



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AGRÁRIAS E EXATAS  
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**LUANNA MARIA BESERRA FILGUEIRAS**

**TROCAS GASOSAS EM GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI COM E SEM  
SOMBREAMENTO**

**CATOLÉ DO ROCHA - PB  
DEZEMBRO/2012**

**LUANNA MARIA BESERRA FILGUEIRAS**

**TROCAS GASOSAS EM GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI COM E SEM  
SOMBREAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC,  
apresentado a Coordenação de Ciências Agrárias,  
da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB,  
como um dos requisitos para obtenção do grau de  
Licenciado em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo

Coorientador: Prof. Msc. Alexson Filgueiras Dutra

**CATOLÉ DO ROCHA - PB  
DEZEMBRO/2012**

F478t Filgueiras, Luanna Maria Beserra.

Trocas gasosas em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento / Luanna Maria Beserra Filgueiras. – Catolé do Rocha, PB, 2012.

50 f. : il. color.

Monografia (Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, 2012.

Orientação: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo, Departamento de Ciências Agrárias.

1. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 2. Variáveis fisiológicas. 3. Luminosidade. I. Título.

21. ed. CDD 635.652

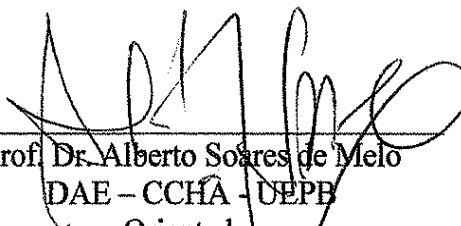
**LUANNA MARIA BESERRA FILGUEIRAS**

**TROCAS GASOSAS EM GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI COM E SEM  
SOMBREAMENTO**

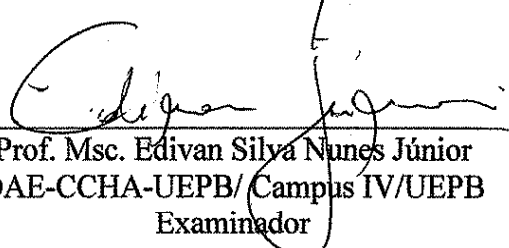
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), apresentado a Coordenação de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba, como um dos requisitos para obtenção do grau em Licenciatura Plena em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo  
Coorientador: Prof. Msc. Alexson Filgueiras Dutra

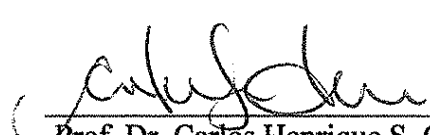
Apresentado em: 14 / 12 / 2012



Prof. Dr. Alberto Soares de Melo  
DAE - CCHA - UEPB  
Orientador



Prof. Msc. Edivan Silva Nunes Júnior  
DAE-CCHA-UEPB/ Campus IV/UEPB  
Examinador



Prof. Dr. Carlos Henrique S. G. Meneses  
DAA-CCAA- UEPB/ Campus II/UEPB  
Examinador

**CATOLÉ DO ROCHA - PB  
DEZEMBRO - 2012**

A **Deus**, pelo dom da vida e por está sempre comigo nesta caminhada.  
Meu pai **José Maria**, pela força, educação e incentivo nos momentos difíceis.  
A minha avó **Chiquinha Filgueiras**, fonte de apoio e luta.  
A minha tia **Jaidê**, pessoa especial, minha segunda mãe.  
E a todos os demais familiares e amigos.

### **Ofereço**

A minha mãe **Maria da Conceição** (in memoriam)  
que mesmo ausente fisicamente, tenho a certeza que sempre está  
presente em todos os momentos da minha vida.

**Dedico**

“Sem sonhos, a vida não tem brilho.  
Sem metas, os sonhos não têm alicerces.  
Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais.  
Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades  
e corra riscos para executar seus sonhos.  
Melhor é errar por tentar do que errar por omitir!”  
*Augusto Cury*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo o dom da vida e por está sempre presente em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais José Maria Filgueiras e Maria da Conceição Beserra Filgueiras (in memoriam) pela dedicação, esforço, compreensão e por mim apoiar quando sempre precisei.

À minha avó Francisca Fernandes Filgueiras pelo incentivo e apoio.

À minha tia Maria Jaidê Filgueiras pela força e por tudo que fizestes por mim.

Aos meus tios, em especial, Josenê, Jurandi, Joseni, Jailson, Jaires, Áurea, Moises, por todo apoio.

À Alexson Filgueiras Dutra, muito obrigado, se não fosse sua ajuda, eu não tinha conseguido.

À Marília minha prima e irmã do coração.

Aos meus primos, Wellison, Vanderly, Vinicius, Andreza, Júnior, Ana Paula e Jamara.

À todos os meus familiares, que torceram, me incentivaram e deram forças.

E a todos os meus amigos, que sempre me apoiaram.

Ao professor Dr. Alberto Soares de Melo, pela orientação e a oportunidade de fazer parte da família fruticultura e ecofisiologia vegetal.

Aos amigos do setor experimental: Flaviana, Alane, Izaac, Alberlan, Wellison, Rafael, Edgar, Juninho, Anselmo e todos os demais que lá passaram.

À Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV, por ter me concedido a oportunidade de fazer este curso, proporcionando condições adequadas para realizações das atividades e pesquisas.

Aos colegas de turma Alane, Alberlan, Olivânia, Manara, Suely, Ana Paula, Cidinha, Glicy, Aldair, Amanda, Atos, Pedro, Julierme, Ariones, Vinicius, Everton, Cláudio, Maciel, Thallison, Edras, Jucimar, Tiago, Emilio, Ricardo, Clédson, Thedy e Disrael que mediante tantas diferenças uniram várias igualdades.

À Rita e Glauber que sempre esteve disponível em me ajudar.

Ao professor Dr. Marcos Eric e Roberta pela ajuda prestada nesse trabalho.

Ao Negão por sempre ter me transportado quando precisei.

À todos os professores da UEPB-Campus IV, que lecionaram na turma 2009.2.

À todos os funcionários do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para execução deste trabalho.

"A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original".

*Albert Einstein*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	IX
LISTA DE TABELAS .....	XI
RESUMO .....	XII
ABSTRACT .....	XIII
1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. Aspectos gerais do feijoeiro .....	14
2.2. Importância sócio-econômica.....	14
2.3. Exigências edafoclimáticas.....	15
2.4. Comportamento fisiológico do feijão .....	16
2.5. Característica dos genótipos .....	17
2.5.1. ‘BRS GUARIBA’ .....	17
2.5.2. ‘BR17 GURGUÉIA’ .....	17
2.5.3. ‘BRS MARATAOÃ’ .....	17
2.6. O uso da irrigação.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Localização da área experimental.....	19
3.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	21
3.3. Implantação das caixas de zinco.....	22
3.4. Instalação e condução do experimento.....	23
3.5. Plantio e tratos culturais .....	24
3.6. Manejo de irrigação .....	25
3.6.1. Cálculo da lâmina bruta.....	26
3.6.2. Cálculo da intensidade de aplicação (mm h <sup>-1</sup> ).....	26
3.6.3. Cálculo do tempo de irrigação (h).....	27
3.7. Variáveis analisadas .....	27
3.8. Análises estatísticas .....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1. Concentração interna de CO <sub>2</sub> .....	30
4.2. Condutância estomática.....	31
4.3. Transpiração .....	32
4.4. Fotossíntese líquida .....	33



4.5.	Eficiência instantânea do uso da água .....	35
4.6.	Eficiência instantânea de carboxilação.....	36
5.	CONCLUSÕES .....	38
6.	REFERÊNCIAS .....	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização política do município de Catolé do rocha – PB, onde foi conduzido o experimento. ....	19
Figura 2: Umidade Relativa do Ar, Temperatura Máxima e Mínima e Radiação Solar durante período de realização do experimento com genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento. Catolé do Rocha, PB, 2012. ....	21
Figura 3: Esquema do solo rodeado por placa de zinco configurando uma parcela do ensaio. Centro de Ciências Humanas e Agrárias – Campus IV – UEPB, Catolé do Rocha – PB, 2012. ....	21
Figura 4: Marcação e abertura das fendas (A), fenda pronta (B) e da inserção das placas de zinco do ensaio (C). Centro de Ciências Humanas e Agrárias – Campus IV – UEPB, Catolé do Rocha – PB, 2012. ....	22
Figura 5: Limpeza da área (A), conectando as fitas (B) e a fita gotejadora (C). Centro de Ciências Humanas e Agrárias – Campus IV – UEPB, Catolé do Rocha – PB, 2012. ....	22
Figura 6: Sementes dos genótipos de feijão-caupi utilizados no experimento. Centro de Ciências Humanas e Agrárias – Campus IV- UEPB, Catolé do Rocha – PB, 2012. ....	23
Figura 7: Sistema de irrigação montado (A), replantio (B) e limpeza do experimento(C). Centro de Ciências Humanas e Agrárias – Campus IV – UEPB, Catolé do Rocha – PB, 2012. ....	24
Figura 8: Análise de trocas gasosas em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento. Catolé do Rocha, PB, 2012. ....	28
Figura 9: Taxa de Concentração Interna de CO <sub>2</sub> (C <sub>i</sub> ) (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento, Catolé do Rocha-PB, 2012.....	31
Figura 10: A Condutância Estomática (g <sub>s</sub> ) (mmol de H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento, Catolé do Rocha-PB, 2012.....	32
Figura 11: A Transpiração (E) (mmol de H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento, Catolé do Rocha-PB, 2012. ....	33
Figura 12: Taxa de Fotossíntese Líquida (A) (mmol de H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento, Catolé do Rocha-PB, 2012.....	35

- Figura 13: A Eficiência Instantânea do uso da água (EUA) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento, Catolé do Rocha-PB, 2012.. .....36
- Figura 14: A Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiC) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento, Catolé do Rocha-PB, 2012. ....37

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Análise de solo da área experimental do Setor de Fruticultura e Ecofisiologia Vegetal (UEPB) Catolé do Rocha-PB, 2012. ....	20
Tabela 2: Detalhamento das adubações da cultura do feijão, segundo a EMBRAPA MEIO NORTE. ....	24
Tabela 3: Valores de coeficiente da cultura (Kc) utilizados nas diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro de acordo com as lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento. ....	25
Tabela 4: Resumo da análise de variância para os caracteres: Concentração Interna de CO <sub>2</sub> (C <sub>i</sub> ) (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ), Condutância Estomática (g <sub>s</sub> ) (mol de H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ), Transpiração (E) (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ), Fotossíntese Líquida (A) (μmol de CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ), Eficiência Instantânea do uso da água (EUA) (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) e Eficiência Instantânea de Carboxilação (E <sub>i</sub> C) (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) em genótipos de feijão caupi com e sem sombreamento. Catolé do Rocha, PB, 2012. ....	29

## RESUMO

### TROCAS GASOSAS EM GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI COM E SEM SOMBREAMENTO

O feijão-caupi possui grande importância socioeconômica, nutricional e é bastante cultivado no Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, devido a mão de obra empregada durante todo o ciclo da cultura. Tanto a radiação solar como o sombreamento no feijão são fatores que podem afetar bastante o desenvolvimento da planta, limitando o seu crescimento, perda de energia e como consequência diminui o processo fotossintético e a concentração de CO<sub>2</sub>. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações nas trocas gasosas em genótipos de feijão-caupi cultivado com e sem sombreamento. O experimento foi realizado na área experimental do Setor de Fruticultura e Ecofisiologia Vegetal, Campus IV, da Universidade Estadual da Paraíba, localizada no município de Catolé do Rocha, PB, no período de Julho a Setembro de 2012. Os tratamentos foram com três genótipos de feijão-caupi (G1= BRS Guariba, G2= BR17 Gurguéia e G3= BRS Marataoã) e dois níveis de sombreamento (com e sem sombra), distribuídos em três blocos ao acaso, onde a unidade experimental foi composta por uma caixa de zinco com oito plantas úteis. As variáveis analisadas: fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de carbono (Ci), eficiência no uso da água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (Eic). Os genótipos de feijão caupi (BRS Guariba, BR17 Gurguéia e BRS Marataoã) apresentaram variação quanto as variáveis de fotossíntese, eficiência do uso da água e eficiência instantânea de carboxilação. O sombreamento reduz as taxas de trocas gasosas dos genótipos 'BRS Guariba' e 'BRS Marataoã', principalmente na condutância estomática (gs), fotossíntese (A), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC). O genótipo de feijão-caupi 'BRS Guariba' sem o uso de sombreamento apresentou melhores resultados para A, EUA e EiC, indicando melhor adaptação às condições Edafoclimáticas da região.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp; variáveis fisiológicas; luminosidade.

## ABSTRACT

### LEAF GAS EXCHANGE IN COWPEA GENOTYPES WITH AND WITHOUT SHADING

The cowpea has great socioeconomic and nutritional importance, and is quite cultivated in Brazil, mainly in the North and Northeast, due to labor employed throughout the crop cycle. Both solar radiation and shading on the beans are factors that affect plant development, limiting their growth, loss of energy and reduces the photosynthetic process and CO<sub>2</sub> concentration. Thus, the aim of this study was to evaluate changes in gas exchange in cowpea genotypes with and without shading. The experiment was accomplished at the experimental Fruit and Plant Ecophysiology Sector, Campus IV, State University of Paraíba, located in Catolé do Rocha, PB, from July to September 2012. The treatments were three cowpea genotypes (G1 = BRS Guariba, G2 = BR17 Gurguéia and G3 = BRS Marataoã) and two shading levels (with and without shadow), divided into three blocks randomized, and the experimental unit consisted of a zinc box with eight plants. It were analyzed the variables: net photosynthesis (A), stomatal conductance (gs), transpiration (E), internal concentration of carbon (Ci), water use efficiency (EUA) and instantaneous carboxylation efficiency (Eic). The cowpea (BRS Guariba, BR17 Gurguéia and BRS Marataoã) showed variation in the variables of photosynthesis, water use efficiency and instantaneous carboxylation efficiency. Shading reduces gas exchange rates of 'BRS Guariba' and 'BRS Marataoã', especially in stomatal conductance (gs), photosynthesis (A), water use efficiency (EUA) and instantaneous carboxylation efficiency (EiC). The cowpea genotype 'BRS Guariba' without shading showed better results for A, EUA and EiC, indicating better adaptation to the climatic conditions of the region.

**Key-words:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp; physiological variables; brightness.

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma das culturas mais importantes das regiões Norte e Nordeste do Brasil, por desempenhar uma importância fundamental no contexto socioeconômico das famílias de baixa renda que vivem nestas regiões (SILVA, 2007).

É uma planta herbácea, autógama, anual, de origem na parte oeste e central da África, sendo uma das leguminosas de melhor adaptação, versátil e nutritiva entre as espécies cultivadas, considerado um importante alimento e componente essencial dos sistemas de produção nas regiões secas da África, Ásia, Estados Unidos, Oriente Médio, Américas Central e do Sul (SOBRAL, 2009).

No Brasil, o feijão-caupi é mais cultivado nas áreas semiáridas da Região Nordeste, e na Paraíba é cultivado em quase todas as microrregiões, ocupando 75% das áreas de cultivo (NASCIMENTO et al., 2012), principalmente por se tratar de uma espécie rústica e bem adaptada às condições de clima, solo da região e retentora de ampla variabilidade genética, ampla capacidade de adaptação, alto potencial produtivo e excelente valor nutritivo, (FREIRE FILHO et al., 2006). É rico em proteínas, minerais e fibras (FROTA et al., 2008) constituindo um componente alimentar básico das populações rurais e urbanas dessa região, se expandindo de forma mais intensa nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil com área cultivada em torno de 1.289.647 ha<sup>-1</sup>, correspondendo à 60,80% da área total colhida com feijão nessa região, e 34,79% do total da área colhida de feijão-caupi no Brasil (FREIRE FILHO et al., 2011).

No Nordeste brasileiro, uma das maiores preocupações é obter variedades cada vez mais tolerantes ao déficit hídrico, devido as constantes irregularidades das chuvas nessa região (SANTOS e SILVA et al., 2012), e também a utilização de algumas cultivares com características agrônômicas desejáveis, como produtividade elevada, resistência à doenças, aceitação comercial e principalmente tolerância a altas temperaturas, constituem uma das maneiras mais viáveis de garantir a competitividade do produto dentro do seu processo produtivo (LIMA et al., 2009).

Apesar de ser uma cultura considerada de baixa produtividade e de subsistência em sistemas de cultivos pouco tecnificados, o feijão-caupi possui um grande potencial de produção e econômico, despertando o interesse de agricultores que praticam agricultura empresarial, cuja lavoura é totalmente mecanizada, aumentando a procura por cultivares com porte mais compacto e ereto (FREIRE FILHO et al., 2006).

O feijão é uma leguminosa de grande importância na economia brasileira, principalmente por questões sociais, além de tratar-se de um alimento básico na dieta alimentar, sendo assim, uma alternativa de exploração econômica nas propriedades rurais, inclusive as pequenas, e também por ser uma atividade que ocupa mão-de-obra menos qualificada (ABREU e RAMALHO, 2005; SILVA et al., 2008; COSTA et al., 2009). Sua produção é geralmente em cultivos de sequeiro, os quais propiciam a ocorrência de deficiência hídrica em alguns estádios de desenvolvimento (LIMA, 2008).

Destaca-se como importância socioeconômica, juntamente com o arroz, sendo o alimento básico das pessoas de baixa e média renda, exercendo importante função social no suprimento das necessidades nutricionais básicas, principalmente de proteína, dessa classe social de menor poder aquisitivo. Considerando as três safras anuais de feijão no Brasil, estima-se que a área total cultivada alcançou 4 milhões de hectares na última safra (2010/2011) e estimativa de 3,8 milhões de hectares em 2012 (CONAB, 2012).

De acordo com Casaroli et al. (2007), a disponibilidade de radiação solar é um dos fatores que mais limitam o crescimento e desenvolvimento das plantas, e que toda energia necessária para a realização da fotossíntese, processo que transforma o CO<sub>2</sub> atmosférico em energia metabólica, é proveniente da radiação solar (TAIZ e ZIEGER, 2009).

O sombreamento diminui a eficiência global de interceptação de luz, reduzindo o ganho de carbono, afetando o crescimento e a produtividade das plantas (SANTOS et al., 2011). E os diferentes graus de luminosidade causam mudanças morfofisiológicas nas plantas e o grau de adaptação é ditado por características genéticas em interação com o meio ambiente (MORAES NETO et al., 2000).

Sendo assim, objetivou-se, com este trabalho, avaliar as alterações nas trocas gasosas em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento.



## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Aspectos gerais do feijoeiro**

O feijão *Vigna unguiculata* (L.) Walp é conhecido popularmente no Brasil como feijão-caupi ou feijão de corda, sendo caracterizada por ser uma leguminosa (Fabaceae) originária do continente africano com ampla distribuição nas regiões tropicais e subtropicais da África, América Latina e Sudeste da Ásia (LIMA, 2008).

A planta do feijão-caupi dispõe de flores completas, sendo os órgãos masculinos e femininos bem protegidos pelas pétalas, em número de cinco, de coloração branca, amarela ou violeta, o sistema radicular é pivotante, alcançando até 0,80m de profundidade, tendo, como as demais leguminosas, a capacidade de fixação do nitrogênio do ar (MOUSINHO, 2005).

O cultivo do feijão-caupi é feito tanto por pequenos, médios e grandes produtores, e seu mercado vem se expandindo além das fronteiras das Regiões Norte e Nordeste (AGUIAR et al., 2008), visando o consumo *in natura*, mas também pode ser utilizado na alimentação animal e na adubação do solo como adubo verde (CAMPOS et al., 2010; FONTES et al., 2010). Segundo Lacerda et al. (2004), o cultivo de caupi é predominante na agricultura de subsistência, caracterizada por baixo uso de tecnologia e ocupação de áreas de baixa fertilidade de solo, contribuindo para baixa produtividade de grãos que, no Brasil, é em média de 400 a 500 kg ha<sup>-1</sup>. Podendo ser de duas épocas: feijão de 1<sup>a</sup> safra, denominado de “feijão das águas”, com semeadura em outubro e novembro; e o feijão de 2<sup>a</sup> safra, chamado de “feijão da seca” com semeadura em fevereiro e março (AGUIAR et al., 2008, CONAB, 2012).

### **2.2. Importância socioeconômica**

A grande produção de feijão-caupi no Brasil encontra-se na Região Nordeste, onde constitui um dos principais componentes da dieta alimentar da população, além de ser também um importante gerador de emprego e renda (RAMOS, 2011), atingindo anualmente cerca de 3,0 milhões de toneladas na produção, sendo o Ceará, Bahia, Piauí, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Maranhão no Nordeste, e o Amapá, Pará, Rondônia e Roraima no Norte os maiores produtores, respectivamente (EMBRAPA, 2012).

Abreu (2005) menciona que o feijão é um dos produtos agrícolas de maior importância econômico-social, devido principalmente à mão de obra empregada durante todo o ciclo da cultura. Apesar de apresentar grande importância socioeconômica, essa cultura ainda é, na sua maioria, cultivada de forma precária e sem o uso das tecnologias apropriadas, onde possa promover um melhor rendimento por meio de alternativas de manejo agrícola sustentável (SOARES, 2007).

Segundo FREIRE FILHO et al., (2005), o feijão-caupi é uma das fontes alimentares estratégicas e importantes para regiões tropicais e subtropicais do mundo, pois, além da grande importância socioeconômica que tem, gera empregos e garante o suprimento alimentar de diversas famílias. Pesquisas mostram que o feijão-caupi é adaptado às condições da região nordeste do que o feijão comum, sendo, portanto uma opção de cultura alternativa para o semiárido (LIMA, 2008). Atualmente seu consumo expande-se de forma mais intensa para as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (FREIRE FILHO et al., 2011). Seu grão é uma excelente fonte de proteínas, aminoácidos essenciais, carboidratos, vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura e não contém colesterol, com consumo per capita de aproximadamente 16 kg ano<sup>-1</sup>, equivalente a 43,83 g dia<sup>-1</sup> (NEVES JÚNIOR e XAVIER, 2010).

### **2.3. Exigências Edafoclimáticas**

Dentre os vários fatores envolvidos no cultivo do feijão, o clima é praticamente incontrolável e pode influenciar bastante na produtividade (FERRAZ, 2010). Em qualquer lugar que as plantas cresçam, elas estarão sujeitas às condições de múltiplos estresses, os quais poderão limitar seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência (NASCIMENTO, 2009). O feijoeiro por ter uma ampla adaptação ao clima, permitindo o seu cultivo durante todo o ano, em quase todos os estados da federação, possibilitando assim constante oferta do produto no mercado consumidor (MENEZES, 2001; SILVA et al., 2007).

A necessidade hídrica do feijão-caupi é variável em seus estádios de desenvolvimento, aumentando de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e na formação de vagens, decrescendo a partir do início da maturação (NÓBREGA et al., 2001). Pode variar de 300 mm a 450 mm durante o ciclo bem distribuído nos

diferentes estádios de desenvolvimento sendo dependente da cultivar, do solo e das condições climáticas locais e o consumo hídrico diário raramente excede 3,0 mm, quando a planta está na fase inicial de desenvolvimento (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002). Entretanto, a limitação em termos hídricos encontra-se mais diretamente condicionada à distribuição do que à quantidade total de chuvas ocorridas no período (ANDRADE JÚNIOR et al., 2003).

#### **2.4. Comportamento fisiológico do feijão**

A cultura do feijão tem seu comportamento fisiológico afetado em decorrência de alguns fatores, dentre estes, destacam-se os ambientais como água (GOMES et al., 2000; PAVANI et al., 2009), luz, temperatura e outros. Ressalte-se ainda que alguns genótipos de feijoeiro existentes diferenciam-se quanto a algumas características fisiológicas (PIMENTEL e PEREZ, 2000; FIGUEIREDO et al., 2008; BERTOLDO et al., 2009). Neste contexto, é importante lembrar que a fotossíntese é um dos processos fisiológicos do feijoeiro que representa 90% da produção de biomassa, não obstante a absorção de água e nutrientes represente o restante desta produção (BENINCASA, 2003; QUEIROGA et al., 2003; FLOSS, 2004).

A transpiração consiste na vaporização da água líquida contida nos tecidos da planta e da remoção do vapor para a atmosfera, sendo que as culturas perdem quase a totalidade da água através dos estômatos. A vaporização ocorre no interior da folha, nos espaços intercelulares, e a troca de vapor com a atmosfera é controlada pela abertura estomática, e a maioria da água absorvida é perdida pela transpiração, sendo utilizada uma pequena fração no interior da planta (REICHARDT e TIMM, 2004). Segundo François (2012), a eficiência instantânea da transpiração está relacionada com a quantidade de carbono que a planta fixa para cada unidade de água que a planta transpira; por outro lado, a eficiência intrínseca do uso da água esta relacionada com a quantidade de carbono que a planta fixa por unidade de condutância estomática; e a eficiência de carboxilação é a relação entre a taxa fotossintética e a concentração intercelular de CO<sub>2</sub>.

Braun et al. (2007) afirmam que a adaptação das plantas ao ambiente de luz depende do ajuste de seu aparelho fotossintético, utilizando eficientemente a luminosidade ambiental, ocorrendo uma adaptação da mesma que pode ser observada por meio do seu crescimento global. Alguns fatores ambientais afetam significativamente o crescimento e a produção das culturas, dentre eles a radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento (LACERDA et al., 2010) e as altas intensidades de radiação solar absorvidas pelas

plantas podem levá-las a saturação luminosa, diminuindo a eficiência no uso dessa radiação (CASAROLI et al., 2007).

## **2.5. Característica dos genótipos**

### **2.5.1. ‘BRS GUARIBA’**

A cultivar ‘BRS Guariba’ foi obtida do cruzamento da linhagem IT85F-2687, introduzida do International Institute of Tropical Agriculture-IITA, em Ibadan, Nigéria, com a linhagem TE87-98-8G, do Programa de Melhoramento da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI. Seu cruzamento foi realizado na Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI. A linhagem foi avaliada na rede regional de ensaios no período de 2000 a 2003, sendo uma cultivar com ciclo em torno de 70 dias, com porte semi-ereto, grão de coloração branca, com teor de proteína na faixa de 22% e de tamanho médio, o seu crescimento é indeterminado, a flor é branca, tem ramos relativamente curtos e resistência ao acamamento, tornando-a apta à colheita mecânica (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2004).

A ‘BRS Guariba’ foi testada principalmente em áreas de transição caatinga-cerrado e cerrado. A colheita deve ser feita imediatamente após a secagem das vagens para que seja obtida uma boa qualidade de grão (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2004).

### **2.5.2. ‘BR17 GURGUÉIA’**

A cultivar ‘BR17 Gurguéia’ corresponde à linhagem TE 86-75-37E1, obtida do cruzamento entre as cultivares BR 10-Piauí e CE-315 (TVu 2331), do Programa de Melhoramento da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, apresenta um hábito de crescimento indeterminado, com Porte enramador, as folhas são do tipo globosa, a floração inicial é a partir dos 43 dias, com o ciclo médio de 75 dias, sua flor é roxa (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2003).

### **2.5.3. ‘BRS MARATAOÃ’**

A cultivar ‘BRS Marataoã’ foi obtida do cruzamento da Seridó, natural do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, com a linhagem TVx 1836-013J, introduzida do International Institute of Tropical Agriculture - IITA, em Ibadan, Nigéria. O cruzamento foi realizado na Embrapa Arroz e Feijão, em Goiânia - Goiás, em 1990. Essa linhagem foi avaliada nos Estados do Maranhão, Piauí, Paraíba e Bahia, tendo sido realizados um total de 26 ensaios. Os ramos são relativamente consistentes, os quais

contribuem para que a cultivar tenha certa resistência ao acamamento e os grãos são de cor esverdeada, porém de baixa persistência, devendo, portanto ser colhidos imediatamente após a secagem (EMBRAPA MEIO NORTE, 2004).

## **2.6. O uso da irrigação**

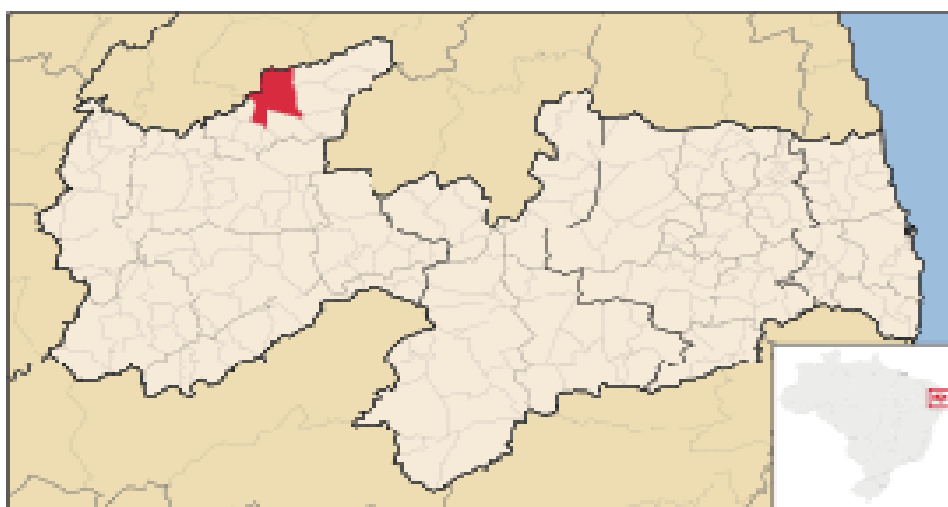
Na irrigação o consumo de água é bastante elevado e o seu gerenciamento sendo eficiente, poderá resultar numa economia de recursos hídricos e energéticos, podendo ser utilizado de forma mais produtiva os insumos agrícolas e em maior retorno econômico (DUTRA, 2010). A prática da irrigação nas culturas, juntamente com outros fatores de produção, torna-se uma alternativa viável para alcançar e garantir a maximização dos ganhos de produtividade, sendo que, a finalidade básica da irrigação é proporcionar água à cultura de maneira a atender toda a exigência hídrica durante o ciclo (SANTANA et al., 2009).

A sensibilidade do feijão-caupi à escassez de água no solo, junto com as incertezas climáticas, principalmente às relacionadas com a distribuição irregular das chuvas contribuem para a baixa produtividade de grãos, bem como a perda da produção anual (MOUSINHO et al., 2008). A planta é classificada como sendo moderadamente tolerante tanto à deficiência hídrica quanto ao excesso de água no solo (RAMOS, 2011).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização da área experimental

O experimento foi realizado em condições de campo no setor de Fruticultura e Ecofisiologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba, localizado no município de Catolé do Rocha, PB (Figura 1). A cidade está situada à 6° 21' de latitude S e 37°48' de longitude O W Gr. a uma altitude de 250 m.



**Figura 1:** Localização política do município de Catolé do Rocha – PB, onde conduziu-se o experimento.

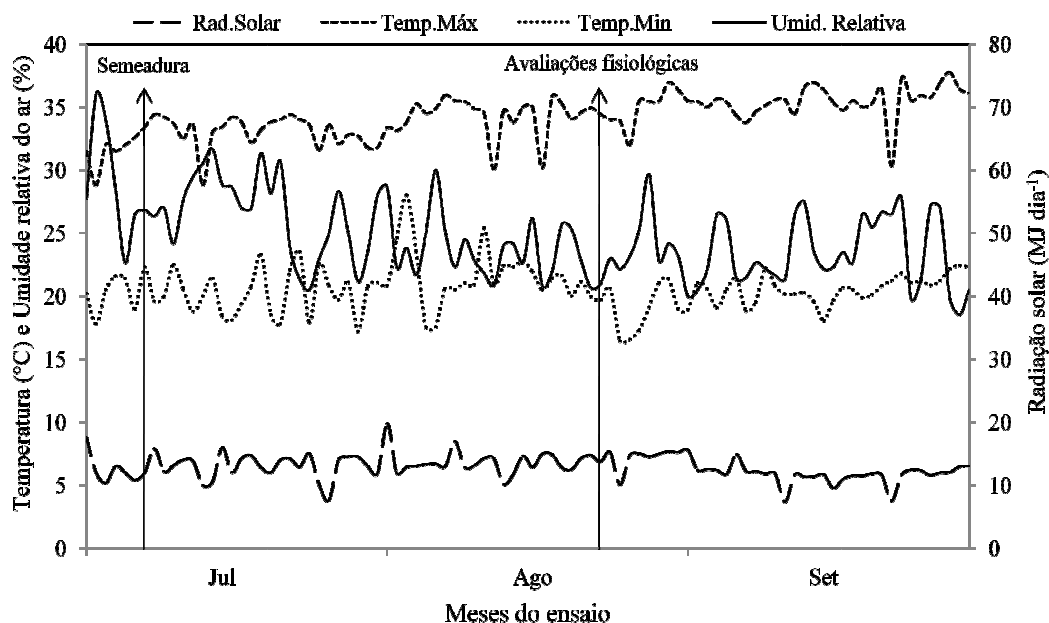
O clima da região segundo classificação de Koppen é do tipo BSw'h', ou seja, semiárido quente com duas estações bem distintas, uma seca e uma chuvosa com precipitação irregular, com média anual de 870 mm, temperatura média de 27°C, com período chuvoso concentrado entre os meses de fevereiro e abril. Na localidade do experimento, o solo é classificado como Neossolo Flúvico Eutrófico com textura arenosa (SANTOS et al., 2006), em que amostras de solo foram coletadas para análise química (Tabela 1).

**Tabela 1:** Análise de solo da área experimental do Setor de Fruticultura e Ecofisiologia Vegetal (UEPB). Catolé do Rocha-PB, 2012.

CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS <sup>(1)</sup>
pH em água (1: 2,5)	6,84
Cálcio (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	5,25
Magnésio (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	1,15
Alumínio (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,0
Hidrogênio + Alumínio (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	1,08
Fósforo (mg.dm <sup>-3</sup> )	49
Potássio (mg.dm <sup>-3</sup> )	280
Sódio (mg.dm <sup>-3</sup> )	64
Ferro (mg.dm <sup>-3</sup> )	59,69
Zinco (mg.dm <sup>-3</sup> )	4,05
Cobre (mg.dm <sup>-3</sup> )	3,83
Manganês (mg.dm <sup>-3</sup> )	53,98
Boro (mg.dm <sup>-3</sup> )	6,45

(1) Resultados da análise de solo realizada pelo laboratório de análises de solo, água e planta da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A-EMPARN.

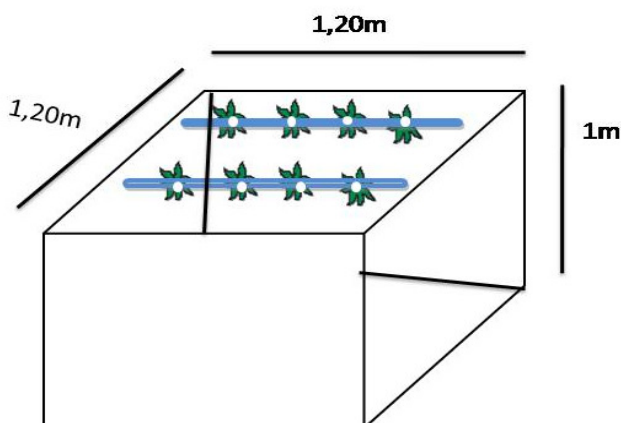
Durante a condução do experimento, os dados climáticos de temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa e radiação solar foram coletados diariamente na estação agrometeorológica, localizada próxima à área experimental, sendo os valores obtidos através do Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA) (Figura 2).



**Figura 2:** Umidade Relativa do Ar, Temperatura Máxima e Mínima e Radiação Solar durante período de realização do experimento com genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento. Catolé do Rocha, PB, 2012.

### 3.2. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos constaram de três genótipos de feijão-caupi e dois níveis de sombreamento (com e sem o uso de sombra), formando um arranjo fatorial 3 x 2 em delineamento em blocos ao acaso com três repetições e a unidade experimental formada por uma caixa de zinco com 8 plantas úteis (Figura 3), totalizando 288 plantas experimentais.

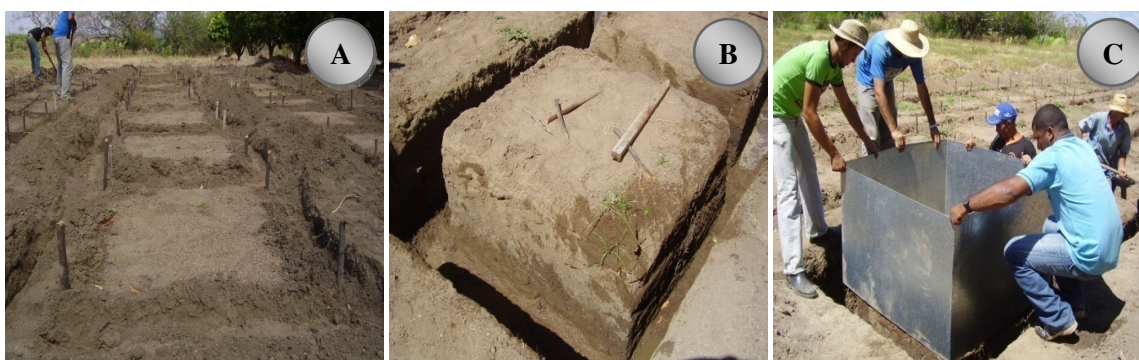


**Figura 3:** Esquema do solo rodeado por placa de zinco configurando uma parcela do ensaio. Centro de Ciências Humanas e Agrárias – Campus IV – UEPB, Catolé do Rocha – PB, 2012.



### 3.3. Implantação das caixas de zinco

As caixas de zinco foram instaladas a partir de fendas com 1m de profundidade, 1,20m de largura e 1,20m de comprimento, para posterior inserção das mesmas (Figura 4). Para a abertura das fendas foram utilizadas pás, enxadas, alavancas e picaretas, pertencentes ao Setor Experimental de Fruticultura e Ecofisiologia Vegetal. As caixas foram utilizadas, principalmente, para delimitar as parcelas experimentais e evitar que a lâmina de água aplicada não exerça influência sobre as plantas de uma caixa sobre as outras, devido ao movimento horizontal da água no solo.



**Figura 4:** Marcação e abertura das fendas (A), fenda pronta (B) e da inserção das placas de zinco do ensaio (C). Centro de Ciências Humanas e Agrárias – Campus IV – UEPB, Catolé do Rocha – PB, 2012.

Após inserir as caixas no solo, realizou-se uma limpeza na área para retirada dos restos culturais, sem a necessidade do revolvimento do solo. Em seguida, procedeu-se a montagem do sistema de irrigação com fita gotejadora (Figura 5). Adotou-se o sistema de irrigação localizada por gotejamento, utilizando-se tubo de PVC e conectadas a este as fitas gotejadoras com emissores espaçados a cada 30 cm.



**Figura 5:** Limpeza da área (A), conectando as fitas (B) e a fita gotejadora (C). Centro de Ciências Humanas e Agrárias – Campus IV – UEPB, Catolé do Rocha – PB, 2012.

### 3.4. Instalação e Condução do experimento

O experimento foi conduzido em condições de campo no período de Julho a Setembro de 2012 em uma área de 200 m<sup>2</sup>. A semeadura ocorreu no dia 07 de Julho, colocando-se duas sementes por cova, utilizando o espaçamento de 0,50 m x 0,20 m. As sementes de feijão-caupi utilizadas foram de três genótipos de feijoeiro, sendo eles: G1= BRS Guariba, G2= BR17 Gurguéia e G3= BRS Marataoã (Figura 6), desenvolvidas pela Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI.



**Figura 6:** Sementes dos genótipos de feijão-caupi utilizados no experimento, BRS Guariba (A), BR17 Gurguéia (B) e BRS Marataoã (C). Centro de Ciências Humanas e Agrárias – Campus IV- UEPB, Catolé do Rocha – PB, 2012.

A adubação foi realizada de acordo com a análise química de solo (Tabela 1), com base em recomendações utilizando os nutrientes NPK, seguindo as indicações de adubação da Embrapa (Tabela 2). O desbaste foi realizado 10 dias após a germinação (DAG), deixando apenas uma planta por cova, escolhendo-as de maior vigor vegetativo.

**Tabela 2:** Detalhamento das adubações da cultura do feijão, segundo a EMBRAPA MEIO NORTE.

NUTRIENTES	DOSAGENS
Nitrogênio (Uréia N <sub>2</sub> )	100 kg de N/ha, sendo 20 kg em cobertura aos 15 DAP.
Fósforo (Pentóxido de fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	20 a 60 Kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha.
Potássio (óxido de potássio K <sub>2</sub> O)	30 Kg/ha de K <sub>2</sub> O.

### 3.5. Plantio e Tratos Culturais

Após a montagem do sistema de irrigação, foi realizada a primeira irrigação, deixando o solo próximo a capacidade de campo (CC) (Figura 7A), em seguida procedeu-se o processo de semeadura colocando-se 8 sementes por metro linear em sistema de fileiras simples a uma profundidade de 5 cm da superfície. Foram constatadas falhas na germinação e, por conseguinte na emergência das plântulas, sendo necessária a realização do replantio (Figura 7B). E durante o experimento foram realizadas capinas necessárias à manutenção das instalações de acordo com o nível de infestação da área experimental, no sentido de manter o ambiente livre da vegetação espontânea, oferecendo condições favoráveis de desenvolvimento à cultura em estudo (Figura 7C).



**Figura 7:** Sistema de irrigação montado (A), replantio (B) e limpeza do experimento(C).

Centro de Ciências Humanas e Agrárias – Campus IV – UEPB, Catolé do Rocha – PB, 2012.

### 3.6. Manejo de irrigação

A irrigação foi realizada por meio do método localizado através do sistema de gotejamento, com emissores a cada 0,30 m com vazão de 1,49 L hora<sup>-1</sup>. A lâmina de irrigação aplicada correspondeu a 100% da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), sendo esta de 282,84 mm aplicada durante todo o ciclo, encontrada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), utilizando o K<sub>c</sub> proposto por Doorenbos e Kassam (1979) nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura que são: germinação – folhas primárias (V0 – V2); primeira folha trifoliada – terceira folha trifoliada (V3 – V4); pré-floração – formação de vagens (R5 – R7); enchimento de grãos (R8) e maturação (R9) (Tabela 3).

**Tabela 3:** Valores de coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) utilizados nas diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro de acordo com as lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento.

Fases de desenvolvimento				
V0 – V2	V3 – V4	R5 – R7	R8	R9
Coeficiente da cultura (k <sub>c</sub> )				
0,30 – 0,40	0,70 – 0,80	1,05 – 1,20	0,65 – 0,75	0,25 – 0,30

Fonte: Doorenbos e Kassam (1979), onde: V0-V2: germinação e folhas primárias; V3-V4: primeira e terceira folha trifoliada; R5-R7: pré-floração e formação das vagens; R8:enchimento dos grãos; R9: maturação.

Os dados climáticos de Temperatura Máxima e Mínima e umidade relativa foram coletados na estação agrometeorológica e aplicados na Equação 1, baseada em Mantovani et al. (2006):

$$ET_o = \frac{0,48\Delta(R_n - G) + \gamma\left(\frac{900U_2}{T + 273}\right)(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Em que:

ET<sub>o</sub> = evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>);

R<sub>n</sub> = radiação líquida na superfície da cultura (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

G = fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

Δ = inclinação da curva pressão vapor versus temperatura do ar (kPa. °C<sup>-1</sup>);

U<sub>2</sub> = velocidade do vento medida a dois metros de altura (m s<sup>-1</sup>);

T = temperatura (°C);

$e_s$  = pressão de saturação do vapor d'água (kPa);

$e_a$  = pressão real do vapor d'água (kPa);

$\gamma$  = fator psicrométrico ( $\text{MJ kg}^{-1}$ ).

### 3.6.1. Cálculo da Lâmina Bruta

O cálculo da lâmina bruta foi realizado diariamente por meio da Equação 2 (MANTOVANI et al., 2006):

$$LB = \frac{Eto \cdot Kc \cdot Ks}{Ef} - Pe \quad (2)$$

em que:

LB = lâmina bruta ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

Eto = evapotranspiração de referência segundo tanque classe A ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

Kc = coeficiente de cultura;

Ks = percentagem de área molhada pelo emissor;

Pe = precipitação efetiva ocorrida no período (mm);

Ef = eficiência de irrigação (0,9).

### 3.6.2. Cálculo da Intensidade de Aplicação ( $\text{mm h}^{-1}$ )

O cálculo da intensidade de aplicação deu-se por meio da Equação 3, proposta por Mantovani et al. (2006):

$$Ia = \frac{n \times v}{ec \times eg} \quad (3)$$

em que:

Ia = intensidade de aplicação ( $\text{mm h}^{-1}$ );

n = número de emissores por planta;

v = vazão do emissor ( $\text{L h}^{-1}$ );

ec = espaçamento ocupado pela planta ( $\text{m}^2$ );

eg = espaçamento entre gotejadores.

### 3.6.3. Cálculo do Tempo de Irrigação (h)

A equação do tempo de irrigação foi realizada para que possamos determinar o tempo de irrigação diária de acordo com a equação 4 proposta por (MANTOVANI et al., 2006):

$$T_i = \frac{LB}{I_a} \quad (4)$$

Em que:

$T_i$  = tempo de irrigação (h);

$LB$  = lâmina bruta ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

$I_a$  = intensidade de aplicação ( $\text{mm h}^{-1}$ ).

As equações citadas foram inseridas no aplicativo do Office Excel versão 2007, de modo a facilitar a realização dos cálculos diários, obtendo-se de forma automática os valores referentes às lâminas de irrigação bem como seus respectivos tempos.

### 3.7. Variáveis Analisadas

As avaliações fisiológicas foram determinadas aos 48 dias após a semeadura (DAS) no período da manhã no horário de 07:00 as 09:00 horas, na fase de desenvolvimento R5. Foram realizadas medidas de concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), fotossíntese líquida ( $A$ ) ( $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), eficiência instantânea do uso da água (EUA), determinada pela relação entre a fotossíntese líquida com a transpiração ( $A/E$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})/(\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1})$ ], e a eficiência instantânea de carboxilação (EiC) ( $A/C_i$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$ ], calculada pela relação fotossíntese líquida com a concentração interna de carbono.

Para a obtenção desses dados, escolheu uma planta de cada parcela e um dos folíolos da terceira folha, contado a partir do ápice da planta (Figura 8), mediu-se as variáveis utilizando um analisador de gás infravermelho IRGA (ACD, modelo LCPro, Hoddesdon, UK), com fluxo de ar de  $300 \text{ mL.min}^{-1}$  e fonte de luz acoplada de  $995 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para as avaliações.



**Figura 8:** Análise de trocas gasosas em genótipos de feijão caupi sem o uso de sombra (8A), aparelho medindo (Irga) (8B) e Avaliação em plantas sombreadas (8C). Catolé do Rocha, PB, 2012.

### 3.8. Análises Estatísticas

Os dados obtidos para cada variável foram submetidos à análise de variância pelo teste F, até 5% de significância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa SAEG 9.1.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4, encontra-se o resultado da análise de variância para os genótipos de feijão-caupi com e sem o uso de sombreamento. Foi constatado diferença significativa para as variáveis concentração interna de carbono ( $C_i$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ) ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), fotossíntese líquida ( $A$ ) ( $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), eficiência instantânea do uso da água (EUA) ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) e eficiência instantânea de carboxilação ( $EiC$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), quando analisadas aos níveis de 1% e 5% de probabilidade. Verificou-se, ainda, que os genótipos não diferenciaram ( $p \geq 0,05$ ) quanto à  $g_s$  e a EUA, e o efeito sombra também não afetou a  $g_s$  e a  $E$ .

Ao desdobrar os fatores, observa-se influência dos Genótipos dentro do fator Sombra para  $C_i$ ,  $E$ ,  $A$  e  $EiC$ , e para o desdobramento da Sombra no Genótipo foi verificado efeito significativo somente no G1 para as variáveis  $A$ , EUA e  $EiC$  (Tabela 4).

**Tabela 4:** Resumo das análises de variância para as variáveis Concentração Interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), Condutância Estomática ( $g_s$ ) ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), Transpiração ( $E$ ) ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), Fotossíntese Líquida ( $A$ ) ( $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), Eficiência Instantânea do uso da água (EUA) ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) e Eficiência Instantânea de Carboxilação ( $EiC$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento. Catolé do Rocha, PB, 2012.

FV	QM						
	GL	$C_i$	$G_s$	$E$	$A$	EUA	$EiC$
Genótipos (G)	2	1157,14**	0,0209 <sup>ns</sup>	0,57*	25,81*	0,24 <sup>ns</sup>	0,0010*
Sombra (S)	1	621,28*	0,0042 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	56,95*	9,03*	0,0015**
G x S	2	10,12 <sup>ns</sup>	0,0028 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	12,05 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>
G com Sombra	1	625,90*	0,0123 <sup>ns</sup>	0,45*	2,86 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
G sem Sombra	1	541,37*	0,0114 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	34,99*	0,96 <sup>ns</sup>	0,0010**
Sombra no G1	1	159,30 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,255 <sup>ns</sup>	54,77*	6,91*	0,0014**
Sombra no G2	1	326,34 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,069 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>
Sombra no G3	1	155,78 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	25,94 <sup>ns</sup>	3,55 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>
Resíduo	10	115,78	0,0071	0,08	5,89	1,11	0,0001
CV(%)		4,40	20,20	8,80	13,35	19,38	15,45

NOTA: \* e \*\* significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo.

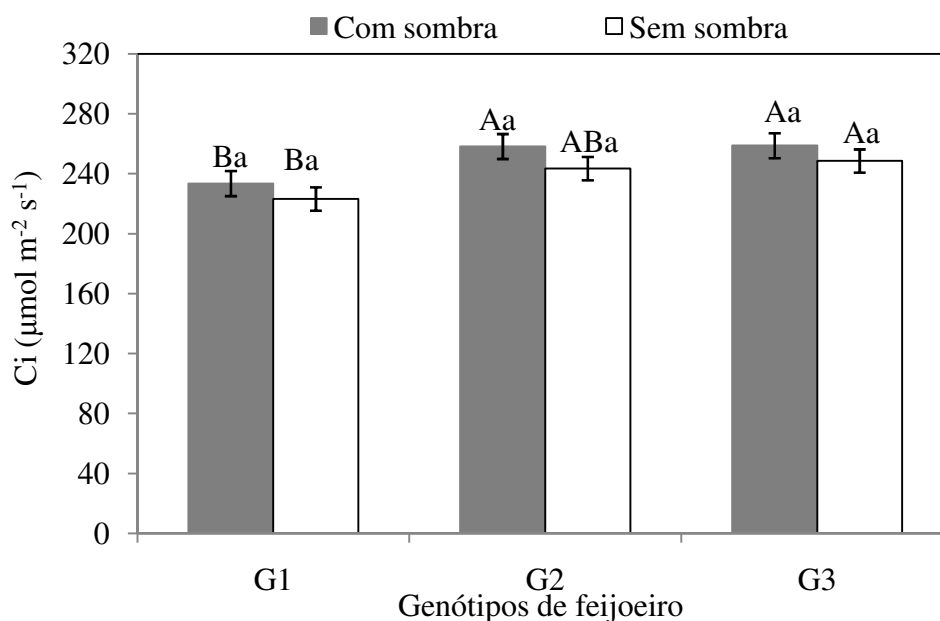


#### 4.1. Concentração Interna de CO<sub>2</sub>

Analisando a Figura 9, nota-se que a Concentração Interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) diferiu entre os genótipos, com maiores valores no G2 e G3. Por outro lado, as plantas submetidas ao sombreamento concentraram uma maior quantidade de carbono nos três genótipos de feijão estudados do que aquelas sem sombra; porém os valores mais elevados de C<sub>i</sub> em plantas com sombra foram encontrados no G2 (BR17 Gurguéia) (258,25 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e G3 (BRS Marataoã) (258,77 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), obtendo acréscimos de 10,6% e 10,8%, respectivamente.

Para Silva et al. (2012), o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> em curto prazo pode trazer efeitos benéficos à produtividade vegetal, por causa do aumento da taxa fotossintética e a queda na transpiração, ao contrário do acúmulo de CO<sub>2</sub> a longo prazo que pode tornar-se tóxico para as plantas, alterando o metabolismo fotossintético das plantas C<sub>3</sub>, como é o caso do feijão. Neste caso, a maior concentração de CO<sub>2</sub>, encontrada nas plantas com sombra, pode estar ligada ao aumento na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> registrado neste período, devido aos estômatos não estarem totalmente abertos, acumulando CO<sub>2</sub> na câmara estomática.

Ferraz et al. (2012) estudando trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecotipos de feijoeiro (Eco<sub>1</sub>=G2227, Eco<sub>2</sub>= BRA 130583 CIAT G6490 e Eco<sub>3</sub>=BAT 477) cultivados no semiárido, encontraram valores bem expressivos de C<sub>i</sub>, quando avaliou-se no horário de 9 às 10, (222 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e 245,3 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), sendo estes fatores semelhantes quando os genótipos foram submetidos sem sombra.



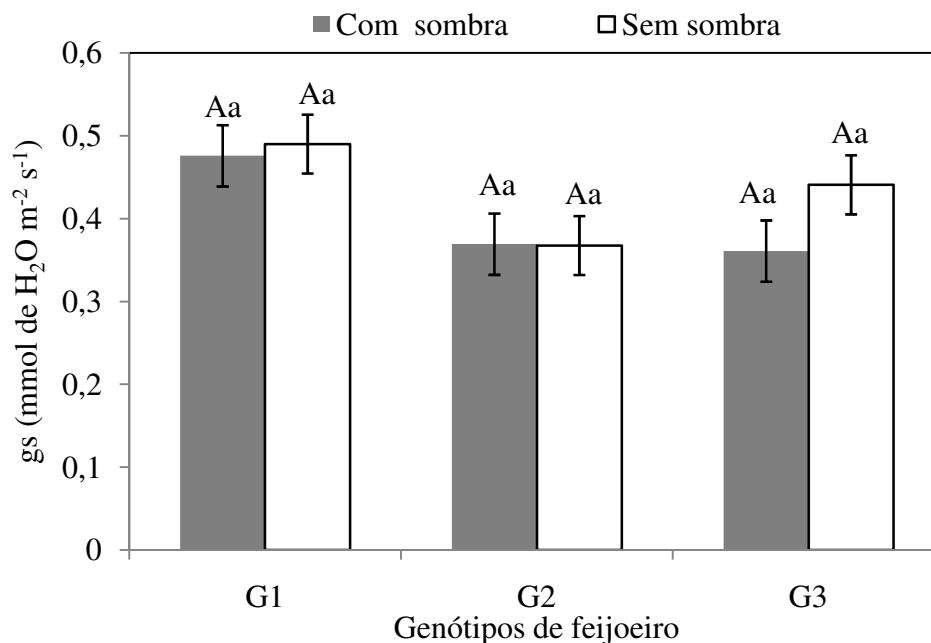
**Figura 9:** Taxa de Concentração Interna de CO<sub>2</sub> (Ci) (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento. Catolé do Rocha-PB, 2012. (NOTA: Letras maiúsculas iguais não há diferença entre os genótipos e letras minúsculas iguais não difere o fator sombra no genótipo).

#### 4.2. Condutância Estomática

Para condutância estomática ( $g_s$ ), percebe-se que não houve efeito significativo entre os genótipos, porém valores elevados foram constatados no G1 (BRS Guariba), provavelmente em virtude de aspectos genéticos da cultivar, tornando-a diferente das outras. Não houve diferença entre os tipos de sombra, mas observa-se maiores valores de  $g_s$  quando as plantas são submetidas ao tratamento sem sombra, isto é, com insolação, indicando maior abertura dos estômatos e conseqüentemente, maior troca gasosas com o ambiente. No G1 e G3 as plantas com sombra obtiveram incremento de 4,25% e 22,22% em assimilação de  $g_s$  em relação às sem o uso da sombra (Figura 10). Esta relação é semelhante à descrita por outras pesquisas, como a de Paiva et al. (2005), em estudo relacionando a  $g_s$  de folhas de feijoeiros cv. Carioca 80 com diferentes lâminas de irrigação em Jaboticabal-SP.

A condutância estomática é reconhecida como maior influência devido ser administrada pela abertura e fechamento dos estômatos em função, principalmente, das condições ambientais, tais como déficit de pressão de vapor, umidade relativa do ar e irradiação solar global (TAIZ e ZEIGER, 2009). Segundo Silva et al. (2012), quando o

turgor celular é mantido, processos como a condutância estomática, a assimilação de  $\text{CO}_2$  e a expansão dos tecidos vegetais são parciais ou totalmente mantidas, ajustes estes que têm sido observados no girassol.



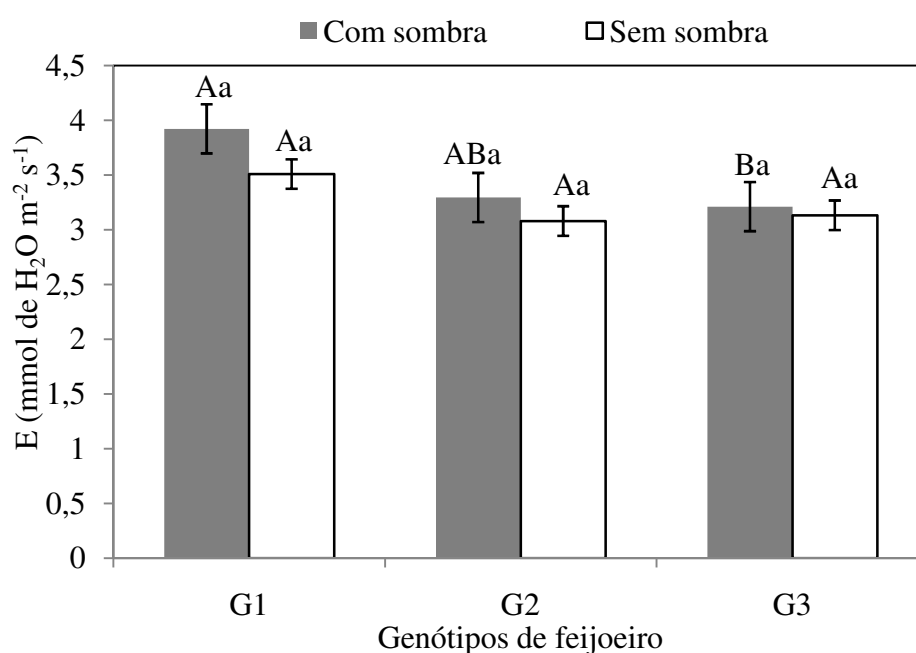
**Figura 10:** Condutância Estomática (gs) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento. Catolé do Rocha-PB, 2012. (NOTA: Letras maiúsculas iguais não há diferença entre os genótipos e letras minúsculas iguais não difere o fator sombra no genótipo).

### 4.3. Transpiração

Na transpiração (E) das plantas de feijão-caupi no período sem sombra, não foram constatadas diferenças significativas entre os genótipos. Por outro lado, no tratamento com sombra, os genótipos diferenciaram significativamente, com maiores taxas de transpiração no feijão ‘BRS Guariba’ (G1) ( $3,92 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) obtendo incremento de 22,1% em relação ao feijão ‘BRS Marataoã’ (G3) ( $3,21 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (Figura 11). Observa-se ainda que, entre os fatores sombra e sem sombreamento, houve uma diferença na transpiração dos genótipos de feijão, com diferença mais acentuada no G1 e G2 (11,7 e 7,16%), respectivamente.

Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Carneiro et al., (2011) em pesquisa sobre o impacto do estresse hídrico através da suspensão total da irrigação sobre as trocas gasosas no girassol, a condutância estomática e a transpiração também apresentaram

pequena variação entre os tratamentos. Para Pimentel e Peres et al. (2000), o aumento na transpiração das plantas, no decorrer do dia, se deve, principalmente, à incapacidade de alguns vegetais em absorver água suficiente para repor a que foi consumida no processo transpiratório. Estas alterações são devido a grande evaporação da atmosfera, e nas condições naturais, à medida em que a temperatura se eleva, a umidade relativa do ar diminui e as respostas dos diversos processos metabólicos das plantas refletem na interação entre estes fatores (FERRAZ et al., 2012).



**Figura 11:** A Transpiração (E) (mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento. Catolé do Rocha-PB, 2012. (NOTA: Letras maiúsculas iguais não há diferença entre os genótipos e letras minúsculas iguais não difere o fator sombra no genótipo).

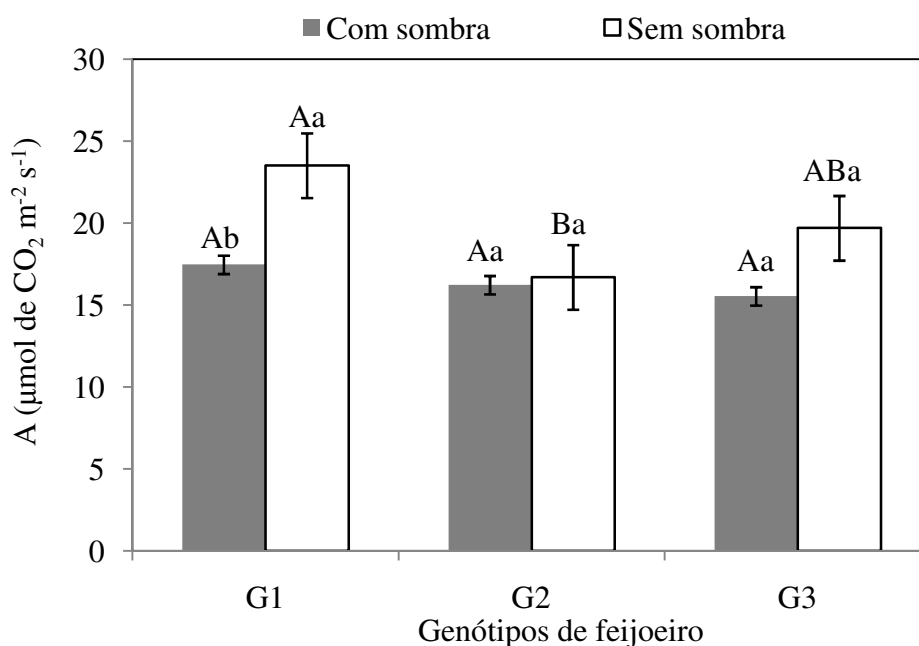
#### 4.4. Fotossíntese Líquida

Para a Fotossíntese Líquida (A), vê-se diferença significativa entre os genótipos expostos à luz do sol, de modo que o G1 expressou melhor valor (23,51 μmol de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), apresentando acréscimo de 19,34% em relação ao menor valor (16,69 μmol de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) encontrado no G2, e ainda foi verificado no G1 incremento de 34,5% quando comparado a radiação frente ao sombreamento e o G3 com 26,76%. Com relação aos genótipos submetidos à sombra, estatisticamente não houve diferença, porém maior taxa de fotossíntese líquida (17,47 μmol de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) foi observada no G1 (Figura 12).

Comparando com outras pesquisas, constatou-se que alguns pesquisadores como, Ferraz et al. (2012), em pesquisas com ecótipos de feijão-caupi, descobriram valores semelhantes, no período de 10 às 11h (  $21,3 \text{ CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  no G1,  $19,5 \text{ } \mu\text{mol de CO}_2^{-2} \text{ s}^{-1}$  no G2 e  $19,8 \text{ } \mu\text{mol de CO}_2\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  de G3), quando comparados em relação aos genótipos sem sombra.

Casaroli et al. (2007), verificaram que 1,3% da radiação incidente ao topo da atmosfera é utilizada pelas plantas para a fotossíntese. Os vegetais possuem rápida diminuição de fotossíntese, quando estão expostas a alta radiação solar e temperatura elevada, principalmente por causa do fechamento dos estômatos, sendo que no período da manhã se encontram as condições ótimas para alcançar a taxa máxima de fotossíntese (MORAIS et al., 2003). Costa et al. (2002), Ribeiro et al. (2004) e Pilau et al. (2007), relatam que as diferentes reações de cada genótipo a essas variações permitem que eles possam tolerá-las quando em níveis críticos, mantendo ainda assim taxas adequadas de fotossíntese.

Em pesquisas realizadas por Pilau et al. (2007), com Transpiração e condutância foliar à difusão de vapor de feijoeiro irrigado em função da temperatura da folhagem e variáveis ambientais, verificaram que quando a transpiração é de  $20,25 \text{ } \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e  $2,25 \text{ } \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , são obtidas de folhas expostas ao sol e similares aos registrados à sombra. Por ser uma planta com certa rusticidade, o caupi pode ter mantido níveis de fotossíntese para a manutenção de uma estrutura mínima na planta, para garantir tão somente a sobrevivência (TERCEIRO et al., 2012).



**Figura 12:** Taxa de Fotossíntese Líquida (A) ( $\mu\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento. Catolé do Rocha-PB, 2012. (NOTA: Letras maiúsculas iguais não há diferença entre os genótipos e letras minúsculas iguais não difere o fator sombra no genótipo).

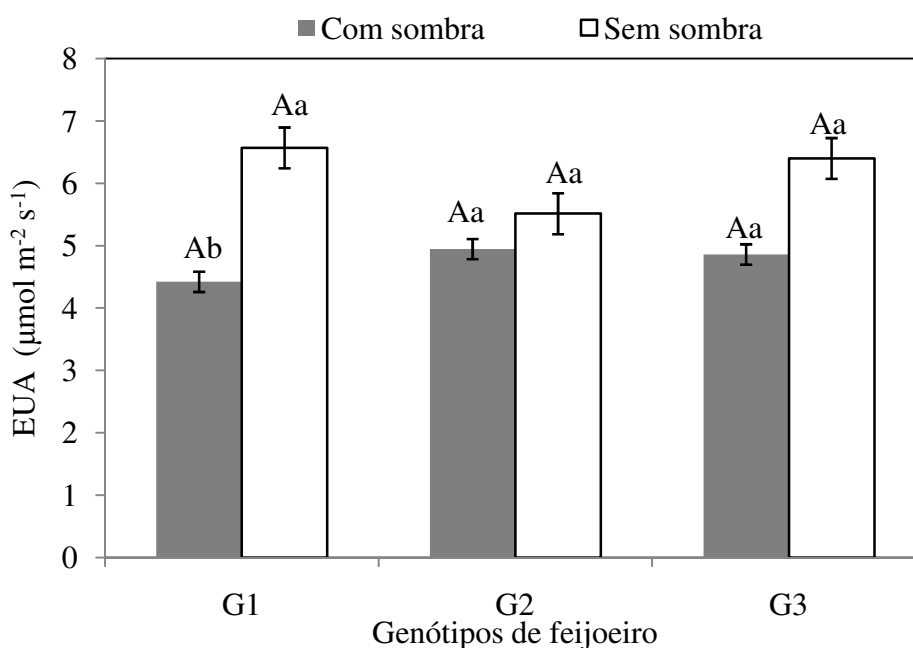
#### 4.5. Eficiência Instantânea do uso da água

Não foram reveladas diferenças significativas entre os genótipos nos dois níveis de sombreamento em relação à eficiência instantânea do uso da água (EUA). Dentre os tratamentos analisados com e sem sombra, os genótipos 1 e 2 obtiveram incrementos de 48,41% e 11,53%, respectivamente, na EUA. Foi observado diferença entre as sombra no G1, com maior valor de  $6,56 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  no período sem sombra e  $4,42 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  nas plantas sem sombra (Figura 13).

De acordo com Ferraz et al. (2012), a variável eficiência instantânea do uso da água não diferindo ao uso dos ecotipos nos horários de 9h às 10h, 10h às 11h, sendo semelhantes quando submetidos aos genótipos com e sem sombra.

Segundo Silva (2012), a eficiência no uso da água é a capacidade que a planta tem de limitar a perda de água, e ao mesmo tempo, permitir a absorção de dióxido de carbono a partir da relação fotossíntese e transpiração, no entanto, as plantas tipo  $C_3$ , como a berinjela, são limitadas a assimilar  $\text{CO}_2$  em diferentes situações hídricas. Outras pesquisas mostraram que em algumas espécies cultivadas em ambiente protegido, com concentração de  $\text{CO}_2$

elevada, ocorre aumento instantâneo da eficiência do uso da água, relacionado com a diminuição da condutância e transpiração (SANTOS et al., 2010).



**Figura 13:** A Eficiência Instantânea do uso da água (EUA) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento. Catolé do Rocha-PB, 2012. (NOTA: Letras maiúsculas iguais não há diferença entre os genótipos e letras minúsculas iguais não difere o fator sombra no genótipo).

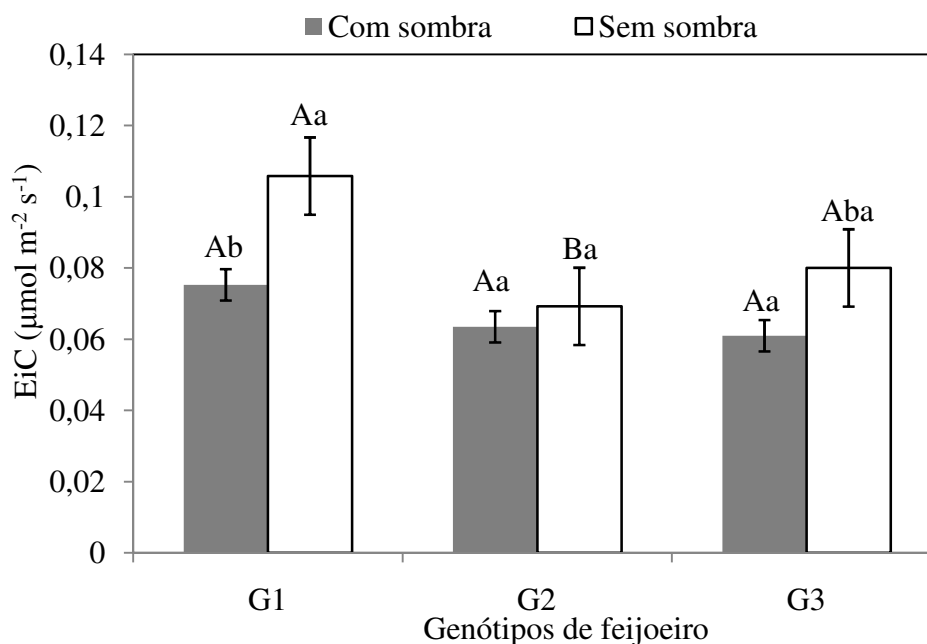
#### 4.6. Eficiência Instantânea de Carboxilação

Na eficiência instantânea de carboxilação (EiC), verificaram-se diferenças significativas entre os genótipos e os períodos com e sem sombra (Figura 14). Observou-se nos genótipos com sombra, valores semelhantes, apesar de não diferirem estatisticamente. Entretanto nos genótipos sem sombra, o G1 expressou melhor resultado ( $0,10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) resultando em acréscimo de 66,66% em relação ao menor valor ( $0,06 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) encontrado no G2. O G1 no tratamento sem sombra obteve acréscimo de 42,85% quando comparado ao período com sombra, seguindo o mesmo comportamento o G3 com 33,33%.

Ferraz et al. (2012) em sua pesquisa com ecótipos de feijoeiro, encontraram valores semelhantes ao período com sombra ( $0,07 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ,  $0,06 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e  $0,06 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) no horário de 9h às 10h ( $0,07 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ,  $0,07 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e  $0,06 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

A eficiência instantânea de carboxilação (EiC) possui estreita relação com a concentração intracelular de  $\text{CO}_2$  e com a taxa de assimilação de dióxido de carbono

(MACHADO et al., 2005). Alguns autores como Silva (2012) em comportamento fisiológico da berinjela cultivada em ambiente protegido sob taxas de reposição hídrica, constataram que valores elevados de concentração interna de CO<sub>2</sub> associado a aumento na condutância estomática indicam um acréscimo na eficiência instantânea de carboxilação, ocorrido em função da disponibilidade de ATP e NADPH e do substrato para a rubisco.



**Figura 14:** A Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiC) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em genótipos de feijão-caupi com e sem sombreamento. Catolé do Rocha-PB, 2012. (NOTA: Letras maiúsculas iguais não há diferença entre os genótipos e letras minúsculas iguais não difere o fator sombra no genótipo).



## 5. CONCLUSÕES

Os genótipos de feijão-caupi (BRS Guariba, BR17 Gurguéia e BRS Marataoã) apresentaram variação quanto as variáveis de fotossíntese, eficiência do uso da água e eficiência instantânea de carboxilação.

O sombreamento reduz as taxas de trocas gasosas dos genótipos 'BRS Guariba' e 'BRS Marataoã', principalmente na condutância estomática ( $g_s$ ), fotossíntese ( $A$ ), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC).

Nas condições Edafoclimáticas de Catolé do Rocha-PB, o genótipo de feijão-caupi 'BRS Guariba' sem o uso de sombreamento apresentou melhores resultados para  $A$ , EUA e EiC, podendo assim, ser cultivados na região.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F.; RAMALHO, M. A. P. Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais. **Sistemas de Produção**, N. 6, dez, 2005.
- AGUIAR, R. S.; MODA-CIRINO, V. M.; FARIA, R. T.; VIDAL, L. H. I. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 1-14, jan./mar. 2008.
- AGUIAR, R. S.; MODA-CIRINO, C.; FARIA, R. T.; VIDAL, L. H. I. Avaliação de porte ereto no estado de Roraima. (IN: **Embrapa Roraima**, Comunicado Técnico, 8), 2008. 8p..
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300p.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; SENTELHAS, P. C.; SILVA, A. A. G. da. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para Parnaíba e Teresina, Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 63-68, 2003.
- 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.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- BERTOLDO, J. G.; COIMBRA, J. L. M.; BARILI, L. D.; VALE, M. N.; ROCHA, F. Correlação entre caracteres de produção e tempo de cocção em feijão em dois ambientes. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 1, p. 135-140, jan-mar, 2009.
- BRAUN, H.; ZONTA, J. H.; LIMA, J. S. S.; REIS, E. F. Produção de mudas de café ‘conilon’ propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. *Idesia*, v. 25, n. 3, p.85-91, 2007.
- CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, M. T.; SILVA, V. P. R. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão caupi, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 396–404, 2010.
- CARNEIRO, M. M. L. C. Trocas gasosas e metabolismo antioxidativo em plantas de girassol em resposta ao déficit hídrico. IN: **Dissertação**, Universidade Federal de Pelotas (Fisiologia Vegetal, área de concentração: ciências). 2011. 42 p.
- CASAROLI, D.; FAGAN, E. B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S. P.; MANFRON, P. A.; DOURADO NETO, D.; LIER, Q. J. V; MULLER, L.; MARTIN, T. N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja - uma revisão. **Revista da FZVA**.Uruguaiiana, v.14, n.2, p. 102-120. 2007.
- CONAB. Oitavo levantamento de avaliação da safra 2008/2009. Brasília, 2009.

COSTA, E.S. SMITH, R. B.; OLIVEIRA, J. G. Photochemical efficiency in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. and *Vigna unguiculata* L. Walp) during recovery from high temperature stress. **Plant Physiol**, Campinas, v. 14, p. 105-110, 2002.

COSTA, R. S. S.; ARF, O.; ORIOLE JUNIOR, V.; BUZETTI, S. População de plantas e nitrogênio para feijoeiro cultivado em sistema de plantio direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.4, p.39-45, out.-dez. 2009.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. Efectos del agua en rendimiento de los cultivos. Roma: FAO, 1979. 212 p. (Boletim Riego y Drenaje, 33).

DUTRA, A. F. “A quantidade de água influencia no rendimento e na qualidade de frutos de híbrido de maracujazeiro “brs gigante amarelo”. IN: **Trabalho de Conclusão de Curso** – Universidade Estadual da Paraíba (Licenciatura em Ciências Agrárias) Catolé do Rocha-PB, 2010. 34p.

EMBRAPA- MEIO NORTE. **Cultivo de feijão- caupi**. Teresina, PI, 2003.

EMBRAPA- MEIO NORTE. **BRS 17-Gurguéia**. Teresina-PI, 2003. (Folder).

EMBRAPA- MEIO NORTE. **BRS- Guariba-** nova cultivar de feijão caupi com grão sempre verde. Teresina-PI, 2004. (Folder).

EMBRAPA- MEIO NORTE. **BRS Marataoã:** cultivar de feijão caupi com grão sempre verde. Teresina-PI, 2004. (Folder).

FERRAZ, R. L. S. Seleção de ecótipos de feijoeiro cultivados na época das águas: análises biométricas, fisiológicas e rendimento de grãos. IN: **Trabalho de Conclusão de Curso** – Universidade Estadual da Paraíba (Licenciatura em Ciências Agrárias) Catolé do Rocha-PB, 2010, 50p.

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

FIGUEIREDO, M.G.; FRIZONNE, J.A.; PITELLI, M.M.; RESENDE, R. Lâmina ótima de irrigação do feijoeiro, com restrição de água, em função do nível de aversão ao risco do produto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.1, p.81-87, 2008.

FLOSS, E.L. Fisiologia das plantas cultivadas. **Passo Fundo**: Editora da UPF. 2004. 536p.

FONTES, J. R. A.; GONÇALVES, J. R. P.; MORAIS, R. R. de. Tolerância do feijão caupi ao herbicida oxadiazon. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 110-115, jan./mar. 2010.

FRANÇOIS, T. Relações hídricas e trocas gasosas em plantas de feijão submetidas à irrigação deficitária. IN: **Dissertação**, Universidade Federal de Santa Maria, (Engenharia Agrícola, Área de concentração: Engenharia de Água e Solo), Santa Maria-RS, 2012.113p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; DAMASCENO e SILVA, K. J.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil. IN: **IV Reunião nacional de Biofortificação**. Teresina, Piauí, Brasil, 2011.

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

FREIRE FILHO, F. R.; SANTOS, J. O.; MEIRELLES, A. C. de S. Caracterização agrônômica de variedades tradicionais de feijão-caupi do Banco Ativo de Germo plasma da Embrapa Meio-Norte. Terezina- PI, p.4, 2006.

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

GOMES, A. A.; ARAUJO, A. P.; ROSSIELLO, R. O. P.; PIMENTEL, C. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.1927-1937, out. 2000.

LACERDA, A. M.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, M. J. B.; SOARES, A. L. L. S. Efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação do feijão-caupi. **Revista Ceres**, v.51, n.293, p. 67-82, 2004.

LACERDA, C. F.; CARVALHO, C. M. de; VIEIRA, M. R.; NOBRE, J. G. A.; NEVES, A. L. R.; RODRIGUES, C. F. Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.5, n.1, p.18-24, Recife-PE, 2010.

LIMA, A. A. F. Respostas fisiológicas de cultivares de feijão [*phaseolus vulgares* (L) e *vigna unguiculata* (L.) walp] submetidas à deficiência hídrica: uma alternativa para agricultura familiar do semiárido sergipano. IN: **Dissertação**, Universidade Federal de Sergipe (Área de Concentração: desenvolvimento e meio ambiente). São Cristóvão-SE, 2008. 112 p.

LIMA, I. M. P; SOBRINHO, E. E; LIRA, M. A.; CHAGAS, M. C. M. Feijão Macassar: do plantio à colheita. 17p. Natal, RN, 2009.

MACHADO, E. C. SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L. RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.

MANTOVANI, E. C.; BERNADO, S.; PALORETTI, L. F. Irrigação: Princípios e métodos. 6 ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2006.

MENEZES, J. R. de. Manejo da cultura de feijão: enfoque sistêmico. In: **Anais do Simpósio da cultura de feijão irrigado**, ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, Piracicaba, v. 4, p.35-42. 2001.

MORAES NETO, S.P.; GONÇALVES, J.L. DE M.; TAKAKI, M.; CENCI, S.; GONCALVES, J. C. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 35-45, 2000.

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C.; Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesq. Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, out. 2003.

MOUSINHO, F. E. P. Viabilidade econômica da irrigação do feijão caupi no estado do Piauí. IN: **Tese**, Universidade de São Paulo, (Agronomia, Área de Concentração: Irrigação e drenagem) 2005, 103p.

MOUSINHO, F. E. P.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FRIZZONE, J. A. Viabilidade econômica do cultivo irrigado do feijão caupi no Estado do Piauí. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.1, p.139-145, 2008.

NASCIMENTO, J; FAUSTINO, M. N S; MENESES, J. A. G; SILVA, J. V; SILVA, S. S; CARVALHO, C. M. Crescimento inicial do feijão-de-corda preto sob diferentes condições de sombreamento e adubação nitrogenada. IN: **Anais do INOVAGRI International Meeting e IV Winotec**. Fortaleza-CE, 2012.

NASCIMENTO, S. P. Efeito do déficit hídrico em feijão caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca. IN: **Tese**, Universidade Federal do Piauí, (Agronomia, Área de concentração: produção vegetal), Teresina-PI, 2009.109p.

NEVES JÚNIOR, E. S.; XAVIER, F. L. Avaliação do desenvolvimento do feijão (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) cultivado em três texturas de solo na região de Imperatriz no estado Maranhão, IN: **Trabalho de Conclusão de Curso** –Universidade de Ensino Superior do sul do Maranhão (Licenciatura em Ciências Biológicas, Área de concentração: Ciências Ambientais) Imperatriz-MA, 2010. 61p.

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

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

PAVANI, L. C.; LOPES, A. S.; PEREIRA, G. T. Desenvolvimento da cultura do feijoeiro submetida a dois sistemas de manejo de irrigação e de cultivo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 453-459, 2009.

PILAU, F. G.; BONNECARRÈRE, R. A. G.; DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L.; MARTIN, T. N.; PEREIRA, C. R.; MANFRON, P. A. Transpiração e condutância foliar à difusão de vapor de feijoeiro irrigado em função da temperatura da folhagem e variáveis ambientais. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 29, n. 1, p. 127-131, 2007.

PIMENTEL, C.; PEREZ, A. J. C. Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca, em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.31-39, jan. 2000.

QUEIROGA, J. L.; ROMANO, E. D. U.; SOUZA, J. R. P.; MIGLIORANZA, E. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21,n.1, p.64-68, 2003.

RAMOS, H. M. M. Características produtivas, fisiológicas e econômicas do feijão caupi para grãos verdes sob diferentes regimes hídricos. IN: **Dissertação**, Universidade Federal do Piauí (Agronomia, área de concentração: produção vegetal). Teresina-PI, 2011.109p.

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

Ribeiro, R. V.; Santos, M. G.; Souza, G. M.; Machado, E. C.; Oliveira R. F.; Angelocci, L. R.; Pimentel, C. Environmental effects on photosynthetic capacity of bean genotypes. **Pesq. Agropecu. Bras.**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 615-623, 2004.

SANTANA, M.J. DE ; CARVALHO, J.A.; ANDRADE, M.J.B. de ; GERVASIO, G.G.; BRAGA, J.C.; LEPRI, E.B. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de água na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus Vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 02, p. 532-538, 2009.

SANTOS e SILVA, C. D; SANTOS, P. A. A; LIRA, J. M. S; SANTANA, M. C. de; SILVA E JÚNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão caupi submetidas a deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, vol. 23, num 4, p.4-13, Mossoró-RN, 2012.

SANTOS, C. M.; GONÇALVES, E. R.; ENDRES, L.; GOMES, T. C. A.; JADOSKI, C. J.; NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. D. Atividade fotossintética em alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a diferentes compostagens de resíduos agroindustriais. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.3 n.3 Set.- Dez. 2010 .

SANTOS, E. R.; BORGES, P. R. S.; SIEBENEICHLER, S. C.; CERQUEIRA, A. P.; PEREIRA, P. R.; Crescimento e teores de pigmentos foliares em feijão caupi cultivado sob dois ambientes de luminosidade. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 14-19, out.-dez., 2011.

SANTOS, H. G; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. H. J. F. (Ed.) Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: **Embrapa solos**, 2006. 306p. II. Inclui apêndices. Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, A. O.; LIMA, E. A.; MENEZES, H. E. A. Rendimento de grãos de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado em diferentes densidades de plantio. **Revista Fafibe On Line**, n.3, ago. 2007.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista ciência agrônômica**, v. 44. n.1. p.86-93, 2012.

SILVA, F. G.; Comportamento fisiológico da berinjela cultivada em ambiente protegido sob taxas de reposição hídrica. IN: **Trabalho de Conclusão de Curso** –Universidade Estadual da Paraíba (Licenciatura em Ciências Agrárias) Catolé do Rocha-PB, 2012, 48p.

SILVA, G. B. S.; BETIOL, G. M. e SANO, E. E. Análise comparativa de quatro métodos de classificação supervisionada para a discriminação de fitofisionomias de cerrado. **Geografia Ensino & Pesquisa**. v. 12, n. 1, p. 3935-3947, 2008.

SILVA, J. A. Aplicação inicial de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no solo, avaliação em três cultivos sucessivos de feijão caupi. IN: **Dissertação**, Universidade Federal da Paraíba, Faculdade de Agronomia (Fitotecnia, área de concentração: Agricultura Tropical). Areia-PB, 2007, 73 p.

SOARES, C. S. Eficiência de estirpes de rizóbio no rendimento e qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp). IN: **Tese**, Universidade Federal da Paraíba (Agronomia, Área de Concentração: Sementes) Areia-PB, 2007.110p.

SOBRAL, P. V. C. Caracterização morfoagronômica e divergência genética entre acessos africanos de feijão-caupi. IN: **Dissertação**, Universidade Federal do Piauí, Faculdade de Agronomia (Ciências Agrárias, Área de concentração: Produção Vegetal). Teresina-PI, 2009, 131 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4a ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TERCEIRO, E. N. S.; SOUZA, A. S. OLIVEIRA, W. S.; BULHÕES, A. A.; PEREIRA, F. H. F. Aspectos fisiológicos do feijão caupi sob interferência de *Cyperus rotundus* e da compactação do solo. IN: **XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das plantas daninhas na ERA da Biotecnologia**. 3 a 6 de setembro de 2012, Campo Grande, MS.