



RAYLSON RODRIGUES DE SOUSA

**DENSIDADE POPULACIONAL E INOCULAÇÃO NA
CULTIVAR DE FEIJÃO-CAUPI BRS IMPONENTE**

**TERESINA - PI
2017**

RAYLSON RODRIGUES DE SOUSA

**DENSIDADE POPULACIONAL E INOCULAÇÃO NA CULTIVAR DE FEIJÃO-
CAUPI BRS IMPONENTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura Tropical, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de concentração em Agricultura Tropical.

Orientador

Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra

Coorientador

Dr. Maurisrael de Moura Rocha

**TERESINA – PI
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processamento Técnico

S725d Sousa, Raylson Rodrigues de
Densidade populacional e inoculação na cultivar de feijão –
caupi brs imponente / Raylson Rodrigues Sousa - 2017.
45 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade
Federal do Piauí, Teresina, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Antônio Aécio Carvalho Bezerra

1. *Vigna unguiculata* 2. Produtividade 3. População de plantas
4. FBNI. Título

CDD 635.659 2

RAYLSON RODRIGUES DE SOUSA

DENSIDADE POPULACIONAL E INOCULAÇÃO NA CULTIVAR DE
FEIJÃO-CAUPI BRS IMPONENTE

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Ciências com área de concentração em Agricultura Tropical.

APROVADA em 20 de fevereiro de 2017.

Comissão Julgadora:

Rosa Maria Cardoso Mota de Alcântara.
Dra. Rosa Maria Cardoso Mota de Alcântara – Embrapa Meio-Norte

F. A. Freire Filho
Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho – Embrapa Amazônia Oriental

Antônio Aécio de Carvalho Bezerra.
Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra – CCA/UFPI
(Orientador)

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

TERESINA-PI

2017

A Deus,
Com toda a minha gratidão.
Ofereço

Aos meus pais, Wilson e Maria Edna, a minha irmã Rosana e a todos os meus amigos, por terem me apoiado em momentos difíceis que fizeram parte dessa jornada de novos desafios.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

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

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

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa;

Ao Professor Antônio Aécio de Carvalho Bezerra, pela orientação, disponibilidade e, principalmente, pelo profissionalismo e humildade, sendo um modelo de profissional a ser seguido.

À Embrapa Meio-Norte pela infraestrutura disponibilizada e aos amigos que fiz no meu longo período de estágio (Francisco Mauro de Sousa, Erlândio Santos Resende, Manoel Gonçalves da Silva, Paulo Sergio Monteiro, Agripino Ferreira do Nascimento, Francisco Reis de França, e às “mulheres do caupi”);

A todos os estagiários da Embrapa Meio-Norte que se dispuseram e me ajudaram na coleta de dados deste experimento (Samiria Pinheiro, Tayanne Paula, Adriane Rodrigues, Paulo Gomes, Rafael Moreira, Walter Frazão e Pablo Alves);

Ao pesquisador e coorientador Dr. Maurisrael de Moura Rocha, pelos ensinamentos, atenção e compreensão nos momentos críticos dessa trajetória;

À Dr^a. Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara pela atenção e por ter dirimido todas as minhas dúvidas sobre fixação biológica de nitrogênio quando necessário;

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Agricultura Tropical do CCA/UFPI pelos ensinamentos;

À minha namorada Francisca Josefa e meus amigos Lucas de Sousa, Marcelo Lemos, James Pinho, que sempre me ajudaram tanto dentro quanto fora da universidade mesmo a longa distância.

Aos colegas da pós-graduação em Produção Vegetal da UFPI, em especial Laydson Moura, Marcos Vinicius, Edgar Ribeiro, Welder Silva, Antônio Neto e aos bolsistas da UFPI, pelo companheirismo e amizade.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar caracteres de crescimento da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente, em função da densidade populacional e inoculação com estirpes de rizóbio. O experimento foi realizado sob condições de irrigação, no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI, no período de junho a agosto de 2016. O delineamento estatístico adotado foi em blocos completos casualizados, em arranjo fatorial 5x4, com quatro repetições, composto por cinco densidades populacionais (100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹) e quatro fontes de nitrogênio (estirpes BR3267 e INPA03-11B, N-mineral (uréia 20 kg ha⁻¹ de N) e tratamento controle (sem inoculação e N-mineral). Foram avaliados os caracteres taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), índice de área foliar aos 30 dias após emergência (IAF₃₀) e eficiência relativa de inoculação (ER). número de dias para o início da floração (FLOR), número de dias para o início da maturidade de vagens (MAT), comprimento do ramo principal (CRP), número de ramos laterais (NRL), comprimento de vagem (COMPV), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), produção de grãos por planta (PGP), massa de cem grãos (M100G), índice de grãos (IG) e rendimento de grãos (RG). O aumento na população de plantas não influenciou na TCR, FLOR, MAT, COMPV, M100G e IG, reduções na TCA, NGV e RG, e aumento CRP. Os espaçamentos maiores entre as plantas influenciam de maneira negativa a nodulação, melhorando com o aumento da aproximação das raízes das plantas a partir da população de 300 mil plantas ha⁻¹, além de proporcionar uma estabilidade após a redução do NRL, NVP e PGP. Os tratamentos inoculados se comportam de forma equivalente aos tratamentos N-mineral (uréia) e controle no favorecimento da TCA, TCR e ER. O tratamento adubado com uréia e a estirpe INPA03-11B combinado com a população de 200 mil plantas ha⁻¹ proporcionam as maiores TAL. A estirpe INPA03-11B mostrou-se ser a mais adequada para a inoculação de sementes em relação ao NVP. As estirpes INPA03-11B e BR 3267 apresentaram especificidades de inoculação similares na PGP na cultivar BRS Imponente.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, produtividade, população de plantas, FBN.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate growth traits of the BRS Imponente cowpea cultivar as a function of population density and inoculation with rhizobia strains. The experiment was carried out under irrigation conditions at the Embrapa Meio-Norte experimental field, in Teresina-PI, from June to August 2016. The statistical design adopted was a randomized complete block in a 5x4 factorial arrangement with four replicates, composed of five population densities (100, 200, 300, 400 and 500 thousand plants ha⁻¹) and four nitrogen sources (strains BR3267 and INPA03-11B, N-mineral (urea 20 kg ha⁻¹ of N) and control treatment (without inoculation and N-mineral)). Were evaluated the characters absolute growth rate (TCA), relative growth rate (TCR), net assimilation rate (TAL), foliar area index at 30 days after emergence (IAF₃₀), relative inoculation efficiency (ER), number of days for beginning of maturity (MAT), main branch length (CRP), number of lateral branches (NRL), number of days for beginning of flowering (FLOR), number of pods per plant (NVP), number of grains per pod (NGV), grain yield per plant (PGP), mass of one hundred grains (M100G), grain index (IG) and grain yield (RG). The increase in plant population did not influence TCR, FLOR, MAT, COMPV, M100G and IG, reductions in TCA, NGV and RG, and increase CRP. Larger plant spacings negatively influence nodulation, improving plant roots approximation from the 300,000 ha⁻¹ plant population, as well as providing stability after the reduction of NRL, NVP and PGP. The inoculated treatments behave in a manner equivalent to the N-mineral treatments (urea) and control in the favoring of the TCA, TCR and ER. The urea fertilized treatment and the INPA03-11B strain combined with the population of 200,000 ha⁻¹ plants provide the highest TAL. The strain INPA03-11B was shown to be the most suitable for seed inoculation in relation to NVP. Strains INPA03-11B and BR 3267 showed similar inoculation specificities in PGP in the BRS Imponente cultivar.

Keywords: *Vigna unguiculata*, yield, plant population, FBN.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Dados de umidade relativa (%) e temperatura (°C) médias, no período 28/06 a 28/08/2016. Teresina, PI, 20116.34
- Figura 2** Taxa de crescimento absoluto (TCA) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional de plantas. Teresina, PI, 2016....38
- Figura 3** Eficiência relativa de inoculação (ER%), da cultivar de feijão-caupi, BRS Imponente em função de diferentes densidades populacionais de plantas. Teresina, PI, 2016.42
- Figura 4** Comprimento do ramo principal (CRP) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função de diferentes densidades populacionais de plantas. Teresina, PI, 2016.53
- Figura 5** Número de ramos laterais (NRL) e número de vagens por planta (NVP) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função de diferentes densidades populacionais de plantas. Teresina, PI, 2016.54
- Figura 6:** Número de grãos por vagem (NGV) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função de diferentes densidades populacionais de plantas. Teresina, PI, 2016.57
- Figura 7:** Produção de grãos por planta (PGP) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função de diferentes densidades populacionais de plantas. Teresina, PI, 2016.59
- Figura 8** Rendimento de grãos (RG) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função de diferentes densidades populacionais de plantas. Teresina, PI, 2016.60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Resultado da análise química do solo, da área experimental, para macronutrientes, na camada de 0 – 20 cm. Teresina, PI, 2016.	32
Tabela 2 População de plantas ha ⁻¹ , espaçamento (m) entre plantas dentro da fileira (EDF) e número de plantas por metro linear em função da densidade populacional em feijão-caupi. Teresina, PI, 2016.....	33
Tabela 3 Características principais da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente ¹	33
Tabela 4 Resumo das análises de variância para taxa decrescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), índice de área foliar aos 30 dias após emergência (IAF ₃₀) e eficiência relativa de inoculação (ER) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente. Teresina, PI, 2016.	37
Tabela 5 Valores médios ¹ para a taxa de assimilação líquida (TAL), em g m ⁻² dia ⁻¹ , em função da densidade populacional de plantas e fontes de nitrogênio da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente. Teresina, PI, 2016.....	39
Tabela 6 Valores médios ¹ para o índice de área folia aos 30 DAE (IAF ₃₀) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional de plantas e fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2016.....	41
Tabela 7 Resumo das análises de variâncias para número de dias para início da floração (FLOR), número de dias para início da maturidade das vagens (MAT), comprimento do ramo principal (CRP), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP) e comprimento de vagem (COMPV) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional de plantas e fonte de nitrogênio. Teresina, PI, 2016.	51
Tabela 8 Resumo da análise de variância para número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M100G), índice de grãos (IG), produção de grãos por planta (PGP) e rendimento de grãos (RG) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional de plantas e fonte de nitrogênio. Teresina, PI, 2016.	51
Tabela 9 Valores médios ¹ para o número de vagem por planta (NVP) e produção de grãos por planta (PGP), em g, da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função das fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2016.....	55

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Taxonomia e origem do feijão-caupi	15
2.2 Importância socioeconômica do feijão-caupi.....	15
2.3 Cultivar de feijão-caupi BRS Imponente.....	17
2.4 Densidade de plantas em feijão-caupi	18
2.5 Fixação biológica de nitrogênio: benefícios e estirpes recomendadas.....	20
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
CAPÍTULO I – Análise de crescimento da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional e inoculação com estirpes de rizóbio	28
RESUMO.....	28
ABSTRACT	29
1 INTRODUÇÃO	30
2 MATERIAL E MÉTODOS	32
2.1 Implantação e condução do experimento.....	32
2.2 Caracteres avaliados.....	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
3.1 Taxa de crescimento absoluto (TCA)	37
3.2 Taxa de crescimento relativo (TCR).....	39
3.3 Taxa de assimilação líquida (TAL)	39
3.4 Índice de área foliar aos 30 DAE (IAF ₃₀)	40
3.5 Eficiência relativa de inoculação (ER%).....	41
4 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

CAPÍTULO II – Comportamento morfológico e produtivo da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional e inoculação com estirpes de rizóbio.....	46
RESUMO.....	46
ABSTRACT	47
1 INTRODUÇÃO	48
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	50
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
1 ^o RL: regressão linear; RQ: regressão quadrática; DR: desvios da regressão; ns, *, ** não significativo, significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.	52
3.1 Número de dias para início da floração (FLOR)	52
3.2 Número de dias para início da maturidade das vagens (MAT).....	52
3.3 Comprimento do ramo principal (CRP)	52
3.4 Número de ramos laterais (NRL).....	54
3.5 Número de vagens por planta (NVP)	55
3.6 Comprimento de vagem (COMPV).....	56
3.7 Número de grãos por vagem (NGV).....	56
3.8 Massa de cem grãos (M100G)	57
3.9 Índice de grãos (IG).....	58
3.10 Produção de grãos por planta (PGP)	59
3.11 Rendimento de grãos (RG)	60
4 CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
CONSIDERAÇÕES GERAIS	67

1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi, feijão macassar ou feijão-de-corda, é uma leguminosa de baixa exigência hídrica, com boa capacidade de fixar nitrogênio por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e pouco exigente em fertilidade de solo, além de constituir uma das principais fontes de proteína, principalmente para a população de baixa renda, por ser de baixo custo (GUIMARÃES et al., 2012).

Trata-se de um alimento básico para a população de vários países das regiões tropicais e subtropicais, com grande importância nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, que tem tradição em seu cultivo, comércio e consumo (FREIRE FILHO, 2011).

No Brasil, devido os dados de produção de feijão-caupi serem publicados conjuntamente com os do feijão comum [*Phaseolus vulgaris* (L.)], pelo serviço de Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o país não aparece como produtor de feijão-caupi nos levantamentos realizados pela FAO. A produção nacional de feijão-caupi é estimada em 505.233 toneladas (t), porém, seu cultivo, por ser na sua maioria de subsistência e com o emprego de baixo nível tecnológico, contribui para uma baixa produtividade de apenas 419 kg ha⁻¹ na cultura (Embrapa, 2015).

Nas últimas décadas, a produção mundial do feijão-caupi aumentou cerca de seis vezes, em decorrência principalmente do desenvolvimento de cultivares melhoradas, de ciclo curto, porte ereto e com maior potencial de produção. Esse aumento pode ser significativo se comparado a outros cereais e de todas as leguminosas (SINGH, 2010).

Um dos fatores para esse aumento de produção do feijão-caupi é a sua boa eficiência na capacidade de fixação biológica do nitrogênio (FBN) no solo, mantendo uma interação equilibrada entre planta, solo e microorganismos, o que garante uma produção satisfatória, por agricultores familiares, sem a técnica da adubação nitrogenada (SILVA JÚNIOR et al., 2012).

A FBN é mais eficiente quando se faz uso da tecnologia da inoculação de sementes, que é uma prática agrícola de introdução de estirpes mais eficientes para a cultura do feijão-caupi, testados e recomendados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), devido o alto número de bactérias nativas existentes no solo, apresentando eficiência variável, o que pode aumentar o

rendimento de grãos de maneira ecológica e sustentável, elevando a renda do produtor rural (ZILLI et al.,2009).

Outro fator que ocasiona aumento na produtividade em qualquer cultura é uma melhor distribuição de plantas na área por proporcionar uma maior eficiência na utilização dos nutrientes, água disponível e fotossíntese, proporcionando um equilíbrio entre o número de plantas e a área plantada (BEZERRA, 2008).

A disponibilidade de cultivares de feijão-caupi de portes ereto e semiereto tem possibilitado o seu cultivo mecanizado e a sua inserção nos sistemas de produção tecnificados, tanto como cultura principal, como cultura de safrinha, ganhando cada vez mais visibilidade na região Centro-Oeste (ROCHA, 2009).

O avanço do feijão-caupi nos cerrados tem gerado cada vez mais uma demanda por cultivares com características que atendam às necessidades dos sistemas de produção tecnificados, com alta produtividade e qualidade de grãos, características de porte e arquitetura adequados ao maior adensamento e à mecanização da cultura, do plantio à colheita (BEZERRA et al., 2009).

Segundo Bezerra et al. (2012), o porte, a arquitetura e o sistema de produção são fatores que influenciam na determinação do arranjo de plantas mais adequado para que os fatores ambientais sejam eficientemente aproveitados e a cultivar expresse seu potencial máximo de produção.

Essa influencia leva a busca pela determinação de uma densidade ótima para cada cultivar, porém devido ao entrave nas particularidades de cada material estudado, existe uma maior necessidade das pesquisas sobre arranjos populacionais em paralelo ao lançamento de novas cultivares de feijão-caupi.

Este trabalho teve por objetivo avaliar as características morfofisiológicas e produtivas da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional e inoculação com estirpes de rizóbio sob cultivo irrigado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Taxonomia e origem do feijão-caupi

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

Houve uma grande dificuldade para a classificação do feijão-caupi domesticado devido à grande variabilidade genética existente na espécie *Vigna unguiculata* e nas espécies silvestres geneticamente mais próximas. As primeiras classificações a incluíam em outros gêneros, como *Phaseolus* e *Dolichos*, no entanto, sua classificação dentro do gênero *Vigna* é mais aceita atualmente (FREIRE FILHO et al., 2011a).

A espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. tem como centro de origem a África, devido a não constatação de formas selvagens da espécie em outros locais e uma predominância no continente africano (PADULOSI; NG, 1997).

A introdução do feijão-caupi no Brasil ocorreu pelos colonizadores portugueses, no estado da Bahia, no século XVI, ocupando-se primeiramente na região Nordeste e Norte, em seguida para as regiões Centro-Oeste e Sul; inicialmente como consumo e posteriormente através da identificação da demanda de seu mercado (FREIRE FILHO et al., 2011b).

No Brasil existem várias denominações para a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. conforme a região de cultivo. No Norte é conhecido como feijão-da-colônia e feijão-de-praia; no Nordeste, feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-macassar e no Sul, como feijão-miúdo (FREIRE FILHO et al., 2005b).

2.2 Importância socioeconômica do feijão-caupi

O feijão-caupi, tem grande importância como alimento básico, principalmente para as populações das regiões Norte e Nordeste do Brasil, bem como dos países africanos e asiáticos, tanto como alimento quanto como um gerador de emprego e renda para as populações rurais e urbanas dessas regiões (BORGES et al., 2012).

A região Nordeste do Brasil destaca-se por apresentar as maiores áreas plantadas com a cultura do feijão-caupi. Pelo seu alto valor nutricional, é utilizado como um dos principais componentes da dieta alimentar do nordestino, sendo uma importante fonte de proteína, energia, fibras e minerais, além de contribuir para fixar

o homem no campo, melhorando a renda dos agricultores familiares (FREITAS, 2012).

A produção mundial de feijão-caupi em 2014 foi aproximadamente 5,6 milhões de toneladas, produzidas em 12,5 milhões de hectares, conforme registros da FAO (2015). Os maiores produtores mundiais são Nigéria, Níger, Burkina Faso, Tanzânia e Miammar com 2,1 milhões, 1,6 milhões, 571 mil, 191 mil e 115 mil toneladas, respectivamente. No entanto, existe uma produção significativa dessa cultura nos países da Índia e do Brasil que não aparecem nas estatísticas da FAO.

Há estatísticas oficiais sobre a produção de feijão no Brasil, porém, o serviço de Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) publicam os dados do feijão comum (*Phaseuls vulgaris* (L.)) e do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) de forma conjunta. Esse procedimento impossibilita que se saiba, de forma direta, qual a participação de cada espécie na produção total de feijão do País (SILVA; ROCHA; MENEZES JÚNIOR, 2016).

De acordo com estimativas realizadas pela Embrapa Arroz e Feijão (2016), a produção de feijão-caupi no Brasil em 2015 foi de 452.013 toneladas colhidas em 1.078.040 hectares, com uma produtividade de 419 kg ha⁻¹. Silva; Rocha; Menezes Júnior (2016), ressaltam que em 2011 o Brasil produziu cerca de 800 mil toneladas colhidas em 1,7 milhões de hectares, esse recorde ocorreu devido às boas condições pluviométricas, especialmente no Nordeste do Brasil.

Deve-se destacar, portanto, a existência de um viés nessas estimativas. Por exemplo, as estimativas indicam a inexistência de produção de feijão-caupi nos estados do Acre, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Tocantins, ou seja, a produção de sete estados não está sendo capitalizada a favor da cultura. Quando, de fato, sabe-se da existência de produção de feijão-caupi nestes estados (SILVA; ROCHA; MENEZES JÚNIOR, 2016).

A região Nordeste destaca-se como a maior produtora e consumidora de feijão-caupi no Brasil. Segundo estimativas feitas com base na safra de 2015, o estado de Mato Grosso, embora não apresente a maior área colhida, que é obtida pelo estado do Ceará (398.002 ha) atinge a maior produção (127.000 t), devido a maior produtividade (1.095 kg ha⁻¹), resultado direto do emprego de tecnologias adequadas no sistema de produção da cultura. Em contraste, estados como Ceará e Piauí, maiores consumidores desta leguminosa, alcançam baixíssimos níveis de

produtividade, 270 kg ha⁻¹ e 258 kg ha⁻¹, respectivamente, em função do baixo emprego de tecnologia, irregularidades pluviométricas, etc (SILVA; ROCHA; MENEZES JÚNIOR, 2016).

A cultura do feijão-caupi vem transformando suas perspectivas nos últimos anos com o seu avanço para outras regiões brasileiras, pois seu cultivo deixou de ser uma atividade basicamente de subsistência para ser uma atividade empresarial altamente rentável graças ao desenvolvimento de tecnologias associadas com a cultura, por exemplo, cultivares mais adequadas ao cultivo totalmente mecanizado, desenvolvidas pelo programa de melhoramento da Embrapa Meio-Norte, que tem permitido aos grandes produtores utilizarem um elevado nível tecnológico no processo produtivo da cultura (SILVA, 2011).

O feijão-caupi tem se expandido para os cerrados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, onde é incorporado aos arranjos produtivos como safrinha, após as culturas da soja e do arroz, e, em alguns locais, como cultura principal, que juntamente com o seu custo muito competitivo, tem aumentado o interesse de produtores e exportadores pela cultura (FREIRE FILHO et al., 2011).

2.3 Cultivar de feijão-caupi BRS Imponente

O feijão-caupi vem passando nos últimos anos por uma mudança de cenário, principalmente nos Cerrados do Centro-Oeste brasileiro, pela demanda de cultivares com arquitetura de planta moderna (ramos laterais curtos, porte ereto, inserção de vagens acima do nível da folhagem), ciclo curto e uniformidade da maturidade das vagens, sendo mais adaptadas ao cultivo mecanizado, podendo ser cultivadas na “safrinha”.

Pesquisas de mercado apontam para a preferência do consumidor por grãos maiores, o que influencia diretamente o valor pago nos mercados internacionais cuja valoração está relacionada ao tamanho do grão. A cultivar BRS Imponente vem atender a essa demanda, pois apresenta massa média de 34 gramas para cada 100 grãos (294 grãos para cada 100 gramas), sendo classificada como de tamanho extragrande (BRS Imponente, 2016).

A presença de altos teores de ferro e zinco é também uma característica importante da BRS Imponente, já que supera as quantidades de minerais e nutrientes de sua concorrente no mercado, a BRS Novaera. O grão é de rápido

cozimento e excelente para preparação de pratos como baião de dois, feijão tropeiro e saladas (BRS Imponente, 2016).

De porte semi-ereto, ramos laterais curtos, ciclo de maturidade das vagens precoce e inserção das vagens acima do nível da folhagem, a BRS Imponente apresenta maior adaptabilidade ao cultivo em sequeiro, onde apresentou um alto potencial produtivo, chegando a 2.181 kg ha⁻¹ no Mato Grosso. É recomendada para o cultivo nas regiões Norte (Pará), Nordeste (Maranhão e Piauí) e Centro-Oeste (Mato Grosso) (BRS Imponente, 2016).

A população recomendada para a cultivar BRS Imponente, baseada nas cultivares de porte semiereto, é de 200 mil plantas ha⁻¹, utilizando espaçamento entre linhas de 0,45 ou 0,50 m, com 9 ou 10 plantas por metro linear, respectivamente (BRS Imponente, 2016).

A cultivar BRS Imponente, pelo seu alto potencial genético em termos de produção e qualidade comercial, foi lançada recentemente pela Embrapa para os cerrados, visando o mercado de grãos secos. No entanto, o sucesso do seu cultivo, seja em safrinha ou como cultura principal, depende também de um manejo adequado. Assim, para que essa cultivar expresse o seu máximo potencial genético, torna-se necessário investigar a sua melhor resposta a diversos aspectos do manejo, tais como adubação, irrigação, densidade populacional e associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, via inoculação.

2.4 Densidade de plantas em feijão-caupi

Uma boa produção de qualquer cultura depende diretamente da disponibilidade de luz, nutrientes e de água pra cada planta, que por sua vez, estão interligadas com a densidade de plantio associada ao seu arranjo, que é definida pela combinação entre o número de plantas na linha de semeadura e o espaçamento entre linhas (MATOSO, 2011).

A densidade de plantio pode influenciar diretamente as características morfológicas, fisiológicas e produtivas, podendo atingir o potencial produtivo do feijão-caupi, por garantir um maior aproveitamento de luz, nutrientes e por água proporcionada por uma menor concorrência das plantas pelos seus espaçamentos (CARDOSO et al., 2013).

Segundo Bezerra et al. (2012) o porte da planta e o sistema de produção são aspectos que influenciam na determinação do arranjo de plantas mais adequado

para que os fatores ambientais sejam eficientemente aproveitados e a cultivar alcance seu potencial máximo de produção.

Um bom arranjo de plantas pode favorecer o surgimento de plantas mais produtivas, aumentando o estande produtivo final e, conseqüentemente, o rendimento de grãos (SILVA et al., 2012). Neste caso, existe uma maior necessidade de informações sobre as conseqüências na morfologia e nos componentes de produção das cultivares modernas de feijão-caupi, tanto nos sistemas tradicionais, quanto nos tecnificados, quando submetidas a diferentes densidades de plantio (BEZERRA et al., 2013).

Vários estudos mostram que a densidade de plantas causa maiores alterações nos componentes morfofisiológicos e produtivos da cultura do feijão-caupi dentre as formas existentes de arranjo espacial na área (BEZERRA et al., 2013; CARDOSO et al., 2013; MIRANDA NETO et al., 2013). Desse modo, estas pesquisas são de suma importância, principalmente nas regiões nas quais a cultura do feijão-caupi vem ganhando expressão, havendo necessidade de mais estudos para o aumento da eficiência da produção agrícola nesta cultura (MATOSO et al., 2013).

Com a adequação dos equipamentos utilizados na soja, o espaçamento entre linhas tem variado de 0,45 a 0,50m, em função da plantadeira, com 8 até 17 plantas por metro linear, em função da fertilidade do solo, com populações de 160 a 340 mil plantas ha⁻¹ respectivamente.

Cardoso et al. (2013), avaliaram a performance das cultivares de feijão-caupi BRS Itaim (porte ereto), BRS Tumucumaque (porte semiereto) e BRS Pageú (porte semi-prostrado), em diferentes densidades de plantas, portes ereto e semiereto (8, 12, 16, 20, 24 e 28 plantas m⁻²), e porte semi-prostrado (2, 6, 10, 14, 18 e 22 plantas m⁻²); no município de Mata Roma - MA, e constataram que independentemente do porte da planta o feijão-caupi responde ao rendimento de grãos de maneira quadrática a densidade de planta, sendo as densidades que proporcionaram o máximo rendimento de grãos está em torno de 18,21 plantas m⁻² (porte ereto), 16,93 plantas m⁻² (porte semiereto) e 11,32 plantas m⁻² (porte semi-prostrado), com populações de 364.200, 338.600 e 141.500 plantas ha⁻¹, respectivamente.

2.5 Fixação biológica de nitrogênio: benefícios e estirpes recomendadas

O uso inadequado da adubação nitrogenada na agricultura pode ser considerado como um dos principais fatores para o aumento do aquecimento global por contribuir com a destruição da camada de ozônio pela emissão de óxido nitroso (N_2O), sendo o uso da fixação biológica de nitrogênio (FBN), uma alternativa ao fornecimento de nitrogênio às plantas, como uma fonte mais barata e causando menos prejuízos ambientais (VITOUSEK et al., 2013).

A FBN pode promover uma economia de aproximadamente US\$ 720 milhões por ano, pela substituição de adubos químicos para o suprimento de nitrogênio às leguminosas e a algumas gramíneas aumentando suas produtividades (HUNGRIA et al., 2011).

Cerca de 80% do nitrogênio encontra-se indisponível para as plantas na atmosfera em sua forma gasosa, sendo necessário para a sua disponibilização em formas iônicas assimiláveis às plantas uma interação entre o sistema radicular e bactérias diazotróficas simbióticas (BDS) ou fixadoras de nitrogênio (MOREIRA et al., 2010; SHRIDHAR, 2012).

Dessa interação ocorre a formação dos nódulos nas raízes, que será o local onde o N será convertido em nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+), disponibilizado para a absorção pelas raízes da planta, em troca de carboidratos como fonte de energia para essas bactérias, mantendo uma relação de simbiose mútua (BOMFETI et al., 2011; RODRIGUES et al., 2013a).

O feijão-caupi apresenta alta capacidade de nodulação por uma grande variedade de espécies de bactérias do grupo dos rizóbios (ZILLI et al., 2011), por isso, as pesquisas realizadas evidenciaram que por meio de uma boa interação entre a estirpe de rizóbio e a cultivar adotada pode haver uma simbiose efetiva de alta eficiência agrônômica, promovendo um aumento de produtividade (ALMEIDA et al., 2010; ALCANTARA et al., 2014; COSTA et al., 2011; FARIAS, 2014; FERNANDES JÚNIOR et al., 2012; FERREIRA et al., 2011; FERREIRA et al., 2013; FREITAS et al., 2012; LASTE et al., 2008; RODRIGUES et al., 2013b; RUFINI et al., 2014; SILVA JÚNIOR et al., 2014; SILVA NETO et al., 2013).

São oficialmente recomendadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) quatro estirpes para a inoculação do feijão-caupi, são elas: UFLA03-84 (SEMIA 6461), BR 3267 (SEMIA 6462), INPA03-11B (SEMIA 6463) e BR 3262 (SEMIA 6464) (BRASIL, 2011). Portanto, é de grande importância para

maiores ganhos com a FBN a seleção de novas estirpes mais eficientes e competitivas para a cultura do feijão-caupi (RODRIGUES et al., 2013b).

As pesquisas mostram que o adubo nitrogenado químico pode ser substituído com sucesso por estirpes elite selecionadas no cultivo do feijão-caupi, podendo superar produtividades de até 4.000 kg ha⁻¹ (HUNGRIA et al., 2011).

O aumento da produção com a utilização da inoculação com rizóbios eficientes, além de ser uma tecnologia de baixo custo, também traz um grande benefício ambiental diminuindo a contaminação da camada de ozônio e dos lençóis freáticos com adubos químicos nitrogenados (ARAÚJO et al., 2012).

Zilli et al. (2009), ao avaliarem as estirpes INPA03-11B, UFLA03-84, BR3267 e duas doses de nitrogênio mineral (50 e 80 kg ha⁻¹ de N) no rendimento de grãos da cultivar de feijão-caupi BRS Mazagão, em Roraima, constataram que as estirpes BR3267 e INPA03-11B apresentaram melhores resultados comparadas a UFLA 3-84, entretanto, apenas a estirpe BR3262 proporcionou rendimento de grãos (na média geral cerca de 1.700 kg ha⁻¹) igual à dose de 50 kg ha⁻¹ de N e superior ao controle em três dos quatro experimentos conduzidos.

Sousa e Moreira (2011), trabalhando com a estirpe INPA03-11B em feijão-caupi em condição de campo, obtiveram um aumento de 35%, comparado à produtividade sem N-mineral e sem inoculante, mostrando que a adoção dessa estirpe pode beneficiar os agricultores do município de Confresa - MT, por ser de baixo custo.

É necessário ressaltar que além da seleção de estirpes de rizóbios eficientes, é importante selecionar cultivares de feijão-caupi que façam as melhores combinações com essas estirpes para que possa aumentar mais a produtividade da cultura nas condições de baixa disponibilidade de N (VIEIRA et al., 2010).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. L. G.; ALCANTARA, R. M. C. M.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; LEITE, L. F. C.; SILVA, J. A. L. Produtividade do feijão-caupi cv. BR 17-Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Agrária**, v. 5, p. 364 -369, 2010.

ALCANTARA, R. M. C. M; XAVIER, G. R; RUMJANEK, N. G; ROCHA, M. M; CARVALHO, J. S. Symbiotic efficiency in parents of Brazilian cultivars of the cowpea. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 1, p. 1-9, 2014.

ARAÚJO, A. S. F.; LEITE, L. F. C.; IWATA, B. F.; LIRA JÚNIOR, M. A.; XAVIER, G. R.; FIGUEIREDO, M. V. B. Microbiological process in agroforestry systems: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, p. 215-226, 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**, v. 8, n. 1, p.85-93, 2008.

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. 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.; NETO, F. A.; NEVES, A. C.; MAGGIONI, K. Comportamento morfoagronômico de feijão-caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. **Revista 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.; PESSOA, E. de F. Morfologia e produção de feijão-caupi, Cv. BRS Novaera, sob diferentes densidades de plantio. In: Congresso Nacional de Feijão-Caupi, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

BOMFETI, C. A.; FLORENTINO, L. A.; GUIMARÃES, A. P.; CARDOSO, P. G.; GUERREIRO, M. C.; MOREIRA, F. M. D. S. Exopolysaccharides produced by the symbiotic nitrogen-fixing bacteria of leguminosae. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 657-671, 2011.

BORGES, P.R.S.; SABOYA, R de C.C.; SABOYA, L.M.F.; SANTOS, E.R. dos; SOUZA, S.E.A. de. Distribuição de massa seca e rendimento de feijão-caupi inoculado com rizóbio, em Gurupi,TO. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 37-44, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 13, de 24 de março de 2011**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 25 mar. 2011. Seção 1, p. 3-7. BRS Imponente. Teresina: Embrapa Meio Norte,

2016. (Embrapa Meio Norte. Folder). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1047743/brs-imponente>. Acesso em: 04 jan. 2017.

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: 23 mar. 2016.

COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; MARTINS, L. V.; AMARAL, F. H. C.; MOREIRA, F. M. S. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. por cepas de rizóbio em Bom Jesus, PI. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 1-7, 2011.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) no Brasil (1985 a 2015): área, produção e rendimento**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2016. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>. Acesso em: 04 de jan. 2017.

FAO (2015). FAOSTAT. **Crops. Cow peas, dry**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acesso em 30 de agosto de 2016.

FARIAS, T.P. **Eficiência agronômica de estirpes de rizóbio em Feijão-caupi cultivado em áreas do Maranhão**. 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERNANDES JÚNIOR, P. I.; SILVA JÚNIOR, E. B.; SILVA JÚNIOR, S.; SANTOS, C. E. R. S.; OLIVEIRA, P. J.; RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R. Performance of polymer compositions as carrier to cowpea rhizobial inoculant formulations: survival of rhizobia in pre-inoculated seeds and field efficiency. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, p. 2945-2951, 2012.

FERREIRA, E. P. B.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. Nodulação e produção de grãos em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) inoculado com isolados de rizóbio. **Revista Caatinga**, v. 2, n. 4, p. 27-35, 2011.

FERREIRA, L. V. M.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; AGUIAR, F. L.; MOREIRA, F. M. S.; PACHECO, L. P. Biological nitrogen fixation in production of *Vigna unguiculata* (L.) Walp, family farming in Piauí, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, p. 153-160, 2013.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005 a. 519 p.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; LOPES, A. C. de A. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p. 24-30, 2005b.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. do S. da R.; RODRIGUES, E. V. Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil. **IV Reunião de Biofortificação**. Teresina, PI. 2011a. 21p.

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

FREITAS, A. D. S.; SILVA, A. F.; SAMPAIO, E. V. S. B. Yield and biological nitrogen fixation of cowpea varieties in the semi-arid region of Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 45, p. 109-114, 2012.

FREITAS, R. M. O. **Crescimento e produção de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional**. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.

GUIMARÃES, A. A.; JARAMILLO, P. M. D.; NÓBREGA, R. S. A.; FLORESTINO, L. A.; SILVA, K. B.; MOREIRA, F. M. S. Genetic and symbiotic diversity of nitrogen fixing bacterial isolated from agricultural soils in the western Amazon by using cowpea as the trap plant. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 78, p. 6726-6733, 2012.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).

LASTE, K. C. D.; GONÇALVES, F. S.; FARIA, S. M. de **Estirpes de rizóbio eficientes na fixação biológica de nitrogênio para leguminosas com potencial de uso na recuperação de áreas mineradas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. 8 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 115).

MATOSO, A. de O.; SORATTO, R. P.; ABRAHÃO, R. C.; TIRABASSI, L. H.; ROCHA, M. de M. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte ereto e semiereto na safrinha em Botucatu-SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

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.

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: 23 mar. 2016.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74-99, 2010.

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

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: 24 marc. 2016.

RODRIGUES, A. C.; ANTUNES, J. E. L.; COSTA, A. F.; OLIVEIRA, J. P.; FIGUEIREDO, M. V. B. Interrelationship of *Bradyrhizobium* sp. and plant growth-promoting bacteria in cowpea: survival and symbiotic performance. **Journal of Microbiology**, v. 51, n. 1, p. 49-55, 2013a.

RODRIGUES, A. C.; BONIFACIO, A.; ANTUNES, J. E. L.; SILVEIRA, J. A. G., FIGUEIREDO, M. V. B. Minimization of oxidative stress in cowpea nodules by the interrelationship between *Bradyrhizobium* sp. and plant growth-promoting bacteria. **Applied Soil Ecology**, v. 64, p. 245-251, 2013b.

RUFINI, M.; SILVA, M. A. P.; FERREIRA, P. A. A.; CASSETARI, A. S.; SOARES, B. L.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S. Symbiotic efficiency and identification of rhizobia that nodulate cowpea in a Rhodic Eutrudox. **Biology and Fertility of Soils**, v. 50, n. 1, p. 115-122, 2014.

SHRIDHAR, B. S. Review: nitrogen-fixing microorganisms. **International Journal of Microbiological Research**, v. 3, n. 1, p. 46-52, 2012.

SILVA, K. J. D. e; ROCHA, M. de M.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N. de. Socioeconomia. In: BASTOS, E. A. (Coord.). **A cultura do feijão-caupi no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2016. p. 6-12. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/310774101_A_cultura_do_feijao-caupi_no_Brasil. Acesso em: 05 jan. 2017.

SILVA JÚNIOR, E. B.; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; OLIVEIRA, P. J.; RUMJANEK, N. G.; BODDEY, R. M.; XAVIER, G. R. Eficiência agronômica de nova formulação de inoculante rizobiano para feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n.1, p.138-141, 2012.

SILVA JÚNIOR, E. B.; SILVA, K.; OLIVEIRA, S. S.; OLIVEIRA, P.J.; BODDEY, R. M.; ZILLI, J. E.; XAVIER, G. R; Nodulação e produção de feijão caupi em resposta à inoculação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 10, p .804-812, 2014.
SILVA NETO, M. L.; SMIDERLE, O. J.; SILVA, K.; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; XAVIER, G. R.; ZILLI, J. E. Compatibilidade do tratamento de sementes de feijão-caupi com fungicidas e inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n.1, p. 80-87, 2013.

SILVA, A. L. J.; NEVES, J. Produção de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.29-36, 2011.

SILVA, A. C. **Características agronômicas e qualidade desementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia**. 2011. 87 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste Baiano, Vitória da Conquista.

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

SINGH, B. B. **The quiet revolution**. IITA Research to Nourish Af, R4D Review, Ibadan, Edition 5, p. 8-11, 2010. Disponível em: http://r4dreview.org/vvp-content/uploads/2011/01/sept2010_low_res.pdf. Acesso em 23 marc. 2016.

SOUSA, P. M.; MOREIRA, F. M. S. Potencial econômico da inoculação de rizóbios em feijão-caupi na agricultura familiar: um estudo de caso. **Revista em Extensão**, v. 10, n. 2, p. 37-54, 2011.

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: Royal Botanic Gardens, p. 459-468, 1980.

VIEIRA, C. L; FREITAS, A.D; SILVA, A. F; SAMPAIO, E. V; ARAÚJO, M. S. Inoculação de variedades locais de feijão macassar com estirpes selecionadas de rizóbio. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1170 – 1175, 2010.

VITOUSEK, P. M.; MENGE, D. N. L.; REED, S. C.; CLEVELAND, C. C. Biological nitrogen fixation: rates, patterns and ecological controls in terrestrial ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 368, n. 1621, 2013.

ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 4 p. 749 - 758, 2009.

ZILLI, J. E.; SILVA NETO, M. L.; FRANÇA JÚNIOR, I.; PERIN, L.; MELO, A. R. Resposta do feijão-caupi à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para a soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, p. 739-742, 2011.

CAPÍTULO I – Análise de crescimento da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional e inoculação com estirpes de rizóbio

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar caracteres de crescimento da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente, em função da densidade populacional e inoculação com estirpes de rizóbio. O experimento foi realizado sob condições de irrigação, no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI, no período de junho a agosto de 2016. O delineamento estatístico adotado foi em blocos completos casualizados, em arranjo fatorial 5x4, com quatro repetições, composto por cinco densidades populacionais (100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹) e quatro fontes de nitrogênio (estirpes BR3267 e INPA03-11B, N-mineral (uréia 20 kg ha⁻¹ de N) e tratamento controle (sem inoculação e N-mineral). Foram avaliados os caracteres taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), índice de área foliar aos 30 dias após emergência (IAF₃₀) e eficiência relativa de inoculação (ER). O aumento na população de plantas provoca reduções na TCA, porém, não influencia a TCR. Os espaçamentos maiores entre as plantas influenciam de maneira negativa a nodulação, melhorando com o aumento da aproximação das raízes das plantas a partir da população de 300 mil plantas ha⁻¹. Os tratamentos inoculados se comportam de forma equivalente aos tratamentos N-mineral (uréia) e controle no favorecimento da TCA, TCR e ER. O tratamento adubado com uréia e a estirpe INPA03-11B combinado com a população de 200 mil plantas ha⁻¹ proporcionam as maiores TAL. A estirpe INPA03-11B e o tratamento adubado com uréia a partir da população de 300 mil plantas ha⁻¹, e a estirpe BR 3267 e tratamento controle a partir da população de 400 mil plantas ha⁻¹, proporcionam os maiores IAF₃₀ na cultivar BRS Imponente.

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

CHAPTER I - Growth analysis of BRS Imponente cowpea cultivar due to population density and inoculation with rhizobio strains

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate growth traits of the BRS Imponente cowpea cultivar as a function of population density and inoculation with rhizobia strains. The experiment was carried out under irrigation conditions at the Embrapa Meio-Norte experimental field, in Teresina-PI, from June to August 2016. The statistical design adopted was a randomized complete block in a 5x4 factorial arrangement with four replicates, composed of five population densities (100, 200, 300, 400 and 500 thousand plants ha⁻¹) and four nitrogen sources (strains BR3267 and INPA03-11B, N-mineral (urea 20 kg ha⁻¹ of N) and control treatment (without inoculation and N-mineral)). Were evaluated the characters absolute growth rate (TCA), relative growth rate (TCR), net assimilation rate (TAL), foliar area index at 30 days after emergence (IAF₃₀) and relative inoculation efficiency (ER). Larger plant spacings negatively influence nodulation, improving with increasing plant root approximation from the 300,000 ha⁻¹ plant population. The inoculated treatments behave in a manner equivalent to the N-mineral treatments (urea) and control in the favoring of the TCA, TCR and ER. The urea fertilized treatment and the INPA03-11B strain combined with the population of 200,000 ha⁻¹ plants provide the highest TAL. The INPA03-11B strain and the urea fertilized treatment from the population of 300,000 ha⁻¹ plants, and the BR 3267 strain and control treatment from the population of 400,000 ha⁻¹ plants, provide the largest IAF₃₀ in the BRS Imponente cultivar.

Keywords: *Vigna unguiculata*, physiology, plant population, FBN.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi, feijão macassar ou feijão-de-corda, tem grande importância como alimento básico, principalmente para as populações das regiões Norte e Nordeste. Nos últimos anos seu cultivo tem se expandido para os cerrados da região Centro-Oeste do Brasil (BORGES et al., 2012).

Mudanças na arquitetura, crescimento, desenvolvimento e na absorção e translocação de assimilados pelas plantas estão diretamente ligados à população de plantas adotada (CASAL et al., 1985) .

A densidade de plantio tem grande influência na capacidade produtiva da cultura por afetar o auto-sombreamento das plantas quando submetidas à menores espaçamentos, dificultando a passagem de luz para as folhas mais inferiores da planta, resultando em modificações no índice de área foliar, menor interceptação da radiação solar e a eficiência de seu uso, resultando assim em um menor rendimento de grãos (LARCHER, 2004; BRITO, 2014).

Segundo Bezerra (2005), a avaliação do crescimento do feijão-caupi depende diretamente da área foliar e da matéria seca acumulada pela planta, já que esses fatores representam a “fábrica” e o “produto final”, respectivamente.

Porém, nem sempre a grande quantidade da biomassa acumulada será a confirmação de alto rendimento de grãos, devido o desenvolvimento vegetativo ser mais favorecido em ambientes com elevados teores de nutrientes no solo, especialmente nitrogênio, e solos constantemente úmidos, do que a formação de vagens e grãos (FREIRE FILHO et al., 2005).

A exploração da FBN pelo feijão-caupi pode ser potencializado pelo uso da inoculação das sementes com estirpes eficientes de bactéria do grupo rizóbio (ZILLI et al., 2009). No entanto, o uso desses inoculantes é dificultado pela alta competitividade proporcionada por estirpes nativas, porém, pouco eficientes na fixação do N₂ (SILVA et al., 2008). Desse modo, há maior necessidade de uma seleção voltada para a eficiência de inoculação para poder competir com as estirpes nativas do solo.

Também é importante a seleção de estirpes em condições diferentes para cada região, pois estirpes oficialmente recomendadas para o feijão-caupi tem respostas diferenciadas em ambientes diversos (Marinho et al.; 2014).

Estudos em busca de novos inoculantes eficientes para o feijão-caupi são iniciados em casa de vegetação, porém, devem ter continuidade em campo, pois as estirpes selecionadas devem apresentar adaptação aos locais testados e boa capacidade competitiva com estirpes nativas, sobrevivendo às condições edafoclimáticas locais (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Este trabalho teve por objetivo analisar o crescimento da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional e inoculação com estirpes de rizóbio sob cultivo irrigado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Implantação e condução do experimento

O experimento foi realizado em cultivo irrigado, no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI, localizado a 05° 02' 17" S, 42° 47' 83" W e a 73 metros de altitude, nos meses de junho a agosto de 2016.

O clima da região é classificado por Thornthwaite e Mather (1955), como C1sA'a', sendo caracterizado como subúmido seco megatérmico com excedente hídrico moderado no verão segundo Bastos e Andrade Júnior (2009).

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho–Amarelo distrófico (SANTOS et al., 2013). Foram coletadas amostras na camada de 0 - 0,2 m de profundidade, e realizada a análise química do solo no Laboratório de Solos da Embrapa Meio-Norte em Teresina-PI (Tabela 1).

Tabela 1 Resultado da análise química do solo, da área experimental, para macronutrientes, na camada de 0 – 20 cm. Teresina, PI, 2016.

pH	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC
(CaCl ₂)	(dag kg ⁻¹)	(mg dm ⁻³)					(cmlo _c dm ⁻³)		
6,30	0,945	0,07	45,55	0,55	0,97	0,38	0,00	1,66	3,53

Fonte: Laboratório de solos da Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI, 2016.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos ao acaso, no esquema fatorial 5x4, com quatro repetições, constituído por cinco populações de plantas (100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹), e quatro fontes de nitrogênio: duas estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para o feijão-caupi (BR3267 e INPA03-11B), tratamento com N-mineral na forma de uréia (20 kg ha⁻¹ de N no plantio) e uma testemunha absoluta (sem inoculação e sem N-mineral). Para a inoculação foi utilizado inoculante líquido antes da semeadura, mantendo-se a proporção recomendada pelo fabricante (100 ml para cada 25 kg de sementes de feijão-caupi).

A área experimental foi preparada com a realização de roço, uma gradagem aradora e uma niveladora, para o destorroamento e nivelamento da área, facilitando a operação de plantio. Fez-se uma adubação de fundação com 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, com base na análise de solo.

A semeadura foi realizada manualmente no dia 28 de junho de 2016, em sulcos de plantio logo após a inoculação das sementes, utilizando-se barbantes

marcados com as distâncias entre plantas na fileira, previamente calculadas de acordo com cada população de plantas desejada, semeando-se duas sementes, com desbaste 10 dias após a semeadura (DAS), deixando-se uma planta por cova. No processo de desbaste, as plantas excedentes foram cortadas abaixo do nó cotiledonar, evitando-se assim, o rebrotamento das mesmas e danos ao sistema radicular das plantas remanescentes.

A parcela experimental foi constituída de quatro fileiras de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,50 m entre si, com área total de 10 m², considerando-se as duas fileiras centrais como área útil.

O espaçamento entre plantas dentro da fileira e o número de plantas por metro linear foram adotados conforme o arranjo populacional (Tabela 2).

Tabela 2 População de plantas ha⁻¹, espaçamento (m) entre plantas dentro da fileira (EDF) e número de plantas por metro linear em função da densidade populacional em feijão-caupi. Teresina, PI, 2016.

População de plantas ha ⁻¹	EDF (m)	Plantas m ⁻¹
100.000	0,200	5
200.000	0,100	10
300.000	0,066	15
400.000	0,050	20
500.000	0,040	25

A cultivar adotada foi a BRS Imponente, que foi lançada em de 2016 pela Embrapa Meio-Norte, cujas principais características agronômicas estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 Características principais da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente¹.

Classe Comercial	Porte da planta	Ciclo de maturidade (dias)	Massa de 100 grãos (g)	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)*
Branco	Semiereto	65-70	34,4	1.027

*Em condições experimentais e sob irrigação; Fonte: BRS Imponente (2016)¹

Para a irrigação da área, adotou-se o método por aspersão convencional, com aplicação, em média, de 120 mm mensais, com irrigações diárias e lâminas suficientes para repor a evapotranspiração da cultura (ET_c) do dia anterior, que eram obtidos com o uso de uma planilha eletrônica onde eram registrados os valores

diários da precipitação pluviométrica, evapotranspiração de referência (ET_o) e o coeficiente da cultura (K_c), de acordo com a fase fenológica do feijão-caupi, recomendado por Andrade Júnior et al. (2000), não havendo estresse hídrico e proporcionando um bom desenvolvimento da cultura.

Os dados climatológicos referentes aos meses de junho (28/06) a agosto (28/08) de 2016, durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, envolvendo temperatura e umidade relativa média estão apresentados abaixo (Figura 1). Os dados de precipitação não foram citados, devido serem iguais a zero para o período informado.

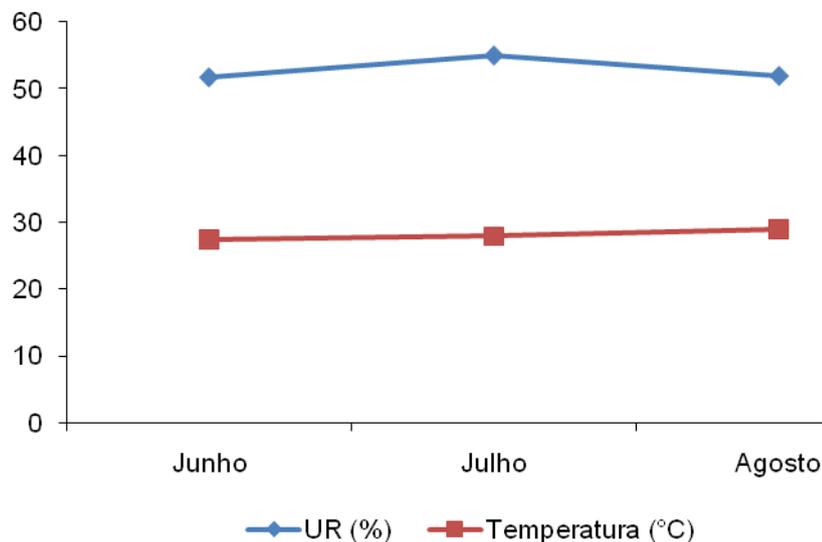


Figura 1 Dados de umidade relativa (%) e temperatura (°C) médias, no período 28/06 a 28/08/2016. Teresina, PI, 20116.

O controle de plantas invasoras foi realizado com a aplicação, em pré-emergência, do herbicida S-Metolacoloro (960 g l⁻¹), na dosagem de 1,25 L ha⁻¹. Durante a condução do experimento foram realizadas duas capinas manuais, utilizando-se de enxada, para manter a cultura livre da competição com plantas daninhas.

O controle de insetos-pragas foi realizado mediante a uma aplicação dos inseticidas Thiamethoxam (250 g kg⁻¹), na dosagem de 150 g ha⁻¹ para o controle de mosca branca (*Bemisia tabaci* raça B), tripses (*Frankliniella schultzei*), cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri*; e Dimetoato (400 g L⁻¹), na dosagem de 600 ml ha⁻¹, para o controle de pulgão do algodoeiro (*Aphis gossypii*).

2.2 Caracteres avaliados

- a) Taxa de crescimento absoluto (TCA) – relação entre a diferença de matéria seca da planta, tomadas em dois períodos distintos de acumulação da mesma na fase de pré-florescimento, e a duração deste período, obtida pela seguinte equação:

$$TCA = \frac{MS_2 - MS_1}{t_2 - t_1} \text{ em g dia}^{-1}$$

onde:

MS₁ e MS₂ – matéria seca da parte aérea aos 20 e 30 DAE, em g;

t₁ e t₂ – 20 e 30 DAE.

- b) Taxa de crescimento relativo (TCR) - o incremento na massa de matéria seca, por unidade de massa inicial, em um intervalo de tempo

$$TCR = \frac{\ln MS_2 - \ln MS_1}{t_2 - t_1} \text{ em g g dia}^{-1} :$$

onde:

ln – logaritmo neperiano;

MS₁ e MS₂ – matéria seca da parte aérea aos 20 e 30 DAE, em g;

t₁ e t₂ – 20 e 30 DAE.

- c) Taxa de assimilação líquida da cultura (TAL) – expressa o aumento líquido da massa seca da planta por área foliar em um determinado intervalo de tempo, obtida por meio da seguinte equação:

$$TAL = \frac{MS_2 - MS_1}{A_2 - A_1} \times \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1} \text{ em g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

onde:

MS₁ e MS₂ – matéria seca da parte aérea aos 20 e 30 DAE em g;

A₁ e A₂ – área foliar da planta aos 20 e 30 DAE, em m²;

t₁ e t₂ – 20 e 30 DAE, respectivamente.

ln – logaritmo neperiano;

- d) Índice de área foliar aos 30 dias após a emergência (IAF₃₀) – relação entre a área foliar e a área ocupada pela planta, ambas em cm². A área foliar foi obtida pela leitura acumulada das folhas utilizando o aparelho LI – 3100 AREA METER;

- e) Eficiência relativa da inoculação (ER) - calculada segundo a fórmula conforme descrito em Laste, Gonçalves e Faria (2008);

$$ER = (MSPA_{IN} / MSPA_{NIN}) \times 100$$

onde:

MSPA_{IN} e MSPA_{NIN}: Matéria seca da parte aérea inoculada e não inoculada, respectivamente.

Foram realizadas análises de variância (teste F, a 5 e 1% de probabilidade), e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para os fatores qualitativos que apresentaram F e interação significativas.

Para o fator população de plantas por hectare, realizou-se uma análise de regressão polinomial para identificação do modelo de maior ajuste.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software ASSISTAT 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou interação significativa entre os fatores população de plantas e fontes de N para os caracteres TAL e IAF₃₀ a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F, indicando que estas variáveis são afetadas pelos efeitos conjuntos dos fatores (Tabela 4). Não foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) para os demais caracteres (TCA, TCR e ER) em relação as fontes de nitrogênio (N) indicando efeitos semelhantes das mesmas.

Tabela 4 Resumo das análises de variância para taxa decrescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), índice de área foliar aos 30 dias após emergência (IAF₃₀) e eficiência relativa de inoculação (ER) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente.Teresina, PI, 2016.

FV ¹	GL	Quadrados Médios ¹				
		TCA (g dia ⁻¹)	TCR (g g ⁻¹ dia ⁻¹)	TAL (g m ⁻² dia ⁻¹)	IAF ₃₀	ER (%)
População (P)	4	0,106	0,0004	0,00004	40,20	5141,80
RL	1	0,32**	0,00026 ^{ns}	1,30 ^{ns}	292,22**	5530,77 ^{ns}
RQ	1	0,002 ^{ns}	0,00013 ^{ns}	0,15 ^{ns}	10,61**	12730,01**
DR	2	0,049 ^{ns}	0,00056 ^{ns}	0,26 ^{ns}	3,09 ^{ns}	1153,19 ^{ns}
Fonte N (N)	3	0,118 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,00024 ^{ns}	2,36**	1125,31 ^{ns}
P x N	12	0,066 ^{ns}	0,0097 ^{ns}	0,00024*	1,36**	977,25 ^{ns}
Resíduo	57	0,043	0,0012	0,00012	0,52	1744,99
Média	-	0,645	0,1415	0,0499	3,49	110,97
CV (%)	-	32,15	24,53	22,01	20,66	37,64

¹RL: regressão linear; RQ: regressão quadrática; DR: desvios da regressão; ^{ns}, *, ** não significativo, significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente;

3.1 Taxa de crescimento absoluto (TCA)

A análise de regressão identificou efeito linear decrescente ($p < 0,01$) (tabela 4), mostrando que houve uma menor acumulação de matéria seca no intervalo de 10 dias de avaliação com o aumento da densidade populacional de plantas (Figura 2).

Observou-se uma redução de 30,0% na TCA quando comparadas as populações de 100 a 500 mil plantas ha⁻¹. Esta redução corrobora com os resultados de Bezerra et al. (2014), que avaliando a cv BRS Novaera (porte semiereto) submetida as mesmas densidades de plantas deste trabalho, no município de Alvorada do Gurguéia-PI, verificaram uma diminuição deste caráter com o aumento da população de plantas, porém, com intensidades diferentes conforme o intervalo populacional desejado.

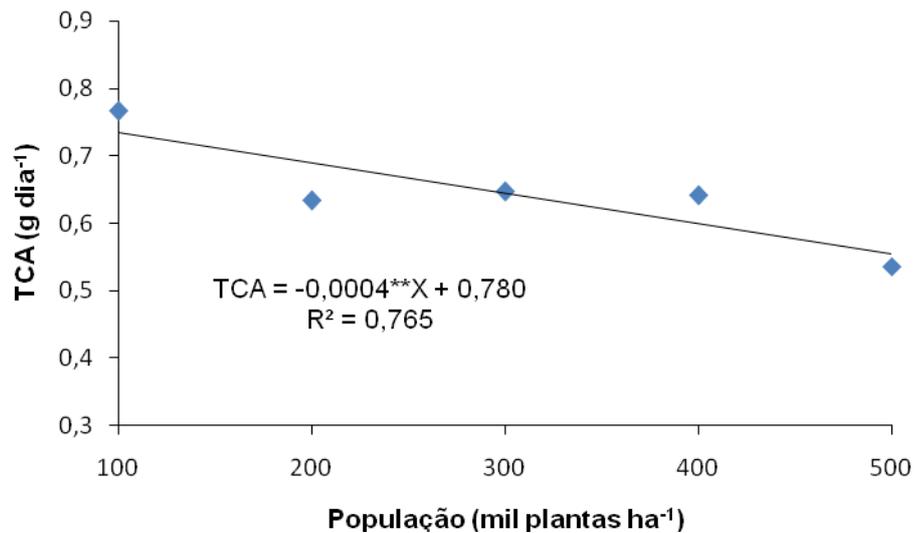


Figura 2 Taxa de crescimento absoluto (TCA) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional de plantas. Teresina, PI, 2016.

Essa redução na TCA com o aumento da população de plantas pode ser explicada possivelmente por um maior nível de competição intraespecífica e de autossombreamento proporcionado nas populações de plantas mais densas.

Não houve diferença estatística significativa entre as fontes de N para a TCA, mostrando que os inoculantes foram iguais ao tratamento com N-mineral e controle no favorecimento do crescimento no intervalo de 20 e 30 DAE da cultivar BRS Imponente (Tabela 4).

A análise de crescimento envolve um conjunto de efeitos de fatores externos, bióticos e abióticos, sobre os processos fisiológicos nas plantas (DEY et al., 2004), mostrando coerência na não interferência das fontes de N na influencia desta variável por se tratar de uma única cultivar avaliada, portanto um genótipo bem definido.

Borges et al. (2008), ao analisar a TCA na cultivar de feijão-caupi Vinagre, de porte prostrado, quando inoculada com diferentes estirpes de rizóbio, concluíram que as plantas inoculadas com as estirpes INPA03-11B, UFLA03-84, BR 3267 e o tratamento controle apresentaram TCA negativo no começo da emissão das vagens devido a senescência das folhas mais velhas.

3.2 Taxa de crescimento relativo (TCR)

Não houve ajustes significativos dos modelos testados para o fator população de plantas, e não houve diferença significativa para a TCR, pelo teste F para as fontes de N na cultivar BRS Imponente (Tabela 4), mostrando efeitos iguais das mesmas nos incrementos de massa seca em relação à biomassa pré-existente.

A TCR mostra o padrão de crescimento da cultura no período de avaliação, sendo possível verificar a influencia da população de plantas neste mesmo instante.

Petter et al. (2016), ao avaliar caracteres de crescimento em diferentes densidades de cultivo na cultura da soja, observaram que a TCR apresentou os maiores valores nas menores densidades, mostrando assim uma influência significativa das densidades de plantio para esta variável.

3.3 Taxa de assimilação líquida (TAL)

Foi detectada interação significativa entre os fatores densidade populacional e fontes de N para a TAL na cultivar BRS Imponente (Tabela 4), demonstrando que essa característica depende dos efeitos conjuntos dos fatores avaliados.

Avaliando as fontes de N em cada população de plantas, observa-se que não houve diferença significativa nas populações avaliadas, exceto na população de 200 mil plantas ha⁻¹, onde a maior TAL (0,0704 g m⁻² dia⁻¹) foi obtida na combinação com N-mineral (uréia) (Tabela 5), superando os tratamentos inoculados e o tratamento controle, mostrando-se mais eficiente do que as outras fontes de N nesta população.

Tabela 5 Valores médios¹ para a taxa de assimilação líquida (TAL), em g m⁻² dia⁻¹, em função da densidade populacional de plantas e fontes de nitrogênio da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente. Teresina, PI, 2016.

População (mil plantas ha ⁻¹)	Fontes de N			
	BR 3267	INPA03-11B	N-mineral	Trat. Controle
100	0,0553 Aa	0,0507 Aa	0,0514 Aab	0,0451 Aa
200	0,0494 Ba	0,0513 ABa	0,0704 Aa	0,0379 Ba
300	0,0448 Aa	0,0414 Aa	0,0594 Aab	0,0504 Aa
400	0,0460 Aa	0,0484 Aa	0,0469 Ab	0,0547 Aa
500	0,0535 Aa	0,0518 Aa	0,0450 Ab	0,0435 Aa
dms (colunas)	0,0219		dms (linhas)	0,0206

¹Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Avaliando-se os efeitos das populações de plantas em cada fonte de N, observaram-se diferenças significativas apenas nas combinações com N-mineral (uréia). Mais uma vez a maior TAL ($0,0704 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) foi observada para a combinação da uréia com 200 mil plantas ha^{-1} , que não diferiu significativamente das combinações com as populações de 100 e 300 mil plantas ha^{-1} , ($0,0514$ e $0,0594 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente), porém, diferiu das combinações com 400 e 500 mil plantas ha^{-1} (Tabela 5).

Estes resultados demonstram que a densidade de 200 mil plantas associada à adubação de fundação com uréia (20 kg ha^{-1} de N), proporcionará um maior ganho no desenvolvimento da planta devido a mesma fazer fotossíntese líquida, ou seja, tem um saldo positivo entre o que a planta produz com a fotossíntese e com o que gasta na sua respiração.

Bezerra (2005) identificou um decréscimo de 18,4% entre as populações de 100 e 500 mil plantas ha^{-1} , avaliando a combinação das mesmas densidades de plantas deste trabalho com três espaçamentos entre fileiras (0,40; 0,50 e 0,60 m) em cinco linhagens de feijão-caupi de porte ereto e semiereto (IT 87D-611-3, TE 97-411-1F-16, TE 97-406-2F-22-2, EVx 91-2e-2 e TE 96-282-22G), sendo esta redução explicada pelo aumento do autossombreamento e competição entre plantas.

3.4 Índice de área foliar aos 30 DAE (IAF₃₀)

Houve interação significativa entre as populações de plantas e as fontes de N, pelo teste F ($p < 0,01$) para o IAF₃₀ na cultivar BRS Imponente (Tabela 4).

Avaliando as fontes de N em cada população de plantas, foi observado que para as populações de 100 e 200 mil plantas ha^{-1} , as fontes de N não apresentaram diferença estatística para o IAF₃₀. Na população de 300 mil plantas ha^{-1} , o tratamento N-mineral se destacou positivamente, superando as demais fontes de N na população de 400 mil plantas ha^{-1} , mais uma vez houve um destaque positivo para o tratamento N-mineral, porém, não diferindo estatisticamente da estirpe BR 3267 e tratamento controle, e na população de 500 mil plantas ha^{-1} , o maior IAF₃₀ foi obtido pela estirpe BR 3267, não diferindo dos tratamentos N-mineral e controle (Tabela 6).

Avaliando o efeito das populações de plantas em função das fontes de N, observou-se que com o aumento da população de plantas houve um aumento do IAF₃₀ em todas as fontes de N, com a estirpe INPA03-11B e tratamento N-mineral

apresentando os maiores IAF₃₀ a partir da população de 300 até 500 mil plantas ha⁻¹, e a estirpe BR 3267 e o tratamento controle nas de 400 a 500 mil plantas ha⁻¹ (Tabela 6).

Tabela 6 Valores médios¹ para o índice de área folia aos 30 DAE (IAF₃₀) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional de plantas e fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2016.

População (mil plantas ha ⁻¹)	Fontes de N			
	BR 3267	INPA03-11B	N-mineral	Trat. controle
100	1,28 Ac	1,33 Ac	1,47 Ab	1,41 Ad
200	2,19 Abc	2,27 Abc	2,42 Ab	2,66 Acd
300	3,15 Bb	3,65 Bab	5,12 Aa	3,32 Bbc
400	4,71 ABa	4,27 Ba	5,92 Aa	4,71 ABab
500	5,97 Aa	4,10B a	4,85 ABa	5,02 ABa
dms (colunas)	1,44		dms (linhas)	1,35

¹Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,01).

É possível observar que com o aumento da densidade de plantas, houve incremento do IAF₃₀, pois como maior adensamento, menor será a área ocupada pelas plantas, o que faz com que o IAF cresça em decorrência do aumento da densidade populacional.

Souza et al. (2013), enfatizaram que à medida que o espaçamento entre plantas diminui na linha de plantio, há forte tendência à redução do número de folhas por planta, área foliar e conseqüentemente, no índice de área foliar, já Neves (2014), trabalhando com as cultivares BRS Guariba, BRS Potengi, BRS Novaera e BRS Tumucumaque (portes semieretos), observou um aumento total de 147,8% no IAF_{28DAE}, com um maior incremento no intervalo 100 a 300 mil plantas ha⁻¹ (112%), e um acréscimo de menor intensidade, no segundo intervalo de 300 a 500 mil plantas ha⁻¹.

3.5 Eficiência relativa de inoculação (ER%)

A análise de regressão detectou efeito quadrático significativo para população de plantas (Tabela 4), observa-se uma redução de 22,6% no intervalo de 100 a 300 mil plantas ha⁻¹, porém, quando aumentado a população de 300 para 500 mil plantas ha⁻¹ houve um acréscimo de 56,4% (Figura 3).

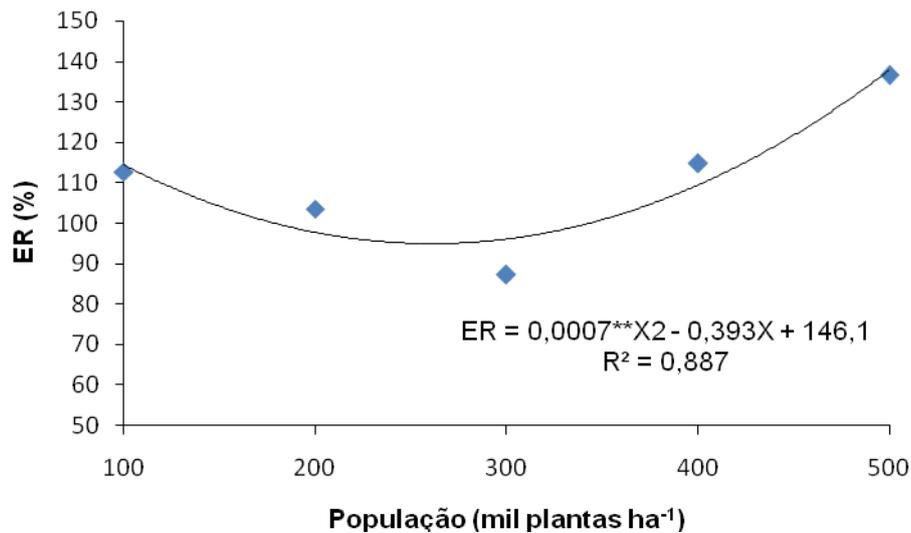


Figura 3 Eficiência relativa de inoculação (ER%), da cultivar de feijão-caupi, BRS Imponente em função de diferentes densidades populacionais de plantas. Teresina, PI, 2016.

Esses resultados mostram que os efeitos da inoculação com essas estirpes diminuem sua eficiência até uma população de 300 mil plantas ha⁻¹, ou seja, espaçamentos maiores entre as plantas influenciaram de maneira negativa a nodulação, melhorando significativamente com o aumento da competição entre plantas proporcionada nas maiores densidades de plantio avaliadas com a maior aproximação de suas raízes neste estudo.

Não houve diferença significativa entre as fontes de N na ER (Tabela 4). Como a ER demonstra a porcentagem de contribuição das estirpes nos tratamentos inoculados em relação ao tratamento com adubação nitrogenada, então comprova a alta eficiência simbiótica da cultivar BRS Imponente com a população nativa de bactérias fixadoras de N do solo e com as estirpes avaliadas, sendo a promiscuidade uma característica bastante peculiar nesta leguminosa.

Estes resultados corroboram com os obtidos por Almeida et al. (2010), ao avaliar a resposta da cultivar de feijão-caupi BR 17-Gurguéia, de porte semiprostrado, à inoculação com as estirpes INPA03-11B, UFLA03-84 e BR 3267 em experimento de campo em Teresina e não constatar diferença significativa na ER entre elas.

4 CONCLUSÕES

1. O aumento na população de plantas provoca reduções na taxa de crescimento absoluto, porém, não influencia a taxa de crescimento relativo;
2. Os espaçamentos maiores entre as plantas influenciam de maneira negativa a nodulação, melhorando com o aumento da aproximação das raízes das plantas a partir da população de 300 mil plantas ha⁻¹.
3. Os tratamentos inoculados se comportam de forma equivalente aos tratamentos N-mineral (uréia) e controle no favorecimento da taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo e eficiência relativa de inoculação;
4. O tratamento adubado com uréia e a estirpe INPA03-11B combinado com a população de 200 mil plantas ha⁻¹ proporcionam as maiores taxas de assimilação líquida;
5. A estirpe INPA03-11B e o tratamento adubado com uréia a partir da população de 300 mil plantas ha⁻¹, e a estirpe BR 3267 e tratamento controle a partir da população de 400 mil plantas ha⁻¹, proporcionam os maiores índices de área foliar aos 30 DAE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. L. G.; ALCANTARA, R. M. C. M.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; LEITE, L. F. C.; SILVA, J. A. L. Produtividade do feijão-caupi cv. BR 17-Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Agrária**, v. 5, p. 364 -369, 2010.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; BASTOS, E. A. Irrigação. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. p. 127-154. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).
- BEZERRA, A. A. de C. **Efeitos de arranjos populacionais na morfologia e produtividade de feijão-caupi de crescimento determinado e porte ereto**. 2005. 123 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- BEZERRA, A. A. C.; NEVES, A. C.; NETO, F. A.; SILVA JÚNIOR, J. V. Morfologia e produção de feijão-caupi, cultivar BRS Novaera, em função da densidade de plantas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 135 – 141, 2014
- BORGES, P.R.S.; SABOYA, R de C.C.; SABOYA, L.M.F.; SANTOS, E.R. dos; SOUZA, S.E.A. de. Distribuição de massa seca e rendimento de feijão-caupi inoculado com rizóbio, em Gurupi,TO. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 37-44, 2012.
- BRITO, L. C. R. **Comportamento de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado em resposta à diferentes densidades de plantas**. 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- CASAL, J. J.; DEREGIBUS, V. A.; SÁNCHEZ, R. A. Variations in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam. Vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far-red irradiation. **Annals of Botany**, v. 56, p. 533-559, 1985.
- DEY, R.; PAL, K. K.; BHATT, D. M.; CHAUHAN, S. M. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, v. 159, p. 371-394, 2004.
- FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 519 p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.
- LASTE, K. C. D.; GONÇALVES, F. S.; FARIA, S. M. de **Estirpes de rizóbio eficientes na fixação biológica de nitrogênio para leguminosas com potencial de uso na recuperação de áreas mineradas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. 8 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 115).

MARINHO, R. C. N.; NOBREGA, R. S. A.; ZILLI, J. E.; XAVIER, G. R.; SANTOS, C. A. F.; AIDAR, S. T.; MARTINS, L. M. V.; FERNANDES JUNIOR, P. I. Field performance of new cowpea cultivars inoculated with efficient nitrogen fixing rhizobial strains in the Brazilian Semiarid. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 5, p. 395-402, 2014.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74-99, 2010.

NEVES, A. C. **Comportamento de cultivares feijão-caupi de porte semiereto em função da densidade de plantas**. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

OLIVEIRA, L. B. **Crescimento e Produtividade do Feijão-caupi solteiro e em Consorcio com a Cultura do Milheto**. 2013. 103 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, v. 75, n. 2, p.173-183, 2016.

SILVA, F.A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURA, 7, Reno-NV-USA: America Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, R. P.; SANTOS, C. E.; LIRA JUNIOR, M. A.; STAMFORD, N. P. Efetividade de estirpes selecionadas para feijão caupi em solo da região semi-árida do sertão da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 2, p. 105-110, 2008.

SOUZA, M.R. de; MATOSO, A. de O.; SORATTO, R.P.; GUARNIERI, F.; TIRABASSI, L.H. Área foliar e produção de matéria seca do feijão-caupi sob Diferentes densidades de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI. **Resumo**. Recife, PE. 2013, 5p.

ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 4 p. 749 – 758, 2009.

CAPÍTULO II – Comportamento morfológico e produtivo da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional e inoculação com estirpes de rizóbio

RESUMO

Este trabalho teve como o objetivo avaliar caracteres morfológicos e produtivos da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente, em função da densidade populacional e inoculação com estirpes de rizóbio. O experimento foi realizado sob condições de irrigação, no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI, no período de junho a agosto de 2016. O delineamento estatístico adotado foi em blocos completos casualizados, em arranjo fatorial 5x4, com quatro repetições, composto por cinco densidades populacionais (100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹) e quatro fontes de nitrogênio (estirpes BR3267 e INPA03-11B, N-mineral (uréia 20 kg ha⁻¹) e tratamento controle (sem inoculação e N-mineral). Foram avaliados os caracteres número de dias para o início da floração (FLOR), número de dias para o início da maturidade de vagens (MAT), comprimento do ramo principal (CRP), número de ramos laterais (NRL), comprimento de vagem (COMPV), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), produção de grãos por planta (PGP), massa de cem grãos (M100G), índice de grãos (IG) e rendimento de grãos (RG). A densidade de plantio e as fontes de N não afetam no FLOR e MAT devido estes caracteres serem mais influenciados pela formação genética da cultivar BRS Imponente. A densidade de plantas não influenciou no COMPV, M100G e IG. O aumento na população de plantas promove incremento no CRP, redução no NGV e RG. A população de 300 mil plantas ha⁻¹ proporciona uma estabilidade após a redução do NRL, NVP e PGP. A estirpe INPA03-11B mostrou-se ser a mais adequada para a inoculação de sementes em relação ao NVP. As estirpes INPA03-11B e BR 3267 apresentaram especificidades de inoculação similares na PGP na cultivar BRS Imponente.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, produtividade, componentes de produção, população de plantas, FBN.

CHAPTER II - Morphological and productive behavior of BRS Imponente cowpea cultivar due to population density and inoculation with rhizobio strains

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate growth traits of the BRS Imponente cowpea cultivar as a function of population density and inoculation with rhizobia strains. The experiment was carried out under irrigation conditions at the Embrapa Meio-Norte experimental field, in Teresina-PI, from June to August 2016. The statistical design adopted was a randomized complete block in a 5x4 factorial arrangement with four replicates, composed of five population densities (100, 200, 300, 400 and 500 thousand plants ha⁻¹) and four nitrogen sources (strains BR3267 and INPA03-11B, N-mineral (urea 20 kg ha⁻¹ of N) and control treatment (without inoculation and N-mineral)). Were evaluated the characters number of days for beginning of maturity (MAT), main branch length (CRP), number of lateral branches (NRL), number of days for beginning of flowering (FLOR), number of pods per plant (NVP), number of grains per pod (NGV), grain yield per plant (PGP), mass of one hundred grains (M100G), grain index (IG) and Grain yield (RG). Planting density and N sources do not affect FLOR and MAT because these traits are more influenced by the genetic makeup of the BRS Imponente. Density of plants did not influence COMPV, M100G and IG. The increase in the plant population promotes an increase in CRP, reduction in NGV and GR. The population of 300,000 ha⁻¹ plants provides stability after the reduction of NRL, NVP and PGP. The strain INPA03-11B was shown to be the most suitable for seed inoculation in relation to NVP. The strains INPA03-11B and BR 3267 showed similar inoculation specificities in PGP in the BRS Imponente cultivar.

Keywords: *Vigna unguiculata*, yield, production components, plant population, FBN.

1 INTRODUÇÃO

Com a utilização da mecanização agrícola, o cultivo do feijão-caupi vem despertado o interesse de grandes produtores dos cerrados do Meio-Norte, Nordeste do Pará e Centro-Oeste, principalmente por cultivares de porte ereto (ROCHA et al., 2013a).

A densidade de plantas e seu arranjo espacial podem alterar com maior ou menor intensidade os componentes morfológicos e produtivos do vegetal (FREIRE FILHO et al., 2005a).

Para as cultivares destinadas à colheita mecanizada, os principais caracteres a serem observados na arquitetura da planta são o comprimento do ramo principal, o número de nós no ramo principal e a disposição dos pedúnculos das vagens em relação à copa da planta (CARDOSO et al., 2013).

Bezerra et al. (2013), avaliando as características produtivas na cultivar de feijão-caupi BRS Novaera, submetida a diferentes densidades de plantas, afirmaram que nos plantios mais adensados ocorre uma redução no número de ramos laterais e aumento no comprimento do ramo principal. Esta característica, por sua vez, está diretamente relacionada ao número de pontos para o desenvolvimento de gemas reprodutivas.

Rocha et al. (2013b) constataram que a população de plantas não interferiu na produtividade das cultivares estudadas, já Oliveira (2013), observou que com a redução da densidade de plantio, havia um aumento na produtividade de grãos, que poderia estar atrelada à cultivar e a uma diminuição do sombreamento das plantas, favorecendo assim sua produção.

A literatura cita vários estudos que avaliam os efeitos da densidade populacional de plantas sobre componentes de produção na cultura do feijão-caupi (BEZERRA et al., 2012; BRITO et al., 2013; COSTA et al., 2012; MATOS FILHO et al., 2009; MATOSO et al., 2013; OLIVEIRA, 2013; SANTOS et al., 2013; VILARINHO et al., 2013). Nestes estudos, foi verificado que pode haver respostas morfológicas e produtivas diferenciadas em funções da cultivar, da fonte de nitrogênio e do sistema de produção utilizado.

Outro fator muito importante para a obtenção de maiores produções é a interação entre estirpes de rizóbio com diferentes tipos de genótipos de feijão-caupi, podendo apresentar maior capacidade de nodulação e eficiência na FBN, dependendo da especificidade entre eles (MARINHO *et al.*, 2014).

Por esse motivo estudos de forma conjunta entre inoculantes, densidade de plantio e cultivar é essencial nos programas de melhoramento do feijão-caupi, sendo de extrema importância para a otimização da produtividade da cultura por proporcionar uma maior eficiência de inoculação, atrelada com melhor população de plantas na cultura do feijão-caupi.

Este trabalho objetivou avaliar o comportamento morfológico e produtivo da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional e inoculação com estirpes de rizóbio sob cultivo irrigado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Conforme CAPÍTULO I

Caracteres avaliados:

- a) Número de dias para o início da floração (FLO): 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 da maturidade das vagens (MAT): número de dias entre a emergência e a maturidade fisiológica das vagens de 90% das plantas de cada parcela;
- c) Comprimento do ramo principal (CRP) - média da distância em centímetros, do colo da planta ao ápice do ramo principal;
- d) Número de ramos laterais (NRL) - média da do número de ramos laterais no ramo principal;
- e) Número de vagens por planta (NVP) - média do número de vagens de quatro plantas por parcela, tomadas ao acaso;
- f) Comprimento de vagem (COMPV) - média obtida de 10 vagens por parcela, tomadas ao acaso, por ocasião da colheita, em centímetros;
- g) Número de grãos por vagem (NGV) - média obtida dos grãos das 10 vagens tomadas ao acaso;
- h) Massa de cem grãos (M100G) - referente à massa de 100 grãos por parcela;
- i) Índice de grãos (IG) - relação entre a massa dos grãos de 10 vagens e a massa das mesmas 10 vagens, em %;
- j) Produção de grãos por planta (PGP) - corresponde ao peso médio, da produção de grãos de quatro plantas por parcela, em gramas;
- k) Rendimento de grãos (RG) - produção total de grãos secos na área útil da parcela em kg ha^{-1} ;

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) para as fontes de N em relação ao NVP e PGP, demonstrando que na cultivar BRS Imponente, as demais variáveis não foram influenciadas pelas formas de N. Não houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores avaliados de N para as variáveis analisadas (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7 Resumo das análises de variâncias para número de dias para início da floração (FLOR), número de dias para início da maturidade das vagens (MAT), comprimento do ramo principal (CRP), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP) e comprimento de vagem (COMPV) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional de plantas e fonte de nitrogênio. Teresina, PI, 2016.

FV	GL	Quadrados Médios ¹					
		FLOR (dias)	MAT (dias)	CRP (cm)	NRL	NVP	COMPV (cm)
População (P)	4	0,02	0,08	168,7	24,3	140,2	0,40
RL	1	0,25	0,04	647,0**	80,2**	434,8**	1,2ns
RG	1	0,18	0,03	24,0ns	14,9**	122,6**	0,2ns
DR	2	2,53	2,16	1,9ns	0,5ns	1,8ns	0,004ns
Fonte N (N)	3	0,20	0,07	48,7ns	0,9ns	14,4*	0,6ns
P x N	12	0,03	0,14	45,0ns	1,1ns	6,5ns	2,4ns
Resíduo	57	0,03	0,15	33,49	0,80	3,9	2,1
Média	-	34,03	60,10	34,20	2,50	6,60	19,7
CV (%)	-	0,47	0,63	16,90	36,3	30,0	7,3

¹RL: regressão linear; RQ: regressão quadrática; DR: desvios da regressão; ns, *, ** não significativo, significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

Tabela 8 Resumo da análise de variância para número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M100G), índice de grãos (IG), produção de grãos por planta (PGP) e rendimento de grãos (RG) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função da densidade populacional de plantas e fonte de nitrogênio. Teresina, PI, 2016.

FV	GL	Quadrados Médios ¹				
		NGV	M100G (g)	IG (%)	PGP (g)	RG (kg ha ⁻¹)
População (P)	4	2,5	4,4	6,9	1716,0	144116,7
RL	1	9,0*	1,1ns	9,9ns	5671,1**	469252,0**
RG	1	0,4ns	1,6ns	1,4ns	1184,0**	30125,4ns
DR	2	0,7ns	7,4ns	8,2ns	4,4ns	38544,7ns
Fonte N (N)	3	1,5ns	6,6ns	2,0ns	200,8*	6665,9ns
P x N	12	1,1ns	2,6ns	9,6ns	68,9ns	53041,1ns
Resíduo	57	1,5	5,1	7,7	65,7	35724,3
Média	-	8,6	38,4	76,5	21,8	870,9
CV (%)	-	14,0	5,9	3,6	37,1	21,7

¹RL: regressão linear; RQ: regressão quadrática; DR: desvios da regressão; ns, *, ** não significativo, significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

3.1 Número de dias para início da floração (FLOR)

Não foi detectada regressão polinomial significativa nos modelos testados para o FLOR (Tabela 7), demonstrando que o aumento da densidade de plantio de não interferiu no período de floração, devido este caráter ser mais influenciado pela formação genética da cultivar BRS Imponente do que a quantidade de plantas por hectare que foram avaliadas.

Estes resultados discordam dos encontrados por Santos (2014), que avaliando as o FLOR das cultivares de feijão-caupi BRS Sempre Verde, BRS Novaera e BRS Guariba submetidas a diferentes densidades de plantas (8, 10 e 12 plantas por metro linear), verificou interação significativa entre os fatores estudados.

Não houve diferença significativa no caráter FLOR para o fator fontes de N (Tabela 7), pelo mesmo motivo explicado anteriormente.

A cultivar BRS Imponente teve uma média de 34,2 dias, sendo a floração em campo precoce e uniforme.

3.2 Número de dias para início da maturidade das vagens (MAT)

Não houve efeito significativo da análise de regressão para o MAT (Tabela 7), indicando que a densidade de plantio não interfere com o ciclo de maturidade das vagens da cultivar BRS Imponente, que obteve uma média de 60,1 dias.

Tanto a precocidade de florescimento quanto a de maturidade são características que ajudam o produtor a ter um retorno financeiro mais rápido, devido à redução do tempo da cultura em campo, reduzindo também a sua exposição aos possíveis intempéries, e conseqüentemente diminuindo os riscos de perdas da cultura.

Também não foi encontrada diferença significativa entre as fontes de N para o MAT (Tabela 7), confirmando uma maior influencia genética nesta variável.

3.3 Comprimento do ramo principal (CRP)

Houve um ajuste do modelo linear crescente ($p < 0,01$) em função dos aumentos da densidade de plantas na cultivar BRS Imponente (Tabela 7), com um incremento de 28,5% no CRP quando comparadas as populações de 100 a 500 mil

plantas ha⁻¹, passando de 29,4 para 37,7 cm, respectivamente (Figura 4), ficando abaixo do limite satisfatório para a colheita mecanizada que está na faixa de 0,6 a 1,0 m, segundo Bezerra et al. (2008).

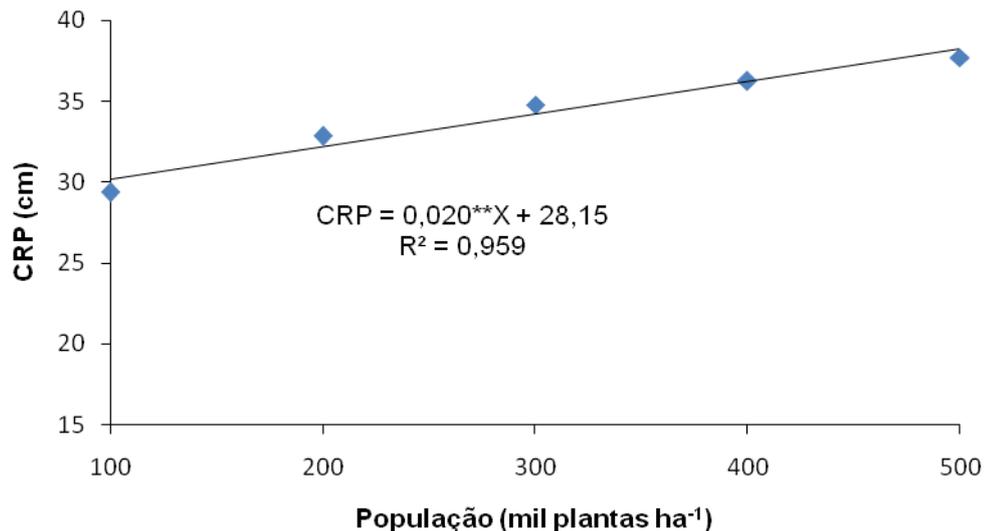


Figura 4 Comprimento do ramo principal (CRP) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função de diferentes densidades populacionais de plantas. Teresina, PI, 2016.

Este aumento no CRP pode ser explicado por uma resposta da planta à competição por luz, que decorre do maior número de plantas por metro quadrado e conseqüentemente do autossombreamento provocado pelo adensamento de plantas.

Esta característica tem relação direta com o acamamento da planta, pois quanto maior for o CRP, mais propício será para as plantas tombarem. O que não é favorável, considerando-se que a adoção da colheita mecanizada esta relacionada ao comprimento uniforme da planta, permitindo que seja possível adaptaro equipamento disponível da colheita da soja para o feijão-caupi.

Os resultados acima discordam dos encontrados por Bezerra et al. (2008), os quais observaram efeito quadrático para a variável CRP, ao avaliarem cinco linhagens de feijão-caupi de porte semiereto, sob três diferentes populações de plantas, em condição irrigada em Teresina-PI, havendo um acréscimo total de 44% do CRP, no intervalo de 100 a 500 plantas ha⁻¹, passando de 57,8 cm para 104,4 cm nas linhagens EVx 91-2E-2 e TE 96-282-22G, respectivamente, com uma redução na intensidade do incremento entre 400 a 500 mil plantas ha⁻¹.

3.4 Número de ramos laterais (NRL)

Foi detectado efeito quadrático decrescente ($p < 0,01$) pela análise de regressão polinomial, com o aumento da densidade populacional na cultivar BRS Imponente (Tabela 7).

Houve uma redução de 59,2% no NRL quando comparada as populações de 100 a 300 mil plantas ha^{-1} , porém, no intervalo de 300 a 500 mil plantas ha^{-1} o NRL se manteve aproximadamente estável, mostrando um limite na densidade de plantio que não irá alterar de forma crítica no comportamento desta variável, na cultivar BRS Imponente (Figura 5).

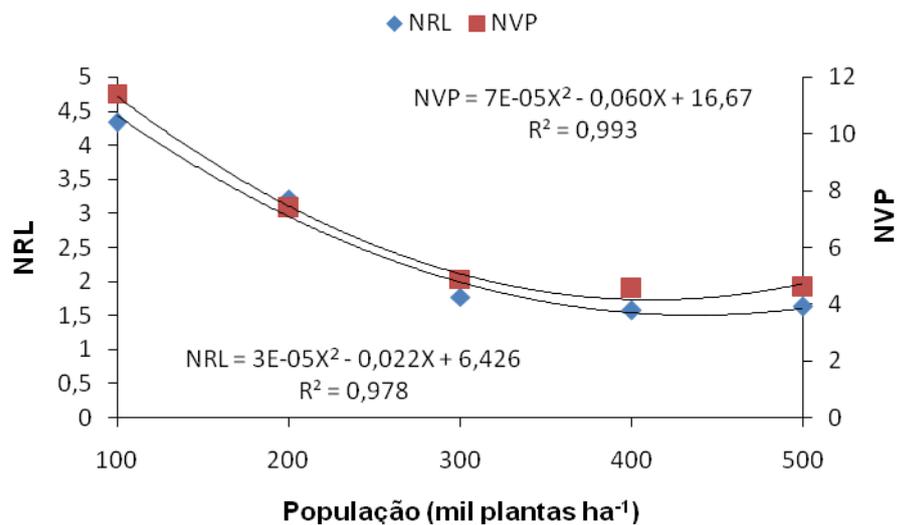


Figura 5 Número de ramos laterais (NRL) e número de vagens por planta (NVP) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função de diferentes densidades populacionais de plantas. Teresina, PI, 2016.

Este comportamento pode ser explicado pela competição intraespecífica proporcionada pelo aumento da densidade de plantio promovida pelos menores espaçamentos das populações até 300 mil plantas ha^{-1} , fazendo com que as plantas reduza o NRL, se mantendo estável nas populações de 300 a 500 mil plantas ha^{-1} .

Este resultado, esta de acordo com os encontrados por Bezerra et al. (2008) e Bezerra et al. (2012), ao avaliarem o efeito da densidade de plantio em cinco linhagens de feijão-caupi e na cultivar BRS Guariba, todas de porte semiereto, nesta variável.

Segundo CECCON et al. (2013), a redução no NRL interfere diretamente na arquitetura da planta, e causa a diminuição do rendimento de grãos, devido à redução da área foliar com a diminuição do número de folhas na planta. Por outro lado, essa perda pode ser compensada pelo aumento de número de folhas por área.

3.5 Número de vagens por planta (NVP)

Foi detectado efeito quadrático decrescente ($p < 0,01$) na variável NRL pela análise de regressão (Tabela 7), mantendo uma equivalência aos resultados observados (Figura 5).

Houve uma redução de 57,3% no NVP quando comparado às populações de 100 a 300 mil plantas ha^{-1} , apresentando estabilidade a partir desta população até 500 mil plantas ha^{-1} , mostrando que a cultivar BRS Imponente não é influenciada pela alta competição entre plantas nas populações acima de 300 mil plantas ha^{-1} .

A redução obtida pelo aumento populacional é explicada pela alta competição entre e intra plantas impostas nas populações mais elevadas, fato relacionado ao abortamento de flores e a redução do número de ramos laterais. Segundo Bezerra et al. (2014) em feijão-caupi, a grande maioria das vagens é produzida nos ramos laterais.

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) das fontes de N sobre NVP na cultivar BRS Imponente (Tabela 7), sendo que a estirpe INPA03-11B apresentou a maior média e não diferiu do tratamento controle, com 7,8 e 6,5 vagens por planta, respectivamente, porém, foi superior à BR 3267 e tratamento N-mineral que apresentaram médias de 6,1 e 6,0 vagens por planta, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 9 Valores médios¹ para o número de vagem por planta (NVP) e produção de grãos por planta (PGP), em g, da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função das fontes de nitrogênio. Teresina, PI, 2016.

FONTES DE N	NVP	PGP
BR 3267	6,1 b	19,6 ab
INPA03-11B	7,8 a	26,1 a
N-mineral	6,0 b	19,2 b
Controle	6,5 ab	22,5 ab
Dms	1,7	6,8

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

Estes resultados mostram uma maior especificidade entre a estirpe INPA03-11B com a cultivar BRS Imponente, pois ela superou as demais fontes de N, se igualando com o tratamento controle (sem adubação e sem inoculação), e foi superior a estirpe BR 3267, sendo esta a estirpe que menos promoveu aumento no NVP, junto com o tratamento N-mineral.

Devido o tratamento controle ter superado a estirpe BR 3267, demonstrou uma menor especificidade desta estirpe para esta variável na cultivar BRS Imponente.

Ferreira et al. (2015), avaliando o NVP nas cultivares de feijão-caupi BRS Novaera, BRS Tumucumaque, BRS Mazagão e Amapá, inoculadas com estirpes de rizóbio (INPA03-11B, BR 3302, BR 3262 e BR 3267), no Estado do Amapá, não obtiveram diferença significativa para esta variável, discordando dos resultados encontrados neste trabalho.

3.6 Comprimento de vagem (COMPV)

Não houve efeito significativo para COMPV (Tabela 7), indicando que os diferentes níveis dos fatores estudados influenciaram igualmente e de modo independente no referido caráter na cultivar BRS Imponente.

Ceccon et al. (2013) e Bezerra et al. (2014) estudando o comportamento de cultivares de feijão-caupi de porte prostrado e semiereto submetidas a cinco populações de plantas, também verificaram que o comprimento de vagem não foi alterado pelo aumento da população de plantas, mostrando que a competição entre plantas não interferiu nesta variável.

Estes resultados estão relacionados muito mais às características genéticas da cultivar do que a influência da inoculação ou densidade de plantio adotado.

3.7 Número de grãos por vagem (NGV)

Houve ajuste do modelo linear decrescente ($p < 0,05$) (Tabela 8) sendo observada uma redução de 9,3% no NGV no intervalo de 100 a 500 mil plantas ha^{-1} (Figura 6), devido a uma maior competição por nutrientes e o efeito do auto-sombreamento causado nas maiores populações, havendo uma menor eficiência da fotossíntese, proporcionaram uma menor translocação de fotoassimilados para a formação dos grãos na cultivar BRS Imponente.

Estes resultados discordam dos obtidos por Santos (2013), ao avaliar os efeitos da densidade de plantas sobre o rendimento de grãos e componentes de produção da cultivar de feijão-caupi BRS Marataoã, em condição de sequeiro, não encontrando efeito significativo na análise de regressão para o NGV.

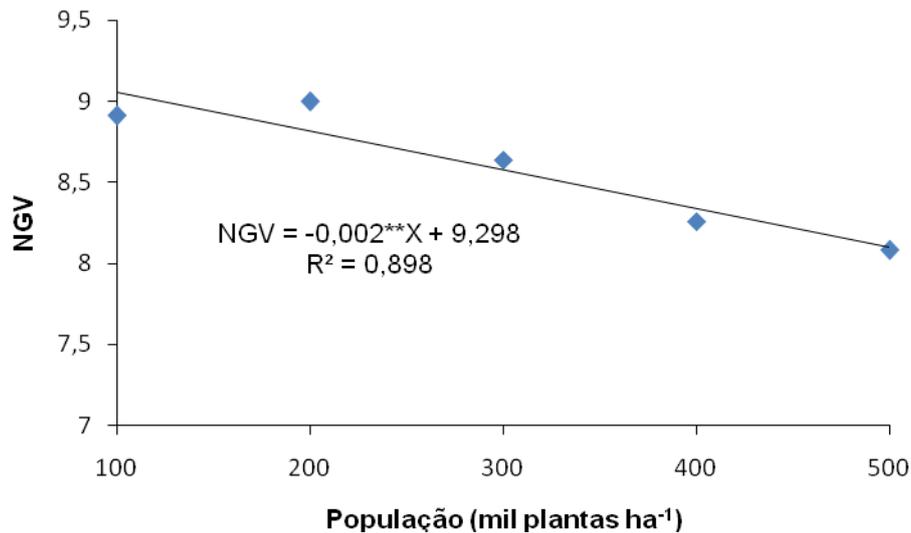


Figura 6: Número de grãos por vagem (NGV) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função de diferentes densidades populacionais de plantas. Teresina, PI, 2016.

Não houve efeito significativo ($p < 0,05$) para as fontes de N e para a interação entre os fatores na cultivar BRS Imponente (Tabela 8), indicando uma contribuição semelhante para os tratamentos no NGV.

A cultivar BRS Imponente apresentou uma média de 8,6 grãos, que foi inferior à média encontrada nas cultivares lançadas mais recentemente pela Embrapa que é de 12 grãos vagem⁻¹ (FREIRE FILHO et al., 2009).

Farias (2014), ao avaliar a eficiência agrônômica de sete estirpes como inoculantes para a cultura do feijão-caupi, no município de São Luís - MA, destacou as estirpes UFLA03-153 e INPA03-11B, como as que apresentaram o maior NGV na cultivar BRS Guariba, mostrando uma menor especificidade da estirpe INPA03-11B com a cultivar BRS Imponente.

3.8 Massa de cem grãos (M100G)

Não foi identificada significância na análise de regressão para o fator população de plantas na M100G (Tabela 8), mostrando que aumento da quantidade

de plantas por hectare não teve influencia no ganho de matéria seca armazenada dos grãos da cultivar BRS Imponente, corroborando com os resultados encontrados por BEZERRA (2005).

Também não houve diferença significativa para o fator fontes de nitrogênio na cultivar BRS Imponente para a M100G (Tabela 8). Sua média geral foi de 38,4 g, sendo bastante superior a média obtida por Correa et al. (2013), estudando a cultivar BRS Itaim (25,3 g), e Neves (2014), avaliando a cultivar BRS Novaera (23,0 g), de portes ereto e semiereto, respectivamente, sob diferentes densidades de plantio.

3.9 Índice de grãos (IG)

Não houve diferença significativa entre as fontes de nitrogênio estudadas para o caráter IG na cultivar BRS Imponente (Tabela 8).

Brito (2014) e Neves (2014), observaram diferença estatística para o IG ao avaliarem os efeitos de cinco densidades de plantas sobre a produção de grãos e seus componentes de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado e semiereto, respectivamente, mostrando que esta característica é mais influenciada pela variabilidade genética das cultivares do que o manejo empregado.

A cultivar BRS Imponente obteve uma média para o IG de 76,51%, sendo esta inferior a encontrada por Neves (2014), avaliando as cultivares de porte semiereto BRS Potengi (81%), BRS Guariba (80%), BRS Novaera (78%) e BRS Tumucumaque (77%), superior à obtida por Silva e Neves (2011), de 75%, avaliando dezessete linhagens e três cultivares (BRS Paraguaçu, BR17-Gurguéia e BRS-Maratoã) de feijão-caupi, de porte semiprostrado.

Não foi detectada significância estatística para o fator população de plantas pela análise de regressão polinomial, indicando que o aumento da competição entre plantas proporcionada nas maiores populações não alterou a quantidade de matéria seca translocada e armazenada nos grãos, mantendo assim seu peso específico em todas as densidades de plantio.

Este resultado corroboram com os obtidos por Bezerra et al. (2009) e Lemma et al. (2009), ao avaliarem o efeito da densidade de plantas e o espaçamento entre fileiras, no IG nos genótipos de feijão-caupi linhagem IT87D-611-3 e cultivar TVU 1977-OD1 (porte ereto), respectivamente.

3.10 Produção de grãos por planta (PGP)

Foi detectado efeito quadrático decrescente pela análise de regressão para o PGP (Tabela 8), ocorrendo uma maior redução no intervalo de 100 a 300 mil plantas ha⁻¹ de 56,2%, mantendo-se uma certa estabilidade com o aumento da população de plantas (Figura 7).

As variações verificadas para a PGP foram semelhantes ao efeito das densidades de plantas encontradas das variáveis NRL e NVP como esperado.

Estes resultados estão próximos dos obtidos por Bezerra et al. (2009), que obtiveram decréscimos de 60,8 e 15,9% ao aumentar as populações de 100 para 300 e de 300 para 500 mil plantas ha⁻¹, respectivamente, avaliando a linhagem de feijão-caupi IT87D-611-3 de porte ereto.

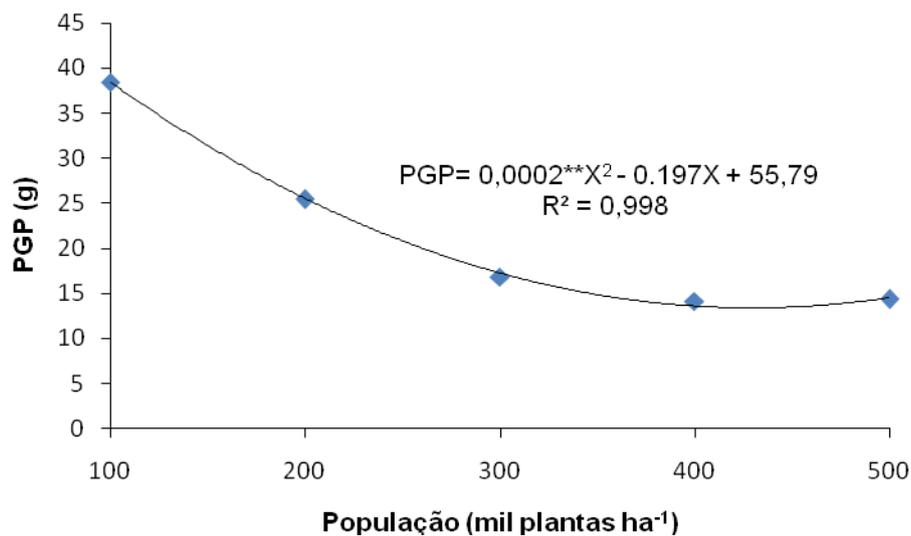


Figura 7: Produção de grãos por planta (PGP) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função de diferentes densidades populacionais de plantas. Teresina, PI, 2016.

De acordo com a Tabela 9, o teste de Tukey ($p < 0,05$) apontou a estirpe INPA03-11B como a fonte de N que proporcionou a maior PGP com um valor de 26,1 g, porém, não diferiu estatisticamente da estirpe BR 3267 e tratamento controle, com 19,6 e 22,5 g, respectivamente. O tratamento N-mineral foi a fonte de N que apresentou o menor desempenho de 19,2 g, entre as demais fontes.

Estes resultados discordam dos obtidos por Almeida et al. (2010), que não observaram diferença estatística entre duas das estirpes analisadas deste trabalho

(BR 3267 e INPA03-11B) em um estudo conduzido no município de Teresina-PI com a cultivar de feijão-caupi cv BR 17 Gurguéia.

3.11 Rendimento de grãos (RG)

Houve efeito significativo para o fator densidade populacional para o RG, onde os dados foram ajustados numa regressão linear decrescente (Figura 8). Estes resultados são justificados pelas reduções observadas para o NRL, NVP, PGP e NGV, evidenciando a influencia negativa do aumento da competição entre e intraespecifica proporcionada pelas maiores densidades de plantas da cultivar BRS Imponente.

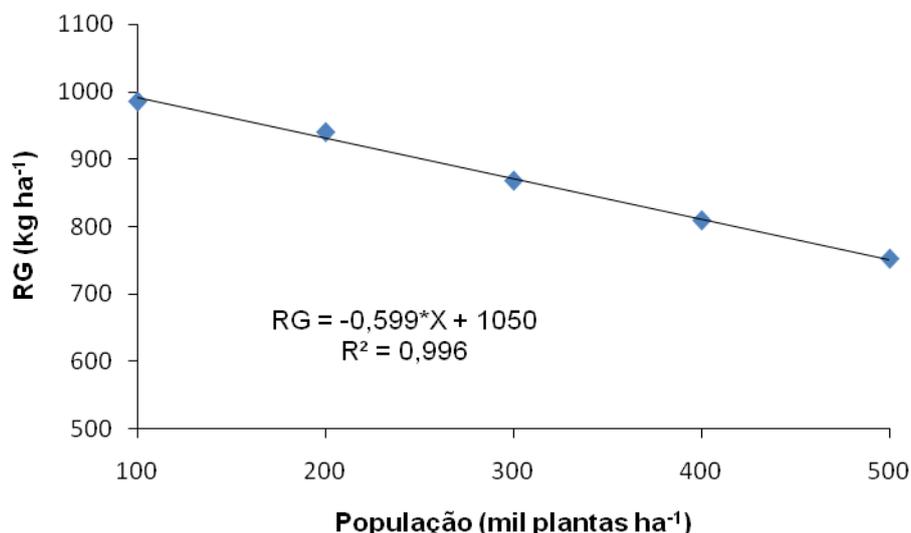


Figura 8 Rendimento de grãos (RG) da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente em função de diferentes densidades populacionais de plantas. Teresina, PI, 2016.

O maior RG obtido foi na população de 100 mil plantas ha⁻¹ e o menor na população de 500 mil plantas ha⁻¹, com produtividades de 985,7 kg ha⁻¹ e 751,5 kg ha⁻¹, respectivamente, levando a uma redução de 23,8% em seu rendimento.

Estes resultados discordam com os encontrados por Miranda Neto et al. (2013), que ao avaliarem o efeito da variação da população de plantas sobre o RG, nas cultivares de porte semiprostrado BRS Aracê, BRS Juruá, BRS Pajeú e BRS Xiquexique, no cerrado de Roraima, observaram que o comportamento produtivo das cultivares não foi influenciado pelas densidades de plantio.

Não houve diferença significativa entre as fontes de N ($p < 0,05$) para o RG na cultivar BRS Imponente (Tabela 8). Este caráter apresentou uma média de 871 kg

ha⁻¹, sendo bastante superior à média do estado do Piauí que é de 258 kg ha⁻¹ (SILVA; ROCHA; MENEZES JÚNIOR, 2016).

Estes resultados demonstram a grande importância da adição de nitrogênio no aumento do RG, principalmente por meio da inoculação com estirpes de rizóbio próprios para a cultura, que além de ser de baixo custo ao produtor, não prejudica o meio ambiente com a emissão de gases de efeito estufa ou poluindo os lençóis freáticos.

Costa et al. (2011), avaliando a resposta de diferentes inoculantes em feijão-caupi (INPA03-11B, UFLA03-84, BR 3267, UFLA3-164 e UFLA3-155) utilizando a cultivar BR 17-Gurguéia (porte semiprostrado) no município de Bom Jesus-PI, obtiveram resultados discordantes deste trabalho com produtividades de 1.223,41 kg ha⁻¹ inoculando com estirpe INPA03-11B e 722,49 kg ha⁻¹ com a estirpe BR3267.

4 CONCLUSÕES

1. As populações de plantas e as fontes de nitrogênio não interferem conjuntamente em nenhuma variável morfológica e produtiva avaliadas;
2. A densidade de plantio e as fontes de nitrogênio não afetam no período de floração e maturidade das vagens devido este caráter ser mais influenciado pela formação genética da cultivar BRS Imponente
3. A densidade populacional de plantas não influencia o comprimento de vagem, massa de 100 grãos e índice de grãos;
4. O aumento na população de plantas promove incremento no comprimento do ramo principal, redução no número de grãos por vagem e rendimento de grãos;
5. A população de 300 mil plantas ha⁻¹ proporciona uma estabilidade após a redução do número de ramos laterais, número de vagem por planta e produção de grãos por planta.
6. A estirpe INPA03-11B mostrou-se ser a mais adequada para a inoculação de sementes ao número de vagens por planta;
7. As estirpes INPA03-11B e BR 3267 apresentaram especificidades de inoculação similares na produção de grãos por planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. L. G.; ALCANTARA, R. M. C. M.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; LEITE, L. F. C.; SILVA, J. A. L. Produtividade do feijão-caupi cv. BR17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Agrária**, v. 5, p. 364 -369, 2010.

BEZERRA, A. A. de C. **Efeitos de arranjos populacionais na morfologia e produtividade de feijão-caupi de crescimento determinado e porte ereto**. 2005. 123f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

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.

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. 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, out. 2009.

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.; PESSOA, E. de F. Morfologia e produção de feijão-caupi, Cv. BRS Novaera, sob diferentes densidades de plantio. In: Congresso Nacional de Feijão-Caupi, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

BEZERRA, A. A. C.; NEVES, A. C.; NETO, F. A.; SILVA JÚNIOR, J. V. Morfologia e produção de feijão-caupi, cultivar BRS Novaera, em função da densidade de plantas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 135 – 141, 2014

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.

BRITO, L. C. R. **Comportamento de cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado em resposta à diferentes densidades de plantas**. 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A. Densidade de plantas de e eficiência de uso da água em cultivares comerciais de feijão-caupi em ambiente do centro norte. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

CECCON, G.; SANTOS, A. dos; SILVA, J. F. da; COSTA, A. de A.; PADILHA, N. de S. Produtividade de feijão-caupi em populações de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

CORREA, A. M.; CECCON, G.; MOLINAS, V. S. da.; ROCHA, M. M. Desempenho de feijão-caupi de porte ereto e semiereto na região ecótono cerrado-pantanal. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI. **Resumos...** Recife, PE. 2013, 5p.

COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; MARTINS, L. V.; AMARAL, F. H. C.; MOREIRA, F. M. S. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. por cepas de rizóbio em Bom Jesus, PI. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 1-7, 2011.

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.

DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M. M.; MENEZES-JÚNIOR, J. A. Sócioeconomia. In: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento & Embrapa Meio-Norte. **A cultura do feijão-caupi no Brasil**. Teresina: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Embrapa Meio-Norte, 2016. p. 6-12. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/310774101_A_cultura_do_feijao-caupi_no_Brasil. Acesso em: 05 jan. 2017.

FARIAS, T. P. **Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio em Feijão-caupi cultivado em áreas do Maranhão**. 2014. 107 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

FERREIRA, N. S. F.; RIOS, R. M.; JÚNIOR, N. J. M.; BORGES, W. L. Fixação biológica de nitrogênio em diferentes genótipos de feijão-caupi. **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Natal/RN, 2015.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: Avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005a. 519 p.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; LOPES, A. C. de A. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p. 24-30, 2005b.

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

MARINHO, R. C. N.; NOBREGA, R. S. A.; ZILLI, J. E.; XAVIER, G. R.; SANTOS, C. A. F.; AIDAR, S. T.; MARTINS, L. M. V.; FERNANDES JUNIOR, P. I. Field performance of new cowpea cultivars inoculated with efficient nitrogen fixing rhizobial strains in the Brazilian Semiarid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 5, p. 395-402, 2014.

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

MATOSO, A. de O.; SORATTO, R. P.; ABRAHÃO, R. C.; TIRABASSI, L. H.; ROCHA, M. de M. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte ereto e semiereto na safrinha em Botucatu-SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

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: 23 mar. 2016.

NEVES, A. C. **Comportamento de cultivares feijão-caupi de porte semiereto em função da densidade de plantas**. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

OLIVEIRA, S.R.M.de. **Densidade populacional do Feijão-caupi sob níveis de irrigação**. Seropédica: UFRRJ, 2013. 69 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

ROCHA, M. M.; SILVA, K.J.D e.; FREIRE FEILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; COSTA, A.F. da.; CARVALHO, H.W.L. de.; PINHO, J.L.N. de.; LIMA, J.M.P. de.; NETO, J.B.; ALCÂNTA, J. dos P.; SABOYA, R.C.C. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de portes ereto e semiereto na região nordeste do Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 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: 23 marc. 2016.

SANTOS, M. G. **Avaliação de feijão caupi em função da densidade de plantas cultivado nos sistemas de Várzea irrigada e Cerrado.** 2014. 59 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Tocantins.

SANTOS, J. F.; Resposta do feijão-caupi a diferentes densidades de plantas em Neossolo 1 Regolítico no Agreste Paraibano. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.7. n.4, p. 37-41, 2013.

SANTOS, J. F.; Bastos, E. A.; CARDOSO, M. J. Efeito de densidades de planta sobre a produtividade de grãos do feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

SILVA, A. L. J.; NEVES, J. Produção de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.29-36, 2011.

VILARINHO, A. A.; PEDROZO, C. A.; SILVA, N. M. da; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A. Densidade de plantio em cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Em virtude da grande importância tanto nos aspectos socioeconômicos e nutricionais, o feijão-caupi sempre será uma cultura alvo de pesquisas, sendo necessário o lançamento de novas cultivares melhoradas, adaptadas aos diferentes ecossistemas, para poderem expressar suas características de maneira mais eficiente, refletindo na elevação da produtividade de grãos, que é o que os produtores realmente almejam.

Neste estudo foi possível observar que as densidades de plantas e as fontes de nitrogênio pesquisadas são independentes entre si para a elevação da produtividade na cultivar BRS Imponente, sendo o aumento da população de plantas ha^{-1} um dos principais fatores para a diminuição do potencial produtivo da cultura.

Embora as estirpes BR 3267 e INPA03-11B terem dado respostas similares à adubação nitrogenada no rendimento de grãos da cultivar BRS Imponente, a substituição dos adubos nitrogenados por inoculantes compensam o seu uso, pois apresentam vantagens do ponto de vista ecológico e econômico.

A melhor combinação entre a quantidade de plantas por hectare e o tipo de estirpe de rizóbio pode contribuir tanto para a comunidade científica, servindo como base para próximos estudos, quanto para os produtores na tomada de decisão quanto a escolha do melhor uso dessas tecnologias de manejo quando do cultivo da cultivar de feijão-caupi BRS Imponente.