro repetições. Quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado (BRS Marataoã, BRS Xiquexique, BRS Paraguaçu e BRS Pujante) foram submetidas a cinco populações de plantas (80.000, 160.000, 240.000, 320.000 e 400.000 plantas ha^{-1}). Os caracteres avaliados foram: número de vagem por planta (NVP), produção de grãos por planta (PGP), comprimento de vagem (CMV), número de grãos por vagem (NGV), peso de cem grão (P100G), índice de grãos (IG) e rendimento de grãos (REND). Houve diferença entre as cultivares em relação a todos os componentes de produção avaliados. Os fatores cultivares e população de plantas agiram conjuntamente sobre o comportamento do NVP, que apresentou redução acentuada nos intervalos de 80 a 320 mil plantas ha^{-1}. O CMV e o NGV apresentaram decréscimos com o aumento da densidade de plantas. O P100G e o PGP apresentaram diminuição da matéria seca dos grãos em função do aumento nas densidades de plantas. O IG e o REND não foram influenciados pelas diferentes densidades de plantas. As cultivares BRS Marataoã, BRS Paraguaçu e BRS xiquexique foram superiores em relação à cultivar BRS Pujante.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, porte semienramador, população de plantas, rendimento.

Behavior of grain yield and its components of cowpea cultivars of semiprostrado size in response to plant density

ABSTRACT

Research involving the effects of plant density on yield components are important in determining the management of plants that allow greater expression of the productive potential of the cultivars, the most efficient use of resources soil, water and light energy. Aiming to evaluate the effects of five plant density on grain yield and its components in four cultivars of cowpea semiprostrado of size, an experiment was conducted in the experimental field of Embrapa Meio-Norte in Teresina, Piauí, to June-August 2013 the experimental design was a randomized block factorial (4x5) with four replications. Four varieties of cowpea semiprostrado sized (BRS Marataoã, BRS Xiquexique, BRS Paraguassu and BRS Pujante) were submitted to five plant populations (80,000, 160,000, 240,000, 320,000 and 400,000 plants ha^{-1}). The traits evaluated were: number of pods per plant (NVP), grain yield per plant (PGP), pod length (CMV), number of seeds per pod (NGV), hundred grain weight (P100G), index of grain (IG) and grain yield (YIELD). There were differences among cultivars in relation to all production components evaluated. Cultivars and plant population factors acted together on the behavior of NVP, which showed marked reduction in the ranges 80-320 thousand plants ha-1. The CMV and the NGV showed decreases with increasing plant density. The P100G and PGP showed a decrease in dry matter of the grain due to the increase in plant densities. The IG and the YIELD were not influenced by different plant densities. BRS Marataoã, BRS Paraguassu and BRS xiquexique were higher in relation to BRS Pujante.

Keywords: *Vigna unguiculata,* semienramador sized, plant population, yield.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.)Walp.) é uma leguminosa cultivada nas regiões tropicais e subtropicais, sendo considerada uma cultura de estação quente pela sua adaptação a elevadas temperaturas (NAIM; JABERELDAR, 2010). No Brasil, o feijão-caupi é mais cultivado nas áreas semiáridas do Nordeste brasileiro, nas quais encontra-se bem adaptado às condições de clima e solo (MATOS FILHO et al., 2009).

A cultura apresenta área cultivada média que corresponde a aproximadamente 37% da área total de feijão (feijão-comum + feijão-caupi) cultivada no país, e com uma produção aproximada de 515 toneladas (FREIRE FILHO et al., 2011). No entanto, a cultura ainda apresenta baixa produtividade, estando abaixo do potencial produtivo das cultivares, que tem sido limitado por vários fatores dentre eles, pela densidade de plantio, a qual influencia os componentes de produção e a produtividade final da cultura (HAIZEL, 1972; CARDOSO; RIBEIRO, 2006; BEZERRA et al., 2008; BEZERRA et al., 2009; BEZERRA et al., 2012).

Cravo et al. (2009), avaliando os efeitos do espaçamento entre fileiras e densidade de plantio em variedades de feijão-caupi sobre a produtividade de grãos, observaram aumentos na produtividade de grãos para espaçamentos entre fileiras de 50 cm nas densidades de 160.000 a 240.000 plantas ha^{-1}, resultados que foram semelhantes aos encontrados por Santos et al. (2008), que verificou aumentos na produtividade de grãos para diversas cultivares de feijão-caupi, quando se aumentou a densidade de plantio de 100.000 para 200.000 plantas ha^{-1} no espaçamento de 50 cm entre fileiras. Por outro lado, Bezerra et al. (2013) reportam que o aumento da população de plantas reduz significativamente a produção de grãos.

Os estudos conduzidos indicam que as variedades de feijão-caupi respondem de forma diferente ao fator densidade de plantio, assim, para cada condição de solo e condições ambientais e de manejo, tem-se respostas diferentes entre as cultivares da cultura. Além disso, para as cultivares de porte semiprostrado e prostrado os estudos sobre os efeitos da densidade de plantio são mais escassos, identificando desse modo a necessidade de diversificação das pesquisas para mais regiões produtoras de feijão-caupi.

Nesse sentido, pesquisas envolvendo os efeitos da densidade de plantio sobre componentes de produção são importantes para determinação de manejo de plantas que

possibilitem maior expressão do potencial produtivo das cultivares, pela utilização mais eficiente dos recursos solo, água e energia luminosa.

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar o comportamento da produção de grãos e seus componentes de quatro cultivares de feijão-caupi, de porte semiprostrado submetidas a cinco densidades de plantas, nas condições edafoclimáticas de Teresina-PI.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte (Embrapa Meio-Norte) no município de Teresina, PI, a 05° 05’ de latitude Sul e 42° 48’ de longitude Oeste e a 74,4 m de altitude, no período de junho a agosto de 2013, sob sistema de irrigação por aspersão convencional.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados, no esquema fatorial 4x5, combinando-se quatro cultivares de feijão-caupi, de porte semiprostrado (BRS Marataoã, BRS Pujante, BRS Xiquexique e BRS Paraguaçu) submetidas a cinco populações de plantas (80.000, 160.000, 240.000, 320.000 e 400.000 plantas ha^{-1}), com quatro repetições. Assim o experimento foi constituído de 80 parcelas, sendo cada unidade experimental constituída de quatro fileiras, de 5,0 m de comprimento espaçadas entre si de 0,50 m. O espaçamento entre plantas variou conforme as populações (0,250 m; 0,125 m; 0,083 m; 0,0625 m e 0,050 m, respectivamente). A área útil da parcela totalizou 5,0 m^2 e era formada por duas fileiras centrais.

As características químicas do solo, o preparo da área, os procedimentos de plantio, o manejo de irrigação, bem como os tratos culturais e o manejo fitossanitário empregados durante a condução do experimento, encontram-se descritos no capítulo 1.

A colheita foi realizada de forma manual aos 70 dias após a emergência das plantas. Foram colhidos grãos de duas fileiras centrais de cada parcela (área útil da parcela), de onde foram sorteadas cinco plantas, para determinação dos componentes de produção: número de vagens por planta (NVP); peso de grãos por planta (PGP); comprimento de vagem (CMV); número de grãos por vagem (NGV), ambas considerando a média de 10 vagens, peso de cem grãos (P100G); índice de grãos (IG), sendo este último calculado pela relação entre o peso de grãos de 10 vagens e peso de 10 vagens. E, por fim, o rendimento de grãos (REND). Os componentes de produção foram obtidos da seguinte forma:

a) Número de vagens por planta: média da contagem direta do número de vagens de cinco plantas por parcela.

b) Produção de grãos por planta: corresponde ao peso médio, expresso em gramas, da produção de grãos de cinco plantas por parcela.

c) Comprimento de vagem: comprimento, em cm, de 10 vagens.

d) Número de grãos por vagem: corresponde à média do número de grãos em dez vagens.

e) Índice de grãos: corresponde à porcentagem do peso dos grãos em relação ao peso total da vagem, obtido pela seguinte fórmula:

IG(%) = (PG10V/P10V).100

Em que:

PG10V = peso dos grãos de 10 vagens

P10V = peso das 10 vagens.

f) Peso de cem grãos: referente ao peso, expresso em gramas, de cem grãos secos, colhidos na área útil da parcela corrigido para umidade de 13%.

g) Rendimento de grãos: após a colheita das duas fileiras da área útil de cada parcela experimental, foi feita a debulha manual das vagens e pesagem dos grãos, incluindo os grãos das cinco plantas retiradas da área útil por ocasião da colheita, transformando-se a massa de grãos de g parcela^{-1} para kg ha^{-1}.

Foram realizadas análises de variância as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P< 0,05$). Em relação às populações de plantas, realizou-se análise de regressão polinomial para identificação do modelo que mais se ajustasse às variações dos componentes avaliados. As análises foram realizadas utilizando-se o software ASSISTAT 7.6 (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância para os componentes relacionados à produção são apresentados na Tabela 22. Verifica-se que houve interação significativa ($p<0,05$) entre os fatores população de plantas e variedades de feijão-caupi apenas para variável número de vagens por planta, o que significa que os níveis populacionais avaliados e as variedades estudadas agem independentemente sobre os demais componentes de produção.

Tabela 22. Resumo da análise de variância para número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (CMV), índice de grãos (IG), peso de cem grãos (P100G), número de grãos por vagem (NGV), peso de grãos por planta (PGP) e rendimento de grãos (REND) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostardo, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014 .

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios						
		NVP	CMV (cm)	IG (%)	P100G (g)	NGV	PGP (g)	REND (kg ha^{-1})
Blocos	3	51,71	28,65	419,92	0,86	118,60	228,82	1509100,00
Cultivares (C)	3	89,59**	75,76**	284,82**	224,83**	29,07**	96,57**	39580,00**
Populações (P)	4	83,70--	5,47--	10,69--	0,54--	7,88	245,65--	52730,00--
CXP	12	5,98*	1,07^{ns}	8,04^{ns}	0,56^{ns}	1,69^{ns}	8,79^{ns}	38830,00^{ns}
Resíduo	57	2,70	1,63	7,08	0,64	2,30	9,38	55707,02
Médias		6,11	19,35	73,46	17,80	12,39	9,83	988,50
CV (%)		26,91	6,60	3,62	4,50	12,26	31,16	23,88

*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; **Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; -- Teste F não se aplica; ^{ns} não significativo.

3.1 Número de vagens por planta (NVP)

O estudo comparativo de médias das cultivares mostrou diferença significativa para todas as populações, exceto para a população de 320 mil plantas ha^{-1} (Tabela 23). Em todas as populações a cultivar BRS Paraguaçu apresentou o maior NVP, entretanto, houve redução desse caráter com o aumento da população de plantas. Vieira (1985) afirma que o número de vagens por planta decresce com a redução da densidade de fluxo radiante. Resultados semelhantes foram encontrados por Bezerra et al. (2012) trabalhando com densidades de 100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha^{-1}.

Tabela 23. Valores médios para número de vagens por planta (NVP) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média[1]
	80x10³	160x10³	240x10³	320x10³	400x10³	
BRS Marataoã	6,55 c	4,70 b	5,15 ab	3,19 a	3,65 ab	4,65
BRS Paraguaçu	14,80 a	8,95 a	7,20 a	5,45 a	5,94 ab	8,47
BRS Pujante	7,15 c	4,40 b	2,50 b	3,05 a	3,05 b	4,03
BRS Xiquexique	11,40 b	7,45 ab	5,55 ab	5,90 a	6,20 a	7,30
Média	9,97	6,37	5,10	4,40	4,71	

[1]Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

A análise de regressão polinomial para o fator população de plantas revelou efeitos quadráticos para todas as cultivares (Figura 8). Quando a população foi aumentada de 80 mil plantas ha^{-1} para 400 mil plantas ha^{-1} houve um decréscimo de 52,76% no NVP. Essa redução é reflexo da competição entre plantas, que nas populações mais elevadas tem a sua capacidade produtiva diminuída, fato relacionado com a redução do número de nós do ramo principal. Matoso et al. (2013) ao trabalhar com as populações de 100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha^{-1} e Ceccon et al. (2013) avaliando as populações de 10, 14,18, 22 e 26 plantas m^2 também observaram decréscimos no NVP com o aumento da densidade de plantas.

Cardoso e Ribeiro (2006) consideram a redução do NVP como resultado do menor vingamento de flores, em consequência da intensa competição entre plantas presente nas maiores densidades.

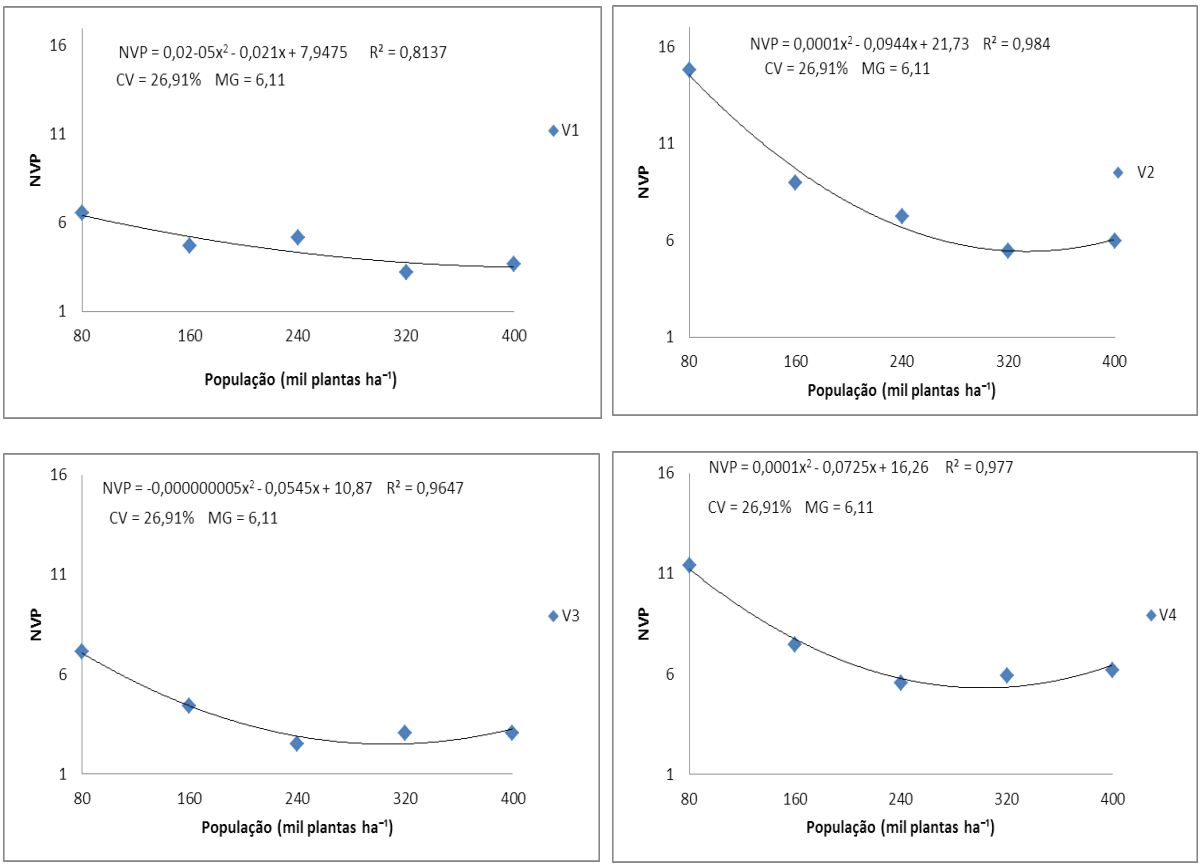

Figura 8. Número de vagens por planta (NVP) para as cultivares de feijão-caupi BRS Marataoã (V1), BRS Paraguaçu (V2), BRS Pujante (V3) e BRS Xiquexique (V4), em função da população de plantas. Teresina, PI, 2014.

3.2 Comprimento de vagem (CMV)

Os valores médios para o CMV são apresentados na Tabela 24. A cultivar de feijão-caupi BRS Marataoã apresentou a menor média para este caráter sendo estatisticamente diferente das demais cultivares. A cultivar BRS Pujante apresentou o maior CMV e diferiu significativamente das cultivares BRS Paraguaçu e BRS Xiquexique, ambas estatisticamente iguais entre si.

Tabela 24. Valores médios para o comprimento de vagem de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média[1]
	80x10³	160x10³	240x10³	320x10³	400x10³	
BRS Marataoã	18,34	17,13	17,26	16,45	17,13	17,26 c
BRS Paraguaçu	19,65	18,91	19,46	18,96	18,35	19,07 b
BRS Pujante	23,68	22,05	20,83	22,01	21,28	21,97 a
BRS Xiquexique	19,74	19,41	18,88	18,40	19,13	19,11 b
Média	20,35	19,37	19,11	18,96	18,97	
DMS = 2,39						

[1]Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Com relação ao fator população de plantas, a regressão polinomial (Figura 9) revelou efeitos lineares significativos em relação à média das quatro cultivares para o CMV. Desse modo, ocorreram decréscimos nesse caráter com o aumento das densidades de plantas. Analisando a variação desse caráter nas populações de 80 mil plantas ha^{-1} à 400 mil plantas ha^{-1} houve um decréscimo de 6,78% no CMV.

Ceccon et al. (2013), estudando o comportamento de vcultivares de feijão-caupi de porte prostrado e semi-ereto submetidas a cinco populações de plantas, obtiveram resultados discordantes desse trabalho, ao verificar que diferentes densidades de plantas não influenciaram o comprimento de vagem. Resultados discordantes também foram obtidos por Cardoso e Melo (2009), em experimento avaliando cinco diferentes densidades de plantas (4, 8, 12, 16 e 20 plantas m^{2}). A competição intraespecífica pode ter sido o motivo principal da redução do comprimento de vagem, pois, segundo Martins et al. (1999), em maiores densidades de plantas ha^{-1} há uma tendência de redução de fotoassimilados disponíveis ao desenvolvimento das plantas, o que afetaria a distribuição de nutrientes para a formação das vagens.

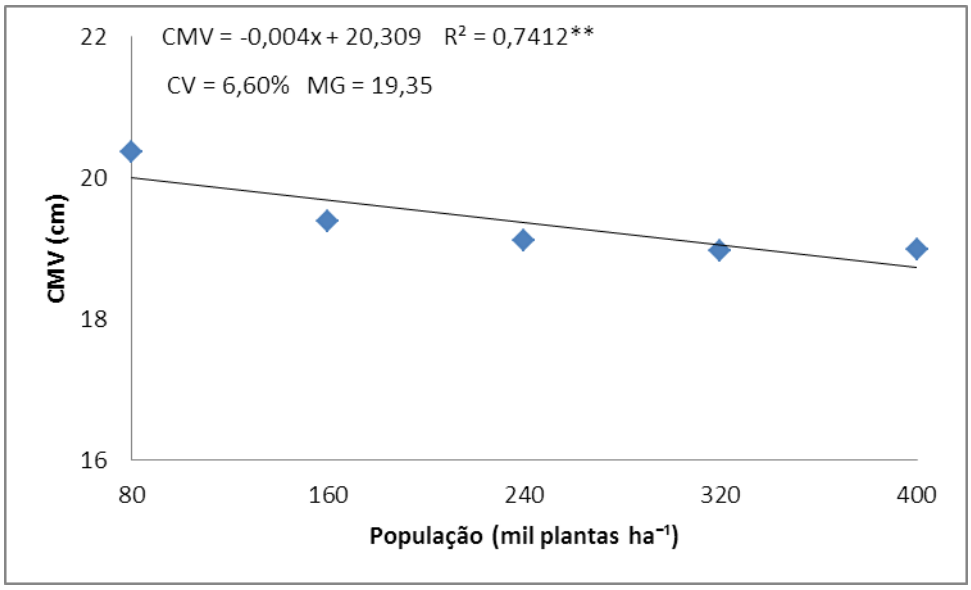

Figura 9. Comprimento de vagem (CMV) em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014.

3.3 Índice de grãos (IG)

O índice de grãos (IG) das cultivares BRS Paraguaçu e BRS Xiquexique (iguais entre si) foram os maiores dentre as cultivares avaliadas, sendo estatisticamente diferente das cultivares BRS Pujante e BRS Marataoã, estas significativamente semelhantes entre si (Tabela 25).

A análise de regressão polinomial não detectou significância estatística para o fator população de plantas, mostrando que o índice de grãos se comporta de forma indiferente às diferentes populações de plantas. Esses resultados indicam que o IG é uma característica que pode mais influenciada pela variabilidade genética do que pela densidade de plantas.

Tabela 25. Valores médios para o índice de grãos de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média[1]
	80x10³	160x10³	240x10³	320x10³	400x10³	
BRS Marataoã	71,93	70,24	69,60	69,81	71,30	70,58 b
BRS Paraguaçu	78,18	77,34	78,16	77,21	76,55	77,49 a
BRS Pujante	72,67	67,00	71,71	70,95	67,32	69,93 b
BRS Xiquexique	75,26	75,79	76,84	75,25	76,11	75,85 a
Média	74,51	72,59	74,08	73,31	72,82	
DMS = 2,23						

[1]Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

3.4 Peso de cem grãos (P100G)

O estudo comparativo de médias do peso de cem grãos para os níveis do fator cutivares detectou que a variedade BRS Pujante foi estatisticamente superior às cultivars BRS Marataoã, BRS Paraguaçu e BRS Xiquexique, sendo as duas últimas significativamente iguais entre si. A cultivar BRS Marataoã superou as cultivares BRS Paraguaçu e BRS Xiquexique (Tabela 26).

Tabela 26. Valores médios para peso de cem grãos (g) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média[1]
	$80x10^3$	$160x10^3$	$240x10^3$	$320x10^3$	$400x10^3$	
BRS Marataoã	17,23	17,25	17,67	17,46	16,38	17,20 b
BRS Paraguaçu	15,63	15,84	15,08	15,72	15,41	15,54 c
BRS Pujante	23,29	22,37	22,27	22,67	22,89	22,70 a
BRS Xiquexique	15,79	16,10	15,58	15,72	15,53	15,74 c
Média	17,99	17,89	17,65	17,89	17,55	
DMS = 1,50						

[1]Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Houve efeito significativo da população de plantas no P100G, sendo os dados ajustados em uma regressão quadrática (Figura 10). Os dados mostram uma diminuição nesse caráter em função da densidade de plantas, pode ser devido a competição intraespecífica, imposta pelo aumento da população de plantas, diminuindo a matéria seca dos grãos.

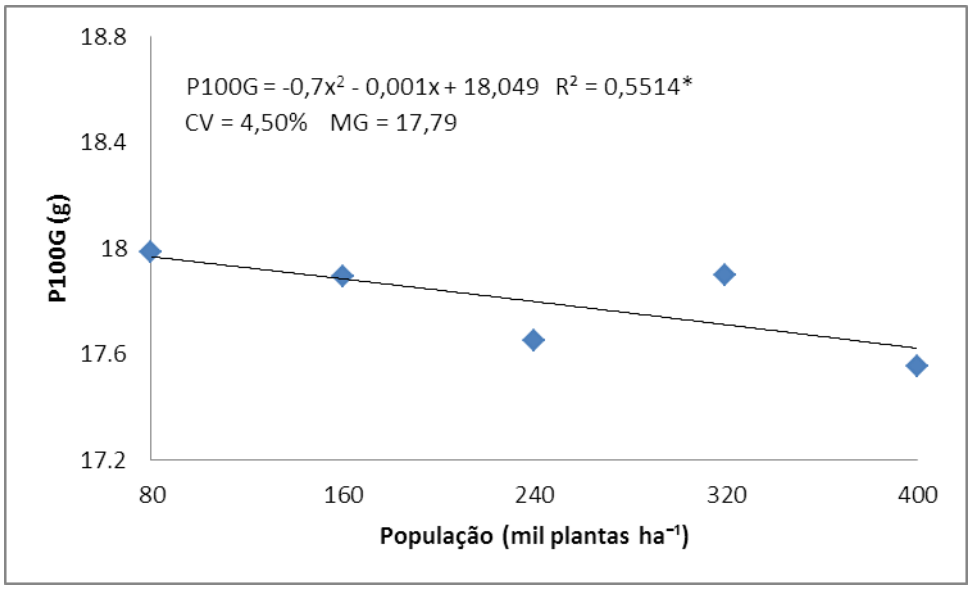

Figura 10. Peso de cem grãos (P100G) em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014.

3.5 Número de grãos por vagem (NGV)

Considerando o fator cultivares, o estudo comparativo de médias do NGV revelou que a cultivar BRS Pujante apresentou a menor média para esse caráter, e foi estatisticamente diferente das cultivares BRS Marataoã, BRS Xiquexique e BRS Paraguaçu sendo que, estas últimas se igualaram. A cultivar BRS Xiquexique, por sua vez, foi semelhante à BRS Marataoã (Tabela 27).

Tabela 27. Valores médios para o número de grãos por vagem de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média[1]
	80x10³	160x10³	240x10³	320x10³	400x10³	
BRS Marataoã	14,15	12,37	11,72	11,67	11,87	12,36 b
BRS Paraguaçu	13,75	13,87	14,45	13,82	12,42	13,66 a
BRS Pujante	12,55	10,07	10,25	10,80	10,20	10,77 c
BRS Xiquexique	13,80	12,87	12,87	11,80	12,37	12,74 ab
Média	13,56	12,30	12,32	12,02	11,72	
DMS = 2,84						

[1]Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Com relação ao fator população de plantas, a regressão polinomial (Figura 11) revelou efeitos lineares significativos em relação à media das quatro cultivares para o componente NGV.

Desse modo, foram observados decréscimos nesse caráter com o aumento da densidade das plantas. Quando a população foi aumentada de 80 mil para 400 mil plantas ha^{-1} houve um decréscimo de 13,57% no número médio de grãos por planta.

Jaur et al. (2003), em experimento desenvolvido no Rio Grande do Sul com feijão comum submetido a diferentes densidades de plantas, também observaram tendência de redução do NGV em função do incremento de plantas na área de cultivo. Provavelmente, esses resultados são oriundos da competição mais intensa entre plantas nas maiores populações.

As variações observadas no NGV são semelhantes aos efeitos da densidade de plantas sobre o CMV e NVP.

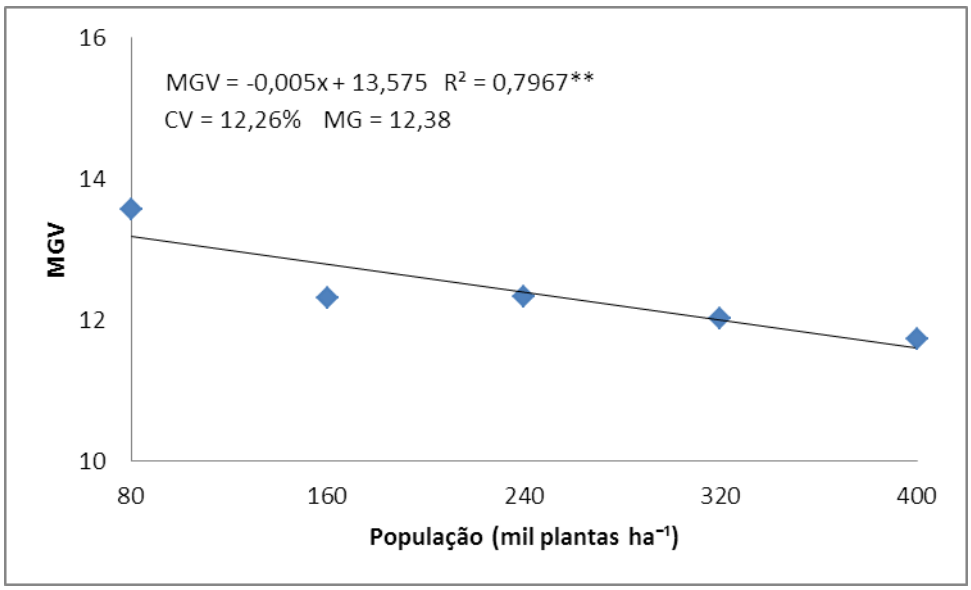

Figura 11. Número de grãos por vagem (NGV) em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014.

3.6 Peso de grãos por planta (PGP)

O estudo comparativo das médias do PGP para os níveis do fator cultivares, revelou que as cultivares BRS Paraguaçu e BRS Xiquexique apresentaram as maiores médias, sendo estatisticamente semelhantes entre si, porém, diferindo significativamente das cultivares BRS Marataoã e BRS Pujante, as quais foram significativamente iguais entre si (Tabela 28).

Tabela 28. Valores médios para peso de grãos por planta (PGP) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média[1]
	80x10³	160x10³	240x10³	320x10³	400x10³	
BRS Marataoã	12,57	7,78	9,00	4,98	6,58	8,18 b
BRS Paraguaçu	20,67	12,00	11,81	8,24	8,69	12,28 a
BRS Pujante	13,86	8,16	5,45	6,04	5,35	7,77 b
BRS Xiquexique	19,13	11,18	7,68	8,67	8,68	11,07 a
Média	16,56	9,78	8,49	6,98	7,33	
DMS = 5,73						

[1]Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Houve efeito significativo da população de plantas quanto ao PGP sendo os dados ajustados em uma regressão quadrática (Figura 12).

Morgado (2006) e Qasem e Biftu (2010) também observaram decréscimos na produção de grãos por planta em resposta ao aumento da densidade de plantas.

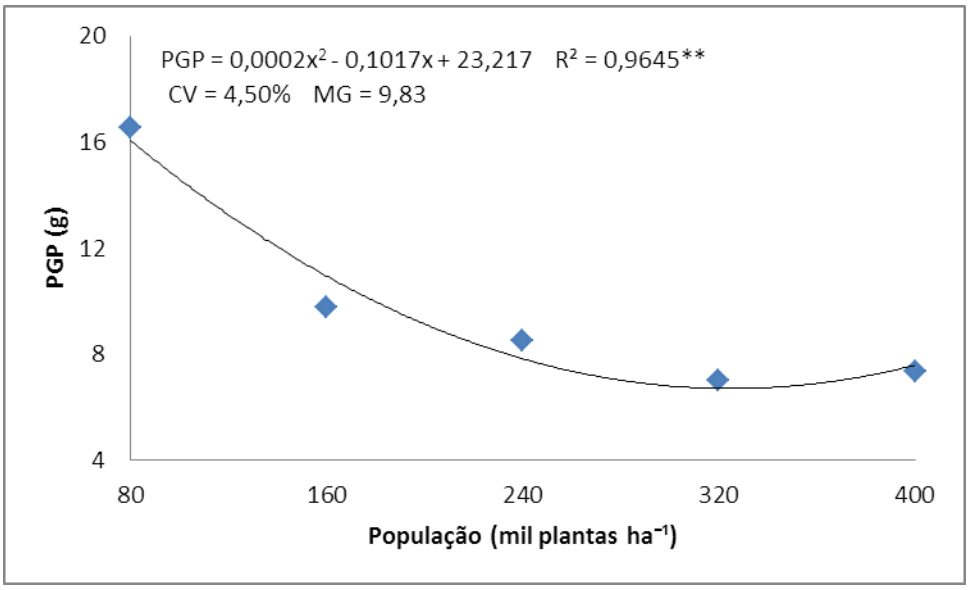

Figura 12. Peso de grãos por planta (PGP) em função da população de plantas de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. Teresina, PI, 2014.

3.7 Rendimento de grãos (REND)

Considerando o fator cultivares, o estudo comparativo de médias de REND revelou que as cultivares BRS Marataoã, BRS Paraguaçu e BRS Xiquexique apresentaram rendimentos estatisticamente semelhantes entre si e superior aos da cultivar BRS Pujante, que apresentou o menor REND (Tabela 29).

Tabela 29. Valores médios para o rendimento de grãos (REND) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, submetidas a cinco populações de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	População (plantas ha^{-1})					Média[1]
	$80x10^3$	$160x10^3$	$240x10^3$	$320x10^3$	$400x10^3$	
BRS Marataoã	1130	1305	1060	1195	1170	1172 a
BRS Paraguaçu	1105	1185	1200	1060	1055	1121 a
BRS Pujante	690	650	665	680	640	665 b
BRS Xiquexique	725	1110	965	1165	1015	996 a
Média	912	1062	972	1025	970	
DMS = 197,66						

[1]Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

A análise de regressão polinomial para o fator população de plantas, considerando-se as médias do REND, revelou efeitos não significativos para este caráter. Desse modo, os dados não se ajustaram a nenhum modelo de regressão. Os efeitos das populações de plantas sobre o REND obtidos por Costa et al. (2009) trabalhando com espaçamentos entre covas de 0,25 cm e 0,50 cm para variedades de feijão-caupi de porte ereto e 0,25, 0,50 e 0,60 cm em cultivares de porte prostrado, obtiveram maiores REND para os menores espaçamentos. Miranda Neto et al. (2013) também encontraram efeito da variação da população de plantas sobre o REND quando avaliaram diferentes populações e identificaram que maiores REND são obtidos com populações intermediárias e próximas de 14 plantas m^{-2}.

4. CONCLUSÕES

As cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado apresentaram variabilidade para todos os componentes de produção.

O número de vagens por planta foi influenciado pelas cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado e as populações de plantas avaliadas.

Comprimento de vagem e o número de grãos por vagem apresentaram decréscimos com o aumento da densidade de plantas.

O peso de cem grãos e o peso de grãos por planta apresentaram diminuição da matéria seca dos grãos em função do aumento da densidade de plantas.

O índice de grãos e o rendimento de grãos não foram influenciados pela densidade de plantas.

As cultivares BRS Marataoã, BRS Paraguaçu e BRS Xiquexique foram superiores para o rendimento de grãos.

5. REFERÊNCIAS

BEZERRA, A. A. C.; NETO, F. A.; NEVES, A. C.; MAGGIONI, K. Comportamento morfoagronômico de feijão-caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. **Ciências Agrárias**, v. 55, n. 3, p. 184-189, 2012.

BEZERRA, A. A. C.; NEVES, A. C.; GUIMARÃES, A. R. C.; SILVA JÚNIOR, J. V. S.; PESSOA, E. F. Morfologia e produção de feijão-caupi, cv. BRS Novaera, sob diferentes densidades de plantio. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/029a.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1239-1245, 2009.

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, p. 85-93, 2008.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; RODRIGUES, B. H. N. Adubação fosfatada e densidades de planta em feijão-caupi em solo de tabuleiro costeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJAO‑CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJAO‑CAUPI, 6., Teresina, 2006. Tecnologias para o agronegócio: **anais**. Teresina: Embrapa Meio‑Norte, 2006. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/68829. Acesso em: 07 mar. 2014.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agronômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamento entre linhas e densidade de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 01, p. 102-105, 2006.

CECCON, G.; SANTOS, A.; SILVA, J. F.; COSTA, A. A.; PADILHA, N. S. Produtividade de feijão-caupi em populações de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/050d.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

COSTA, A. F.; SANTOS, V. F.; VILA NOVA, M. X.; KIDO, L. M. H.; MEDEIROS, L. V. Espaçamento de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* L. (Walp.)] para Pernambuco: resultados preliminares. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., Belém, 2009. Da agricultura de subsistência ao agronegócio: **anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L. Efeito de espaçamento e densidade de plantio na produtividade de grãos de variedades de feijão-caupi no nordeste paraense. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., Belém, 2009. Da agricultura de subsistência ao agronegócio: **anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 552- 556. CD-ROM.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil:** produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2011, 84p.

HAIZEL, K. A. The effects of plant density on the growth, development and grain yield of two varieties of cowpea, *Vigna unguiculata* (L) Walp. **Ghana Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, p. 163-171, 1972.

JAUER, A; DUTRA, L. M. C.; LUCCA FILHO, O. A.; SANTI, A. L.; ZABOT, L.; UHRY, D.; BONADIMAM, R.; BELLÉ, G. L. Rendimentos de grãos, seus componentes e características morfológicas do feijoeiro comum cultivado em quatro densidades de semeadura na safrinha. **Ciência Rural**, v.33, n.1, p.21-26, 2003.

MARTINS, M. C.; PEIXOTO, C. P.; MARCHIORI, L. F. S.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Ciência Agrícola**, v. 56, n. 4,p. 851-858, 1999.

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**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 348-354, 2009.

MATOSO, A. O.; SORATTO, R. P.; GUARNIERI, F.; SOUZA, M. R.; ABRAHÃO, R. C. Produtividade de grãos de feijão-caupi sob diferentes densidades de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http://www.conac2012.org/resumos/pdf/047b.pdf. Acesso em: 06 mar. 2014.

MIRANDA NETO, V. N.; CECCON, G.; SOUZA, E. F. C.; SANTOS, A. Resposta de quatro cultivares de feijão-caupi a diferentes densidades populacionais. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., Recife, 2013. **Feijão-caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais.** Recife: IPA, 2013. CONAC 2013. Disponível em: http:// http://www.conac2012.org/resumos/pdf/050e.pdf. Acesso em: 05 mar. 2014.

MORGADO, L. B. Estudo sobre densidade de plantio de sorgo e feijão-caupi consorciados no semi-árido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 3, p. 357-363, 2006.

NAIM, A. M.; JABERELDAR, A. A. Effect of Plant density and Cultivar on Growth and Yield of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.Walp). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 4, n. 8, p. 3148-3153, 2010.

QASEM, J. R.; BIFTU, K. N. Growth analysis and responses of cowpea [*Vigna Sinensis* (L.) Savi Ex Hassk.] and redroot pigweed (Amaranthus retroflexus L.), grown in pure and mixed stands, to density and water stresses. **The Open Horticulture Journal,** v. 3, p. 21-30, 2010.

SANTOS, C. A. F.; BARROS, G. A.; SANTOS, I. C. C. N.; FERRAZ, M. G. S. Comportamento agronômico e qualidade culinária de feijão-caupi no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 3, 2008.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture. St. Joseph: ASABE, 2009. v. CD-Rom. p.1-5.

VIEIRA, C. **O feijão em cultivos consorciados**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1985. 134 p.

4. CONCLUSÕES GERAIS

Aumentos nas densidades de plantas provocaram efeitos lineares crescentes no comprimento de epicótilo e comprimento de hipocótilo e efeitos lineares decrescentes no número de ramos laterais. Enquanto o número de nós no ramo principal não foi alterado pelo incremento nas populações de plantas.

O diâmetro de caule sofre efeito quadrático em função do aumento do número de plantas, apresentando no intervalo de 80 mil a 240 mil plantas ha^{-1} uma redução, a qual se mantém constante nas populações de 320 mil e 400 mil plantas ha^{-1}.

Incrementos na densidade de plantas influenciaram o número de dias para maturação de vagens e a interceptação luminosa aos 32 e aos 40 dias após a emergência.

Os parâmetros número de dias para floração, interceptação luminosa aos 47 e aos 52 dias após a emergência, teor de clorofila aos 43 e aos 52 dias após a emergência e fotossíntese aos 41 e aos 53 dias após a emergência não foram influenciados pela densidade de plantas.

O comprimento médio de vagens e o número médio de grãos por vagem decresceram com o aumento da densidade de plantas.

O peso de cem grãos e peso de grãos por planta apresentaram diminuição da matéria seca dos grãos em função do aumento nas densidades de plantas.

A variação na densidade de plantas não influenciaram o índice de grãos e o rendimento de grãos.

As cultivares BRS Marataoã, BRS Paraguaçu e BRS xiquexique apresentaram maiores rendimentos em relação à variedade BRS Pujante.