



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

ARTHUR GONÇALVES COUTINHO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO FEIJÃO-CAUPI SOB DIFERENTES
POPULAÇÕES DE PLANTAS EM SISTEMA DE PLANTIO CONVENCIONAL E
DIRETO**

**TERESINA – PI
2016**

ARTHUR GONÇALVES COUTINHO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO FEIJÃO-CAUPISOB DIFERENTES
POPULAÇÕES DE PLANTAS EM SISTEMA DE PLANTIO CONVENCIONAL E
DIRETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal do Piauí – UFPI, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Edson Alves Bastos

Co-orientador: Dr. Milton José Cardoso

**TERESINA – PI
2016**

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

C871d Coutinho, Arthur Gonçalves

Desempenho agrônômico do feijão-caupi sob diferentes populações em sistema de plantio convencional e direto. / Arthur Gonçalves Coutinho - 2016.
50f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2015
Orientação: Prof.Dr. Edson Alves Bastos

1 . *Vigna unguiculata* 2. Produtividade de grãos 3. Densidade populacional I. Título

CDD 635.659 2

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO FEIJÃO-CAUPI SOB DIFERENTES
POPULAÇÕES DE PLANTAS EM SISTEMAS CONVENCIONAL E PLANTIO
DIRETO**

ARTHUR GONÇALVES COUTINHO

Engenheiro Agrônomo

Aprovada em 31 / 08 / 2016

Comissão Julgadora:



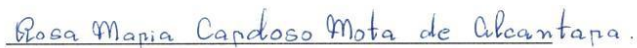
Prof. Dr. Edson Alves Bastos – Presidente
Embrapa Meio-Norte



Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra – Titular
CCA/UFPI



Prof. Dr. Luís Gonzaga Medeiros de Figueredo Júnior – Titular
UESPI



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

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

A minha mãe, Nazareth Regina.
Aos meus familiares, que incluem irmão e sobrinha, amigos e colegas.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Senhor Deus, onipotente e que me concedeu todas as oportunidades até o presente momento fazendo de mim uma pessoa abençoada.

A melhor mãe que uma pessoa poderia ter, por ser minha base, por ser o amor incondicional, por ter embarcado comigo nessa jornada, me incentivando e orando por mim sempre que pedi, com palavras não consigo agradecer.

Ao meu irmão Bruno, minha sobrinha Valentina e minha cunhada Waledice pelo apoio incondicional. E meus tios, tias e primos por torcerem pela minha vitória.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), da Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade concedida.

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

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Meio-Norte), pela oportunidade de estágio, apoio e suporte logístico na realização da pesquisa.

Ao pesquisador Dr. Edson Alves Bastos e o co-orientador Dr. Milton José Cardoso, pela orientação, empenho, compreensão, competência, paciência, conselhos e amizade.

Ao Dr. Aderson Soares de Andrade Júnior pela ajuda, paciência, compreensão, contribuição, acompanhamento e amizade.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia.

Ao Prof. Dr. Francisco de Alcântara Neto, pela contribuição e oportunidade através do estágio a docência.

Aos amigos que Deus nos oferece como segunda família John Silva, Suellen, Léo, Luccas, André, Manoel e todos que torcem pelo meu sucesso.

Aos amigos que embarcaram juntamente comigo nessa jornada que não foi simples, porém foi de grande aprendizado, pelas horas de estudo e especialmente ao Johnston Vieira, José Monteiro, Maristella, Nilza, Samara, Vanusa e Janaína pelo incentivo.

SUMÁRIO

Lista de figuras	ix
Lista de tabelas.....	22
RESUMO	23
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Aspectos gerais da cultura do feijão-caupi	15
2.2 Ecofisiologia.....	16
2.3 Cultivares de Feijão-caupi	17
2.4 Resposta do desempenho da cultura do feijão-caupi a população de plantas ...	19
2.5 Plantio Direto	21
2.6 Índice de área foliar	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Clima e características do solo da área experimental.....	25
3.2 Sistema de produção e preparo do solo	26
3.3 Tratamentos e delineamento experimental	26
3.4 Semeadura	26
3.5 Tratos culturais e controle fitossanitário.....	27
3.6 Monitoramento das variáveis climáticas e umidade do solo	27
3.7Características Avaliadas	27
3.7.1 Índice de área foliar (IAF)	27
3.7.2 Componentes de produção e produtividade de grãos	28
3.8 Análise estatística	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Dados climáticos.....	30
4.2 Índice de área foliar	33
4.3Componentes de produção e produtividade de grãos	38
5 CONCLUSÕES	45
6 REFERÊNCIAS	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variação das temperaturas máxima (T _{max}), média (T _{méd}) e mínima (T _{mín}) do ar ao longo do ciclo do feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.....	30
Figura 2. Variação da umidade relativa do ar ao longo do ciclo do feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque em Teresina, PI, 2015.....	31
Figura 3. Variação da precipitação pluviométrica ao longo do ciclo do feijão-caupi cv. BRS Tumucumaque em Teresina, PI, 2015	32
Figura 4. Valores de umidade do solo em função de diferentes densidades de plantas de feijão-caupi (D1: 12 plantas.m ⁻² ; D3: 20 plantas.m ⁻² ; D5: 28 plantas.m ⁻²) em plantio convencional (PC).....	32
Figura 5. Valores de umidade do solo em função de diferentes densidades de plantas de feijão-caupi (D1: 12 plantas.m ⁻² ; D3: 20 plantas.m ⁻² ; D5: 28 plantas.m ⁻²) em plantio direto (PD).....	33
Figura 6. Variação do índice de área foliar em cinco densidades de plantas mediante o plantio convencional.....	36
Figura 7. Produtividade corrigida (kg ha ⁻¹) em função da densidade de plantas para a cv. BRS Tumucumaque mediante sistema de plantio convencional e direto, Teresina, PI. 2015.....	37
Figura 8. Número de vagens por planta (NVP) em função da densidade de plantas para a cv. BRS Tumucumaque mediante sistema de plantio convencional e direto, Teresina, PI. 2015.....	40
Figura 9. Número de grãos por vagem (NGV) em função da densidade de plantas para a cv. BRS Tumucumaque mediante sistema de plantio convencional e direto, Teresina, PI. 2015.....	41
Figura 10. Massa de cem grãos (PCG g) em função da densidade de plantas para a cv. BRS Tumucumaque mediante sistema de plantio convencional e direto, Teresina, PI. 2015.....	42
Figura 11. Produtividade corrigida (kg ha ⁻¹) em função da densidade de plantas para a cv. BRS Tumucumaque mediante sistema de plantio convencional e direto, Teresina, PI. 2015.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físico-hídricas do solo da área experimental da Embrapa Meio-Norte. Teresina, PI, 2015.....	25
Tabela 2. Características químicas do solo da área experimental da Embrapa Meio-Norte. Teresina, PI, 2015.....	25
Tabela 3. Resumo da análise de variância para o índice de área foliar (IAF, cm^{-2}) na cv. BRS Tumucumaque em função de cinco densidades de plantas em sistema de plantio convencional em Teresina - PI, 2015.....	34
Tabela 4. Resumo da análise de variância para o índice de área foliar (IAF, cm^{-2}) na cv. BRS Tumucumaque em função de cinco densidades de plantas em sistema de plantio convencional em Teresina - PI, 2015.....	34
Tabela 5. Médias do índice de área foliar (IAF) em diferentes épocas na cv. BRS Tumucumaque em função de cinco densidades de plantas em sistemas de plantio convencional e direto, em Teresina – PI, 2015.....	35
Tabela 6. Médias do índice de área foliar (IAF) em diferentes épocas na cv. BRS Tumucumaque em função de cinco densidades de plantas em sistemas de plantio direto, em Teresina – PI, 2015.....	35
Tabela 7. Resumo da análise de variância e dos coeficientes de variação para número de vagens por planta (NVP), massa de cem grãos (MCG, g), comprimento de vagem (CV, cm), número de grãos por vagem (NGV), produtividade de grãos (PG, kg ha^{-1}), na cv. BRS Tumucumaque em função de cinco densidades de plantas em sistema de cultivo convencional. Teresina – PI, 2015	38
Tabela 8. Resumo da análise de variância e dos coeficientes de variação para número de vagens por planta (NVP), massa de cem grãos (MCG, g), comprimento de vagem (CV, cm), número de grãos por vagem (NGV), produtividade de grãos (PG, kg ha^{-1}), na cv. BRS Tumucumaque em função de cinco densidades de plantas em sistema de cultivo direto. Teresina – PI, 2015.....	39

COUTINHO, A. G. **Desempenho agronômico do feijão-caupisob diferentes populações em sistema de plantio convencional e direto.** Teresina – PI, 2016. 50f. Dissertação (Trabalho de Pós-Graduação em Agronomia). Comitê de orientação: Dr. Edson Alves Bastos (Orientador), Dr. Milton José Cardoso (Co-orientador). Embrapa Meio-Norte.

Resumo: O feijão-caupi é uma cultura de grande importância socioeconômica nas regiões norte, nordeste e centro-oeste do Brasil. A população adequada de plantas pode variar em função do sistema de cultivo e pode interferir no resultado final da produtividade de grãos. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho agronômico do feijão-caupi, cv. BRS Tumucumaque sob diferentes populações de plantas em sistema de plantio convencional e direto. Foram conduzidos dois experimentos, um sob plantio direto e outro sob plantio convencional, no Campo Experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, Piauí, de abril a julho de 2015, em um Argissolo Amarelo. Foram avaliadas cinco populações de plantas 12, 16, 20, 24 e 28 plantas m² (120.000, 160.000, 200.000, 240.000 e 280.000 plantas ha⁻¹). O delineamento experimental foi de blocos casualizados (DBC) submetido a análise de regressão polinomial. Avaliaram-se número de vagens por plantas, comprimento de vagens, número de grãos por vagem, massa de cem grãos, produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e índice de área foliar. A produtividade de grãos apresentou valores máximos de 1.605,6 kg ha⁻¹ e 1.548,1kg ha⁻¹ com uma população de plantas de 200.000 plantas ha⁻¹, em ambos sistemas de plantio. O aumento das densidades de plantas de feijão-caupi reduz linearmente o número de vagens por planta e os outros componentes apresentaram uma resposta quadrática.

Palavra-chave: *Vigna unguiculata*; Produtividade de grãos; densidade populacional

COUTINHO, A.G. **Agronomic development of cowpea beans, cv. BRS Tumucumaque, under different plant populations and conventional and direct tillage system.** Teresina – PI, 2016. 50f. Dissertation (Work Graduate in Agronomy). Adviser: Dr. Edson Alves Bastos. Co-adviser: Dr. Milton José Cardoso. Embrapa Mid-North.

Abstract: Cowpea bean is an agricultural culture of great socioeconomic importance in the north, northeast and central-west regions of Brazil. The appropriate population of plants may vary depending on the cultivation system and can interfere in the final result of the grain productivity. In this context, the objective of this study was to evaluate the agronomic performance of cowpea cv. BRS Tumucumaque, under different populations of plants in conventional and direct tillage system. Two experiments were led: one under tillage, and the other under conventional system, in the Experimental Field of Embrapa Mid-North in Teresina, Piauí, from April to July, 2015, in a yellow Acrisol. Five populations of plants were evaluated 12, 16, 20, 24 and 28 plants m^2 (120.000, 160.000, 200.000, 240.000 and 280.000 plants ha^{-1}). The experimental design was the randomized block, submitted to polynomial regression analysis. The number of pods per plant, the length of pods, the number of seeds per pod, weight of one hundred grains, grain yield ($kg\ ha^{-1}$), and the leaf area index were evaluated. The grain yield presented maximum value of 1,605.6 $kg\ ha^{-1}$ and 1,548.1 $kg\ ha^{-1}$ with 200,000 plant. ha^{-1} in conventional and tillage system, respectively. The increase in densities of cowpea plants reduces linearly the number of pods per plant and other components presented quadratic response.

Key-words: *Vigna unguiculata*; Grain productivity; Population density.

1 INTRODUÇÃO

Componente da alimentação básica e fonte geradora de renda, o feijão-caupi é uma importante leguminosa rica em proteína, minerais e fibras. Dentre as espécies cultivadas no Brasil destaca-se o feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], espécie originária da África que foi introduzida no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses no estado da Bahia (FREIRE FILHO, 1988), a partir de então a cultura foi sendo difundida por todo o país.

Porém foi melhor adaptada nas regiões Norte e Nordeste expandindo-se para o Centro-Oeste devido ao desenvolvimento de cultivares com características favoráveis ao cultivo mecanizado. Na região Nordeste, a produção tradicionalmente concentra-se nas áreas semiáridas onde outras leguminosas anuais, em razão da irregularidade das chuvas e das altas temperaturas, não se desenvolvem satisfatoriamente. Na região Centro-Oeste, onde essa cultura passou a ser cultivada em larga escala a partir de 2006, a produção provem, principalmente, de médios e grandes empresários que praticam uma lavoura altamente tecnificada (FREIRE FILHO, 2011).

No Piauí, o cultivo constitui-se de uma atividade tradicional pela sua importância econômica e social proporcionando geração de emprego e renda, principalmente, para população do meio rural. Toda a produção de feijão corresponde ao cultivo de feijão-caupi na primeira e segunda safra, que é encontrado em todos os 224 municípios desse estado (FREIRE FILHO, 2011).

A produtividade de grãos do feijão-caupi no Brasil ainda é considerada baixa, com média de 366 kg ha⁻¹ em função do baixo nível tecnológico empregado no cultivo, portanto para que seja melhorado tal parâmetro recomenda-se o uso de tecnologias que contribua para o incremento da produtividade média no país.

Uma das causas principais para essa baixa produtividade é a escassez ou o excesso de plantas de feijão-caupi por área (CARDOSO e RIBEIRO, 2006), associado a esse fator verificam-se adubações insatisfatórias e o controle inadequado das populações de plantas daninhas na cultura como causas do baixo rendimento. Dessa forma, a definição da população de plantas adequada é de relevante importância por ser um dos elementos de produção que refletem na produtividade de grãos.

Entender como as cultivares se comportam em um nível diferenciado de populações de plantas se faz importante, pois o modo como tais plantas interagem entre si e entre outros fatores pode delimitar seu potencial produtivo. A população de plantas tem influência marcante em várias características morfológicas, fisiológicas e conseqüentemente no rendimento de grãos (BEZERRA, 2005).

O sistema de plantio direto, por apresentar melhorias nas características físicas, químicas e de umidade do solo pode suportar uma população de plantas diferenciada do sistema convencional. Silva et al. (2005), comparando o plantio direto com sistemas de manejo de cultivo mínimo e convencional, em Alagoas, observaram superioridade deste sistema em relação aos sistemas tradicionais, constatando ser viável a sua implantação.

Com base na importância da cultura do feijão-caupi e analisados os entraves para o incremento da produtividade de grãos, este trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento de diferentes populações de plantas em sistema de plantio convencional e de plantio direto bem como sua influência na produtividade de grãos e componentes de produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura do feijão-caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), também conhecido por feijão-caupi macassar ou feijão-de-corda é uma planta *Dicotyledonea*, da ordem *Fabales*, família *Fabacea*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (VERDCOURT, 1970; PADULOSI; NG, 1997; FREIRE FILHO et al., 2005).

Nativo da África onde foi domesticado e bastante cultivado nas regiões tropicais dos continentes africano, asiático e posteriormente o americano, o feijão-caupi tem uma grande importância, tanto como alimento quanto como gerador de emprego e renda. É componente básico da alimentação e bastante versátil podendo ser comercializado na forma de grãos secos, grãos verdes, vagens verdes, farinha para acarajé e sementes (ROCHA et al., 2007).

No Brasil, o feijão-caupi foi introduzido por portugueses no século XVI primeiramente na Bahia adaptando-se bem e sendo disseminado para todo o país. No entanto, esta cultura manteve-se concentrada nas regiões Nordeste e Norte do país onde foi bem aceita e tais regiões possuem climas tropicais e solos ideais para o cultivo sendo ainda uma cultura bastante resistente à seca.

São cultivadas no Brasil várias espécies de feijão, porém, somente as espécies *Phaseolus vulgaris* (L.) e *Vigna unguiculata* (L.) WALP são consideradas como feijão pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), visto que são as duas espécies mais importantes socialmente e economicamente no país (FREIRE FILHO, 2011).

Consumido principalmente pela população carente no Norte e Nordeste do Brasil sendo de fácil cultivo e ciclo rápido, o feijão-caupi tem a mesma finalidade em outros países, notadamente para as populações da África, da Ásia, da América Central e do Sul, sendo consumida principalmente por ser fonte de proteína vegetal, minerais e fibras na alimentação humana (FREIRE FILHO et al., 2005a). Ainda pode ser aproveitado como adubo verde ou cobertura morta, agindo na recuperação de solos pobres.

De acordo com Silva (2009), a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), não contabiliza a produção brasileira e o IBGE não

separa os dados de área e produção do feijão-comum e feijão-caupi, o que torna um grande empecilho para as exportações brasileiras de feijão-caupi, porquanto o mercado internacional desconhece a real produção da cultura.

Em 2012, a produção mundial de feijão-caupi foi de 5,7 milhões de toneladas, semeadas em 11.294.193 hectares (FAO, 2013). A estimativa da produção nacional de feijão considerando as três safras do produto, foi de 3.029.682 toneladas. Em números absolutos, os decréscimos foram de 115.377 toneladas na expectativa de produção do Nordeste, de 16.747 toneladas na da região Sul, de 5.952 toneladas na da Centro-Oeste e de 5.639 toneladas na da Sudeste. A 1ª safra de feijão participa com 41,6% da produção nacional de feijão em grão, a 2ª safra participa com 43,5% e a 3ª safra participa com 14,9% (IBGE, 2013).

A cultura do feijão 1ª safra no Piauí apresentou uma área inicialmente plantada de 215.426 ha, todavia, com a adição de áreas novas nos cerrados, em grandes fazendas, essa área plantada chegou a 232.498 ha, porém, com a estiagem do semiárido, restou em cultivo 198.625 ha, com rendimento médio de 221 kg ha⁻¹, portanto a produção deverá atingir 43.983 toneladas, inferior 44,7% em relação à prevista em abril (IBGE, 2013).

A produtividade média do feijão-caupi no Brasil, entre os anos de 2005 a 2009, foi de 369 kg ha⁻¹ (FREIRE FILHO et al., 2011) e em 2011, foi de 525 kg ha⁻¹. Vale ressaltar, que estados como Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso apresentam produtividades superiores a 1.000 kg ha⁻¹.

2.2 Ecofisiologia

Dentre os elementos de clima conhecidos, destacam-se a precipitação, a temperatura do ar e a radiação solar. A deficiência hídrica é uma situação comum a várias culturas de interesse econômico, que pode influenciar praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento vegetal (DAMATTA, 2007).

O feijão-caupi é considerado uma espécie tolerante à seca, principalmente as espécies ramadoras, que mesmo variando entre as cultivares e o número de dias que a planta tolera a falta de água ainda assim, é bem resistente. Para obtenção do máximo rendimento, as necessidades hídricas variam de 300 mm a 400 mm durante o ciclo e dependendo das variações edafoclimáticas (NÓBREGA et al., 2001).

A adaptação do feijão-caupi à seca se dá com a planta evitando ou tolerando a desidratação de seus tecidos. O decréscimo na condutância estomática é uma das formas do feijão-caupi evitar a seca, além da redução da área foliar e mudança na orientação dos folíolos (SUMMERFIELD et al., 1985).

A temperatura ideal para que haja um bom desenvolvimento da cultura está na faixa de 20° a 30°C e mediante altas temperaturas o florescimento pode ficar prejudicado, possuindo capacidade produtiva em grande parte das classes de solo. Satura-se fotossinteticamente a intensidades de luz, relativamente baixas, em torno de 10.000 e 40.000 lux, justamente por ser uma planta C3 (CARDOSO, 2000).

Altas temperaturas do ar são capazes de exercer grande influência sobre a abscisão de flores e de vagens, realizando o não enchimento adequado dos grãos, o vingamento e retenção final das vagens bem como responsável pela redução do número de sementes por vagem e pela menor massa de sementes (PORTES, 1996; GONÇALVES et al., 1997; DIDONET & MADRIZ, 2002; DIDONET et al., 2002).

Temperaturas superiores a 30°C durante o dia e temperatura mínima noturna superior a 20 °C comprometem o processo reprodutivo do feijão-caupi através do abortamento de flores, o vingamento e a retenção final de vagens, afetando também o número de sementes por vagem (ELLIS et al., 1994; CRAUFURD et al., 1996b).

Segundo Araújo et al. (1984) há germinação normal entre 23° C e 32° C sendo que temperaturas elevadas no período noturno podem prejudicar a produtividade do feijão-caupi.

2.3 Cultivares de Feijão-caupi

Adaptado ao clima tropical os grãos de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] foram introduzidos no Brasil a partir do século XVI, provavelmente no estado da Bahia (Freire Filho et al., 2011). A alta variabilidade genética, associada com a cultura (Bertini et al., 2009; Correa et al., 2012), pode ser compreendida desde as primeiras introduções no país, tempo suficiente para existência de segregações e até mesmo mutações que foram disseminadas em sucessivos plantios, contribuindo para alta variabilidade atual (Freire Filho et al., 2011).

Constata-se que desde a introdução da cultura no país, até 2010, só foram lançadas 71 cultivares melhoradas, sendo um número pequeno considerando as outras cultivares anuais. Ressalta-se que nem todas as cultivares foram aceitas por

parte dos produtores considerando suas características específicas para cada região (Freire Filho et al., 2011)

Na região Norte destacaram-se a 'BR 3-Tracueteua' (EMBRAPA, 1985a), no Pará, e a 'BRS Mazagão' (BRS..., 2000) e a 'Amapá' (CAVALCANTE et al., 1999), nos estados do Amapá e Roraima. Na região Nordeste, sobressaíram-se a BR 17-Gurgueia (FREIRE FILHO et al., 1994), no Piauí e no Maranhão; a Patativa (LISTAGEM..., 2000), no Ceará; a 'Paraguaçu' (ALCÂNTARA et al., 2002), na Bahia; e a 'BRS Guariba' (FREIRE FILHO et al., 2006), que se destacou em vários estados da região Nordeste.

A escolha correta da cultivar para um determinado ambiente e sistema de produção é de grande importância para obtenção de uma boa produtividade de grãos. Aspectos importantes como o ciclo, a arquitetura da planta, reação a doenças e tipo de produção devem ser levados em consideração no momento da obtenção dos grãos para produção.

A cultivar BRS Tumucumaque apresenta características ideais para o cultivo em regime de sequeiro ou irrigado tendo produtividade média em torno de 1.100 a 1.700 kg ha⁻¹. Cultivar precoce, com arquitetura moderna e grãos de boa aceitação pelo mercado, caracteriza-se por apresentar hábito de crescimento indeterminado, porte semiereto com ramos consistentes capaz de evitar o acamamento, ciclo de 65 a 70 dias e com vagem roxa e grão branco, levemente reniforme com anel do hilo marrom, sem halo e tegumento liso (FREIRE FILHO et al., 2009).

Os níveis satisfatórios de proteínas, ferro, zinco e outros minerais e um rápido cozimento tornam os grãos bastante atrativos. É indicado para cultivo preferencialmente em área de cerrado, em áreas com acidez do solo devidamente corrigida e com correção da fertilidade com base na análise química do solo e exigência da cultura. A população indicada é de 200 mil plantas por hectare, com espaçamento entre 0,50 a 0,60 entre linhas, respectivamente com 10 a 12 plantas por metro linear.

Souza et al. (2013), avaliando 20 genótipos de feijão-caupi de portes ereto e semiereto, quanto ao potencial de rendimento e seus componentes, em cultivo de sequeiro, em dez ambientes da região Meio-Norte do Brasil encontraram dentre outras cultivares, valores médios para os componentes de produção da cultivar BRS Tumucumaque onde para comprimento de vagem o valor médio foi de 21,60 cm;

para número de grãos por vagem 12,84; para peso de cem grãos 23,13 g; para produtividade de grãos 1.316,96kg ha⁻¹.

2.4 Resposta do desempenho da cultura do feijão-caupi a população de plantas

Apontado como um dos problemas da baixa produtividade do feijão-caupi, estudos mostram avanços e indícios de que deve haver o uso adequado de população de plantas para que seja alcançado um rendimento desejável. Sabe-se que o uso inadequado desta tecnologia poderá refletir na avaliação do potencial produtivo da cultura no tocante ao desempenho dos componentes de produção. Isto porque este parâmetro tem influência direta na morfofisiologia dos mesmos.

A população e o espaçamento entre plantas são fatores que podem causar alguma interferência na quantidade de água, luz e nutrientes utilizados pela cultura. Alterações morfológicas como altura das plantas, área foliar e ramificações formadas determinam a plasticidade da cultivar utilizada (BRADSHAW, 1965).

A redução da competição inter e intraespecífica por fatores de produção, obtida pelo melhor arranjo espacial entre as plantas, dão-se pelo aumento da área foliar por unidade de área, a partir dos estádios fenológicos iniciais (JOHNSON et al., 1998)

Contudo, o potencial produtivo do feijão-caupi depende da combinação de fatores como a densidade populacional e o aproveitamento dos recursos tecnológicos, ambientais e de manejo. Em estudos realizados com esta cultura, o adensamento de plantas provocou redução no número de ramos laterais, no número de vagens por planta e na produção de grãos por planta; entretanto, o adensamento não influenciou significativamente o peso de cem grãos, conforme Mendes et al. (2005) e Bezerra et al. (2008, 2009).

A escassez ou excesso de plantas por área é uma das causas da baixa produtividade do feijão-caupi (CARDOSO et al., 1997). A densidade de plantas determina o grau de competição e o estágio em que ela será mais intensa entre as plantas. A competição em intensidade elevada, nos estádios iniciais do desenvolvimento da cultura, pode favorecer o surgimento de plantas improdutivas, diminuindo o estande produtivo final e, conseqüentemente, o rendimento de grãos (BEZERRA et al., 2008).

Cardoso e Ribeiro (2005), avaliando o comportamento produtivo do feijão-caupi em um Argissolo Amarelo no município de Teresina-PI, sob regime de sequeiro, concluíram que com o aumento do número de plantas por m² de feijão-caupi houve uma diminuição de 0,825 no número de vagens e 1,975g de grãos por planta. O rendimento máximo de grãos foi de 1.670 kg ha⁻¹ e foi alcançado com uma densidade de 7,75 plantas por m².

Bezerra et al. (2014), pesquisando o comportamento morfoagronômico do feijão-caupiem Alvorada do Gurgueia-PI em um Latossolo Amarelo em regime irrigado por aspersão e trabalhando com a cv BRS Novaera identificaram que houve uma redução de 63,8% do número de vagens por planta quando comparadas às populações de 100 e 500 mil plantas ha⁻¹. Avaliaram ainda que a partir da população de 400 mil plantas ha⁻¹, a cultivar atingiu seu limite mínimo de vagens por planta, incitada pelo estabelecimento de uma competição intraespecífica de alta intensidade. Em relação ao peso de grãos por plantas, os autores concluíram que houve redução total de 67,6% quando a população foi aumentada de 100 para 500 mil plantas ha⁻¹, sendo que a redução observada para o intervalo de 100 a 300 mil plantas ha⁻¹ representou 87,5% da redução total.

Santos (2013), pesquisando diversas densidades de plantas de feijão-caupi, em um Neossolo Regolítico no Agreste Paraibano identificou que a produtividade máxima de vagens seca encontrada foi de 1.321 kgha⁻¹ atingida com uma população de plantas de 176 mil plantas por ha⁻¹, concluindo que a maior produtividade de massa verde foi atingida com 176 mil plantas por ha⁻¹ enquanto a maior produtividade de grãos foi alcançada já com 127 mil plantas por ha⁻¹, ratificados esses resultados pela menor relação grãos/vagem, ou seja, maior produção de vagens em detrimento de grãos nas maiores densidades de plantas.

Santos et al. (2013) encontraram para as mesmas condições de solo no Agreste Paraibano maior produtividade de grãos (1.233 kgha⁻¹) secos com 13% de umidade para uma população de 120 mil plantas por ha⁻¹. Os autores concluíram que aumentando a população de plantas do feijão-caupi houve uma redução linear do número de vagens por planta, da produção de grãos por planta e da relação grãos/vagem.

A redução na produção de grãos por planta é um comportamento esperado, devido ao nível de competição intraespecífica que se estabelece em altas densidades e que afeta diretamente a capacidade produtiva das plantas (Bezerra et

al., 2008). Observa-se que alterações nas populações de plantas por hectare promovem mudanças significativas na morfologia de plantas devido a competição entre as mesmas.

Bezerra et al. (2014), avaliando características morfofisiológicas e produtivas, em feijão-caupi, cv BRS Novaera, submetida a diferentes densidades de plantas, no município de Alvorada do Gurguéia – PI, sob irrigação por aspersão revelaram que o número de vagens por planta (NVP) como um dos principais componentes de produção apresentou decréscimos lineares em função da população de plantas onde houve redução de 66,48% quando comparadas às populações de 100 mil e 500 mil plantas ha^{-1} , as quais apresentaram em média 14,62 e 4,90 vagens por planta, respectivamente. Os autores concluíram que a massa de cem grãos (MCG) com média de 24,4g não foi influenciado significativamente pelas diferentes populações de plantas.

Oliveira et al. (2015), avaliando a influência de níveis de água e densidade de plantas no crescimento (matéria seca e área foliar) e produtividade do feijão-caupi, cv BRS Itaim, em um experimento na área experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina - Piauí, cultivado em um Argissolo Vermelho-Amarelo de textura franco-arenosa encontraram valor máximo para produtividade de grãos de 1.668,86 $kg\ ha^{-1}$ para a densidade populacional de 241.000 plantas ha^{-1} e para NVP o valor máximo de 2,24 vagens por planta em uma densidade populacional de 241.000 plantas ha^{-1} .

Ceccon et al. (2013), estudando os efeitos de diferentes densidades populacionais sobre os componentes de produção e rendimento de grãos em cultivares de feijão-caupi, em solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico encontraram que a cultivar BRS Novaera apresentou aumento na produtividade com o incremento da população até um ponto máximo de 1.504 $kg\ ha^{-1}$, com uma produção de 1.397 $kg\ ha^{-1}$ na população de 26 plantas m^2 .

2.5 Plantio Direto

O sistema de plantio convencional é considerado o método de produção agrícola mais adotado, sendo caracterizado pelo uso intenso de insumos comerciais, como defensivos agrícolas e adubos químicos. Nele, pouco se considera a preservação dos recursos naturais (DANTAS & FILHO, 2006).

O plantio direto é um sistema diferenciado de manejo do solo com intuito da redução de impacto gerado por máquinas agrícolas e pela agricultura. O sistema plantio direto vem expandindo-se na Região Central do Brasil como alternativa ao sistema convencional de preparo do solo no intuito de contribuir para a sustentabilidade de sistemas agrícolas, por manter o solo coberto por restos culturais ou por plantas vivas o ano inteiro, minimizando os efeitos da erosão. Por manter o teor de matéria orgânica no solo (CHAN et al., 1992; ALBUQUERQUE et al., 1995) o que leva a maior retenção de água.

Há inúmeras vantagens referentes ao uso do sistema do plantio direto. Considerando que as perdas de água e solo podem ser controladas e que promove um mínimo de mobilização e um máximo de resíduos da cultura antecessora sobre o solo, garante maior aporte de matéria orgânica ao sistema.

Os princípios básicos de tal sistema fundamenta-se no não revolvimento do solo, em sua cobertura permanente e na rotação de culturas, podendo promover acréscimo de produtividade das culturas de grãos (Salton et al., 1998).

No sistema de plantio direto orgânico o princípio da prevenção deve ser privilegiado, utilizando plantas de cobertura com elevada produção de palha e/ou efeito alelopático, com capacidade de inibir o crescimento das infestantes (VAZ de MELO et al., 2007). Além dos efeitos oriundos da palha, outros fatores físicos e biológicos, bem como a interação entre eles, são importantes no controle de plantas espontâneas.

Estudos mostram que a utilização da palhada que permanece na superfície pode reduzir em 5% a evaporação da água para cada 10% de superfície de solo efetivamente coberta. A cobertura morta evita a evaporação da água direta do solo, podendo reduzir a evapotranspiração das culturas em estágios iniciais de crescimento na ordem de 50 a 60% (ALLEN et al., 1998; MEDEIROS, 2007).

Urchei et al. (2000), trabalhando com três cultivares de feijoeiro comum, concluíram que, no sistema plantio direto, a cultura do feijoeiro aumenta a produção de matéria seca total, o índice de área foliar, a taxa de crescimento da cultura, a taxa de crescimento relativo, a taxa assimilatória líquida e a duração da área foliar, apresentando menor razão de área foliar.

Passos et al. (2015) avaliando durante dois anos agrícolas, a produtividade e alguns atributos agronômicos de cultivares de soja em sistema de plantio direto e convencional em sucessão da cultura de trigo irrigado, encontram que o sistema

convencional proporcionou aumentos significativos na produtividade de grãos no primeiro ano agrícola. Na safra seguinte os cultivos não diferiram entre si, demonstrando que o plantio direto ao se consolidar, tende a melhorar as condições produtivas dos agroecossistemas com reflexos positivos sobre a produtividade de grãos da cultura da soja.

Como o plantio direto melhora as condições físicas, químicas e hídricas do solo, é possível que este sistema suporte uma maior população de plantas por hectare em relação ao sistema convencional de plantio.

2.6 Índice de área foliar

A área foliar é um importante parâmetro para determinação da capacidade fotossintética e pode ser afetada pela variação da população de plantas. O monitoramento da área foliar é normalmente feito por meio do índice de área foliar (IAF), que é a relação entre a área foliar e a área do terreno ocupada pela cultura. É considerado um parâmetro indicativo de produtividade, uma vez que a fotossíntese realizada pelas plantas depende da interceptação da energia luminosa pelo dossel e da sua conversão em energia química, que é utilizada para converter o dióxido de carbono (CO_2) do ar e da água (H_2O) em açúcares simples (FAVARIN et al., 2002).

A área foliar influencia na fotossíntese fazendo com que a produtividade de uma cultura seja tanto maior quanto mais próximo for do IAF máximo potencial e quanto mais tempo permanecer ativa; retardando a senescência (FIGUEREDO JÚNIOR et al., 2005).

Oliveira (2014a), realizando um diagnóstico da capacidade competitiva de quatro cultivares de feijão-caupi (IPEAN V69, BR8 Caldeirão; BRS Guariba; BR 17 Gurguéia) e três espaçamentos entre linhas (0,50; 0,40 e 0,30 m) em solo de terra firme, em um Latossolo Amarelo Álico, em Manaus-AM encontrou valores máximo de IAF de 2,98, 3,76 e 4,43 para a cv. BR 8 Caldeirão com os espaçamentos 0,50 m, 0,40 m e 0,30 m, respectivamente.

Souza et al. (2013), avaliando o número de folhas por planta (NFP), área foliar (AF) e a massa de matéria seca por planta (MMS), nas cultivares de feijão-caupi BRS Guariba e BRS Novaera, sob diferentes densidades de plantas (100.000, 200.000, 300.000, 400.000 e 500.000 plantas ha^{-1}) no período de safrinha, concluíram que com o aumento da densidade de plantas ocorre a redução da área

foliar. Para a cultivar BRS Guariba os valores da área foliar foram de 1045,30 cm²planta⁻¹ e para a BRS Novaera valores de 936,18 cm²planta⁻¹.

Carvalho et al. (2000), avaliando o comportamento de cultivares de feijão-caupi irrigado em duas populações de plantas (41.666 e 125.000 plantas ha⁻¹) e fazendo determinação de suas relações com a área foliar, interceptação da luz e florescimento, concluíram que o IAF apresentou grande variação entre as cultivares aumentando assim em todas na maior população de plantas.

Oliveira (2013), avaliando as alterações nos parâmetros de crescimento e nas trocas gasosas do feijão-caupi decorrente da aplicação de diferentes níveis de água e densidade de plantas, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, percebeu que com o aumento da lâmina e da densidade o AF se elevou ao ponto máximo de 1.301,89cm² com lâmina de 367,86 mm e densidade de 188.000 plantas ha⁻¹.

Bastos et. al. (2012), testando o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre o índice de área foliar e teor de clorofila relacionando-os com a produtividade de grãos-verdes em feijão-caupi, em um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, encontrou que valores máximos de IAF foram: 3,29 (Lâmina 2); 3,87 (Lâmina 3); 4,22 (Lâmina 4) e 4,88 (Lâmina 5), para a cultivar BRS Paraguaçu, e de 3,20 (L2); 3,65 (L3); 3,49 (L4) e 4,99 (L5), para a cultivar BRS Guariba.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Clima e características do solo da área experimental

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, Piauí (05°05'S; 42°48'W e 74,4 m de altitude), no período de abril a julho de 2015, em regime de sequeiro. O clima do município, de acordo com a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955), é C1sA'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão. As médias anuais de umidade relativa do ar e índice pluviométrico são: 69,4 % e 1.466, mm, respectivamente, concentrando as maiores chuvas nos meses de janeiro a abril (BASTOS e ANDRADE JÚNIOR, 2014).

O solo da área do experimento é um Argissolo Amarelo eutrófico (MELO et al., 2014) de textura franco-arenosa, cujas características físico-hídricas e químicas estão descritas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 1. Características físico-hídricas do solo da área experimental da Embrapa Meio-Norte. Teresina, PI, 2015.

Prof. (m)	Granulometria (g kg ⁻¹)				(% em volume)	
	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	CC	PMP
0,0 – 0,2	451,8	190,4	164,5	193,3	22,0	9,3
0,2 – 0,4	471,3	180,2	168,0	178,7	20,8	11,0

Fonte: Laboratório de solos da Embrapa Meio-Norte. CC: capacidade de campo. PMP: Ponto de murcha permanente

Tabela 2. Características químicas do solo da Embrapa Meio-Norte. Teresina - PI, 2015.

Prof. (m)	MO	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	CTC	V
	g kg ⁻¹	H ₂ O	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³							(%)
0,0 – 0,2	7,7	6,1	34,4	0,2	0,04	2,2	0,5	0,05	1,4	4,5	66,8
0,2 – 0,4	8,5	6	25,1	0,2	0,04	2,1	0,5	0,05	1,9	4,9	60,0

Fonte: Laboratório de solos da Embrapa Meio-Norte.

3.2 Sistema de produção e preparo do solo

O preparo do solo consistiu de roço, uma aração e uma gradagem niveladora no sistema de plantio convencional. A área de plantio direto, em seu segundo ano, foi corrigida com calcário e adubação fosfatada. No seu primeiro ano, a palhada foi de sorgo e nesse segundo ano, utilizou-se palhada de cana-de-açúcar, retirada de outra área experimental. As adubações de fundação e cobertura foram efetuadas com base na análise de solos e seguindo as exigências nutricionais do feijão-caupi. A adubação de fundação consistiu na aplicação de 60 kg de P_2O_5 ha^{-1} (superfosfato simples) e 40 kg de K_2O ha^{-1} (cloreto de potássio). Na adubação de cobertura, realizada 20 dias após a emergência das plântulas, foram aplicados 20 kg de N ha^{-1} (uréia), uma vez que trata-se de um solo arenoso com menos de 10 g kg^{-1} de matéria orgânica (FREIRE FILHO et al., 2005).

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC) com quatro repetições; Os tratamentos consistiram de cinco populações de plantas: 12, 16, 20, 24 e 28 plantasm² (120.000, 160.000, 200.000, 240.000 e 280.000 plantas ha^{-1}).

Foram realizados dois experimentos, um em sistema de plantio convencional e outro em sistema de plantio direto.

A parcela experimental foi composta por seis fileiras de cinco metros, espaçadas por 0,5 m, totalizando 15 m². A área útil era formada pelas duas fileiras centrais.

3.4 Semeadura

Semeou-se a cultivar BRS Tumucumaque manualmente, nos dias 28 e 29 de abril de 2015, em sulcos com espaçamentos de 0,5 m entre fileiras, sendo utilizado excesso de sementes nas mesmas e por ocasião do desbaste que foi realizado aos 15 dias após a semeadura, deixando a quantidade necessária de plantas para as densidades programadas.

3.5 Tratos culturais e controle fitossanitário

Realizou-se o controle de plantas daninhas manualmente com enxada, sempre que necessário e com a aplicação de herbicida. O controle preventivo fitossanitário de pragas foi realizado com inseticida à base de *Thiamethoxam* aos 21 e aos 38 dias após a semeadura para a prevenção do pulgão na dose de 20 g 20 L⁻¹.

3.6 Monitoramento das variáveis climáticas e umidade do solo

Os elementos climáticos foram monitorados por meio de uma estação climatológica instalada a aproximadamente 1.000m de distância da área experimental. Foi realizada irrigação complementar efetuada por um sistema de aspersão convencional fixo, instalado em um espaçamento de 12 x 12 m. Houve essa necessidade devido o índice pluviométrico não ter atingido teores satisfatórios para o desenvolvimento da cultura.

O teor de água no solo foi medido por meio de uma TDR, tendo as hastes desse equipamento sendo instaladas apenas nas densidades 1 (12 pl.m⁻²), 3 (20 pl.m⁻²) e 5 (28 pl.m⁻²), em quatro repetições em decorrência do número limitado de hastes.

3.7 Características Avaliadas

3.7.1 Índice de área foliar (IAF)

Determinou-se, semanalmente com intervalo de sete dias entre as leituras, o IAF a partir dos 27 até os 61 dias após a semeadura, totalizando seis leituras. Foram feitas duas leituras com o equipamento portátil LAI-2000 em cada parcela na posição central da área útil (uma acima e três abaixo do dossel), e posteriormente foi estimada uma média. A relação entre a luz incidente acima da cultura e embaixo da copa das plantas fornece a transmitância de cada ângulo, que é inversamente proporcional ao índice da área foliar (HOFFMAN; BLOMBERG, 2004).

3.7.2 Componentes de produção e produtividade de grãos

Foram avaliadas as seguintes características: comprimento de vagens, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos, relação grão/vagem e produtividade de grãos (kg ha^{-1}).

O comprimento de vagens (CV g) correspondeu ao comprimento médio de 10 vagens escolhidas aleatoriamente da área útil da parcela. O número de vagens por planta (NVP) foi determinado pela relação entre o número total de vagens e o stand (total de plantas na área útil). O número de grãos por vagens (NGV) foi obtido pela contagem dos grãos de 10 vagens e em seguida foi efetuado a média. A massa de cem grãos (MCG g) foi mensurada contando-se 100 grãos das 10 vagens escolhidos aleatoriamente e pesando-se em uma balança eletrônica. A relação grão/vagem foi encontrada pela relação entre o peso de grãos e o peso de vagens oriundos da área útil da parcela. O peso de grãos (PG, kg ha^{-1}) foi corrigido para um teor de 13% de umidade, posteriormente foi calculada a produtividade de grãos atual (kg ha^{-1}) e a produtividade de grãos corrigida (kg ha^{-1}), conforme as equações 2 e 3, respectivamente.

$$\text{PRODG}_{\text{atual}} = \frac{10}{5} * PG \quad (2)$$

Onde:

$\text{PRODG}_{\text{atual}}$: Produtividade de grãos atual (kg ha^{-1})

5,0: área útil da parcela (m^2)

10: utilizado para converter g em Kg

PG: peso de grãos da parcela (g)

$$\text{PG}_{\text{corrig}} = \frac{(100 - U_{\text{atual}}) * \text{ProdG}}{100 - U_{13\%}} \quad (3)$$

Onde:

$\text{PG}_{\text{corrig}}$: Produtividade de grãos corrigida (kg ha^{-1})

ProdG: Produtividade de grãos atual (kg ha^{-1})

U_{atual} : umidade inicial encontrada no grão por ocasião da colheita (%)

$U_{13\%}$: umidade desejada a 13%

3.8 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância com regressão polinomial utilizando o programa estatístico ASSISTAT 7.6 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009) e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Os experimentos sob plantio convencional e direto foram, analisados separadamente, analisando-se o efeito da população de plantas em cada sistema de cultivo. Utilizou-se o programa computacional Table Curve (2D) para encontrar os coeficientes da regressão das características agronômicas que foram significativos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados climáticos

Os dados climáticos de temperatura máxima, mínima e média do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, no período de condução do experimento, encontram-se nas figuras 1, 2 e 3, respectivamente.

Verificou-se que no período de condução do experimento que o valor da temperatura média foi de 26,7 °C mantendo-se dentro da faixa ideal de 18 °C a 34 °C para crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi (CARDOSO, 2000). A temperatura máxima do ar apresentou variação de 26°C a 34°C, indicando que a cultura não foi prejudicada pela ocorrência de temperaturas extremas. Provavelmente, a presença da precipitação durante o experimento manteve a temperatura do ar favorável ao crescimento e desenvolvimento da cultura. As temperaturas mínimas do ar variaram entre 20°C a 25°C, não apresentando valores muito baixos que também poderiam influenciar negativamente no seu desenvolvimento (Figura 1).

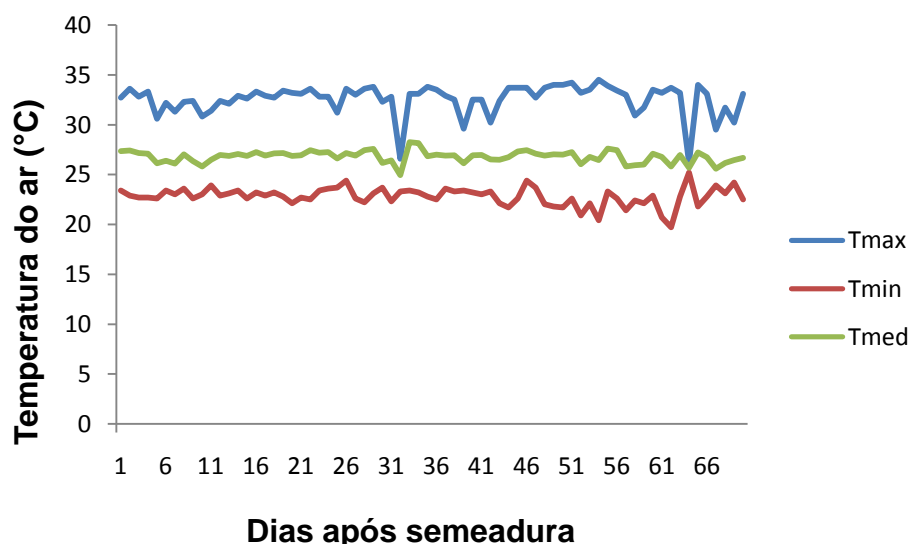


Figura 1. Variação das temperaturas máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin) do ar ao longo do ciclo do feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.

Analisando os dados referentes à umidade relativa do ar (U%) verifica-se uma variação nos valores analisados durante todo o período do experimento, onde foi

possível observar valores máximos e mínimos em torno de 91% (29/05), aos 32 dias após a semeadura (DAS) e 63% (22/06), aos 56 DAS (figura 2). Esses valores indicam que a umidade relativa do ar foi favorável ao feijão-caupi.

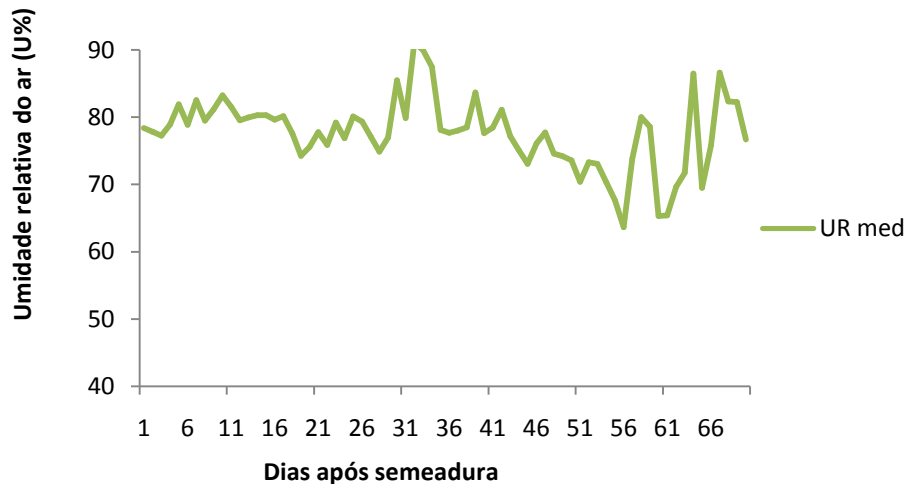


Figura 2. Variação na umidade relativa do ar ao longo do ciclo do feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.

Avaliando os dados relacionados à precipitação pluviométrica, verificou-se que o total acumulado de precipitação foi de 96,2 mm durante o período de manejo da cultura, sendo um valor abaixo das necessidades hídricas que variam de 300 mm a 400 mm durante o ciclo (NÓBREGA et al., 2001).

Houve distribuição satisfatória da precipitação ao longo do experimento havendo déficit hídrico dos dias 11 a 21 DAS prejudicando a fase inicial de desenvolvimento da planta que exige água em maior quantidade. Bons níveis hídricos permaneceram aproximadamente até os 45 DAS proporcionando a cultura água suficiente para a realização dos seus processos fisiológicos e posteriormente apresentando uma queda na disponibilidade de água à cultura por se aproximar do fim do período chuvoso sendo ideal ao se aproximar do fim do ciclo da cultura que exige uma quantidade menor de água.

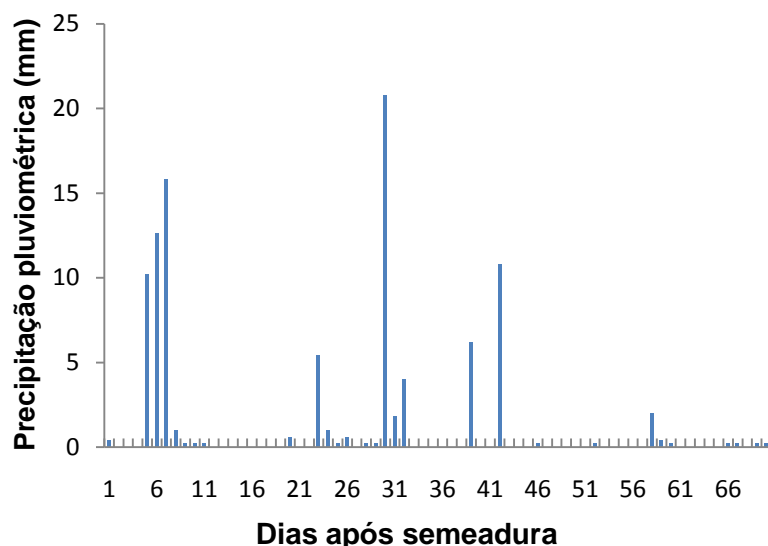


Figura 3. Variação da precipitação pluviométrica ao longo do ciclo do feijão-caupi. Teresina, PI, 2015.

Nas figuras 4 e 5 são apresentados os valores do teor de água no solo em função de diferentes densidades de plantas de feijão-caupi. Ressalte-se que foram plotados valores correspondentes às densidades menor, média e maior (12, 20 e 28 plantas .m⁻²) em decorrência do equipamento TDR ter monitorado a umidade do solo apenas nestas densidades em função do número limitado de hastes.

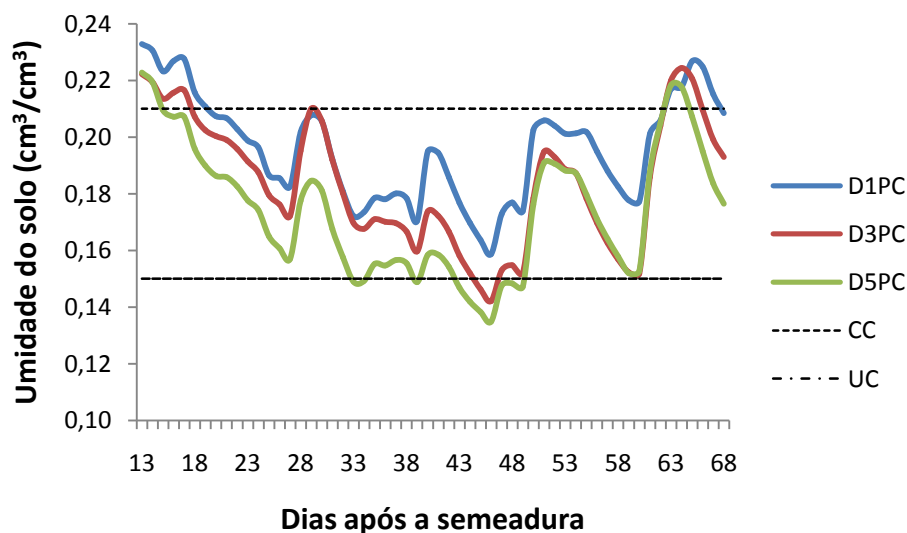


Figura 4. Valores de umidade do solo em função de diferentes densidades de plantas de feijão-caupi (D1: 12 plantas.m⁻²; D3: 20 plantas.m⁻²; D5: 28 plantas.m⁻²) em plantio convencional (PC).

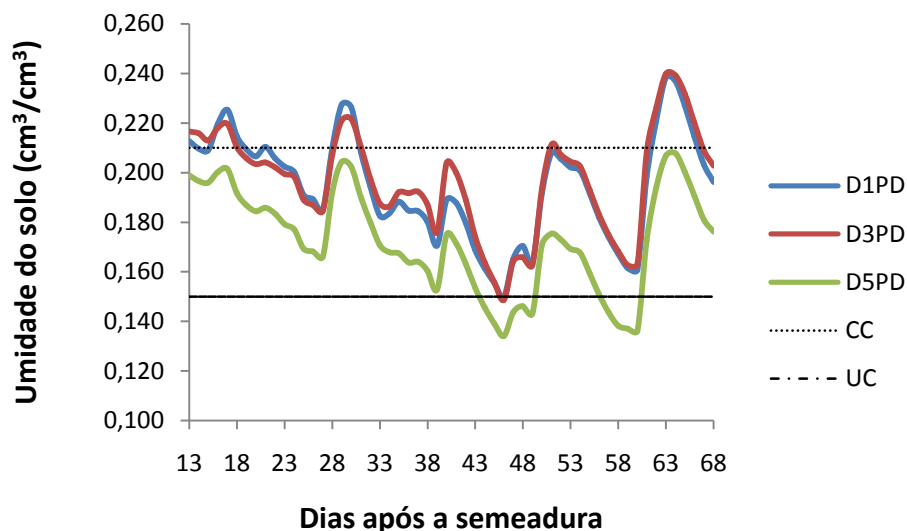


Figura 5. Valores de umidade do solo em função de diferentes densidades de plantas de feijão-caupi (D1: 12 plantas.m⁻²; D3: 20 plantas.m⁻²; D: 28 plantas.m⁻²) em plantio direto (PD).

Pode-se observar que, nos dois sistemas de cultivos a umidade do solo se manteve entre a capacidade de campo (21%) e a umidade crítica (15%) ao longo de quase todo o experimento.

Um fato interessante é que a umidade do solo no tratamento de maior densidade de plantas (D5: 28 plantas.m⁻²), nos dois sistemas de cultivo, foi inferior à umidade do solo nos demais tratamentos, alcançando valores abaixo da umidade crítica no período compreendido entre 43 e 48 dias após a semeadura. Isso se justifica pelo fato de que um maior número de plantas extrai mais água no solo, permitindo-se inferir que a população de plantas interfere no manejo de irrigação e também havendo nesse período um déficit hídrico devido aos índices pluviométricos terem sido baixo. Resultados semelhantes a estes foram obtidos por Oliveira (2013), avaliando diferentes lâminas de irrigação com diferentes populações na variedade BRS Itaim.

4.2 Índice de área foliar (IAF)

De acordo com a análise de variância, na Tabela 3, observa-se que houve efeito significativo da densidade sobre o IAF apenas nas duas primeiras épocas avaliadas para o plantio convencional.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para o índice de área foliar (IAF, cm²) na cv. BRS Tumucumaque em função de cinco densidades de plantas em sistema de plantio convencional em Teresina - PI, 2015.

FV	GL	Quadrado Médio					
		EP27	EP33	EP40	EP47	EP54	EP61
Tratamentos	3	4,80*	6,27**	2,61 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,95 ^{ns}
Blocos	4	6,97**	2,66 ^{ns}	2,72 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,87 ^{ns}
Resíduo	12	0,06	0,8	0,13	0,31	0,07	0,09
CV (%)		17,58	14,83	10,77	15,77	9,41	17,12

*, ** e ns - significativo a 5%, 1% e não significativo respectivamente, pelo teste F.

Houve também efeito significativo da densidade sobre o IAF para o sistema de plantio direto, no entanto a diferença ocorreu apenas na segunda época, não havendo diferenças significativas para as demais épocas de acordo com a tabela 4.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para o índice de área foliar (IAF, cm²) na cv. BRS Tumucumaque em função de cinco densidades de plantas em sistema de plantio direto em Teresina - PI, 2015.

FV	GL	Quadrado Médio					
		EP27	EP33	EP40	EP47	EP54	EP61
Tratamentos	3	4,80*	6,27**	2,61 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,95 ^{ns}
Blocos	4	6,97**	2,66 ^{ns}	2,72 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,87 ^{ns}
Resíduo	12	0,06	0,80	0,13	0,31	0,07	0,09
CV (%)		17,58	14,83	10,77	15,77	9,41	17,12

*, ** e ns - significativo a 5%, 1% e não significativo respectivamente, pelo teste F.

Por meio da comparação de médias percebeu-se que para o sistema de plantio convencional houve diferenças entre as densidades na época 27 e 33 que corresponde à fase inicial do desenvolvimento da planta demonstrando a influência da densidade sob o IAF. Na época 27 as diferenças significativas ocorreram nas densidades de 12 e 28 plantas m², respectivamente, onde a maior densidade apresentou valor de IAF maior e para época 33 a diferença ocorreu na densidade de 24 plantas m² que difere das demais densidades com o maior valor de IAF para tal época (Tabela 5).

Para as demais épocas não houve diferenças significativas entre as densidades em todas as épocas não influenciando o índice de área foliar.

Tabela 5. Médias do índice de área foliar (IAF) em diferentes épocas na cv. BRS Tumucumaque em função de cinco densidades de plantas em sistemas de plantio convencional, em Teresina – PI, 2015.

Épocas	Densidades					Média	
	PC	12	16	20	24		28
EPO27		1,12 b	1,37 ab	1,15 ab	1,65 ab	1,70 a	1,39
EPO33		1,55 b	1,82 b	1,90 ab	2,50 a	1,77 b	1,90
EPO40		3,32 a	3,27 a	3,30 a	3,95 a	3,25 a	3,41
EPO47		3,37 a	3,52 a	3,52 a	3,32 a	4,00 a	3,54
EPO54		2,85 a	2,90 a	3,05 a	3,07 a	3,02 a	2,97
EPO61		1,80 a	1,52 a	1,77 a	1,92 a	1,82 a	1,76
Média		2,33	2,40	2,44	2,73	2,59	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Para o sistema de plantio direto, a comparação das médias indicou que as diferenças significativas ocorreram apenas para a época 33 havendo diferença significativa para a densidade de 24 plantas m² diferindo das demais populações, apresentando o maior índice de área foliar desta época. Nas demais épocas o IAF não foi influenciado pelas densidades de plantas (Tabela 6).

Tabela 6. Médias do índice de área foliar (IAF) em diferentes épocas na cv. BRS Tumucumaque em função de cinco densidades de plantas em sistemas de plantio direto, em Teresina – PI, 2015.

Épocas	Densidades					Média	
	PD	12	16	20	24		28
EPO1		1,62a	1,97 a	2,22 a	1,80 a	1,82 a	1,88
EPO2		2,35a	1,77 b	2,25ab	2,50ab	2,45 b	2,26
EPO3		3,52 a	3,20 a	3,72 a	3,07 a	3,55 a	3,41
EPO4		3,70 a	3,20 a	3,62 a	3,20 a	3,75 a	3,49
EPO5		2,77 a	3,10 a	3,27 a	2,82 a	3,32 a	3,05
EPO6		2,30 a	2,25 a	2,30 a	2,12 a	2,02 a	2,19
Média		2,71	2,58	2,89	2,58	2,81	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na figura 6 está representado o comportamento do IAF o nas populações de plantas nas diferentes épocas do cultivo para o plantio convencional. Para a densidade 5 que difere estatisticamente das demais observa-se que os valores

mínimos ocorreram nas épocas iniciais e finais do ciclo, atingindo valor máximo do IAF de 1,70 na época 27 DAS.

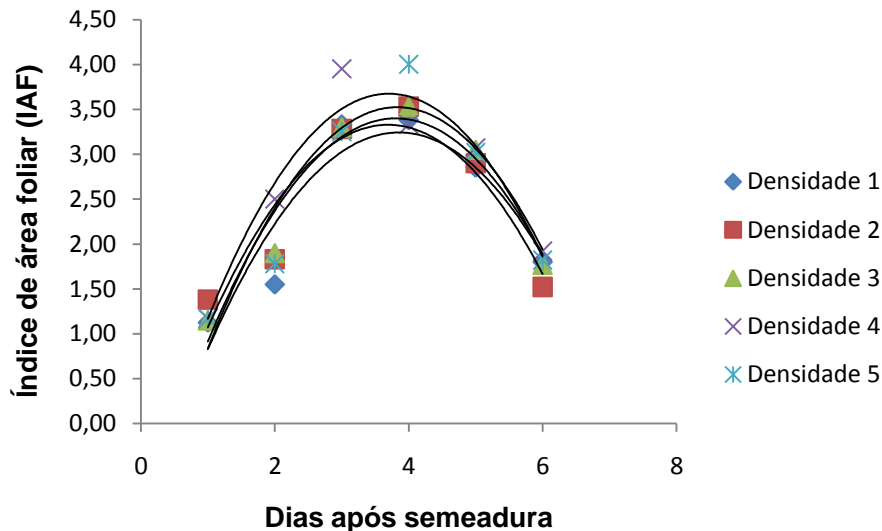


Figura 6. Variação do índice de área foliar em cinco densidades de plantas mediante o plantio convencional.

Bastos et al. (2012), testando o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre o índice de área foliar e teor de clorofila relacionando-os com a produtividade de grãos-verdes em feijão-caupi, em um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, encontrou que valores máximos de IAF foram: 3,29; 3,87; 4,22 e 4,88, para a cultivar BRS Paraguaçu, e de 3,20; 3,65; 3,49 e 4,99, para a cultivar BRS Guariba divergindo assim do presente estudo

Nascimento et al. (2011), ao avaliar o efeito do déficit hídrico sob as características fisiológicas e reprodutivas em genótipos de feijão-caupi, em Teresina-PI, em um Argissolo Amarelo, para as condições de irrigação plena, encontrou valor máximo de IAF de 5,0 para o genótipo BRS Paraguaçu; o menor foi de 3,9 para o Pingo-de-ouro e o valor médio obtido durante todo o ciclo da cultura foi de 4,5.

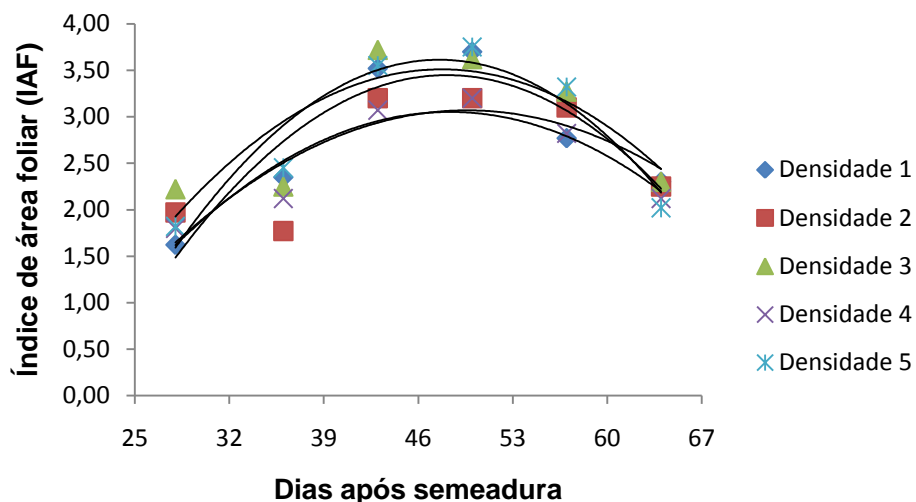


Figura 7. Variação do índice de área foliar em cinco densidades de plantas mediante o plantio direto.

Na figura 7 está representado o comportamento do IAF das populações de plantas nas diferentes épocas do cultivo para o plantio direto. Para a densidade 2 na época 33 observa-se valores mínimo do IAF de 1,77 que se iguala estatisticamente a densidade 5, demonstrando assim que o IAF atingido pela densidade 1 foi a maior no valor de 2,35

Oliveira (2014b), no intuito de realizar um diagnóstico da capacidade competitiva de quatro cultivares de feijão-caupi (IPEAN V69, BR8 Caldeirão; BRS Guariba; BR 17 Gurguéia) e três espaçamentos entre linhas (0,50; 0,40 e 0,30 m) em solo de terra firme, em um Latossolo Amarelo Álico, em Manaus-AM encontrou valores máximo de IAF de 2,98, 3,76 e 4,43 para a cv. BR 8 Caldeirão com os espaçamentos 0,50 m, 0,40 m e 0,30 m, respectivamente.

Valores máximos (3,72 e 3,75) de IAF foram encontrados em quase todas as densidades aos 43 e 50 DAS, demonstrando que as variadas populações de plantas não causam diferenças significativas nessas épocas do manejo da cultura.

Souza et al. (2013), avaliando o número de folhas por planta (NFP), área foliar (AF) e a massa de matéria seca por planta (MMS), nas cultivares de feijão-caupi BRS Guariba e BRS Novaera, sob diferentes densidades de plantas (100.000, 200.000, 300.000, 400.000 e 500.000 plantas ha^{-1}) no período de safrinha, concluíram que com o aumento da densidade de plantas ocorre a redução da área foliar.

4.3 Componentes de produção e produtividade de grãos

Por meio dos dados da análise de variância e coeficientes da análise de regressão polinomial (Tabela 4) houve efeito significativo ($P < 0,01$) pelo teste F, da densidade de plantas sobre o número de vagens por planta pela regressão linear, para o número de grãos por vagem, para a massa de cem grãos e produtividade de grãos através da regressão quadrática, não havendo respostas para o comprimento de vagem.

Tabela 7. Resumo da análise de variância e dos coeficientes de variação para comprimento de vagem (CV, cm), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) massa de cem grãos (MCG, g), produtividade de grãos (PG, kg ha^{-1}), na cv. BRS Tumucumaque em função de cinco densidades de plantas em sistema de cultivo convencional. Teresina – PI, 2015.

FV	GL	Quadrado Médio				
		CVcm	NVP	NGV	MCGg	PG (kg ha)
Reg. Linear	1	0,07 ^{ns}	9,86 ^{**}	1,48 ^{ns}	0,22 ^{ns}	19164,69 ^{ns}
Reg. Quadrática	1	5,22 ^{ns}	0,36 ^{ns}	10,37 ^{**}	9,44 ^{**}	13538,69 ^{**}
Reg. Cúbica	1	2,80 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,90 ^{ns}	225,38 ^{**}
Reg. 4 ^o grau	1	0,35 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,72 ^{ns}	1,42 ^{ns}	61,65 ^{ns}
Tratamentos	4	2,11	2,86	3,50	3,00	38708,85
Blocos	3	2,25 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,93 ^{ns}	47698,90 [*]
Resíduo	12					
CV (%)		5,93	13,05	6,15	3,98	6,95

*, ** e ns - significativo a 5%, 1% e não significativo respectivamente, pelo teste F.

Pelos dados da análise de variância (Tabela 5) houve efeito significativo ($P < 0,01$) pelo teste F, da densidade de plantas sobre o número de vagens por planta pela regressão linear e número de grãos por vagem, para as variáveis massa de cem grãos e produtividade de grãos houve efeito significativo ($P < 0,05$) pelo teste F, sendo o modelo que mais se ajusta ao componente e não havendo respostas para o comprimento de vagem.

Tabela 8. Resumo da análise de variância e dos coeficientes de variação para comprimento de vagem (CV, cm), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG, g) e produtividade de grãos (PG, kg ha), na cv. BRS Tumucumaque em função de cinco densidades de plantas em sistema de plantio direto. Teresina – PI,2015.

FV	GL	Quadrado Médio				
		CVcm	NVP	NGV	MCG	PG (kg ha)
Reg. Linear	1	19,47**	1,40 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,62 ^{ns}	86806,48**
Reg. Quadrática	1	0,13 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,24**	2,16*	39982,52*
Reg. Cúbica	1	0,28 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	3653,83 ^{ns}
Reg. 4º grau	1	0,54 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,92**	0,51 ^{ns}	16171,28 ^{ns}
Tratamentos	4	5,10	0,74	0,87	0,82	36641,03
Blocos	3	0,29 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,73**	0,85 ^{ns}	25508,57 ^{ns}
Resíduo	12					
CV (%)		9,68	3,85	2,10	2,86	6,04

*, ** e ns - significativo a 5%, 1% e não significativo respectivamente, pelo teste F.

O componente NVP é um dos principais componentes de produção do feijão-caupi e apresentou decréscimos lineares em função da população de plantas sendo observado para os dois sistemas de plantio, convencional e direto.

O valor máximo para o número de vagens por planta (NVP) para o plantio convencional (PC) foi de 5,23 na população de 12 plantas m² (120 mil plantas ha⁻¹) e com o aumento da densidade para 28 plantas m² (280 mil plantas ha⁻¹) apresentou valor reduzido de 3,07. Para o plantio direto (PD) que obteve valor maior em relação ao PC, os valores de máxima e mínima foram respectivamente 5,43 e 2,07 como ocorreu no PC em relação à densidade de plantas (figura 8).

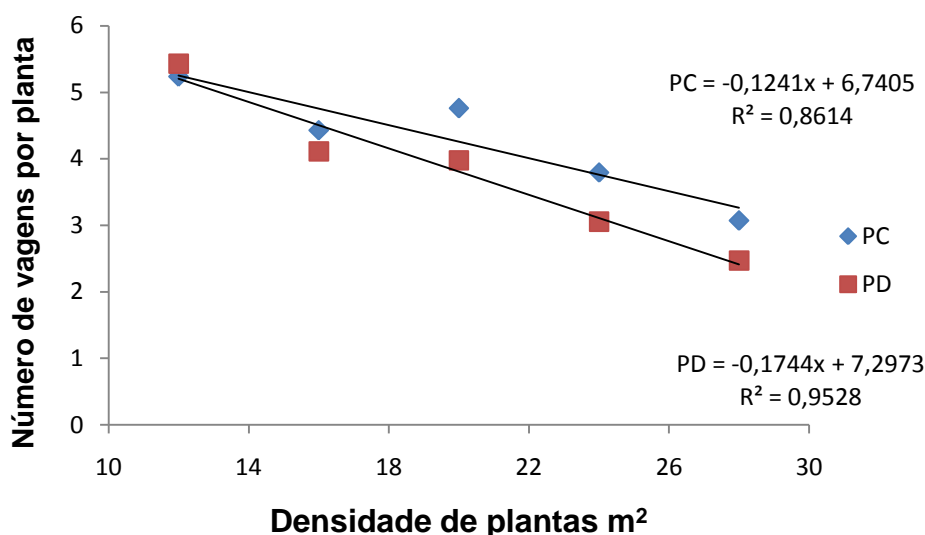


Figura 8. Número de vagens por planta (NVP) em função da densidade de plantas para a cv. BRS Tumucumaque mediante sistema de plantio convencional e direto, Teresina, PI. 2015.

Santos (2013), avaliando os efeitos da densidade de plantas sobre o rendimento de grãos e componentes de produção na cultivar BRS Maratã de porte prostrado em condição de sequeiro, em um Neossolo Regolítico, obteve comportamento similar quanto ao componente NVP. Este autor afirma que ocorre maior competição intraespecífica com o aumento da população de plantas e que talvez tenha sido o motivo da redução do número de vagens por planta (NVP) causada por provável abortamento e diminuição no vingamento de flores.

Bezerra et al. (2009), avaliando os efeitos de diferentes densidades populacionais sobre as características morfológicas e de rendimento de grãos numa linhagem moderna de feijão-caupi sob um Neossolo Flúvico obteve comportamento distinto do presente trabalho, onde a população de plantas causou efeito quadrático significativo sobre o NVP identificando que com o aumento da densidade 100 mil para 300 mil plantas ha^{-1} reduziu o NVP em 63%.

Resultados semelhantes foram encontrados por Bezerra et al. (2012) que pesquisando o comportamento morfoagronômico do feijão-caupi em um Latossolo Amarelo em regime irrigado por aspersão, identificaram que houve uma redução de 63,8% do número de vagens por planta quando comparadas às populações de 100 e 500 mil plantas ha^{-1} . Confirmando que com o aumento da população há uma competição intraespecífica de alta intensidade.

A análise de regressão revelou para o componente número de grãos por vagem (NGV) efeitos quadráticos ($P < 0,01$) da população de plantas nos sistemas de cultivos. Os valores obtidos variaram para PC de 12,3 a 14,8 e para PD de 13,9 a 20,8. É possível observar na figura 9 que o valor máximo do número de grãos por vagem no PC, ocorreu na densidade de 20 plantas m^2 atingindo o valor de 14,8. Com o aumento da população de plantas para 28 plantas m^2 houve uma queda relevante nos valores obtidos. Do mesmo modo foi para o PD onde o valor máximo do NGV ocorreu na população de 20 plantas m^2 atingindo 19,0 havendo uma redução por causa da provável competição intraespecífica entre as plantas nas maiores densidades.

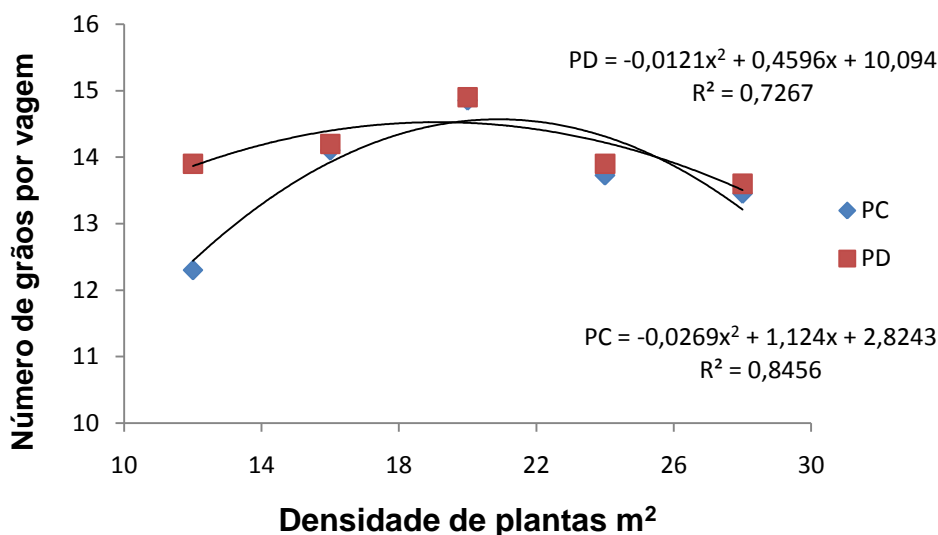


Figura 9. Número de grãos por vagem (NGV) em função da densidade de plantas para a cv. BRS Tumucumaque mediante sistema de plantio convencional e direto, Teresina, PI. 2015.

Bezerra et al. (2009) avaliando os efeitos de diferentes densidades populacionais sobre as características morfológicas e de rendimento de grãos, no município de Teresina – PI em um sistema irrigado por aspersão e cultivado em um Neossolo Flúvico encontraram resultados que diferem do presente trabalho onde para o caractere número de grãos por vagem o efeito de população de plantas não foi significativo.

Brito (2014), avaliando os efeitos de cinco densidades de plantas sobre a produção de grãos e seus componentes de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado, encontrou resultados divergentes para o número de grãos por vagem onde obteve efeitos lineares significativos em relação à média das quatro cultivares

o que difere do presente trabalho que obteve efeito quadrático. Segundo a autora, quando a população foi aumentada de 80 mil para 400 mil plantas há^{-1} houve um decréscimo de 13,57% no número médio de grãos por planta. No presente trabalho os valores de NGV atinge um ponto máximo na população de 20 plantas m^2 e posteriormente com o aumento para 28 plantas m^2 apresenta redução mais intensa entre as plantas nas maiores populações.

Para o componente massa de cem grãos (PCG) verificou-se por meio da análise de regressão efeitos quadráticos ($P < 0,01$) da população de plantas para o plantio convencional e ($P < 0,05$) para o plantio direto. Os valores máximos obtidos para cada sistema de plantio foi de 20,3g na densidade de 20 plantas m^2 para PC e de 19,4g na mesma densidade para o PD, apresentando em seguida uma queda no PCG g com o aumento da população de plantas para 28 plantas m^2 nos dois sistemas (figura 10).

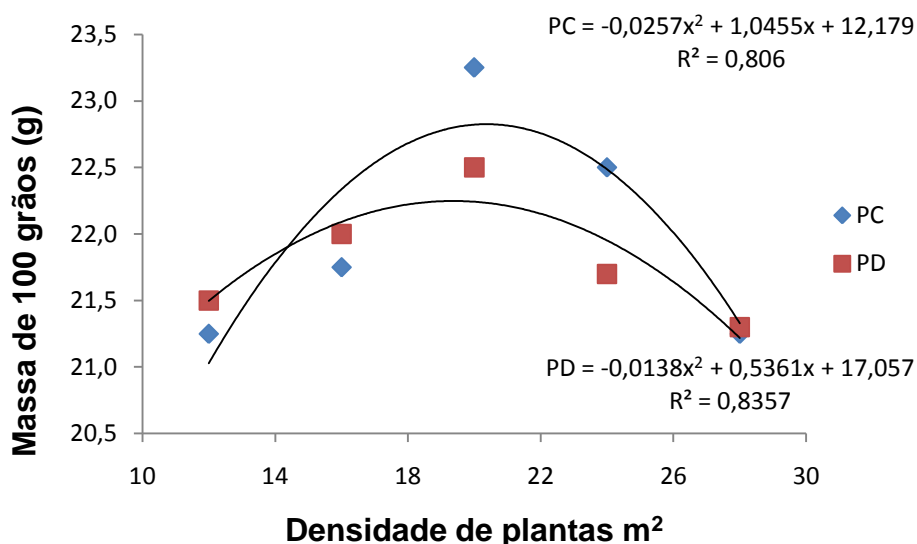


Figura 10. Massa de cem grãos (PCG g) em função da densidade de plantas para a cv. BRS Tumucumaque mediante sistema de plantio convencional e direto, Teresina, PI. 2015.

Oliveira et al. (2015), avaliando a influência de níveis de água e densidade de plantas no crescimento (matéria seca e área foliar) e produtividade do feijão-caupi, em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura franco arenosa no município de Teresina – PI, encontraram valores máximos de MCG de 22,72 g para a cultivar BRS Itaim. Este resultado se aproximou ao obtido nesse estudo que obteve valor máximo de 20,3 g no PC e no PD obteve valor inferior que foi de 19,4. Essa diferença pode estar associada ao fato do solo utilizado por estes autores ser

distrófico e o solo explorado no presente trabalho ser eutrófico, proporcionando concentrações de nutrientes em níveis ótimos.

A produtividade de grãos (PG kg ha⁻¹) apresentou efeito quadrático através da análise de regressão polinomial para ambos os sistemas de cultivo. A máxima produtividade de grãos secos com 13% de umidade para o plantio convencional foi de 1.605,5 kg ha⁻¹ e para o plantio direto foi de 1.522,7 kg ha⁻¹ alcançada ambos na população de 20 plantas m² (figura 11).

Houve um incremento de 240 kg ha⁻¹ da menor densidade para a que apresentou maior produtividade de grãos que foi a população de 20 plantas m², apresentando uma queda na produtividade com o aumento da população de planta para 28 plantas m² para o plantio convencional. Para o plantio direto houve um incremento de 62 kg ha⁻¹ da menor densidade para a que apresentou uma maior produtividade de grãos que foi o arranjo de 20 plantas m², apresentando uma queda na produtividade com o aumento da população de planta para 28 plantas m².

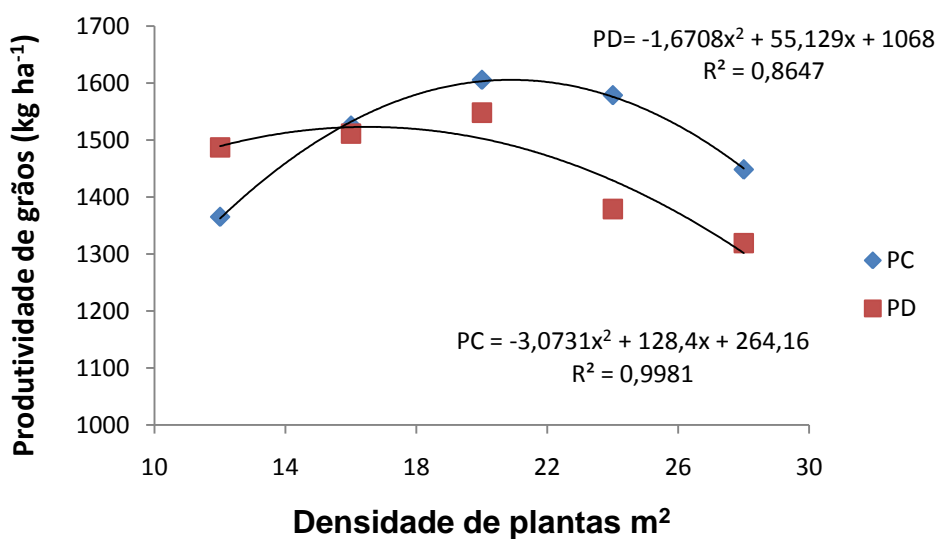


Figura 11. Produtividade corrigida (kg ha⁻¹) em função da densidade de plantas para a cv. BRS Tumucumaque mediante sistema de plantio convencional e direto, Teresina, PI. 2015.

Oliveira et al. (2015), ao realizarem um estudo no município de Teresina – PI, avaliando a influência de níveis de água, densidade de plantas e produtividade de feijão-caupi em um Argissolo Vermelho-Amarelo encontraram valores próximos onde o valor máximo de PG (1.668,86 kg ha⁻¹) obtido com a lâmina de 390,88 mm e densidade populacional de 241.000 plantas ha⁻¹, enquanto no presente trabalho a máxima produtividade foi de 1.605,5 kg ha⁻¹ com a densidade de 200.000 plantas ha⁻¹.

¹. Na pesquisa conduzida por Oliveira et al. (2015) a variedade foi a BRS Itaim, que é de porte ereto e por isso, a população de plantas é maior em relação ao BRS Tumucumaque, de porte semiereto. Além disso, há influência dos regimes hídricos irrigado e sequeiro,

Buso et al (2013), verificando a influência da densidade de semeadura de três cultivares de feijoeiro sobre o rendimento de grãos e os componentes agronômicos em duas épocas de semeadura na região de Goiás, em um Latossolo Vermelho distrófico, apresentou discordância do presente trabalho, pois na época das águas relataram alcançar valores de $721,50 \text{ kg ha}^{-1}$ o que diferencia deste trabalho que encontrou valores máximos de produtividade de $1522,7 \text{ kg ha}^{-1}$. Foi encontrado que a população de 200 mil plantas ha^{-1} para todos os genótipos estudados proporcionou maior produtividade para a época seca.

Tal discrepância de valores pode ser explicada pelo fato deste experimento por ter sido semeado em área de plantio direto que reduziu as perdas de água pela evapotranspiração proporcionando assim valores maiores na produtividade de grãos.

Santos (2013), pesquisando diversas densidades de plantas de feijão-caupi, em um Neossolo Regolítico no Agreste Paraibano identificou que a maior produtividade de grãos foi de 1.233 kg ha^{-1} e foi alcançada com 127 mil plantas por ha^{-1} , ratificados esses resultados pela menor relação grãos/vagem, ou seja, maior produção de vagens em detrimento de grãos nas maiores densidades de plantas, o que discorda do presente trabalho devido à relação grão-vagem não foi significativa não respondendo os resultados de produtividade.

Ceccon et al. (2013), estudando os efeitos de diferentes densidades populacionais sobre os componentes de produção e rendimento de grãos em cultivares de feijão-caupi na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico encontraram que a cultivar BRS Novaera apresentou aumento na produtividade com o incremento da população até um ponto máximo de 1.504 kg ha^{-1} , com uma produção de 1.397 kg ha^{-1} na população de 26 plantas m^2 , corroborando com o presente trabalho que demonstrou que a produtividade atingiu seu máximo com uma determinada população e posteriormente com o aumento da mesma há uma queda nos valores.

5 CONCLUSÕES

O componente número de vagem por plantas (NVP) apresentou efeito linear decrescente para os dois sistemas de cultivo e para os outros componentes apresentou efeito quadrático.

O índice de área foliar (IAF) é influenciado pelas diferentes densidades e não pelas diferentes épocas.

O comprimento de vagem não é influenciado significativamente pelas diferentes populações de planta.

6 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FORTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, 1995.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 297p. (FAO, irrigation and Drainage Paper, 56).

ARAÚJO, J.P.P. de, RIOS, G.P., WATT, E.E. **Cultura do caupi, *Vigna unguiculata* (L) Walp, descrição e recomendações técnicas de cultivo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 82p. (Circular Técnica, 18).

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Boletim agrometeorológico de 2013 para o município de Teresina, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 38 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 228). 2014.

BASTOS, E. A.; RAMOS, H. M. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; NASCIMENTO, F. N. do.; CARDOSO, M. J. Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**, v.1, n.1, p.31-37, Sept-Dec, 2012.

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

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. A.; 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, 2012.

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

BEZERRA, A. A. de C. Variabilidade e diversidade genética em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semi

ereto. 2009. 105 f. **Dissertação** (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BEZERRA, A.A. de 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.

BRADSHAW, A.D. Evolutionary significance as phenotypic plasticity in plant. **Advances Genetics**, v. 13, p. 115-155, 1965.

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

CARDOSO, M. J. (Org.) **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Embrapa/Meio-Norte. Teresina, PI. 264 p.,2000 (Circular técnica, 28).

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

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agrônomico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 1, p. 102-105, 2006.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Produtividade de grãos de feijão caupi relacionada à densidade de plantas e à associação com milho em solo de tabuleiro costeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE CAUPI, 5., 2002, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa MeioNorte, p.76-79, 2005 (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 56).

CARVALHO, W. P. de. **Efeito da densidade de plantio em cultivares de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sob condições de irrigação**. 2000. 146 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CAVALCANTE, E. da S.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M.; GÓES, A. C. P.; RIBEIRO, V. Q.; DAMASCENO E SILVA, K. J. **BRS Tumucumaque: Cultivar de Feijão-Caupi para o Amapá e Outros Estados do Brasil**. Macapá: Embrapa Amapá, 2014. 1 folder.

CECCON, G.; SANTOS, dos A.; SILVA, J. F. da; COSTA, A. de A.; PADILHA, N. de S. Produtividade de feijão-caupi em populações de plantas. **Resumo**. Recife, PE. 22-24 abril de 2013. 4p.

CHAN, K. Y.; ROBERTS, W. P.; HEENAN, D. P. Organic carbon and associated soil properties of a red earth after 10 years of rotation under different stubble and tillage

practices. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 30, n. 1, p. 71-83, 1992.

CRAUFURD, P. Q.; SUMMERFIELD, R. J.; ELLIS, R. H.; ROBERTS, E.H. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*). III. Effect of temperatura and photoperiod on time flowering in photoperio-sensitive genotypes and screening for photothermal responses. **Experimental Agriculture**, v.32, p.29-40, 1996b.

DAMATTA, F. M. Ecophysiology of tropical tree crops: na introduction. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 239-244, 2007.

DANTAS, C. L. F.; FILHO, R. A. M. Estratégia competitiva para empresas produtoras de hortaliças no sistema orgânico. **Revista de Gestão**, v. 13, n. 2, p. 66-67, 2006.

DIDONET, A.D. et al. Efeitos da alta temperatura do ar. In:_____. **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. Cap.3, p.53-66.

DIDONET, A.D.; MADRIZ, P.M. Abortamento de flores e vagens no feijoeiro: efeito da temperatura e da radiação solar. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002. Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. 842p. p.55- 58.

ELLIS, R. H.; LAWER, R. J.; SUMMERFILELD, R. J.; ROBERTS, E. H.; CHAY, P. M.; BROUWER, J. B.; ROSE, J. L.; YEATES, S. J. Towards the realiable prediction on time to flowering in six annual crops. III. Cowpea (*Vigna unguiculata*). **Experimental Agriculture**, v.30, p.17-29, 1994.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT: Crops, 2013. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>> . Acesso em: 18 mai. 2015.

FAVARIN, J. L.; NETO, D. D.; GARCÍA, A. G.; VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, M. G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 6, p. 769, 2002.

FIGUEREDO JUNIOR, L. G. M.; DOURADO NETO, D.; OLIVEIRA, R. F.; MANFRON, P. A.; MARTIN, T. N. Modelo para estimativa do índice de área foliar da cultura de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 1, p. 8-13, 2005.

FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi no Brasil: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: EMBRAPA Meio Norte, 2011, 84p.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAUJO, P. P. de; WATT, E. E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília, DF: IITA: EMBRAPA, 1988. P. 26-46.

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

FREIRE-FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; DAMASCENO E SILVA, K. J.; NOGUEIRA, M. do S. da R.; RODRIGUES, E. V. **BRS Tumucumaque**: Cultivar de feijão-caupi com ampla adaptação e rica em ferro e zinco. Teresina: EMBRAPA: Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte, 2009.

GONÇALVES, S.L. et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 30° C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado nas safras das águas no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.2, p.99-107, 1997.

GONZAGA, L. P. N. **Crescimento, produção e qualidade do abacaxizeiro fertirrigado com diferentes fontes e doses de nitrogênio e potássio**. 2009. 131 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa>> . Acesso em: 20 de mai. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 777 p.

JOHNSON, V.; WANG, A.; KUNG, M. S.; MORCUO, O. Genetic analyses of grainfilling rate and duration in maize. **Field Crops Research**, New York, v.61, p.211-222,1999.

MEDEIROS, J. F. Uso racional e preservação de recursos hídricos na agricultura. In: FREITAS, F. C. L.; KARAM, D.; OLIVEIRA, O F. PROCOPIO, S. O. (Org.) **I Simpósio sobre manejo de plantas daninhas no semi-árido**. Mossoró-RN, p. 35-52, 2007.

MELO et al. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n.1, p.73-79, 2014.

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

NÓBREGA, J.Q.; RAO, T.V.R.; BELTRÃO, N.E. de.; FIDELIS FILHO, J. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.3 p. 437-443, 2001.

OLIVEIRA, G. A.; ARAUJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M. da; FERREIRA, G. B. Crescimento e rendimento de grãos do feijão-caupi em função de níveis de irrigação. In: XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 2013. Anais. Fortaleza – Ceará, 2014.

OLIVEIRA, O. M. S. de. **Capacidade competitiva de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) combinada com espaçamento na supressão de plantas daninhas**. 2014. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

OLIVEIRA, S. R. M. de; Interação de níveis de água e densidade de plantas no crescimento e produtividade do feijão-caupi, em Teresina – Pi. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 502-513, julho - setembro, 2015.

OLIVEIRA, S. R. M. **Densidade populacional do feijão-caupi sob níveis de irrigação**. 2013. 104p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Ceará-UFC, Fortaleza, 2013.

PADULOSI, S.; NG N. Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B .B.; MOHAN, R.; DASHIELL, K. E; JACKAI, L. E. N., eds. **Advances in Cowpea Research**. Tsukuba; IITA JIRCAS, 1997. p.1-12.

PASSOS, A. M. A.dos; REZENDE, P. M. de; Reis, W. P.; BROTEL, E. P. Cultivares de soja em sucessão ao trigo nos sistemas convencional e plantio direto. **Revista Agrarian**, v.8, n.27, p.30-38, Dourados, 2015.

PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.101-137.

ROCHA, M. de M.; SOARES, M. da C.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.;

RIBEIRO, V. Q. Avaliação preliminar de genótipos de feijão-caupi para feijão-verde. **Revista Científica Rural**, v.12, p.153- 156, 2007.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; NOVACHINSKI, J.R.; FONTES, C.Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Dourados, MS: Embrapa-CPAO, 1998. 248p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T; BRITO, C. H.; SANTOS, M. C. C. A. Produção e componentes produtivos de variedade de feijão-caupi na microrregião Cariri

paraibano. **Engenharia Ambiental**, Espirito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 214-222, jan/abr, 2013.

SANTOS, J.F. dos. Resposta do feijão-caupi a diferentes densidades de plantas em Neossolo 1 Regolítico no Agreste Paraibano. **Tecnologia& Ciências Agropecuária.**, João Pessoa, v.7, n.4, p.37-41, dez. 2013.

SILVA, E. T. da; ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; SANTOS, E. A.; PEREIRA, F. R. S.; CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, R. G.; FEITOSA, E. M. F.; LIMA M. F. P. Produção da cultura do milho influenciada por diferentes sistemas de manejo do solo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30, 2005 **Anais...** Recife: SBCS, 2005. CD Rom.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: **America Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2009.

SILVA, K. J. D. **Centro de Inteligência do Feijão.** Disponível em: <www.cpmn.embrapa.br>, 2009.

SOUZA, A. A. de; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. de M.; SOUZA, V. B. de; OLIVEIRA, M. B. de; CARVALHO, A. J. de. Componentes de produção de linhagens selecionadas de feijão-caupi de porte prostrado e semiprostrado no norte de Minas Gerais. **Resumo.** Recife, PE. 22-24 abril de 2013. 5p

SUMMERFIELD, R.J., PATE, J.S., ROBERTS, EH. et al. The physiology of cowpeas. In: SINGH, S.R., RACHIE, K.O. (eds) Cowpea research, production and utilization. Great Britain: A. WILEY - INTERSCIENCE PUBLICATION, 1985.460p. p. 65-102. **Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

TEIXEIRA et al. Produção, componentes de produção e suas interrelações em genótipos de feijão-caupi [Vigna unguiculata (L.) Walp.]. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJOAO-CAUPI, 1. REUNIAO NACIONAL DE FEIJOAO-CAUPI, 6. 2006, Teresina. Tecnologias para o agronegócio: **Anais.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM..

THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publication in Climatology**, Laboratory of Climatology, Centerton, v. 8, n.1. 1955.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

VAZ DE MELO, A. et al. Dinâmica populacional de plantas daninhas em cultivo de milho-verde nos sistemas orgânico e tradicional. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 521-527, 2007.

VERDCOURT, B. Studies in the leguminosae: papilionoideae for the "Flora of tropical East Africa". **Kew Bulletin**, v. 24, p. 507-569, 1970.