



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

RÔMULO CARANTINO LUCENA MOREIRA

**CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS E
PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI
SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Pombal-PB

Julho de 2015

RÔMULO CARANTINO LUCENA MOREIRA

**CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS E
PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI
SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal, como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. D. Sc. Marcos Eric Barbosa Brito

Co-orientador: Eng. Agrônomo Franciscleudo Bezerra da Costa

Pombal-PB

Julho de 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- M835c Moreira, Rômulo Carantino Lucena.
Crescimento, trocas gasosas e produtividade de genótipos de feijão Caupi sob lâminas de irrigação / Rômulo Carantino Lucena Moreira. – Pombal, 2015.
31 f.: il. color.
- Monografia (Bacharel em Agronomia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2015.
- "Orientação: Prof. D. Sc. Marcos Eric Barbosa Brito, Prof. Francisleudo Bezerra da Costa".
- Referências.
1. *Vigna Ungiculata* (feijão-caupi). 2. Fotossíntese.
3. Disponibilidade de Água. I. Brito, Marcos Eric Barbosa. II. Costa, Francisleudo Bezerra da. III. Título.

CDU 633.35(043)

ROMULO CARANTINO LUCENA MOREIRA

**CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS E
PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI
SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal, como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Apresentada em: de de 2015

BANCA EXAMINADORA

Orientador: D. Sc. Marcos Eric Barbosa Brito
Professor D. Sc. UAGRA/CCTA/UFCG

Co-orientador: Franciscleudo Bezerra da Costa
Professor D. Sc. UATA/CCTA/UFCG

Examinador: Roberto Cleiton Fernandes de Queiroga
Professor D. Sc. UAGRA/CCTA/UFCG

Examinador: Francisco Hevilásio Freire Pereira
Professor D. Sc. UAGRA/CCTA/UFCG

**Pombal-PB
Julho de 2015**

Dedico

Primeiramente a **Deus**, pela fé a ele dedicada.

E as quatro mulheres mais importante em minha vida,

Kênia, minha vó, vó Santinha (*in memorian*) e tia Kainha.

“Seja a mudança que você quer ver no mundo.”

Mahatma Gandhi

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, por proporcionar momentos felizes e fortalecer minha fé em momentos difíceis.

À minha mãe **Kênia**, pelo amor dedicado e por ser minha fortaleza e apoio sempre que preciso.

À **minha vó**, por todo o amor cultivado, pelos incentivos e por ser uma exemplo de vida, em que me inspiro.

À tia **Kainha** pela força e por todos os esforços que fizeste por mim.

Ao meu pai **Ronaldo** (*in memorian*), que pelos poucos anos que tive de estar ao seu lado, contribuiu imensamente para quem sou hoje.

À vó **Santinha** (*in memorian*), que me mostrou ensinamentos e pela fé contagiante que transcrevia em suas palavras de apoio.

Ao meu avô **Valdeci**, pelos ensinamentos dados e por todo apoio concedido.

Aos meus tios **Esio, Junior e Galego** pelas palavras de incentivo e por força que me deram.

Ao meu irmão **Márcio Carantino**, pelo companheirismo e força em momentos delicados.

À minha namorada **Thaís Batista**, pelo apoio, compreensão, e o amor dedicado.

Ao meu orientador e professor Marcos Eric, por toda paciência, pelo ensinamentos dia a dia e por ser um exemplo de profissional.

Aos meus primos e demais familiares, especialmente a **Yury Carantino**, pela confiança e apoio.

À **Ilkelan Bezerra**, por estar ao longo dessa jornada, tendo minha consideração como um verdadeiro irmão. Por ceder sua moto, que foi o principal veículo para o suporte no experimento. E mãe dele por comprar a moto para ele.

Ao meu grande amigo e irmão **Vanilson Gomes**, por ter me incentivado e por nossa longa amizade.

À todos os meus amigos, em especial a **Jardel Andrade, Izaac Menezes, Mônica Shirley, Lafza Gomes, Lizaiane Caradozo, Paulo César, Gírlândio, João Paulo**.

À todos integrantes da Equipe Irrigando o Semiárido (EIS), que se propuseram em auxiliar nas análises realizadas durante o experimento.

E aos meus superamigos **Luciano Frade, Luderlândio de Andrade e Vanies da Silva**, por serem amigos para toda hora. Estiveram sempre à disposição e com conselhos construtivos.

CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO

O correto manejo de irrigação leva em consideração a lâmina de irrigação que seja a mais adequada para suprimento hídrico, evitando reduzir o crescimento das plantas, e consequentemente, os componentes de produção, a qualidade e a produtividade de grãos. Esse trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento, as trocas gasosas e a produtividade de genótipos de feijão Caupi sob a aplicação de diferentes lâminas de irrigação. O experimento foi desenvolvido em condições de campo, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator foi formado por quatro genótipos de feijão Caupi (Costela de Vaca, Pingo de Ouro, Paulistinha e BRS Marataoã) e o segundo fator de cinco lâminas de irrigação (40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração real). A unidade experimental foi composta por quatro plantas úteis na parcela. Nas variáveis relacionadas ao crescimento da planta foram analisadas o diâmetro caulinar aos 15 e 30 dias após a semeadura (DAS), número de folhas por planta aos 15 e 30 DAS, taxa de crescimento absoluto e relativo do diâmetro e do número de folhas, a fitomassa nos diferentes órgãos da planta como folhas, pecíolos, caule, raiz e nódulos. Em relação às variáveis relacionadas as trocas gasosas na planta foram avaliadas a taxa de fotossíntese, (A), transpiração (E), condutância estomática (g_s), concentração de carbono interno (C_i), eficiência intrínseca do uso da água (EUA) e eficiência intrínseca da carboxilação (E_iCl), e por fim, a produtividade da cultura. A formação de folhas do feijão Caupi é a variável mais sensível ao estresse hídrico. A lâmina DE 120% da ETr propuseram maior crescimento em formação massa e número de folhas independente do genótipo. O genótipo Costela de Vaca expressou melhor taxa de assimilação de CO_2 . O Paulistinha obteve a maior produtividade entre os genótipos.

Palavras-chave: *Vigna Ungiculata*, fotossíntese, disponibilidade de água

GROWTH, GAS EXCHANGE AND BEAN GENOTYPES COWPEA PRODUCTIVITY IN IRRIGATION

ABSTRACT

Proper irrigation management takes into account the depth of the water is the most suitable for the water supply, avoiding reduce plant growth and, consequently, yield components, quality and grain yield. This study aimed to evaluate the growth, gas exchange and productivity of cowpea genotypes under the application of different irrigation. The experiment was conducted under field conditions in the Agrifood Center of the Federal University of Campina Grande, Pombal Science and Technology - PB. The experimental design was a randomized block in a factorial 4 x 5, with four replications. The first factor was formed by four cowpea genotypes (Rib of Cow, Golden Pingo, Paulistinha and BRS Marataoã) and the second factor of five levels of irrigation (40, 60, 80, 100 and 120% of actual evapotranspiration). The experimental unit consisted of four working plants in the plot. The variables related to plant growth were analyzed stem diameter at 15 and 30 days after sowing (DAS), number of leaves per plant at 15 and 30 DAS, the absolute growth rate and relative diameter and number leaves the biomass in the different plant organs such as leaves, petioles, stems, roots and nodules. Rate in relation to the variables related to gas exchange in the plant were evaluated photosynthesis (A), transpiration (E), stomatal conductance (gs), internal carbon concentration (Ci), intrinsic efficiency of water use (USA) and the intrinsic efficiency carboxylation (EiCl) and eventually crop yield. The cowpea bean leaves is the most sensitive variable to water stress. The blade 120% ETR proposed a greater increase in mass and number of sheets forming independent genotypes. The Cow Rib genotype best expressed in CO₂ assimilation rate. The Paulistinha had the highest productivity among genotypes.

Keywords: *Vigna unguiculata*, photosynthesis, water availability

SUMÁRIO

	Pág.
INTRODUÇÃO	09
REVISÃO DE LITERATURA	10
ESCASSEZ HÍDRICA NO SEMIÁRIDO	10
FITOALTERAÇÕES ÀS CONDIÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO ...	11
O FEIJÃO CAUPI.....	12
MATERIAL E MÉTODOS	13
RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
CONCLUSÃO	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

INTRODUÇÃO

O feijão é um dos principais alimentos consumidos pela população humana, principalmente na região Nordeste do Brasil, destacando-se por sua agregação nos valores culturais e no seu potencial em produção, é considerada uma cultura de base familiar (subsistência), além de ser responsável pela geração de emprego e renda aos produtores que a cultivam.

O feijão é um alimento rico em proteínas e tem contribuído de forma significativa para a fixação do homem ao campo, devido ao seu potencial de comercialização, gerando assim renda aos pequenos produtores de forma direta e indireta, principalmente os de agricultura familiar (AGRIANUAL, 2006). Essa produção é considerada baixa quando relacionada ao potencial produtivo das outras variedades, devido ao uso reduzido de tecnologias inviabilizando o desenvolvimento da cultura.

Nesta realidade, Guimarães et al. (1996) destacam que a produção está diretamente relacionada ao déficit hídrico, sendo necessário para o sucesso da produção, o uso da irrigação para suprir as necessidades hídricas da cultura, ou de técnicas que possibilitem a manutenção dos recursos hídricos no solo e permitindo que as plantas completem o seu ciclo produtivo.

Desse modo, o cultivo nas épocas secas só é viabilizado pelo uso de sistemas de irrigação, que, embora apresente grandes vantagens ao sistema de produção agrícola, podem causar problemas de ordem ambiental e onerar o custo de produção dos cultivos irrigados.

É sabido, ainda, que algumas culturas produzem rendimentos economicamente viáveis mesmo sob déficit hídrico no solo, enquanto outras são sensíveis a níveis relativamente baixos de escassez; esta diferença se deve a fatores relacionados com o sistema radicular, notadamente, a elementos que condicionam o seu crescimento, como é o caso das características físicas do solo, as características genéticas das plantas e o manejo dos sistemas de irrigação (REICHARDT e TIMM, 2004, BERNARDO et al., 2008).

Deve-se salientar que a identificação de germoplasma com diversidade de respostas à deficiência hídrica é de interesse em programas de melhoramento genético, sendo importante o conhecimento dos mecanismos relacionados a tais respostas diferenciais, sendo que a Embrapa Meio Norte tem desenvolvido genótipos de feijão caupi com diversas finalidades, dentre estas, a tolerância a estresses bióticos e abióticos. Nesse

sentido, é interessante avaliar estes materiais estudando-se as características fisiológicas de modo a permitir selecionar genótipos tolerantes à seca, empregando-se, ainda, outros parâmetros que tem sido estudados para avaliar a resposta das espécies vegetais ao estresse hídrico, destacando-se o potencial hídrico foliar, potencial osmótico, condutância estomática, transpiração e a atividade fotossintética (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Assim, considerando-se a importância da produção do feijão caupi na região semiárida da Paraíba e a necessidade de melhoria na eficiência no uso da água para os sistemas de produção irrigado, faz-se necessário intervir no sentido de identificar materiais melhorados aliando potencial produtivo e tolerantes a seca, o que pode ser otimizado pelo uso adequado da água a ser aplicada.

Com isso objetivou-se Estudar o comportamento ecofisiológico de genótipos de feijão caupi, identificando e classificando os genótipos quanto à tolerância ao estresse hídrico, a partir de dados de crescimento, trocas gasosas e produção.

REVISÃO DE LITERATURA

Escassez hídrica no semiárido

O semiárido brasileiro possui área 969.589,4 km², abrangendo a maior parte dos Estados do Nordeste, a região setentrional de Minas Gerais (CIRILO, 2008). É um dos mais chuvosos do planeta com média anual de 750 mm (MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2012), no entanto, segundo os mesmos, a região possui elevada evapotranspiração potencial média pode chegar a 2.500 mm ano, gerando elevados déficits hídricos. Pode-se destacar ainda outros aspectos regionais como o escoamento superficial, rios intermitentes, áreas salinizadas entre outros problemas possíveis de adequação para um melhor aproveitamento dos recursos naturais.

A região tem aumentado demograficamente, o semiárido passou de cerca de 21 milhões de habitantes (IBGE 2000), para contar com aproximadamente 25 milhões de habitantes (IBGE 2010).

O uso racional da água, torna-se uma alternativa que busca viabilizar a produção de modo que aja uma adequação a realidade da região produtora, visto suas limitações hídricas.

Outra alternativa é a utilização de culturas que possuem tolerância, e dentro das mesmas, verificar seu rendimento sob as condições de estresse hídrico, o que é importante, tendo em vista que há produtores com menores disponibilidades hídrica (em reservatórios) que outros.

Fitoalterações às condições de estresse hídrico

Nota-se, que o uso de água nos sistemas produtivos, especificamente na irrigação, deve atender a critérios relacionados à quantidade e à qualidade dos recursos hídricos, como mencionado por Ayers e Westcot (1999). Neste sentido, o crescimento de um vegetal varia, em termos gerais, do processo de divisão e expansão celular. Esses processos se mostram sensíveis ao estresse hídrico, especialmente na fase de alongamento celular (TATAGIBA et al., 2013). Verificando-se que a redução na absorção de água e, conseqüentemente, a desidratação das células, comprometem os processos fisiológicos e, conseqüentemente, os componentes de crescimento (LARCHER, 2006).

A planta condicionada ao estresse hídrico tende a retardar seu desenvolvimento devido a fatores fisiológicos afetados pela baixa disponibilidade de água. A fotossíntese é um dos principais processos fisiológicos em que o estresse hídrico compromete a produção de biomassa no feijoeiro, (BENINCASA, 2003; QUEIROGA et al., 2003; FLOSS, 2004). Quando a fotossíntese é prejudicada pelo estresse hídrico, as plantas geralmente apresentam menor área folia, sendo esse comportamento tido como um mecanismo de sobrevivência desenvolvido pela planta, de modo a reduzir a taxa de transpiração (CORREIA; NOGUEIRA, 2004).

Sousa et al. (2009) verificaram que o estresse é mais prejudicial nas fases de floração e frutificação. São essas fases as mais exigentes pela cultura, sendo que essas fases é a de enchimento do grão que, conseqüentemente, irão determinar a produção final. Paiva et al. (2005) ressaltam que a controle estomático é de fundamental importância para as plantas limitarem a perda de água, ocasionando reduções na condutância estomática e geralmente, reduzindo as trocas gasosas como forma de respostas das plantas a diversos fatores, incluído o déficit hídrico. Segundo Lisson et al., (2005) afirmam que existem dois mecanismos morfofisiológico que as plantas usam para evitar a seca, o primeiro é o enrolamento da folha e o segundo é o fechamento estomático, limitando a transpiração.

A capacidade de uma planta se recuperar de estresses hídricos temporários e/ou prolongados, e também a identificação da taxa desta recuperação, são de grande importância para a produção vegetal, pois estão ligadas à eficiência do uso da água pelas plantas e, conseqüentemente, à produtividade agrícola (ORCUTT; NILSEN, 2000). Neste sentido, observa-se que a reposta ao déficit hídrico é variável entre genótipos e, em um mesmo genótipo, entre fases de crescimento, assim como mencionado por Ashraf & Foolad et al., (2007) e Orcutt e Nilsen (2000).

O Feijão Caupi

O Feijão Caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), é conhecido também como feijão de corda, feijão macassar, feijão miúdo, feijão de praia e feijão fradinho (FREIRE FILHO et al. 2005).

Conforme Freire Filho, (2005), o Feijão Caupi é uma planta dicotiledônea, que pertence ao filo *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsida*, ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae* e gênero *Vigna*.

É considerado um alimento essencial na alimentação humana, em função de seu valor nutricional, sendo uma cultura eficiente em sistemas de produções em regiões com limitações na disponibilidade hídrica. Mediante a essa importância, deve-se ressaltar que o feijão Caupi é a base da alimentação das populações do Norte e Nordeste, principalmente as mais carentes, considerada de subsistência, além disso, proporciona um elevado valor nutritivo, sendo um dos principais componentes da dieta alimentar, gerando, empregos e renda para essas populações (MOUSINHO, 2005).

Os países que possuem maiores áreas cultivadas são Nigéria, Níger e o Brasil, sendo os maiores produtores de feijão Caupi do mundo, entretanto, a Croácia, República de Macedônia, Trinidad e Tobago, Bósnia Herzegovina, Egito e Filipinas detêm as maiores produtividades, com valores acima de 2.500 kg ha⁻¹ (FAO STAT, 2011). A produção de feijão Caupi no Brasil no período de 2005 a 2009 foram anualmente em média de 513.619 toneladas (t). A região Nordeste produziu, nesse mesmo espaço de tempo, em média 426.367 t de feijão Caupi, com produtividade média de cerca de 330 kg ha⁻¹.

Tal produtividade é considerada baixa, já que o potencial produtivo pode chegar a 3000 kg ha⁻¹, dependendo da cultivar (OLIVEIRA,2001; SALGADO et. al, 2011).Tal fato deve-se ao baixo nível tecnológico usado pelos agricultores da região Nordeste,

sendo, ainda, um dos principais entraves para se alcançar uma produção satisfatória (FREIRE FILHO, 2011). Salienta-se, porém, que o feijão Caupi vem passando por diversas transformações, tanto no setor produtivo, quanto na expansão do cultivo para outras regiões no setor comercial, isso se deve ao início do processamento industrial e a entrada do produto em novos mercados do país e do exterior, o que tem tornado o seu cultivo cada vez mais empresarial (FREIRE FILHO, 2011). Deste modo, faz-se necessário a identificação de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento do sistema de produção, a exemplo do uso de cultivares mais produtivas e adaptadas as condições de déficit hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA, da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Pombal, PB (6°47'20" de latitude S e 37°48'01" de longitude W e altitude de 194 m). Segundo Koopen, a região possui clima do tipo BSh (semiárido quente e seco), cenário esse comum em regiões semiáridas.

O delineamento experimental utilizado foi o blocos casualizado, no esquema fatorial 4 x 5, com quatro repetições. Os fatores foram constituídos por quatro genótipos de feijão Caupi (Costela de Vaca, Pingo de Ouro, Paulistinha e BRS Marataoã) e cinco lâminas de irrigação (40, 60, 80, 100 e 120% da Evapotranspiração de referência - ETo). As diferentes lâminas foram iniciadas 15 dias após a semeadura (DAS) e durou até 90 DAS, compreendendo as fases vegetativa (V) e reprodutiva (R) da cultura.

Os genótipos Costela de Vaca, Pingo de Ouro, e Marataoã, possuem crescimento indeterminado de porte prostrado. Já o Palistinha possui crescimento determinado de porte ereto.

Deve-se salientar que o genótipo de feijão Caupi denominado BRS Marataoã foi proveniente do programa de melhoramento genético de feijão da Embrapa Meio Norte, os demais foram adquiridos junto a produtores locais, por se tratarem de materiais comumente cultivados na região.

A determinação da evapotranspiração de referência foi feita por meio de balanço de umidade do solo, a partir de leituras diárias usando-se um medido de umidade por difusividade dielétrica, sendo instalados um sensor em todas as parcelas que estavam destinadas a receber a lâmina de 100% da ETr. Deste modo, a lâmina de irrigação (Li) correspondia a diferença entre a umidade na capacidade de campo ($cm^3\ cm^{-3}$) (Θ_{cc}) e a

umidade atual (cm³ cm⁻³) (θ_a), sendo o resultado multiplicado pela profundidade do sistema radicular (Z) e expresso em 'mm', usando-se a equação 1 (Eq.1), para determinação das lâminas nos tratamentos que recebiam 40%, 60%, 80% e 120% da ETr, multiplicou-se o valor obtido na expressão pelos coeficientes 0,4, 0,6, 0,8 e 1,2, respectivamente.

$$Li_{ETR=100\%} = \frac{\theta_{cc} - \theta_a}{10} * Z \quad \text{Eq. 1}$$

Unindo-se os fatores, tem-se como resultado 20 tratamentos, que foram distribuídos em quatro blocos, totalizando 80 parcelas experimentais com dimensões de 10,8 m² (3,6m x 3,0 m). Realizou-se o semeio utilizando o espaçamento de fileiras duplas, 0,6 x 0,3 x 0,2 m, o que permitiu implantar 144 plantas por parcela, contudo, foram realizadas avaliações em 4 plantas por parcela. Assim, constituindo no somatório uma área experimental com 1080 m².

Na implantação do experimento, a priori, procedeu-se o preparo do solo, realizando-se gradagem, visando o destorroamento solo, seguindo posteriormente a uma coleta de duas amostras compostas de solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, formando uma amostra homogênea de 500 gramas de solo ao qual foram encaminhadas para os laboratórios da UFCG, uma referente aos blocos 1, 2 e 3, a segunda referente ao bloco 4, por se tratarem de solos, embora caracterizados como Neossolo Flúvicos, com coloração diferente, estando as características químicas dispostas na Tabela 1, os quais foram usados para o manejo nutricional das plantas.

Tabela 1. Análise das características química dos solos usados na condução do experimento. Pombal, PB, 2015.

Amostra	pH	C.E.	P	N	K	Na	Mg	Al	Ca
	CaCl ₂ 1:2,5	dS/m-1 1:5	mg/dm ³	%	-----cmolc/dm ³ -----				
Área experimental	6,08	0,09	119,50	1,78	0,50	0,11	4,65	3,30	4,65
Amostra	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	ISNa	MO	-
	-----cmolc/dm ³ -----					%			
Área experimental	2,31	8,45	8,55	10,87	78,16	0,93	1,00	30,50	-

No manejo nutricional, usando-se dos resultados da análise de solo, procedeu-se a adubação de fundação usando-se 64 g de superfosfato simples por metro linear, conforme recomendação de Freire Filho et al., (2005).

Os genótipos foram semeados com uma única semente por cova, sendo utilizado o sistema de plantio por fileira dupla, espaçadas em 0,6 x 0,3 x 0,2 m, totalizando uma densidade de plantio de 111.111 plantas por hectare.

Dentro da fileira dupla, de modo a auxiliar a aplicação da água, instalou-se um sistema de irrigação por gotejamento, usando-se fitas gotejadoras com vazão de 1,62 L h⁻¹ por gotejador com espaçamento de 0,2 m na fita. Após a instalação, procedeu-se a realização de um teste de uniformidade de distribuição (CUD), seguindo metodologia disposta em Bernardo et al., (2008), obtendo-se um CUD de 92%. Com esta informação e os dados de lâmina de irrigação, calculou-se a lâmina bruta usando-se a equação 2 (Eq. 2).

Eq. 2

Antes de cada irrigação, procedeu-se a leitura dos sensores de umidade do solo nas parcelas do tratamento testemunha (100% da ETo), para fins de cálculo da lâmina de irrigação nas demais parcelas para fins de monitoramento da umidade. Pode-se observar, na Figura 1A, o comportamento da umidade do solo durante o período experimental, verificando-se um decréscimo na umidade do solo ao longo do tempo devido ao alto consumo das plantas, o que era repostado pela lâmina aplicada, como pode ser observado nos volumes aplicados em cada irrigação na Figura 1B. A respeito do comportamento da umidade no período de avaliação, verifica-se que houve sobreposição nos valores obtidos, principalmente nas lâminas de 100 e 120%, o que significa dizer que o solo só retém a sua capacidade máxima (Capacidade de campo). Valores acima deste proporcionavam perdas de água por percolação.

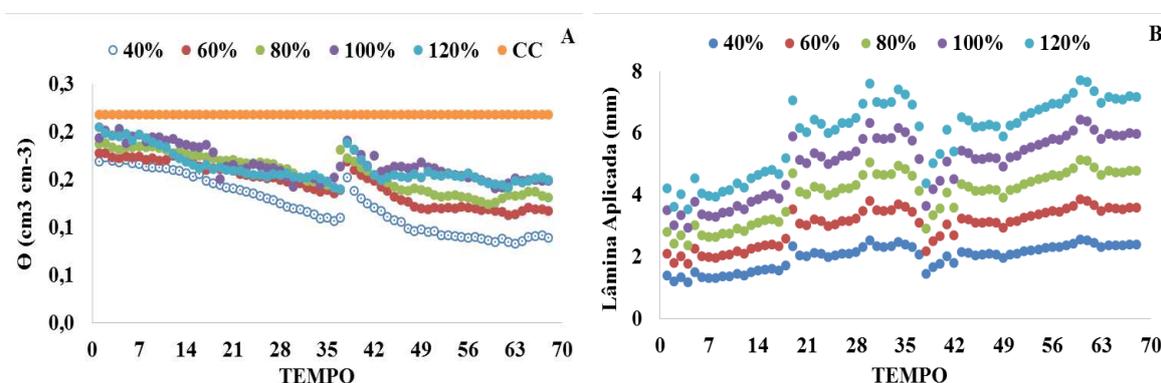


Figura 1. (A) Balanço diário de umidade (Θ (cm³ cm⁻³)) do solo, e (B) Lâminas de Irrigação (mm) aplicadas em função o tempo (dias).

Ainda, pode-se notar na Tabela 2 os dados de consumo de água em cada lâmina de irrigação, com a média entre genótipos, destacando-se uma demanda hídrica de 135,7, 203,6, 271,5, 339,4 e 407,2 mm, nos tratamentos que recebiam 40%, 60%, 80%, 100% e 120% da ETr, respectivamente, obtido pelo somatório do consumo em todo o ciclo da cultura.

Tabela 2. Consumo hídrico em mm por lâmina de irrigação nos tratamentos estudados.

Lâminas (mm)	aplicadas	Tratamentos (%ETr)				
		40%	60%	80%	100%	120%
		135,7	203,6	271,5	339,4	407,2

Entre os tratos culturais, procedeu-se a realização de capinas, usando-se de herbicidas específicos para a cultura do feijão Caupi (Podium e Amplo), além de controle de pragas e doenças com aplicação preventiva de defensivos agrícolas. Ressalta-se que não houve a aplicação de adubação nitrogenada ou potássica em cobertura, visando o estímulo no crescimento de nitrobactérias para o suprimento de 'N'. Ainda, o experimento perdurou até os 90 dias após a semeadura (DAS), quando se fez a última colheita de grãos secos.

Quanto às variáveis analisadas, determinou-se, na fase vegetativa V4, quando se tem quatro trifólios definitivos as trocas gasosas, determinando-se a Taxa de assimilação de CO₂ (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a concentração interna de CO₂ (Ci) na primeira folha madura contada a partir do ápice, usando-se analisador de gas no infravermelho (IRGA), “LCPro+” da ADC Bio Scientific Ltda. De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência no uso da água (EUA) $(A/E) [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}) - 1]$ e a eficiência instantânea da carboxilação (A/Ci) (SCHOLLES & HORTON, 1993; NEVES, et al., 2002; KONRAD et al., 2005; RIBEIRO, 2006).

Ao atingirem a fase de florescimento R2, com flores no estágio de canivete, as plantas foram avaliadas quanto a fitomassa e nodulação, retirando-se duas plantas de cada parcela, as quais foram particionadas, levadas para estufa de circulação de ar a 65 °C, durante 72 horas e pesadas em balança analítica, afim de determinar a fitomassa seca das folhas (FSF), do caule (FSC), da raiz (FSR) e dos nódulos (FSN); com o somatório destas massas determinou-se a fitomassa total (FST), sendo os dados

$$Ef_N = \frac{FST}{FSN(g+g)}$$

expressos em g por planta. Ressalta-se que, com a fitomassa dos nódulos e a fitomassa total, determinou-se a eficiência na nodulação usando-se a equação 3 (Eq.3).

Eq. 3

A produtividade foi avaliada em grãos secos, para isso, foram colhidas e armazenadas as vagens de quatro plantas por parcela. As vagens secas eram coletadas em intervalos de sete dias. Em cada coleta obtinha-se o peso dos grãos por planta, ao final do experimento, somou-se toda a produção de grãos por planta e estimou-se o valor da produtividade com a multiplicação dos valores obtidos pelo número de plantas por hectare.

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste „F“, quando significativas, procedeu-se análise de regressão para as lâminas de irrigação. Para o fator qualitativo „genótipos“ utilizou-se o teste de Tukey até 5% de probabilidade, utilizando o Software SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Diante dos resultados obtidos na análise de variância (Tabela 3), observou-se que para nenhuma variável foi notado efeito da interação entre os fatores. Diferenças entre genótipos nas variáveis diâmetro de caule aos 15 dias (DC15), números de folhas aos 15 e 30 dias (NF15 e NF 30), como também constatou-se essa diferença para as taxas de crescimento absoluto e relativo em número de folhas (TCANF E TCRNF), conforme teste „F“ à níveis de de 1% probabilidade. Para o fator lâmina, nota-se efeito significativo nas variáveis diâmetro de caule aos 15 DAS e em todas as variáveis relativas ao número de folhas.

Em geral, denota-se que o crescimento em numero de folhas é mais sensível ao estresse, sendo uma variável de crescimento mais indicada em estudos dessa natureza, estes resultados são semelhantes aos observados por Maia et al., (2013), que estudando o efeito do estresse hídrico no crescimento de feijão de corda (*Vigna unguiculata* L.), também notaram, a partir dos 30 dias, efeito do estresse hídrico no crescimento das plantas, inclusive, no número de folhas.

Tabela 3 – Resumo das análises de variância para as variáveis diâmetro do caule aos 15 dias e 30 dias (DC15 e 30 DC), número de folhas aos 15 e 30 dias (NF 15 E NF 30), taxas de crescimento absoluto e relativo do diâmetro do caule (TCADC e TCRDC),

taxas de crescimento absoluto e relativo do número de folhas (TCANF e TCRNF) de genótipos de feijão Caupi sob estresse hídrico. Pombal – PB 2015.

FV	GL	Quadrado Médio							
		DC15	NF15	DC30	NF30	TCADC	TCANF	TCRDC	TCRNF
Genótipo	3	0,5192*	8,294**	1,001 ^{ns}	643,638**	0,002 ^{ns}	2,269**	0,00019 ^{ns}	0,0026**
Lâmina	4	0,336*	3,550*	1,488 ^{ns}	356,923**	0,004 ^{ns}	1,530**	0,00039 ^{ns}	0,0021**
Gen x Lâm	12	0,188 ^{ns}	0,724 ^{ns}	1,606 ^{ns}	76,292 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,323 ^{ns}	0,00015 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Bloco	3	0,033 ^{ns}	1,975 ^{ns}	2,418 ^{ns}	462,100 ^{ns}	0,012 ^{ns}	1,995 ^{ns}	0,00029 ^{ns}	0,0019 ^{ns}
Resíduo	57	0,125	1,280	1,183	80,415	0,004	0,318	0,00016	0,00045
CV (%)		9,3	14,1	13,6	23,1	22,7	27,6	13,4	9,5
Média		3,803	8,016	7,974	38,672	0,278	2,044	0,095	0,223

CV = coeficiente de variação, **, * e ns = Significativo a 1 e 5% de probabilidade de erro e não significativo pelo teste F, respectivamente.

As diferenças entre genótipos e o efeito das lâminas podem ser observadas quanto ao DC15 na Figura 2, notando-se as maiores médias nos cultivares Costela de Vaca, Pingo de Ouro e BRS Marataoã, assim, só diferindo estatisticamente do Paulistinha. tal comportamento também foi observado para as variáveis relativas ao número de folhas, ou seja, no NF15, NF30 e nas taxas de crescimento absoluto e relativo em número de folhas para os genótipos Costela de Vaca, Pingo de Ouro e BRS Marataoã foram superiores ao Paulistinha, fato que pode ser relacionado ao tipo de crescimento, já que aqueles genótipos possuem crescimento Indeterminado e o Paulistinha tem crescimento determinado (EMBRAPA, 2003).

Estudando-se o efeito das lâminas de irrigação nas variáveis de crescimento em diâmetro de caule e em número de folhas, nota-se, aos 15 dias, pouca variabilidade no crescimento em DC e NF. Embora o comportamento tenha sido quadrático, o aumento da lâmina de irrigação proporcionou pouca variação nos valores absolutos, o que pode estar relacionado ao tempo de estresse. Para o crescimento aos 30 dias após a semeadura observou-se comportamento linear crescente com aumento da lâmina de irrigação, com maiores valores na lâmina de 120% da ETr em números de folhas aos 30 dias e nas taxas de crescimento absoluto e relativo em número de folhas. Esses resultados corroboram com Nascimento et al., (2004), que verificaram diferenças entre as lâminas de irrigação a iniciando a partir dos 29 dias após a emergência. Leite et al., (2004) afirmam que os efeitos sobre o crescimento do feijoeiro Caupi são mais notórios de acordo com o tempo de duração do estresse, independente da fase de aplicação.

Para as trocas gasosas, conforme análise de variância (Tabela 4), Houve efeito significativo da interação nas variáveis gs, E, A, Eficiência intrínseca do uso da água

(EiUA) e eficiência instantânea da carboxilação (EICi) embora nestas duas ultimas não se tenha notado efeito dos fatores isolados, constata-se diferença entre os genótipos apenas na transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($p \leq 0,05$). Já para o fator lâminas de irrigação, destacam-se efeitos na condutância estomática (gs) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), na transpiração e na fotossíntese líquida (A) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($p \leq 0,05$). Citar primeiramente a interação depois os fatores isolados.

Tais variáveis foram mensuradas na fase de crescimento V4, que ocorreu 30 dias após a semeadura, ou seja, em um período próximo a primeira avaliação de crescimento, denotando a importância da avaliação das trocas gasosas e dos efeitos do estresse hídrico no processo de influxo de CO_2 via estômatos.

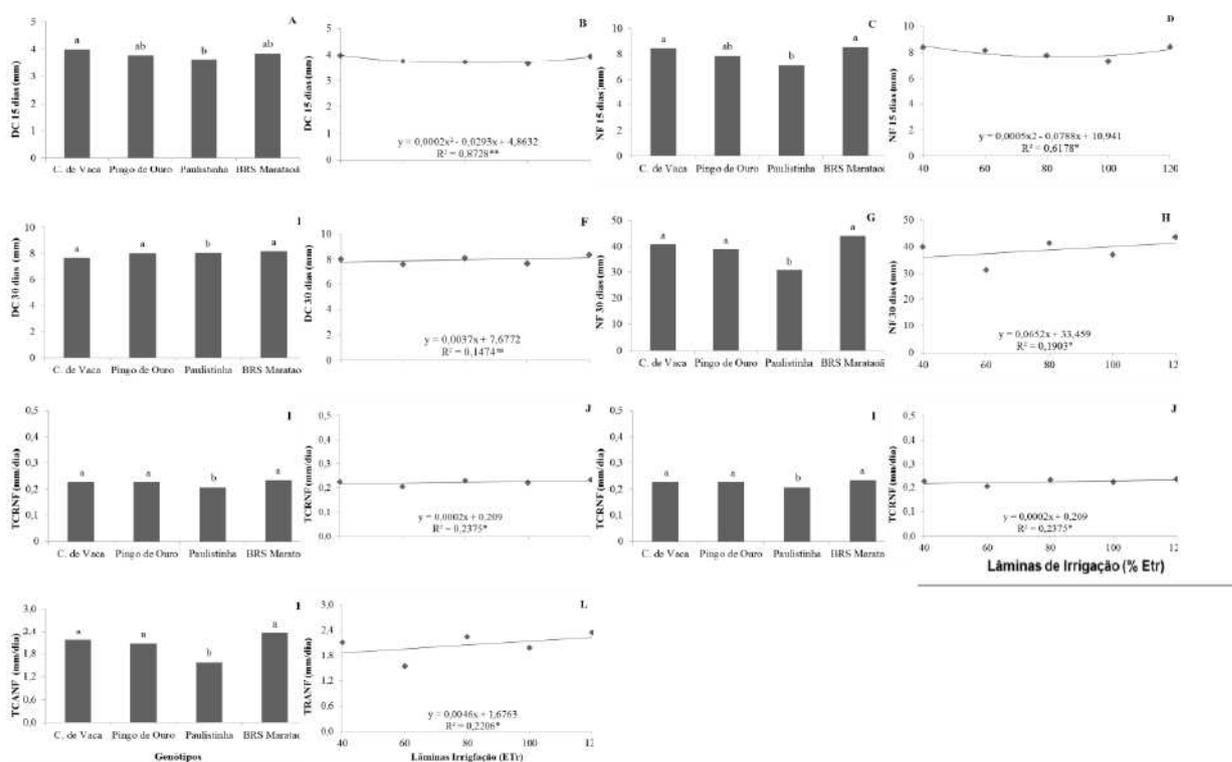


FIGURA 2. Diâmetro caulinar aos 15 dias (A e B), número de folhas aos 15 dias (C e D), diâmetro aos 30 dias (E e F), número de folhas aos 30 dias (G e H), taxas de crescimento relativo número de folhas (I e J) e taxas de crescimento absoluto número de folhas (K e L).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância da Taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i) eficiência intrínseca no uso da água (EiUA) (A/T) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}) - 1$] e a eficiência instantânea da

carboxilação (A/Ci) dos genótipos de feijão Caupi sob lâminas de irrigação na fase V4, correspondente a 45 dias após a semeadura. Pombal – PB, 2015.

FV	GL	Quadrado Médio					
		Ci	gs	E	A	EiUA	EiCI
Genótipo	3	2,687 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,027*	0,231 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Lâmina	4	4,228 ^{ns}	0,024**	0,158**	3,028**	0,088 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Gen x Lâm	12	5,890 ^{ns}	0,002**	0,018**	0,869**	0,154**	0,002*
Bloco	3	6,597 ^{ns}	0,002*	0,146**	0,715**	0,231*	0,002 ^{ns}
Resíduo	57	3,085	0,001	0,007	0,109	0,058	0,001
CV (%)		12,49	2,83	4,10	6,77	8,25	3,08
Média		140,66	11,68	20,09	48,63	29,19	10,63

CV = coeficiente de variação, **, * e ns = Significativo a 1 e 5% de probabilidade de erro e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Analisando o desdobramento genótipo versus lamina de irrigação (figura 3) para condutância estomática, nota-se que todos os genótipos, exceto o Paulistinha apresentaram comportamento linear de acordo com incremento 20% de lamina de irrigação com 0,058, 0,056 e 0,052 mol de H₂O m⁻² s⁻¹, para os genótipos Costela de Vaca, Pingo de Ouro e BRS Marataoã. O Paulistinha apresentou comportamento quadrático, com o pico máximo de condutância quando a curva de lamina atingiu 93,5 % da ETo. Tal fato pode ser justificado pela característica do referido genótipo, que diferentemente dos demais materiais trabalhados, possui crescimento indeterminado. De forma geral todos os materiais estudados, mesmo com a aplicação mínima de irrigação, apresentaram resultados superiores, com valores entre 0,167 a 0,307, aos encontrados por Nascimento et al (2011), que verificou de médias de 0,03 a 0,11, pode-se atribuir esse resultado ao estresse aplicado no citado experimento, que imprimiu condições de sequeiro aos feijoeiros. Tais resultados podem estar relacionados às plantas expressarem a característica de fechamento dos estômatos quando submetidas ao estresse pela restrição hídrica.

Verificando a transpiração (E), percebe-se que todos os genótipos foram influenciados significativamente pelas lâminas de irrigação apresentando comportamento linear com o incremento de 0,144 e 0,196 mmol de H₂O para costela de vaca e pingo de ouro respectivamente. Pode-se atribuir a esses resultados, ao balanço hídrico entre solo, planta e atmosfera, sendo que a elevação da disponibilidade hídrica no solo pode ter contribuído para um aumento da transpiração. Existe uma tendência de passagem da água do estado líquido para o gasoso de acordo com a diferença de concentração de vapor d'água entre os espaços intercelulares das folhas e a massa

atmosférica externa (Taiz e Zeiger, 2013). Com relação aos genótipos paulistinha e BRS marataoã, o comportamento analisado se deu de forma quadrática com médias máximas de 101,75% e 99,83% de forma recíproca, o que pode ser explicado pelo fato de que, acima das condições de capacidade de campo, as plantas apresentaram um decréscimo na taxa transpiratória, podendo ser atribuído à saturação de água no solo, o que pode ter limitado sua absorção pelas raízes, ou um acelerado aproveitamento da água na fotólise no fotosistema II durante a fotossíntese, para uma maior certeza faz-se necessário à análise de outros fatores.

Analisando taxa de assimilação de CO₂, pode-se observar que o comportamento dos genótipos Costela de Vaca e Paulistinha podem ser explicados de forma quadrática, com limite de assimilação estimado em lâminas de 83 e 100% com 28,97 e 26,994 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente. Esses resultados apresentados são superiores aos encontrados por Frade et al 2014, que estudando as trocas gasosas em feijão Caupi sob técnicas de conservação de água, verificou médias entre 21,88 a 24,77 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Uma possível explicação para a diferença, seria o sistema e o manejo de irrigação.

Vale destacar que os genótipos citados anteriormente, sob condições de estresse tanto por falta quanto por excesso de água tiveram uma tendência a reduzir a taxa assimilatória. Segundo Freire Filho (2005), a falta ou excesso de água, prejudica diretamente o desenvolvimento da planta, tendo em vista que a planta apresenta estômatos altamente responsivos à redução de disponibilidade de água, fechando seus estômatos rapidamente e reduzindo a condutância estomática.

Para os genótipos Pingo de Ouro e BRS Marataoã, pode-se inferir que o aumento linear em 20% nas lâminas de irrigação, possibilitou um acréscimo de 2,508 e 1,664 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ na fotossíntese líquida. Tal resultado pode ser explicado pelo fato de que os referidos genótipos à medida que eram condicionados a uma maior disponibilidade hídrica no solo, aumentavam a condutância estomática e a transpiração através do fechamento parcial dos estômatos, implicando, com isso, com uma restrição na acepção de CO₂. Segundo Ferraz et al. (2012) o aumento verificado na taxa de assimilação de CO₂ (A) pode estar diretamente relacionado ao incremento ocorrido na transpiração.

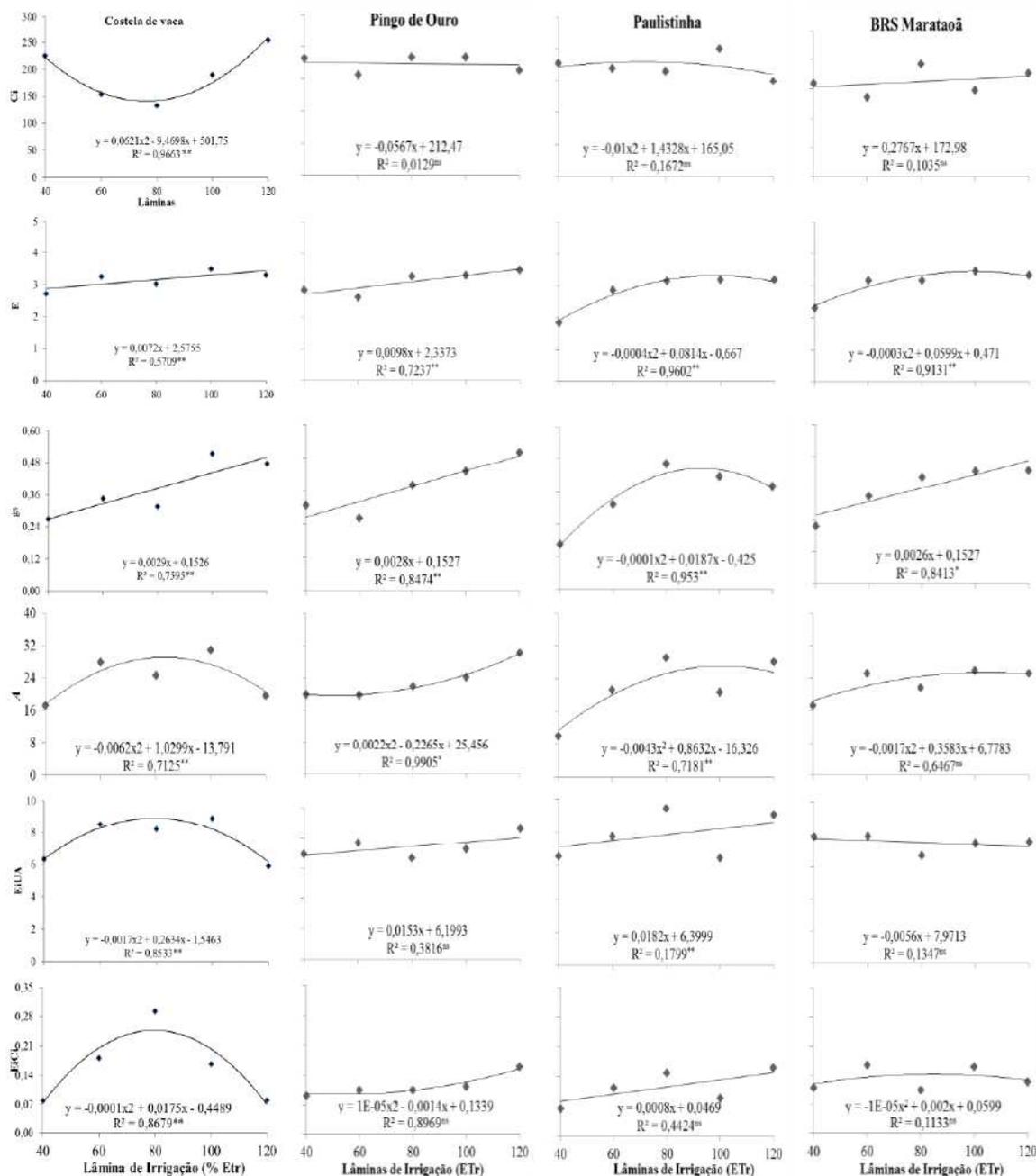


Figura 3. Condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Taxa de fotossíntese líquida (A) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Eficiência intrínseca do Uso da Água (EUA) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) dos genótipos de feijão Caupi sob lâminas de irrigação na fase V4 de desenvolvimento. Pombal, PB, 2015.

Sobre a eficiência no uso da água, o genótipo Costela de vaca apresentou valor máximo de eficiência estimado para lamina de 77% com valor 8,65 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)-1]. Para Jaimez et al. (2005), a relação entre a fotossíntese e a transpiração indica a eficiência instantânea no uso de água (EiUA), em que os valores observados relacionam a quantidade de carbono que a planta fixa, por cada unidade de água que perde. ReescreverPode-se verificar que a elevação na da condutância na

câmara estomática possibilitou uma assimilação de CO₂ até a lâmina referida, que possui valores acima dos encontrados por Ferraz et al., (2012) que observou médias de 4,3 [($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)-1] no horário das 9h às 10h.

Na Tabela 5 encontra-se o resultado da análise de variância para os genótipos de feijão Caupi sob estresse hídrico, Não houve interação significativa entre os fatores em nenhuma das variáveis estudadas. Constatando-se diferença significativa entre genótipos de feijão Caupi para as variáveis de Fitomassa Seca Pecíolo, Fitomassa Seca do Caule, Fitomassa Seca da Raiz, Fitomassa Seca dos Nódulos e Fitomassa Seca Total quando analisadas aos níveis de 1% e 5% de probabilidade. Verificou-se, ainda, efeito significativo das lâminas de irrigação em todas as variáveis analisadas, exceto para FSR. Com isso, observa-se, a sensibilidade da fitomassa de plantas de feijão Caupi quando expostas a baixa disponibilidade de água no solo, conferindo ser uma variável recomendada para determinação do estresse hídrico no feijoeiro Caupi.

Essa sensibilidade pode ser relacionada à mecanismos de adaptação da planta para tolerar o estresse, em razão de reduzir a área foliar e, conseqüentemente, diminuir a área fotossintética e a formação de fitomassa, evitando, assim, uma maior transpiração e controlando sua temperatura no ambiente (TAIZ & ZEIGER, 2013). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Dutra et al. (2013), que avaliaram o crescimento inicial de genótipos de feijão Caupi cultivados sob estresse hídrico e também observaram efeito na formação de fitomassa. Vale et al. (2012), avaliando a tolerância ao estresse hídrico em feijoeiro comum, verificaram efeito significativo para fitomassa da raiz, e por Filgueiras et al., (2013) avaliando a produção de fitomassa em genótipos de feijão Vigna com e sem sombreamento também obteve resultados semelhantes. Deve-se constatar, ainda, que a fitomassa foi avaliada na fase reprodutiva R2, correspondendo a 45 dias após a semeadura, o que confirma que o estresse hídrico vem a afetar as plantas de feijão Caupi com o aumento do período de exposição, como identificado no número de folhas.

Estudando-se a formação de fitomassa de pecíolo, caule, raízes e total (figura 4) em função dos genótipos, nota-se diferenças significativas, sendo as maiores médias observadas no genótipo Pingo de Ouro em todas estas variáveis, com exceção da matéria seca dos nódulos, no qual se tem a menor média; ademais, deve-se destacar que os genótipos BRS Marataoã e o Costela de Vaca nas variáveis FSC e FST, que não diferiram daquele genótipo, tal resultado, portanto, confirma o potencial de formação de

fitomassa de genótipos de características de crescimento indeterminado, sendo isso mais notório no Pingo de Ouro, sendo de grande importância quando se deseja a produção de massa a ser incorporada no solo.

Tabela 5 – Análise de variância para as variáveis: FSF, FSP (g), FSC (g), FSR (g), FSN (g), FST (g) de genótipos de feijão Caupi submetido ao estresse hídrico até os 30 dias após a semeadura. Pombal, PB, 2015.

FV	GL	Quadrado Médio					
		FSF	FSP	FSC	FSR	FSN	FST
Genótipo	3	1,629 ^{ns}	5,717**	5,021**	0,175**	0,008*	6,460**
Lâmina	4	4,019**	3,502**	1,472**	0,024 ^{ns}	0,015**	5,785**
Gen x Lâm	12	0,550 ^{ns}	0,058 ^{ns}	0,324 ^{ns}	0,015 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,801 ^{ns}
Bloco	3	0,125 ^{ns}	0,086 ^{ns}	0,913 ^{ns}	0,041 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,799 ^{ns}
Resíduo	57	0,601	0,040	0,253	0,024	0,002	0,812
CV (%)		18,62	9,05	14,15	8,85	4,11	15,12
Média		4,16	2,22	3,56	1,75	1,10	5,96

CV = coeficiente de variação, **, * e ns = Significativo a 1 e 5% de probabilidade de erro e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Estudando-se a formação de fitomassa de pecíolo (FSP), caule (FSC), raízes (FSR) e total (FST) (Figura 4) em função dos genótipos, nota-se diferenças significativas, sendo as maiores médias observadas no genótipo Pingo de Ouro em todas estas variáveis, com exceção da matéria seca dos nódulos, no qual se tem a menor média; ademais, deve-se destacar que os genótipos BRS Marataoã e o Costela de Vaca nas variáveis FSC e FST, que não diferiram daquele genótipo, tal resultado, portanto, confirma o potencial de formação de fitomassa de genótipos de características de crescimento indeterminado, sendo isso mais notório no Pingo de Ouro, sendo de grande importância quando se deseja a produção de massa a ser incorporada no solo.

Embora a menor média de FST tenha sido observada no genótipo Paulistinha, isso deve ser remetido ao tipo de crescimento, que é determinado, tendo como vantagem a possibilidade de colheita mecanizada e regular, sendo necessário avaliar aspectos de produção e os objetivos do sistema produtivo antes de se escolher a variedade mais adequada.

Saliente-se que, embora se tenha notado maior formação de massa seca no Pingo de Ouro, neste se constatou a menor fitomassa dos nódulos, tal fato permite dizer que estas plantas possuem maior eficiência na nodulação, ou seja, formam maior massa seca com

menor quantidade de nódulos, o que é interessante para programas de melhoramento genético, ou estudos de identificação destes microorganismos.

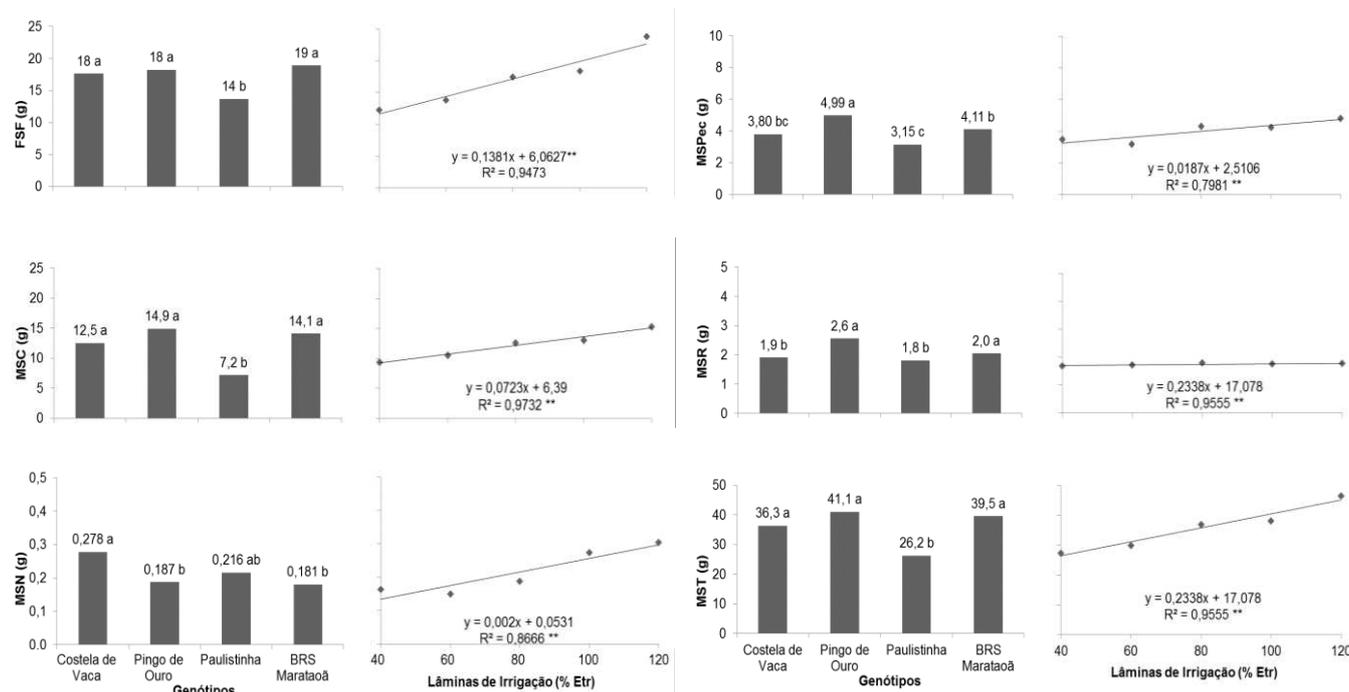


Figura 4. Teste de comparação de Tukey(> 0,05) entre os genótipos e análise de regressão em função das lâminas de irrigação para fitomassa seca das folhas (FSF), fitomassa seca do pecíolo (MSPec), fitomassa seca do caule (MSC), fitomassa seca das raiz (MSR), fitomassa seca dos nódulos (MSN) e fitomassa seca total (MST) aos 45 dias após a semeadura. Pombal – PB, 2015.

Quanto ao efeito das lâminas de irrigação, verificou-se comportamento linear crescente com aumento da disponibilidade de água às plantas em todas as variáveis estudadas de acúmulo de massa estudados (Figura 4). A lâmina de 120% da ETr foi a que proporcionou a maior acúmulo de matéria seca, observando-se incrementos na ordem de 95,5%, 45,9%, 62,3%, 120%, 13,1% e 70,7% entre a menor e a maior lâmina de irrigação para FSF, FSP, FSC, FSR, FSN e FST, respectivamente. Sendo assim, observa-se que a maior disponibilidade hídrica vem a garantir o maior influxo de água e a manutenção da turgescência celular, dando condições para o crescimento vegetal por meio da divisão e expansão celular (Taiz; Zeiger, 2013).

Foi encontrado efeito significativo da interação dos fatores genótipo x lâmina de irrigação sob a produtividade do feijoeiro, assim como, efeito isolado dos fatores estudados (Tabela 6). Para Cordeiro et al. (1998), o estágio de enchimento dos grãos de

feijão Caupi é o mais sensível ao estresse hídrico, o que justifica tal diferença. Desde modo, a discussão será realizada a partir do desdobramento desta variável.

Tabela 6 – Resumo da análise de variância relativa a produtividade (Prod.) de grãos secos dos genótipos de feijão Caupi cultivados sob lâminas de irrigação até os 120 dias após semeadura. CCTA/UFCG, Pombal, PB, 2015.

FV	GL	Quadrado Médio
		Produtividade
Genótipo	3	3.686.742**
Lâmina	4	5.108.643**
Gen x Lâm	12	472.899*
Bloco	3	391.498 ^{ns}
Resíduo	57	243.752
CV (%)		29,48
Média		1.675

Estudando-se a produtividade, nota-se comportamento diferenciado dos genótipos quando submetidos às lâminas de irrigação (Figura 5). Neste sentido, nos genótipos Paulistinha observou-se maior produtividade, tendo em vista que a lâmina de 120% da ETr proporcionou maior valor em produtividade 3000 kg.ha^{-1} . O BRS Marataoã e o Costela de Vaca obtiveram sua máxima produtividade expressada de forma quadrática na lâmina de 97% e 92% da ETr, com média $1.835,23$ e $2.634,09 \text{ kg.ha}^{-1}$, respectivamente.

O genótipo Pingo de Ouro teve a produtividade linear de acordo com o aumento na lâmina de irrigação. Os resultados constatados nesse estudo foram superiores aos de Santos et al. (2009) encontraram valores variando de $972,38$ a $1.646,09 \text{ kg.ha}^{-1}$, semelhantes aos de Silva et al. (2013) e Silva (2011) que observaram uma média de produtividade de $1.436,35 \text{ kg.ha}^{-1}$.

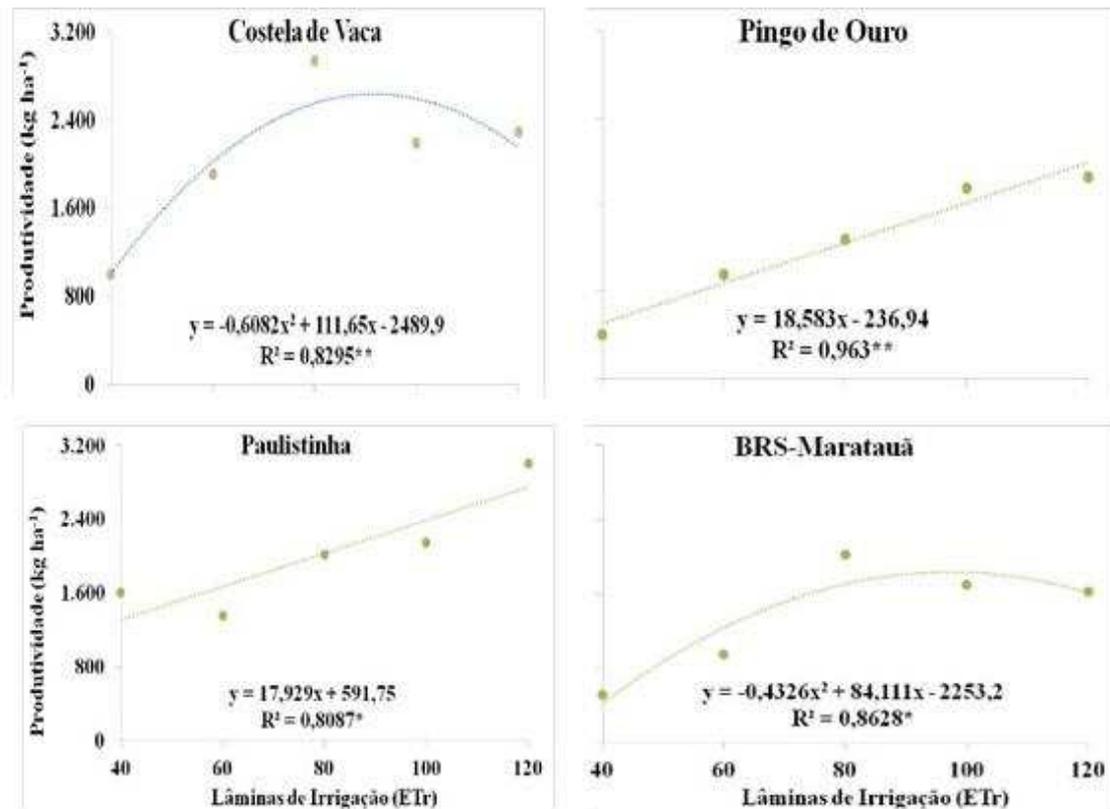


Figura 5. Produtividade de grãos secos dos genótipos de feijão Caupi em função das lâminas de irrigação aplicadas até 90 dias após a semeadura. Pombal – PB, 2015.

CONCLUSÕES

O maior crescimento nos genótipos de feijoeiro foi obtido com materiais de crescimento indeterminado, com destaque para o Costela de Vaca na formação de folhas e o Pingo de Ouro na formação de fitomassa;

A formação de folhas do feijão Caupi foi a característica mais sensível ao estresse hídrico;

Lâminas de 120% proporcionam maior crescimento em biomassa, independente do genótipo;

As avaliações de trocas gasosas permitiram identificar o estresse hídrico no feijão Caupi na fase inicial;

O genótipo Costela de Vaca tem maior potencial fisiológico, com base na fotossíntese líquida;

O genótipo Paulistinha alcançou melhor produtividade de $3000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultório e Comércio, 2006, 520p.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, A. A.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS E. A.; MELO, F. B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. S.; ROCHA, M. de M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S. da; RIBEIRO, V. Q. Cultivo do feijão Caupi (*Vigna unguiculata* (L.)Walp). Teresina: Embrapa meio norte 2002. 108p.

ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, v. 59, p. 206-216, 2007.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29 Revisado I.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNESP, 2003. 41p.

BERNARDO S; SOARES AS; MANTOVANI EC. 2008. Manual de irrigação. Viçosa: UFV. 625p.

CIRILO, J. A.; MONTENEGRO; CAMPOS, J. N. B. A QUESTÃO DA ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. In: Bicudo, C.E. de M; Tundisi, J.G.; Scheuenstuhl, M.C. B. (Org.). **ÁGUAS DO BRASIL ANÁLISES ESTRATÉGICAS**. 1ed.São Paulo: Instituto de Botânica, 2008, v. 1, p. 81-91.

CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, v.4, n.2, 2004.

DUTRA, W. F.; OLIVEIRA, I. M.; DUTRA, A. F.; SANTOS, E. E. S.; MELO, A. S. Crescimento inicial de genótipos de feijão Caupi cultivados sob estresse hídrico. In: III Congresso Nacional de Feijão Caupi, Recife-PE, 2013.

EMBRAPA – MEIO NORTE. Sistemas de Produção: Cultivo de Feijão-Caupi. Jan/2003. Disponível em: acessado em: 02/05/2015.

FAOSTAT. ProductionCrops. Disponível em: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID = 567&lang = cn#cnancor>. Acesso em 06 maio 2015.

FERRAZ, R. L. de S., MELO, A. S. de, S. J. F.; BRITO, M. E. B., FERNANDES, P. D., NUNES JÚNIOR, E. da S.; Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido; *Pesq. agropec. trop., goiânia*, v. 42, n. 2, p. 181-188, abr./jun. 2012.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Um sistema de análise estatística em computador. Revista Ciência e Agrotecnologia, v.35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

FILGUEIRAS L. M. B; DUTRA A. F; W. F. DUTRA W. F; SILVA A. R. F. DA; MELO A. S. de. Produção De Fitomassa De Genótipos De Feijão Caupi Com E Sem Sombreamento No Semiárido Paraibano. In: III Congresso Nacional de Feijão Caupi, Recife-PE, 2013.

FLOSS, E. L. Fisiologia das plantas cultivadas. Passo Fundo: Ed. da UPF, 2004.

FRADE, L. J. G.; BRITO, M. E. B.; SILVA, M. K. do N.; SILVA, A.; SILVA, L. A.; LIMA, R. F. Trocas gasosas de genótipos de caupi sob técnicas de conservação de água na fase v4. Em: II Inovagri International Meeting, Fortaleza – CE. <http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a523>, 2014.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). Feijão caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.191-210.

FREIRE FILHO, F. R. et al. (Ed.) Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca II. Produtividade e componentes agronômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 7, p. 481-488, 1996.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acessado dia 07 de Maio de 2015.

KONRAD, M.L.F.; SILVA, J.A.B.; FURLANI, P.R.; MACHADO, E.C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v.64, n.3, p.339-347, 2005.

JAIMEZ, R. E. et al. A. Seasonal variations in leaf gas exchange of platain cv. „Hartón“ (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.104, n.1, p.79-89, 2005.

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima, 2006. 531 p.

LISSON, S. N. et al. The historical and future contribution of crop physiology and modeling research to sugarcane production systems. *Field Crops Research*, v.92, p.21-336, 2005.

LEITE, M. de L.; VIRGENS FILHO, J. S. das. Produção de matéria seca em plantas de Caupi (*Vigna unguiculata*(L.) Walp) submetida a déficit hídrico. *Ciências Exatas e da Terra*, v.10, p.43-51, 2004.

MAIA, A. J.; PERREIRA, P. S.; ROCHA, D. G. F.; TÁVORA, F. J. F; BARROS, L. M. Efeito do estresse hídrico no crescimento de plantas de feijão de corda. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.

MOUSINHO, F. E. P; Viabilidade econômica da irrigação do feijão caupi no Estado do Piauí. Tese (Doutorado) – Escola Superior da Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ. 2005.

MONTENEGRO, A.A.A; MONTENEGRO, S.M.G.L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. IN: Recursos hídricos em regiões semiáridas / editores, Hans Raj Gheyi, Vital Pedro da Silva Paz, Salomão de Sousa Medeiros, Carlos de Oliveira Galvão - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012, 258P.

NASCIMENTO J. T.; PEDROSA M. B.; SOBRINHO J. T. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. *Horticultura Brasileira*, v22 p174-177, 2004.

NASCIMENTO S. P. DO; BASTOS E. A; ARAÚJO E. C. E; FILHO F. R. F. & SILVA E. M. da. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.15, n.8, p.853–860, 2011.

NEVES, L.L.M.; SIQUEIRA, D.L.; CECON, P.R.; MARTINEZ, C.A.; SALOMÃO, L.C.C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira "Prata" submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, p.524-529, 2002.

OLIVEIRA, A. P. et al. Rendimento de feijão Caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. *Horticultura Brasileira*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 81-84, 2001.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. *Engenharia Agrícola*, v.25, p.86-95, 2005.

ORCUTT, D.M.; NILSEN, E.T. **Physiology of plants under stress**. New York: John Willey e Sons, 2000. 225p.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; TERESINHA J. D. RODRIGUES, T. J. D.; JOSÉ E. P. TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de Irrigação. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.1, p.161-169, 2005.

QUEIROGA, J. L. et al. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 21, n. 1, p. 64-68, 2003.

REICHARDT, K.; TIMM, L, C, **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**, São Paulo: Editora Manole, 2004, 478p.

RIBEIRO, R.V. **Variação sazonal da fotossíntese e relações hídricas de laranjeira "Valência"**. Piracicaba, 2006. 157f. Tese (Doutorado em Agronomia / Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

RODRIGUES, G.S.; IRIAS, L.J.M. Considerações sobre os Impactos Ambientais da Agricultura Irrigada, Jaguariúna, SP, EMBRAPA, 2004, 7p. (Circular Técnico 07).

SALGADO, F. H. M.; FIDELIS, R. R.; CARVALHO, G. L.; SANTOS G. R.; CANCELLIER, E. L.; SILVA, G. F. COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO, NO PERÍODO DA ENTRESSAFRA, NO SUL DO ESTADO DE TOCANTINS. *Biocience Journal*, Uberlândia-MG, v. 27, n. 1, p. 52-58, Jan./Fev. 2011.

SCHOLES, J.D.; HORTON, P. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence: Simultaneous measurements. In: **Methodes in comparative plant ecology**. Chapman e Hall, London, 1993. 252p.

SANTOS, C. A. F.; RIBEIRO, H. L. C.; ARAÚJO, J. S.; OLIVEIRA, M. M. de. Competição de linhagens de feijão-caupi de porte ereto e crescimento determinado no Vale do São Francisco. *Anais do II CONAC. Congresso Nacional de Feijão Caupi*. Belém, Pará, p. 953-957, 2009.

SILVA, A. C. Características agronômicas e qualidade de sementes De feijão-caupi em Vitória da Conquista. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2011.

SOUSA, M. A.; LIMA, M. D. B.; SILVA, M. V. V.; ANDRADE, J. W. S. Estresse hídrico e profundidade de incorporação do adubo afetando os componentes de rendimento do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.39, p.175-182, 2009.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5º ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TATAGIBA S. D., NASCIMENTO K. J. T., MORAES G. A. B. K, PELOSO A. DE F. Crescimento e rendimento produtivo do feijoeiro submetido à restrição hídrica. *Engenharia na agricultura, viçosa - mg*, V.21 N.5, setembro / outubro. p. 465-475, 2013.

VALE, N. M.; BARILI, L. D.; ROZZETO, D. S.; STINGHLIN, J. C.; COIMBRA, J. L. M; GUINDOLIN, A. F.; KÖOP, M. M. Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão. *Biotemas*, v.25, n.3, p.135-144, set.,2012.