



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**JUNIOR VIEGAS SOARES**

**DESENVOLVIMENTO DO FEIJOEIRO SUBMETIDO AO ESTRESSE POR  
DÉFICIT HÍDRICO**

**AREIA**

**2021**

**JUNIOR VIEGAS SOARES**

**DESENVOLVIMENTO DO FEIJOEIRO SUBMETIDO AO ESTRESSE POR  
DÉFICIT HÍDRICO**

Trabalho de graduação apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

**Orientador:** Prof. Dr. Mário Luiz Farias Cavalcanti

**AREIA**

**2021**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S676d Soares, Junior Viegas.

Desenvolvimento do feijoeiro submetido ao estresse por  
déficit hídrico / Junior Viegas Soares. -

Areia: UFPB/CCA, 2021.

67 f. : il.

Orientação: Mário Luiz Farias Cavalcanti.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Vigna unguiculata. 3. Crescimento  
vegetativo. I. Cavalcanti, Mário Luiz Farias. II.  
Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)

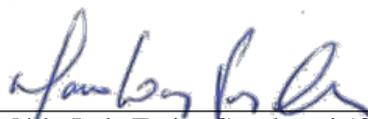
**JUNIOR VIEGAS SOARES**

**DESENVOLVIMENTO DO FEIJOEIRO SUBMETIDO AO ESTRESSE POR  
DÉFICIT HÍDRICO**

Trabalho de graduação apresentado à  
Coordenação do Curso de Agronomia,  
do Centro de Ciências Agrárias, da  
Universidade Federal da Paraíba, em  
cumprimento às exigências para  
obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo.

Aprovado em 16/07/2021.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Mário Luiz Farias Cavalcanti (Orientador)  
Departamento de Biociências/CCA/UFPB



---

Prof. Dr. Helder Farias Pereira de Araujo  
Departamento de Biociências/CCA/UFPB



---

Prof. Dr. João Everthon da Silva Ribeiro  
Departamento de Tecnologia em Gestão do Agronegócio/CESITA/UEMA

À minha mãe, pelo amor, dedicação e cuidado.  
Com muito prazer e satisfação.  
**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me concedido saúde, sabedoria, paciência, força, paz e companhia.

À minha querida sobrinha Dayana Viegas (Daday), por estar sempre comigo, mesmo morando distante.

Ao Prof. Dr. Mário Luiz Farias Cavalcanti, por seu empenho.

Ao meu pai (*in memoriam*), embora fisicamente ausente, seus ensinamentos permaneceram vivos na minha mente, dando-me força.

À minha irmã Severina Viegas pelo incentivo aos estudos.

À minha família, pelas orações, apoio e torcida.

Aos amigos de curso, em especial, Denilson Lima, Edivanilton Júnior, Gledson Silva, Juscelino Júnior, Larissa Souto, Lucas Victor (Zoba), Jeremias Peruzzo, João Henrique e Joás Gomes, pelos momentos de descontração, apoio e estudos.

À Universidade Federal da Paraíba, em especial o Centro de Ciências Agrárias, por todo o apoio e estrutura.

Aos funcionários da UFPB, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

A todos os professores do Curso de Agronomia pelos ensinamentos transmitidos ao longo desses semestres, por meio das disciplinas e debates.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.

*"Insanidade é continuar fazendo  
sempre a mesma coisa e esperar  
resultados diferentes."*

Albert Einstein

## RESUMO

O cultivo dessa cultura na nossa região é realizado predominantemente sob o regime de sequeiro, onde a irregularidade de chuvas e altas temperaturas têm contribuído consideravelmente para o déficit hídrico e conseqüentemente redução e/ou perda total da produção. Apesar desse tipo de feijão ser considerado espécie adaptada à seca, essa adaptação varia dentro da espécie. O objetivo desta pesquisa é identificar as cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L) mais tolerantes ao estresse hídrico. O presente experimento foi realizado sob condições de casa de vegetação. Esse trabalho foi desenvolvido com quatro variedades (Corujinha, Macaíba Branca, Roxinho e sempre verde), estas são as mais plantadas no Estado da Paraíba. Os tratamentos foram resultados da combinação entre as quatro cultivares de feijão-caupi com quatro valores de água disponível (AD1 = 40, AD2 = 60, AD3 = 80 e AD4 = 100% da evapotranspiração da cultura - ETc), ao longo de todo o ciclo da cultura. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em um esquema fatorial 4 x 4, com três repetições, perfazendo 16 tratamentos e 48 parcelas. Foram avaliadas altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, fitomassa da parte aérea e fitomassa da raiz. Os efeitos “cultivares” e “déficit hídrico” foram avaliados em um esquema fatorial por meio de análise de variância com teste “F”. Realizou-se análise de regressão polinomial no fator “déficit hídrico”, por se tratar de um fator quantitativo, com o intuito de explicar através de modelos matemáticos, o efeito do déficit hídrico em cada variável estudada. Com relação ao fator “cultivares”, por ser qualitativo, aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias. As lâminas de água aplicada influenciaram de forma significativa nas cultivares, na altura das plantas, no diâmetro do caule, no número de folhas, na área foliar e na fitomassa da parte aérea. A cultivar roxinho apresentou as maiores médias na maioria das variáveis.

**Palavras-Chave:** *Vigna unguiculata*; crescimento vegetativo; água disponível.

## ABSTRACT

The cultivation of this crop in our region is carried out predominantly under the rainfed regime, where the irregularity of rains and high temperatures has contributed considerably to the water deficit and, consequently, reduction and / or total loss of production. Although this type of bean is considered a species adapted to drought, this adaptation varies within the species. The objective of this research is to identify how to grow cowpea (*Vigna unguiculata* L) more tolerant to water stress. This work was developed with four varieties (Corujinha, Macaíba Branca, Roxinho and Sempre Verde), these are the most planted in the State of Paraíba. The present experiment was carried out under greenhouse conditions. The treatments resulted from the combination of the four cowpea cultivars with four available water values (AD1 = 40, AD2 = 60, AD3 = 80 and AD4 = 100% of the crop evapotranspiration - ETc), throughout the cycle of culture. The experimental design was randomized blocks in a 4 x 4 factorial scheme, with three replications, totaling 16 treatments and 48 plots. Plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, aerial phytomass and root phytomass were evaluated. The “cultivar” and “water deficit” effects were evaluated in a factorial scheme through analysis of variance with the “F” test. Polynomial regression analysis was performed on the factor “water deficit”, as it is a quantitative factor, in order to explain, through mathematical models, the effect of water deficit on each variable studied. Regarding the factor “cultivars”, as it is qualitative, the Tukey test was applied to compare the averages. The water depths applied significantly influenced the cultivars, the height of the plants, the diameter of the stem, the number of leaves, the leaf area and the phytomass of the aerial part. The cultivar roxinho presented the highest averages in most of their parameters.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*; plant growth; available water.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Resultados das análises de variância para altura de plantas (AP) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021. .....	31
Tabela 02. Médias da altura de planta (AP) das cultivares em função da água disponível. .....	31
Tabela 03. Regressão polinomial para altura da planta em função da água disponível. .....	32
Tabela 04. Resultados das análises de variância para diâmetro do caule (DC) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021.....	32
Tabela 05. Regressão polinomial para o diâmetro do caule (DC) em função da água disponível.....	33
Tabela 06. Resultados das análises de variância para número de folhas (NF) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021. .....	34
Tabela 07. Médias do número de folhas (NF) das cultivares em função da água disponível. .....	34
Tabela 08. Regressão polinomial para o número de folhas (NF) em função água disponível .....	35
Tabela 09. Resultados das análises de variância da área foliar (AF) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021. .....	35
Tabela 10. Médias da área foliar (AF) das cultivares em função da água disponível.....	36
Tabela 11. Regressão polinomial para área foliar (AF) em função da água disponível..... .....	37
Tabela 12. Resultados das análises de variância do diâmetro do caule (DC) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021. .....	37
Tabela 13. Médias do diâmetro do caule (DC) das cultivares em função da água disponível.....	38

Tabela 14. Regressão polinomial para o diâmetro do caule em função da água disponível. .....	38
Tabela 15. Resultados das análises de variância do número de folhas (NF) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021. .....	39
Tabela 16. Médias do número de folhas (NF) das cultivares em função da água disponível. .....	39
Tabela 17. Regressão polinomial para número de folhas (NF) em função da água disponível.....	40
Tabela 18. Resultados das análises de variância da área foliar (AF) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021. .....	40
Tabela 19. Médias da área foliar (AF) das cultivares em função da água disponível. .....	41
Tabela 20. Regressão polinomial para área foliar em função da água disponível.....	42
Tabela 21. Resultados das análises de variância Fitomassa da Parte Aérea (FPA) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021. .....	42
Tabela 22. Médias da fitomassa da parte aérea (FPA) das cultivares em função dos valores de água disponível.....	43
Tabela 23. Regressão polinomial para Fitomassa da Parte Aérea (FPA) em função da água disponível.....	44
Tabela 24. Resultados das análises de variância Fitomassa da Raiz (FR) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021. ....	44
Tabela 25. Médias da fitomassa da raiz (FR) das cultivares em função dos valores de água disponível.....	44
Tabela 26. Regressão polinomial para a fitomassa da raiz (FPA) em função da água disponível.....	45
Tabela 27. Resultados das análises de variância da relação raiz/parte aérea (R/PA) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021.....	46
Tabela 28. Regressão polinomial para a relação raiz/parte aérea (R/PA) em função da água disponível.....	46

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
2.1. Origem e distribuição geográfica do feijão-caupi .....	15
2.2. Descrição botânica .....	16
2.3. Algumas características importantes do feijão-caupi .....	17
2.4. Importância econômica do feijão-caupi .....	19
2.5. Importância social do feijão-caupi .....	20
2.6. O feijão-caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> L.) versus estresse hídrico .....	21
2.7. A importância de estudos relacionados ao estresse hídrico no feijão-caupi ....	23
2.8. Algumas modificações geradas por estresse hídrico na maioria das plantas ...	25
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	28
3.1. Localização do experimento .....	28
3.2. Condução do experimento .....	28
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	32
4.1. Altura de plantas (AP) .....	32
4.2. Diâmetro do caule (DC) .....	33
4.3. Número de folhas (NF) .....	34
4.4. Área foliar (AR) .....	36
4.5. Diâmetro do caule (DC) .....	38
4.6. Número de folhas (NF) .....	40
4.7. Área foliar (AF) .....	41
4.8. Fitomassa da parte aérea (FPA) .....	43
4.9. Fitomassa da raiz (FR) .....	45
4.10. Relação raiz/parte aérea (F/PA) .....	46
<b>CONCLUSÃO</b> .....	48
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	49

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é conhecido por diversos nomes, dependendo da região e, isso provoca confusão nas pessoas. Os nomes mais usados no Brasil são: feijão-macassa, feijão-macassar e feijão-de-corda, isso na região Nordeste; Já na região Norte, como feijão-de-praia, feijão-da-colônia e feijão-de-estrada; Na região Sul, comumente chamado de feijão-miúdo (FREIRE FILHO; CARDOSO; ARAÚJO, 1983).

O feijão-caupi é uma espécie da família das leguminosas considerada uma das mais importantes fontes de alimento, nas regiões tropicais e subtropicais e representa para as populações das regiões Norte e Nordeste do Brasil importante atividade socioeconômica (BEZERRA e al, 2014). Por ser muito utilizada como fonte de proteína, essa cultura vem contribuindo para segurança alimentar em grandes regiões da África, Ásia e América do Sul (BURRIDGE et al, 2017).

Vale informar que, em 2011, segundo Freire Filho (2011), os três maiores países produtores do feijão-caupi eram: Nigéria (2,1 milhões de toneladas), Niger (1,6 milhão de toneladas) e Burkina Faso (571 mil toneladas). O Brasil, Mali e Tanzânia também estão entre os principais produtores. Já com relação à produtividade, a Croácia, Palestina, República da Macedônia, Trinidad Tobago, Bósnia Herzegovina, Egito e Filipinas se destacam, pois conseguem acima de 2.500 kg ha<sup>-1</sup> (MENEZES JÚNIOR et al., 2017). O feijão-caupi é uma das culturas de ciclo curto dos países tropicais e subtropicais mais cultivada no mundo (LANGYINTUO et al., 2003) apresenta um consumo per capita de 19,56 kg pessoa<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e o preço médio histórico da saca de US\$ 31,96 (AGRIANUAL, 2013).

Dados de 2015 apontam a Nigéria como maior produtor e consumidor da cultura, respondendo por 61% da produção na África e 58% no mundo (IITA 2015). Estimativas sugerem que mais de 12,5 milhões de hectares são cultivados todos os anos com feijão-caupi no mundo (SILVA, 2015; CISSE; HALL, 2015) e cerca de 9,8 milhões de hectares (78% da área mundial) são cultivadas na parte central e ocidental da África tornando-se as regiões maiores produtores da cultura mundialmente (CISSE; HALL, 2015). Na Nigéria o rendimento médio de grão seco é de 417 kg ha<sup>-1</sup>, o Níger com 171 kg ha<sup>-1</sup> (SINGH et al., 2002) e o Brasil com 365,5 kg ha<sup>-1</sup> (FREIRE FILHO et al., 2011). Essa espécie de feijão é conhecida nos Estados Unidos e Nigéria por cowpea, enquanto em Moçambique por feijão-nhamba (FREIRE FILHO et al., 2011).

De acordo com Silva (2015), em 2015 o Brasil já era o terceiro maior produtor mundial da cultura e a sua produção é concentrada nas regiões Nordeste e Norte com cerca de

1,2 milhão e 55, 8 mil hectares, respectivamente, onde é usado principalmente na alimentação humana (SILVA, 2015). A cultura nessas regiões é amplamente produzida pelos pequenos agricultores, normalmente em regime de sequeiro, percebendo-se ao longo da última década, o aumento da área com cultivos comerciais com o uso de irrigação, dessa forma contribuindo com 35,6 % da área plantada e 15 % da produção de feijão total no país (FREIRE FILHO et al., 2011; SILVA, 2015).

O feijão-maccassar é um importante produto agrícola produzidos no Brasil, pois é um alimento rico em proteínas e minerais, além de fazer parte da cultura alimentar brasileira (EMBRAPA, 2014), tornou-se a principal cultura de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil (BEZERRA, 2010). Por ser uma cultura rica em proteína, aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais tem sido de grande valor estratégico para a segurança alimentar e nutricional em vários países do mundo (CISSE; HALL, 2015). É utilizado como alimento básico das populações carentes, exercendo importante função social no suprimento das necessidades nutricionais dessa camada, pois é uma significativa fonte de proteína vegetal, cujo maior consumo é verificado na forma de grão seco (BASTOS et al., 2012).

No ano de 2012, a produção média do feijão caupi foi de 330.216 toneladas, concentradas nas regiões Nordeste, Norte e Centro Oeste, (EMBRAPA, 2012), com enfoque para região Nordeste do país, por ser uma cultura adaptada às irregularidades das chuvas e às altas temperaturas da região. Os estados que se destacam pela produção na região, estão o Ceará, Maranhão, Bahia e Piauí, com uma produção de 51.303, 34.837, 27.891 e 26.520 toneladas, respectivamente (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2015).

O semiárido nordestino e pequenas áreas na Amazônia são destaques na produção nacional, onde são cultivadas pela agricultura familiar com práticas tradicionais de cultivo, com baixíssimo uso de tecnologias e baixas produtividades de grãos (LIMA FILHO et al, 2013; MENEZES JÚNIOR et al., 2017). A área plantada com feijão-caupi é de 34% e 15,6% da produção de feijão do Brasil, onde para cada hectare cultivado gera-se um emprego/ano (OLIVEIRA, 2011). Os maiores consumos nacionais desse feijão estão nas Regiões Nordeste e Norte, principalmente na zona rural, variando de 9,2 a 21,8 kg pessoa<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> com média regional de 15 kg pessoa<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (FREIRE FILHO, 2011). Na Região Norte, destacam-se na produção do feijão-caupi os estados de Amapá, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins (EMBRAPA, 2015). Segundo Souza et al, (2011), São grandes áreas cultivadas no Brasil com a cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), que desempenha função importante socioeconômico na agricultura familiar, principalmente nas regiões Norte e Nordeste

As cultivares de feijão-caupi possuem características genéticas, fisiológicas e

morfológicas intrínsecas e, por conseguinte, respondem de forma diferenciada às condições edafoclimáticas de cada local; por isso, uma correta indicação às condições locais proporciona maior segurança ao cultivo; evitando prejuízos futuros, assim, torna-se relevante e se faz necessária à avaliação de novas linhagens e cultivares no ambiente de exploração do produtor (SANTOS, 2013). Às formas de cultivo, baixo nível tecnológico empregado na agricultura familiar, juntamente com a influência do déficit hídrico nas fases críticas da cultura, podem ser considerados como os principais responsáveis pela baixa produtividade nacional da cultura (SABOYA et al., 2013). Diante disso, é indispensável identificar e desenvolver cultivares tolerantes à seca e de alta produtividade adaptadas as diferentes condições agroclimáticas (FATOKUN et al., 2009; VALDEZ et al., 2012). Essa baixa produtividade ainda pode ser acentuada por outros fatores, como uso de sementes não melhoradas, cultivo em solos de baixa fertilidade, bem como, ocorrência de precipitações irregulares (NASCIMENTO et al., 2011; SABOYA et al., 2013), porém a redução da produtividade do feijão-caupi é principalmente ocasionada pela deficiência hídrica (MUCHERO et al., 2009).

No mundo, o feijão-caupi é cultivado em regiões áridas e semiáridas, por isso, é considerado como uma das leguminosas alimentícias mais tolerantes ao déficit hídrico (MOUSA e QURASHI, 2018). Por apresentar baixa exigência tanto em nutrição como em água torna possível ser cultivada em diferentes regiões (FREIRE FILHO, 2011). Segundo Ehlers e Hall (1997), essa cultura desenvolve-se melhor em temperatura variando de 18 a 37 °C, com o ponto ótimo próximo de 28 °C, se a temperaturas for abaixo de 18 °C aumenta o desenvolvimento vegetativo, aumentam consideravelmente o ciclo da planta, facilitam o ataque de doenças e atrasam o início da floração. Segundo Silva et al. (2010) a quantidade indispensável de lâmina de irrigação total para um bom desenvolvimento dessa cultura, fica na faixa de 370 a 570 mm. Segundo Andrade Júnior et al. (2002) o feijão-caupi pode ser cultivado em diversos solos, entre eles estão; Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Flúvicos.

A etapa crucial para o sucesso da cultura e do agricultor é escolha adequada da cultivar de feijão-caupi, sabendo que a produtividade é resultado de seu potencial genético, expresso em condições edafoclimáticas da região de cultivo e pela adoção do manejo recomendado para a cultura (ROCHA et al, 2017)

Em virtude da importância dessa cultura, principalmente para os pequenos agricultores que vivem nas regiões semiáridas, percebe-se a essencialidade de trabalhos que visem aumentar a produtividade nessas áreas, e a escolha de uma cultivar que seja mais adaptada as condições de estresse hídrico é um dos primeiros passos para obter sucesso. Com isso,

melhorar a qualidade de vida desses agricultores, garantindo segurança alimentar, aumentando a renda, reduzindo prejuízos pela seca e ajudando dessa forma a diminuir o exodo rural. O objetivo desta pesquisa é avaliar a influência do estresse por déficit hídrico no desenvolvimento da cultura do feijão caupi.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Origem e distribuição geográfica do feijão-caupi

Com origem no continente africano, foi trazido para o Brasil pelos colonizadores portugueses, isso na segunda metade do século XVI, entrou pelo o Estado da Bahia e depois levado para os outros estados do Nordeste, assim como para os Estados das Regiões Norte, e para outras regiões do Brasil (FREIRE FILHO et al, 2011; SOUZA et al, 2016). É uma espécie que se desenvolve adequadamente em diversas regiões do mundo, adaptando-se tanto a terras altas como baixas, na África, Ásia, América Latina e na América do Norte (FREIRE FILHO et al, 2005a).

Segundo Faris (1965) e Rawal (1975) o feijão-macassar teve origem na parte Oeste do continente africano. Em seguida, Steele e Mehra (1980) assim como Ng e Maréchal (1985) confirmam esta hipótese, além de delimitarem a Nigéria como sendo o centro primário de diversidade de *V. unguiculata*.

No Brasil, o feijão-caupi foi introduzido na segunda metade do século XVI, isso ocorreu no Estado da Bahia pelos colonizadores portugueses (FREIRE FILHO et al, 1988). No entanto, Gandavo (2002) relata que já havia vestígio que o Brasil em 1568 já detinha uma grande variedade de feijões. Segundo Souza (1974), era cultivado na Bahia em 1587 uma grande quantidade de variedades de feijões e favas. Apesar de não haver a certeza de quais feijões eram cultivados, seguindo algumas evidências acredita-se que o feijão-caupi já estava presente, isso porque conforme Barracloug (1995), desde 1549, com a criação da Bahia como capital administrativa do Brasil, o comércio com o Oeste da África, de Guiné a Angola, era extremamente intenso. Da Bahia, se espalhou pela zona da mata de Alagoas Pernambuco e então, chegou aos sertões semiáridos e ao agreste. Já na região Norte acredita-se que foi introduzido no século XVIII por colonizadores nordestinos e atualmente o feijão de corda também pode ser encontrado nas outras regiões do Brasil (GUAZELLI, 1988).

Acredita-se que na Índia, o feijão-caupi teria sido introduzido no período Neolítico (PANT *et al.*, 1982; ARORA, 1985). Nesse país, ocorrem 14 espécies de *Vigna* pertencentes aos subgêneros *Ceratopteris*, *Vigna*, *Ptectotropis*, *Macrorhynchus* e *Dolichovigna*, sendo o segundo centro em diversidade. Apesar disso não há exemplares selvagens do subgênero *Vigna*, só ocorrendo uma grande variedade das formas cultivadas. O feijão-caupi está disseminado praticamente em todo o mundo (NG e MARÉCHAL, 1985).

## 2.2. Descrição Botânica

Provavelmente, por existir uma grande variabilidade genética dentro da espécie (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e nas espécies silvestres geneticamente mais próximas, em função disso a classificação da espécie domesticada foi bastante dificultada. Inicialmente o feijão-caupi foi classificado nos gêneros *Phaseolus* e *Dolichos*, até ser reclassificado no gênero *Vigna*, o qual foi estabelecido por Sellschop (1962). Houve várias classificações na espécie, até chegar à atual. De acordo com Vijaykumar et al, (2010) o feijão-caupi é um planta Eudicotyledonea, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp., subdividida em quatro cultigrupos *Unguiculata*, *Sesquipedalis*, *Biflora* e *Textilis*. Essa é a classificação aceita cientificamente.

A classificação aceita cientificamente da espécie e subespécies foi proposta por Marechal (1978) que está de acordo com a adotada por Verdcourt (1970). Marechal admite variação dentro da mesma subespécie e separa as cultivadas das selvagens por meio das categorias cultigrupo (cv-gr) e variedade (var.), respectivamente. Na espécie *V. unguiculata*, a subespécie *unguiculata* compreende as formas cultivadas de quatro cultigrupos: ‘*Unguiculata*’ sendo a mais comum nas culturas fornecedoras de grãos; ‘*Biflora*’ ou ‘*Catjang*’ são forrageiras cultivadas mais comumente na Ásia; ‘*Sesquipedalis*’, comum na Ásia onde se consomem em saladas, por apresentarem as vagens longas e tenras (chamadas de feijão de metro) e as cultivadas no oeste da África para produção de fibras, a partir dos longos pedúnculos (MARECHAL *et al.*, 1978).

Embora a classificação proposta por Marechal seja a mais aceita, Lush (1979) e Ng (1990) concordam que esta classificação deixa de fora alguns aspectos importantes. Pasquet (1996) propôs uma nova hipótese evolutiva para o feijão-caupi, isso baseado em dados morfológicos e biogeográficos, isoenzimáticos e no estudo de sistema de cultivo. Os dados sugerem que antes do período pleistoceno, devido à necessidade de umidade, teria ocorrido a primeira diversificação. Em seguida um proto-taxon mais adaptado para áreas secas se espalhou em áreas que vão do Congo à Etiópia e da região do Transvaal até a fronteira entre Congo e Zambesi. Alterações de clima isolaram os taxons em subespécies e o último evento parece ter sido a evolução do sistema reprodutivo de polinização cruzada para autopolinização. O possível progenitor do caupi domesticado é *V. unguiculata* ssp. *unguiculata* var. *spontanea*, taxon que pode ser encontrado em todo o continente africano. O gênero *Vigna* contém aproximadamente 170 espécies, com distribuição pantropical, onde 120 estão presentes na África, sendo 66 delas endêmicas, 22 espécies na Índia e sudeste da Ásia,

com 16 endêmicas, e em menores quantidades nas Américas e na Austrália (FARIS, 1965; GHAFUO *et al.*, 2001). Apesar de haver fortes evidências, os estudos ainda não são conclusivos, onde apontam para as variedades *mensensis* e *dekindtiana* como prováveis ancestrais da espécie *V. unguiculata* ssp. *unguiculata*. Smartt (1985) diz ser razoável propor que a variedade *mensensis* deu origem a subespécie *unguiculata*, analisando que a mesma apresenta-se mais distante das formas cultivadas, constituindo-se em um tipo intermediário.

### **2.3. Algumas Características Importantes do Feijão-Caupi**

As fases fenológicas do feijão-caupi foram divididas em duas por Campos *et al.* (2000), onde a primeira é a fase vegetativa e a segunda a reprodutiva. A fase vegetativa é composta por: V0 – Semeadura; V1 – Aparecimento dos cotilédones na superfície do solo; V2 – Apresenta suas folhas unifolioladas completamente abertas e com separação completa das suas duas margens; V3 – Com sua primeira folha trifoliolada apresentando os folíolos separados e abertos; V4 – Apresenta sua segunda folha trifoliolada com os folíolos separados e totalmente abertos; V5 - Apresenta sua terceira folha trifoliolada com os folíolos separados e completamente abertos; V6 – Surgimento nas axilas das folhas unifolioladas os primórdios dos ramos secundário, nas axilas das primeiras folhas trifolioladas também podem ser visto; V7 – O ramo secundário apresenta a primeira folha completamente aberta; V8 – O ramo secundário apresenta a segunda folha completamente aberta; V9 – O ramo secundário apresenta a terceira folha completamente aberta. Já com relação à fase reprodutiva, ela é composta por: R1 – No ramo principal inicia o desenvolvimento dos primórdios do primeiro botão floral; R2 – Encontra-se a abertura da primeira flor, normalmente desenvolvida a partir do primeiro botão floral; R3 – Encontra-se a primeira vagem no início de maturidade, geralmente desenvolvida a partir da primeira flor. Nesse estágio inicia a mudança de cor das vagens, em função do início da secagem; R4 – Encontra-se o processo de maturidade presente em 50% das vagens; e R5 – Encontra-se o processo de maturidade atingindo 90% das vagens da planta.

De acordo com Paiva *et al.* (1972), o ciclo do feijão-caupi, pode ser dividido em: ciclo curto, no qual as plantas desse grupo chegam a maturidade em até 60 dias depois da sementeira; As ciclo médio, que engloba as plantas que chegam na maturidade entre 60 e 90 dias depois da sementeira; e as de ciclo tardio, faz parte desse grupo as plantas que atingem a maturidade depois de 90 dias da sementeira. Entretanto, Freire Filho *et al.* (2005) fizeram algumas alterações nessa classificação, separando da seguinte forma: Plantas de ciclo super precoce, na qual engloba aquelas que atingem a maturidade até 60 dias depois da sementeira;

as de ciclo precoce, engloba as que chegam na maturidade entre 61 e 70 dias depois da sementeira; as de ciclo médio, na qual as plantas que pertencem a esse grupo atingem a maturidade entre 71 e 90 dias depois da sementeira e, por fim, as de ciclo tardio, na qual as plantas atingem a maturidade a partir de 91 dias depois da sementeira.

De acordo com Vale, Bertini e Borém (2017, 267p.) o feijão caupi também pode ser classificado com relação a outros aspectos, como hábitos de crescimento, onde pode determinado ou indeterminado arbustivo, indeterminado com ramificação ereta aberta, e trepador. A sementeira realizada numa profundidade de 2 a 3 cm, com temperatura de 28°C, a germinação ocorre de 2 a 3 dias. A abscisão dos cotilédones no feijão-caupi, momento no qual as reservas são translocadas para as zonas de crescimento, isso acontece após cinco dias da germinação. (VALE; BERTINI; BOREM, 2017). Acima do colo da planta, na faixa axial da região inferior do hipocótilo, o sistema radicular basal emerge (VALE; BERTINI; BOREM, 2017).

Podendo chegar até quatro metros de comprimento, o caule do feijão-caupi pode ser de forma angular ou cilíndrico, podendo ainda ser estriado, liso, além de possuir pelos e pigmentos de coloração roxa (VALE; BERTINI; BOREM, 2017). O feijão-macassar apresenta folhas compostas, seu limbo é dividido em três folíolos. Sua folha é formada por um folíolo terminal simétrico e dois folíolos laterais assimétricos (VALE; BERTINI; BOREM, 2017). Usa-se na classificação taxonômica a forma da folha para distinguir genótipos de feijão-caupi, quanto à forma, podem ser divididas em; linear, lanceolada a ovalada. A classificação das formas da folha do feijão-caupi pelo Instituto Internacional para a Agricultura Tropical (IITA) é dividida em quatro classes e, elas são: subglobosa, sublanceolada, globosa e lanceolada (POTTORFF et al., 2012).

Segundo Vale, Bertini e Borem (2017, 267p.) o processo de autofecundação é predominante na reprodução das espécies de feijão-caupi. A taxa de cruzamento natural é muito baixa, podendo variar conforme o ambiente e o genótipo. As pétalas protegem os órgãos responsáveis pela reprodução, há também a ocorrência da protoginia, no qual a maturação do gineceu acontece antes do androceu, outro sistema presente nessa espécie que beneficia a autofecundação é a cleistogamia, processo no qual a polinização acontece antes mesmo da abertura da flor.

Segundo Oliveira e Carvalho (1988) o início da floração do feijão-caupi é retardado, enquanto seu ciclo vegetativo é promovido, caso as temperaturas noturnas sejam baixas, nas cultivares mais sensível pode inibir totalmente o florescimento. Já a ocorrência de altas temperaturas durante a fase de florescimento, provocam abortamento de flores, reduzindo o

pegamento e conseqüentemente a produção, Já com relação as baixas temperaturas, elas tendem a prolongar o ciclo da planta. Temperaturas noturnas de 30°C provocam no feijão-caupi baixa viabilidade dos grãos de pólen (FREIRE FILHO et al., 2005). Durante as fases de floração e de enchimento das vagens, a exigência de água do feijão-caupi aumenta. Se o déficit hídrico for moderado, a planta tende a reduzir o seu ciclo fenológico, tornando-se mais precoce. Já se o déficit hídrico for severo, os processos reprodutivos são retardados (VALE; BERTINI; BOREM, 2017).

#### **2.4. Importância Econômica do Feijão-caupi**

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), Segundo Dutra e Teófilo (2007) é uma das leguminosas cultivadas que mais se adapta aos diversos ambientes, além de ser nutritivo, seu uso também pode ser bastante diversificado, pode ser utilizado como forragem verde, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal, adubo verde e proteção do solo. Sua importância é gigantesca, pois são fonte nutricional apresentando alto teor proteico, energético, fibras alimentares e minerais e ainda gera emprego e renda. (FROTA et al. 2008). Por ser uma cultura de utilização diversificada, além do seu alto potencial produtivo, tudo isso tem proporcionado o aumento de pesquisas nos últimos anos, com isso, um aumento na produtividade, que juntamente com outros fatores vêm despertando o interesse de médios e grandes produtores pela cultura (XAVIER et al. 2007). Como resultado dessas pesquisas, o feijão-caupi passou a ser cultivado em grandes áreas das regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, sendo cultivado tanto como cultura principal como de safrinha, especialmente no Cerrado piauiense, onde a área plantada tem aumentado de forma significativa (BEZERRA et al. 2014).

O feijão-caupi é uma cultura que estimula a economia, gerando empregos, abastecendo uma cadeia produtiva-comercial, que se estende desde o agricultor familiar ao empresarial e vai até o consumidor da zona rural, das pequenas cidades e dos grandes centros urbanos do País (FREIRE FILHO et al, 2017). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial da cultura e a sua produção se concentra nas regiões Nordeste e Norte (FREIRE FILHO et al., 2005). Anualmente produzem-se em torno de 482 mil toneladas, sendo Piauí, Ceará, Bahia e Maranhão os maiores produtores nacionais os quais também apresentam as maiores áreas plantadas (FREIRE FILHO et al., 2011). Moçambique, em termos de área de produção, o feijão-caupi ocupa a quarta posição e, é considerada a quinta cultura mais importante, ficando atrás apenas do milho, mandioca, amendoim e arroz. Sendo a segunda leguminosa mais importante depois do amendoim, com uma área de cultivo de aproximadamente 212 mil

hectares, com um rendimento médio de 300 kg ha<sup>-1</sup> (INE, 2010).

A comercialização do feijão-caupi possui três segmentos de mercado bastante conhecidos, são eles; grãos secos, feijão verde com vagem ou grão verde debulhado e sementes. No Brasil, essa espécie vem atraindo atenção dos produtores e com isso passando por grandes mudanças, entre elas a expansão do cultivo para outras regiões, uma melhor padronização do produto, uso de processamento industrial, além de ser tornar produto de exportação, com isso, atingindo novos mercados. A preferência por um determinado tipo de grão de feijão-caupi muda conforme cada país e de região para região (FREIRE FILHO, 2011).

De acordo com Freire Filho et al (2017), o feijão-caupi, antes era cultivado principalmente por pequenos agricultores das Regiões Norte e Nordeste do País, porém nos últimos 10 anos isso vem mudando, o cultivo tem se expandido, especialmente, nas áreas de cerrado das Regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, onde é cultivado na forma de safrinha por médios e grandes produtores, de base empresarial, com o uso da mesma tecnologia empregada no cultivo da soja; com isso, o feijão-caupi vem sendo ofertado em maior quantidade no Brasil e também no exterior. Apesar de ainda ser produzido na sua maior parte por pequenos agricultores, essa cultura tem desempenhado um novo papel no cenário agrícola em que o cultivo por médios e grandes produtores vem sendo adotado principalmente na região Centro-Oeste, onde a cultura apresenta grande importância econômica, sendo produto de exportação (TEODORO et al, 2014). Mais recentemente, tem se destacado a produção da cultura na região Centro-Oeste do país, principalmente em Goiás, em razão do desenvolvimento de cultivares com características que favorecem o cultivo mecanizado que de certa forma contribui na franca expansão da cultura (TEIXEIRA et al., 2010).

De todo o feijão produzido no Brasil, a produção de feijão-caupi corresponde a aproximadamente 18%. (CEPA/EPAGRI, 2011), sendo um dos principais componentes da alimentação da população, além de importante gerador de emprego e renda, dessa forma ajudando a melhorar a qualidade de vida desses agricultores (RAMOS, 2011).

## **2.5. Importância Social do Feijão-caupi**

No âmbito social, configura como importante suprimento alimentar, tornando-se a principal fonte de proteína para as populações rurais (FREIRE FILHO et al, 2005a; FREIRE FILHO et al, 2011; TORRES et al, 2014; SOUZA et al, 2016; BASTOS, 2011). No geral, sua composição nutricional apresenta perto de 60% de carboidratos, 1,3% de gorduras e 3,9% de fibras. Com valor proteico, em torno de 23,4% da composição média da semente, sendo

superior ao do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) (TORRES et al, 2014). Nos últimos tempos seu cultivo vem se expandindo de forma mais intensa para as regiões Centro-Oeste e Sudeste do país (FREIRE FILHO et al, 2011), chegando a ser produzindo em grandes áreas, usando tecnologias e destinado ao mercado exterior.

É irrefutável a importância do feijão na alimentação e na economia da população do Brasil. Sendo um alimento básico e acessível aos brasileiros, é tradicionalmente consumido na forma in natura por qualquer classe social, mas a importância é acentuada para as classes de renda mais baixa, pois apresenta um custo menor (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2015). Podem ser usados na alimentação, suas folhas frescas, vagens verdes e grãos seco e verdes (ARAÚJO et al., 1984; CGIAR, 2015; QUIN, 1997). O caupi exerce um papel essencial na subsistência alimentar de muitas famílias na África, América do sul e Ásia (CGIAR, 2015; CISSE e HALL, 2015). Em algumas áreas tropicais de países em desenvolvimento, como em algumas zonas na África e no Nordeste brasileiro, essa espécie é cultivada apenas durante o período das chuvas, pois o estresse hídrico diminui de forma significativa a produção de biomassa, sendo o fator mais limitante (DONOHUE et al, 2013). O feijão-caupi ajuda a diminuir o êxodo rural.

Reforçando a ideia, Lima et al., (2007) também diz que cultura apresenta grande importância na alimentação das populações que vivem nas regiões onde são cultivadas, principalmente as mais carentes, pois fornece um alimento de alto valor nutritivo sendo um dos principais componentes da dieta alimentar. Para o cultivo na agricultura familiar, as cultivares deve apresentar, preferencialmente, crescimento indeterminado, porte semi-prostado amplo ciclo produtivo e vagens grandes. Nesse método, o pequeno produtor tem preferência por cultivares com longo período de floração e frutificação, que possibilite mais de uma colheita (SOUSA, 2013). Grande maioria dos pequenos agricultores planta para sua subsistência, geralmente cultivam nos períodos das chuvas e armazenam parte da produção para alimentação durante o restante do ano.

## **2.6. O feijão-caupi (*Vigna unguiculata L.*) versus estresse hídrico**

De acordo com Ramos et al (2014), a cultura responde de forma diferente à aplicação de água, variando conforme as cultivares e as condições de clima da região. Dessa forma afetando o rendimento dos grãos, por isso o feijão-caupi é considerado uma planta sensível tanto à deficiência hídrica quanto ao excesso de água no solo. Já Xavier et al (2007) diz que o feijão-caupi é uma espécie que pode ser considerada tolerante à deficiência hídrica, tendo em vista que a maior parte da produção brasileira concentra-se na região Nordeste, onde a

irregularidades de chuvas é comum, além da baixa disponibilidade de nutrientes e praticamente não se usa irrigação. Aidar et al. (2002), informa que o déficit hídrico afeta o desenvolvimento do feijoeiro, pois provoca queda das flores, até mesmo abortamento de vagens, com isso comprometendo à produção.

Costa et al (2011), também confirma que o feijão-caupi é uma cultura que apresenta baixa exigência de água e nutrientes, isso quando comparadas a outras leguminosas, como o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e a soja (*Glicine max* L.). A quantidade de água exigida por essa cultura varia de acordo com o estágio de desenvolvimento, onde apresenta um valor mínimo na germinação e um valor máximo na floração e formação de vagens, e decrescendo a partir do início da maturação (NASCIMENTO et al, 2011). O grau de tolerância do caupi ao estresse hídrico varia conforme os genótipos (COELHO et al., 2013). O feijoeiro exige água em quantidade variável durante as fases de crescimento, desenvolvimento e enchimentos de grãos (GUBIANI et al, 2014).

Igualmente as demais culturas, o rendimento do feijão-caupi é muito afetado pela disponibilidade de água no solo. Resultados de trabalhos evidenciam que os estádios mais críticos são; período de floração e de enchimento de grãos. (BEZERRA et al., 2003; GOMES FILHO;TAHIN, 2002; NASCIMENTO et al., 2011). O déficit hídrico no feijão-caupi provoca mudanças morfofisiológicas, pois afeta a relação entre a célula e a água (CORDEIRO et al, 2009) podendo diminuir o seu ciclo de vida. A deficiência de água também podem acarretar alterações bioquímicas a nível celular do feijoeiro, como exemplo as peroxidases, alterações nas proporções de aminoácidos e aumentos na concentração de prolina, isso, são ocasionados por distúrbios no metabolismo das proteinases, eventualmente para manutenção do potencial hídrico da folha, que aumenta o teor deste aminoácido, por conseguinte o ajuste osmótico e defesa da planta à desidratação (SOUSA et al,2015).

Segundo Nóbrega et al. (2001) a redução do teor de umidade no solo influencia os processos fisiológicos, resultando num menor crescimento foliar, isso está associado positivamente à inibição da atividade fotossintética, o que limitará a produtividade da cultura. Uma menor área foliar e mudança na orientação dos folíolos são os principais mecanismos morfofisiológicos que a cultura apresenta em ambiente de déficit hídrico, juntamente com o desenvolvimento profundo de sistema radicular e alta condutividade hidráulica na raiz, aumentando dessa forma a capacidade de captação de água e o controle da abertura dos estômatos (LEITE; VIRGENS FILHO, 2004; NASCIMENTO et al., 2011). Na região Nordeste do Brasil, a produção de feijão-caupi tradicionalmente se concentra nas áreas semiáridas, onde outras culturas leguminosas de ciclos anuais, em razão da irregularidade das

chuvas e das altas temperaturas, não se desenvolvem satisfatoriamente (FREIRE FILHO, 2011).

Nascimento et al. (2011), ao avaliar o efeito do déficit hídrico em feijão-caupi no período da fase reprodutiva, constataram que o déficit hídrico também reduziu a área foliar em 20%. Bastos et al. (2011) observaram em suas pesquisas que o déficit hídrico reduziu em 20% o índice médio de área foliar, 16% o índice médio de clorofila, 175% o número médio de vagens por planta e em 60% a produção de grãos secos em genótipos de feijão-caupi sob déficit hídrico em Teresina-PI.

## **2.7. A importância de estudos relacionados ao estresse hídrico no Feijão-caupi**

A deficiência hídrica pode ser considerada como um dos principais fatores que geram danos ao feijão-caupi, dessa forma prejudicando diretamente sua produtividade (EMBRAPA, 2015). Geralmente o cultivo do feijão-caupi é realizado sem a utilização de sistemas de irrigação, ou seja, em sequeiro, sendo comuns as irregularidades das chuvas, e altas temperaturas, que favorecem essa deficiência hídrica, o que pode interferir na produtividade constante (NASCIMENTO et al, 2004). Mesmo que seja considerada uma cultura tropical com ampla adaptação aos mais diversos ambientes, a produtividade ainda é considerada baixa e dentre as principais causas para essa baixa produtividade, podemos citar o manejo inadequado, sem adoção de tecnologia e o uso de cultivares com baixo potencial produtivo (CARDOSO e RIBEIRO, 2013; SABOYA et al., 2013). Nesse sentido, Oliveira et al. (2011) ressaltaram que é indispensável o uso adequado de manejo de irrigação, adubação e cultivares que apresente uma alta produção, isso em conjunto contribuirá para diminuir os custos de produção e aumentar a renda do pequeno produtor.

Segundo estudos realizados por Carvalho et al. (1992), 370-570 mm de lâminas de irrigação são valores para obtenção da máxima produtividade da cultura, com influência direto na produtividade de grão seco, que fica de 1376 a 2905 kg ha<sup>-1</sup>. Porém, Locatelli et al. (2014) e Oliveiras et al. (2011), obtiveram máximo rendimento de grão (1420 e 1504 kg ha<sup>-1</sup>) na cultivar BRS Novaera do feijão-caupi, aplicando a lâmina de 257 e 199 mm, respectivamente, essa pesquisa foi realizada no município de Boa Vista-RR. O caupi se apresenta com crescimento reduzido e conseqüentemente uma diminuição na produção em situação de déficit hídrico (MUCHERO et al., 2009). Logo, existe uma necessidade crescente de identificar e desenvolver cultivares que seja mais tolerante à seca e que apresente alta produtividade nesses ambientes (VALDEZ et al., 2012). O melhoramento dessa leguminosa é dificultado pela falta de procedimentos e critérios de seleção para promover a adaptação e

tolerância à seca (BELKO et al., 2013).

A caracterização do estresse abiótico tem se tornado um tema importante na seleção de genótipos de plantas mais resistentes às condições agroclimáticas adversas (BELKO et al., 2013). Compreender os efeitos adversos da seca sobre o metabolismo das plantas e os mecanismos de tolerância à seca em diversas culturas, principalmente aquelas adaptadas a condições de seca, irá ajudar a melhorar seu desempenho agrônomico (BEEBE et al., 2013). Conforme Ferraz et al (2012) o entendimento das trocas gasosas nas plantas em relação com o estresse hídrico é parte essencial para a escolha de cultivares tolerantes, além de ser uma ferramenta que determina a possível adaptação e estabilidade de plantas a determinados ambientes.

Nos programas de melhoramento de feijão-caupi, a seleção de genótipos com características de tolerância à seca é importante para garantir a produção, sobretudo nas regiões do semiárido, onde ocorre má distribuição de chuvas e, períodos longos de seca. Vários estudos já estão sendo desenvolvidos e sugeridos para se identificar plantas mais adaptadas à baixa disponibilidade de água no solo (ASSIS JUNIOR et al., 2007). Estudar as respostas fisiológicas do feijão-caupi com relação ao estresse hídrico pode ajudar a compreender como uma combinação de processos fisiológicos interage uns com os outros para gerenciar o déficit hídrico (SINGH et al, 2002), o que com isso melhorar a produtividade das cultivares em determinados ambientes.

Nos últimos tempos, prejuízos causados por déficit hídrico tem sido o principal desafio para a produção de grãos, sendo o fator ambiental mais limitante à produtividade das culturas em todo mundo, especialmente nas regiões semiáridas (FRITCHE-NETO e BORÉM, 2011). Diante disso, o conhecimento do mecanismo de resposta vegetal à deficiência hídrica, durante as fases críticas de cultivo, é de imensa importância e parte fundamental para a obtenção de cultivares mais tolerantes à seca (FURLAN et al., 2014). Diante da importância do feijão-caupi para o Norte/Nordeste do Brasil, torna-se indispensável a realização de estudos visando a avaliar o desempenho de cultivares desenvolvidas para o cultivo em regime de sequeiro, frente às limitações hídricas impostas que ocorrem em diferentes fases de crescimento (NASCIMENTO et al, 2011).

Diante do exposto, a seleção de genótipos que apresentem grande tolerância à seca é, sem dúvida, indispensável para a produção de alimentos no mundo, sobretudo em regiões de clima árido ou que apresentem má distribuição de chuvas (BASTOS et al, 2011). Para Souza et al. (2011), somente o conhecimento da necessidade total de água pela planta, não se traduz em manejo eficiente da irrigação, mas através do conhecimento de sua demanda hídrica nas

diferentes fases fenológicas do ciclo da cultura.

## **2.8. Algumas modificações geradas por estresse hídrico na maioria das plantas**

Para uma planta ser considerada tolerante ao estresse hídrico, ela deve ser capaz sobreviver e preservar o crescimento sob déficit hídrico, assim sendo, aquelas que são tolerantes/resistentes usam diferentes mecanismos para crescerem e se desenvolverem sob essa condição (MOUSA e QURASHI, 2018). A tolerância ao déficit hídrico varia conforme o genótipo, sendo que algumas plantas desenvolvem mecanismos de adaptação, tornando-se mais eficientes na absorção de água do solo, sobretudo através do desenvolvimento de um extenso e profundo sistema radicular e de características da parte aérea, como adequação da área foliar, rápido fechamento dos estômatos e manutenção de uma reduzida temperatura foliar, dentre outros (REIS et al., 2006).

Conforme Larcher (2000), estresse é definido como um desvio significativo na condição ótima da cultura. Esse estresse provoca respostas em todos os níveis funcionais e podem ser reversíveis a princípios, mas podem se tornar permanente. Já Taiz e Zeiger (2017), definem estresse como um fator externo de origem biótica ou abiótica que provoca influência negativa a planta. Diante disso, o déficit hídrico pode ser definido como todo o conteúdo de água que está abaixo do maior valor de hidratação (TAIZ e ZEIGER, 2017).

Conforme Silva *et al.* (2014), o teor de clorofila é alterado com o déficit hídrico, por conseguinte, a fotossíntese é comprometida. Ao serem submetidas ao baixo suprimento de água, as plantas apresentam uma menor expansão celular e, portanto uma menor área foliar. Essa condição reduz a área de transpiração da planta, com o objetivo de conservar o fornecimento de água nos tecidos por um maior período de tempo, sendo essa a primeira resposta de defesa das plantas ao déficit hídrico (ANJUM *et al.*, 2011). A exigência hídrica varia de acordo com o estágio que a planta se encontra, ao longo do ciclo fenológico da planta, dependendo do genótipo e das condições edafoclimáticas (NÓBREGA *et al.*, 2001). Os primeiros efeitos nas plantas submetidas ao déficit hídrico manifestam-se nos estômatos pela redução da turgescência, provocando o fechamento dos estômatos, que diminui condução estomática, gerando diminuição da concentração interna de CO<sub>2</sub> e, portanto a diminuição da taxa fotossintética (SILVA et al, 2016; SILVA TERCEIRO et al, 2016).

As plantas quando expostas a situações de déficit hídrico, expõem comumente respostas fisiológicas, com o objetivo de economizar água, e assim expressam um quantitativo intenso de solutos, sobretudo a prolina e os açúcares solúveis (LIMA et al, 2008; SOUZA et al, 2011). Plantas submetidas a um estresse normalmente apresentam características como

baixas taxas de crescimento e de fotossíntese, menor capacidade de assimilação de recursos e de renovação de constituição dos tecidos. No entanto, esses fatores juntos determinam que as plantas busquem em seu aparato fisiológico e bioquímico mecanismo que lhes confirmem resistência para se desenvolverem em ambientes extremos (ASHRAF e HARRIS, 2013). A diminuição na condutância estomática interfere numa série de interações planta-ambiente, uma vez que os estômatos são pontos de controle de vapor d'água e balanço de energia entre o vegetal e o ambiente. Apesar da redução na taxa de perda de água possa representar uma vantagem, imediata para prevenir a desidratação do tecido, ela pode afetar diretamente o balanço de calor sensível sobre o vegetal, e ainda a absorção de CO<sub>2</sub> e conseqüentemente a taxa fotossintética (GONÇALVES, 2013). Destaca-se que a redução da condutância estomática induz a redução da transpiração e, por decorrência, menor perda de água, resultando em maior tolerância das plantas a estresses abióticos (DUTRA et al, 2015).

A água além de ser considerada o principal constituinte do protoplasma, faz parte diretamente de muitas reações químicas responsáveis pela turgescência celular. A diminuição da absorção de água e em seguida a desidratação das células, interferem nos processos fisiológicos afetando assim todos os componentes de crescimento (PÁEZ et al., 1995). A forma como o déficit hídrico se desenvolve na planta é bastante complexa, pois afeta praticamente todos os aspectos de crescimento, incluindo alterações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (BEZERRA et al., 2003). A deficiência hídrica, causada pela irregularidade das chuvas, altas temperaturas associadas a períodos críticos na fase de florescimento, geram redução drástica da produtividade de grãos, aumento da respiração e redução da fotossíntese (BEAVER et al., 2003; MENDES et al., 2007).

Em condições de climas tropicais, a produtividade agrícola pode ser comprometida negativamente por uma série de estresses bióticos e abióticos que alteram o crescimento e o desenvolvimento vegetal. Nesse contexto, destacam-se estresses decorrentes da baixa disponibilidade hídrica e das altas temperaturas (SILVA et al., 2012). Conforme Farias *et al* (2011), As Plantas quando são submetidas ao estresse hídrico apresentam uma série de mudanças como diminuição do acúmulo de biomassa, uma menor expansão foliar e por conseguinte uma menor área fotossintetizante, provocando uma menor produtividade. Para Babalola (1980), a translocação de fotoassimilados para as raízes é afetada em condições de déficit hídrico, interferindo diretamente no crescimento das plantas. A diminuição no rendimento dos grãos é influenciada pela redução no teor umidade do solo, pois implica em menores valores de potencial de água na folha, índice de área foliar e teor de clorofila total. (BASTOS et al., 2012).

Vale salientar que déficit hídrico é o estresse ambiental que mais influencia no desenvolvimento das culturas agrícolas e entre os principais mecanismos de adaptação estão; um maior desenvolvimento do sistema radicular, alta condutividade hidráulica na raiz a fim de, maximizar a captação de água, o controle da abertura estomática e a redução da área foliar para minimizar as perdas de água por evapotranspiração (SUBBARAO et al., 1995). A deficiência hídrica diminui e inviabiliza o processo fotossintético, em função que a água é componente básica da reação e responsável pela manutenção da transpiração e da condutância estomática, indispensável para a entrada do gás carbônico no mesófilo foliar (BUCHANAN et al., 2000). Segundo Taiz e Zeiger (1991), em situação de déficit hídrico, a primeira reação da planta é limitar sua área. Para Fernández et al. (1996) a falta de água afeta a área foliar, com isso, diminui a transpiração e os processos fotossintético, afetando assim a produtividade.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização do experimento

O presente experimento foi realizado sob condições de casa de vegetação pertencente ao Departamento de Biociências, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, em Areia – PB (Coordenadas Geográficas: Latitude; 6°57'54.90"S Longitude; 35°42'52.80" O).



**Figura 01:** Imagem da Estufa do Departamento de Ciências Biológicas-CCA, Areia-Pb

**Fonte:** Viegas, 2019

#### 3.2. Condução do experimento

Os tratamentos foram resultados da combinação entre quatro cultivares de feijão-caupi (C1 = Corujinha, C2 = Macaíba Branca, C3 = Roxinho e C4 = Sempre Verde) e quatro valores de água disponível (AD1 = 40, AD2 = 60, AD3 = 80 e AD4 = 100% da Evapotranspiração da cultura - ETc), ao longo de todo o ciclo da cultura. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em um esquema fatorial 4 x 4, com três repetições, perfazendo 16 tratamentos e 48 parcelas, usando uma planta por parcela.

Foram utilizados vasos plásticos com 30 cm de diâmetro e 25 cm de altura, com capacidade para 12 litros. Os recipientes foram perfurados na base, para facilitar a coleta da água de drenagem, sendo preenchidos primeiro com uma camada de 0,5 kg de brita e depois com 0,5 kg de areia, visando facilitar a drenagem, evitando-se perda de solo. Utilizou-se, como substrato para o enchimento dos vasos, um material de solo franco (Figura 02). No orifício perfurado na base de cada vaso foi ajustada uma mangueira com 20 cm de comprimento e 1,2 cm de diâmetro interno, fixada por meio de adesivo massa epóxi, visando à condução da água de drenagem para um recipiente plástico tipo garrafa pet com capacidade

de 2,0 litros, de cor verde, de forma a dificultar a proliferação de algas em seu interior.

Química e Fertilidade											
pH	P	S - SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup>	Al <sup>+3</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	SB	CTC	M. O.
H <sub>2</sub> O (1:2,5)	mg/dm <sup>3</sup>				cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					g/kg	
6,1	25,54	-	58,61	0,03	1,55	0,05	2,15	0,60	2,93	4,48	9,96
P, K, Na: Extrator Mehlich 1					SB: Soma de Bases Trocáveis.						
H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0					CTC: Capacidade de Troca Catiônica						
Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1 M					M.O.: Matéria Orgânica - Walkley-Black						
Física											
Areia	Silte	Argila	Argila dispersa	Grau de floculação	Densidade do solo	Densidade de partícula	Porosidade total	Umidade			CLASSE TEXTURAL
2 - 0,05 mm	0,05 - 0,002 mm	< 0,002 mm						0,01	0,03	1,50	
g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	MPa			
864	37	99	-	-	-	-	-	-	-	-	Areia Franca

**Figura 02:** Resultados da análise do solo usado no experimento.

Três parcelas foram adicionadas (uma por bloco) e distribuídas ao longo do experimento para que pudesse ser calculado o volume evapotranspirado. Foram irrigadas diariamente essas parcelas de modo que pudesse drenar o mínimo possível. De posse do valor médio diário evapotranspirado era feita a irrigação das demais parcelas em estudo, considerando os referidos tratamentos (AD1 = 40, AD2 = 60, AD3 = 80 e AD4 = 100% da Evapotranspiração da Cultura - ETC).

Em 11 de outubro de 2019, os vasos foram todos irrigados com uma quantidade uniforme de água objetivando deixá-los em Capacidade de Campo. Em seguida plantou-se cinco sementes por vaso, numa profundidade de aproximadamente 1 cm. Após o plantio, todas as parcelas foram irrigadas novamente. Em 23 de outubro de 2019, depois de 12 dias do semeio, realizou-se o desbaste, onde se deixou apenas uma planta por vaso, onde as plantas escolhidas apresentavam uniformidades em tamanho e vigor.

Para cada cultivar tinha-se uma testemunha, elas eram irrigadas todas as tardes aproximadamente nos mesmos horários, após irrigar as testemunhas, esperava-se em média uma hora para que ocorresse a drenagem, decorrido esse tempo, voltava-se a estufa e media a quantidade de água drenada. Através da quantidade drenada, obtinha-se o valor da quantidade retida no solo, baseado nesta última, calculava-se o volume de água que seria aplicado em cada planta de acordo com a quantidade de água disponível. (40, 60, 80 ou 100%).



**Figura 03:** Os baldes com solo.

**Fonte:** Viegas, 2019



**Figura 04:** A forma como foram distribuídas no balde.

**Fonte:** Viegas, 2019



**Figura 05:** Antes do desbaste.

**Fonte:** Viegas, 2019



**Figura 06:** Depois do desbaste.

**Fonte:** Viegas, 2019

Aos 40 dias após a semeadura foram avaliados a área foliar, diâmetro do caule, altura de planta, número de folhas, conforme descrito a seguir:

Área foliar (AF) - Com uma régua mediu-se o comprimento e a largura de cada folíolo para que fosse calculada a área foliar através da equação a seguir proposta por Souza *et al.* (2014).

$$AF = 0,1106 + 0,6657 * (C \times L)$$

Diâmetro do Caule - Usou-se um paquímetro de metal na base do caule, cerca de 1cm acima do nível do solo para medir o diâmetro médio.

Altura de Planta - Com um barbante, fixou-se uma ponta na base do caule e levou-se a outra ponta para extremidade superior do caule, posteriormente, mediu-se com uma trena o tamanho do barbante percorrido.

Número de Folhas, como o feijão-caupi apresenta folhas compostas, cada dividida em três limbos, contou-se o número de limbos por planta.

Aos 78 dias após a semeadura, avaliaram-se novamente os parâmetros de crescimento (área foliar, diâmetro do caule, altura de planta, número de folhas), ambos da mesma forma da primeira avaliação. Logo após a avaliação dos parâmetros citados acima, todo o material vegetativo foi retirado, primeiramente, a parte aérea, onde se cortou na base dos caules com um alicate de poda. Em seguida, colocaram-se caules e folhas separados em sacos de papel,

posteriormente foram levados para estufa com circulação forçada de ar, onde ficaram por 72 horas numa temperatura de 70 °C até atingir o peso constante. Ao saírem da estufa foram-se pesadas, de modo a obter os valores de fitomassa seca da parte aérea. Com relação às raízes, como elas estavam bastante aderidas ao substrato, foram retiradas dos baldes com o auxílio de uma mangueira de pressão, depois foram secas ao sol e posteriormente colocadas em sacos de papel, posteriormente sendo inseridas na estufa para determinação da fitomassa seca. O cálculo da fitomassa da parte aérea, fitomassa das raízes, fitomassa total e a relação raiz/parte aérea foram realizados a partir da medição do peso dos referidos órgãos após desidratados, conforme descrição e/ou equação a seguir:

- Fitomassa da parte aérea - **FPA (g)**: Pesagem da parte aérea após desidratação.
- Fitomassa das raízes - **FR(g)**: Pesagem da raiz após desidratação.
- Fitomassa total - **FT(g) = FPA (g) + FR(g)**
- Relação raiz/parte aérea (BENINCASA, 2003): **R/PA = FR(g)/FPA(g)**

Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software estatístico ASSISTAT Versão 7.7 pt (FRANCISCO e SILVA, 2016).

Os efeitos cultivares e déficit hídrico foram avaliados em um esquema fatorial por meio de análise de variância com teste “F”. Para o fator “déficit hídrico” realizou análise de regressão polinomial, por ser um fator quantitativo, visando-se explicar através de modelos matemáticos, o efeito do déficit hídrico em cada variável estudada. Para o fator “cultivares”, por ser qualitativo, foi aplicado o teste de Tukey para comparação das médias, ao nível de 5% de probabilidade (FERREIRA, 2000).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, estão os resultados obtidos aos 40 dias após a semeadura.

### 4.1. Altura de Plantas (AP)

A partir dos resultados, podemos afirmar que houve efeito significativo entre as cultivares. A água disponível não diferiu entre si, de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 01.** Resultados das análises de variância para altura de plantas (AP) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021.

FV	GL	SQ	QM	F
Cultivar (F1)	3	15257.74729	5085.91576	4.6911 **
Água disponível (F2)	3	31324.18063	10441.39354	9.6308 **
Int. F1 x F2	9	8012.32521	890.25836	0.8211 ns
Resíduos	32	34693.32667	1084.16646	
Total	47	89287.57979		

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrado, QM = Quadrado médio, F = Estatística do teste F. \*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ); ns: não significativo; -- O Teste F não se aplica.

Ao observar a Tabela 02, constata-se que as cultivares Corujinha e Roxinho foram iguais estatisticamente, porém também diferiram das cultivares Macaíba branca e Sempre verde.

**Tabela 02.** Médias da altura de planta (AP) das cultivares em função da água disponível.

Corujinha	64.14167	ab
Macaíba Branca	80.08334	a
Roxinho	55.00000	ab
Sempre Verde	30.83333	b
dms =	36.38083	

dms = Diferença mínima significativa  
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV% = 57.25

Percebe-se através dos resultados expostos na Tabela 01 que o fator cultivar afetou a altura. Observa-se na Tabela 3 o modelo de regressão linear crescente formada pelos diferentes valores de água disponível, chegando à altura máxima, com 91,68 cm, aos 100% de AD, 74,54% maior que a altura observada com 40% de AD, que foi de 23,34 cm. Resultados

semelhantes também foram obtidos por Mousa e Qurashi (2018), onde observaram que as plantas de feijão-caupi que não foram submetidas a déficit hídrico apresentaram maiores alturas. De acordo com Taiz e Zeiger (2017), a restrição hídrica limita o tamanho das plantas, pois a expansão ou alongamento celular é um processo que depende do turgor e, assim, é extremamente sensível à disponibilidade de água no solo para as plantas.

A seguir na Tabela 03, Água Disponível, foi submetida à análise de regressão, a qual constatou efeito significativo a nível de 0,01 apenas na regressão linear, gerando a seguinte equação de regressão:  $AP = - 22.21833333 + 1.13904167 (AD)$ , cujo  $R^2 = 0.99405574$ , onde AD (água disponível) equivale ao nível de estresse hídrico aplicado.

**Tabela 03.** Regressão polinomial para altura da planta em função da água disponível.

Reg. Linear	1	31137.98204	31137.98204	28.7207 **
Reg. Quadrática	1	56.98521	56.98521	0.0526 ns
Reg. Cúbica	1	129.1338	129.21338	0.1192 ns
Total	3	31324.18063		GL-resíduo=32

\*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ); ns: não significativo.

#### 4.2. Diâmetro do Caule (DC)

Na Tabela 04, pode-se observar que o fator cultivar não respondeu de forma significativa no diâmetro do caule (DC) entre as cultivares, e também não respondeu de maneira significativa à interação cultivar x água disponível.

**Tabela 04.** Resultados das análises de variância para diâmetro do caule (DC) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021.

FV	GL	SQ	QM	F
Cultivar (F1)	3	2.89583	0.96528	1.5840 ns
Água disponível (F2)	3	20.35417	6.78472	11.1339 **
Int. F1 x F2	9	5.22917	0.58102	0.9535 ns
Resíduos	32	19.50000	0.60938	
Total	47	47.97917		

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrado, QM = Quadrado médio, F = Estatística do teste F. \*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ); ns: não significativo; -- O Teste F não se aplica.

Observa-se na Tabela 05 o modelo de regressão linear crescente formada pelos diferentes valores de água disponível, chegando ao máximo diâmetro do caule, com 15,06 mm, aos 100% de AD, 45,55% maior que o diâmetro observado com 40% de AD, que foi de 8,2 mm. Resultado similar foi constatado por Torres (2014) quando teve efeito significativo da água disponível sobre diâmetro do caule na cultura de girassol aos 19 e 33 DAE (dias após a emergência), sem no entanto ter verificado efeito significativo sobre a área foliar, altura de planta e MSPA (massa seca da parte aérea) para os mesmos dias. Porém diferentemente do resultado apresentado por Alencar *et al.* (2013), onde ele trabalhando com feijoeiro irrigado, percebeu que o diâmetro do caule decresce linearmente de acordo com a adição de água. Mas neste caso específico este fator pode está relacionado com o aumento da concentração de sais oriunda da água de irrigação, que afeta o desenvolvimento do diâmetro, quando este passa de níveis considerados ótimos.

Na Tabela 05, Água Disponível, foi submetida à análise de regressão, a qual constatou efeito estatisticamente significativo a nível de 0,01 na regressão linear e 0,05 na regressão quadrática, gerando as seguintes equações de regressão:  $DC = 3.68333333 + 0.11375000 (AD)$  e  $DC = - 0.00062500 (AD)^2$  cujo  $R^2 = 0.95987716$ , onde AD (água disponível) equivale ao nível de estresse hídrico aplicado.

**Tabela 05.** Regressão polinomial para o diâmetro do caule (DC) em função da água disponível.

Reg. Linear	1	16.53750	16.53750	27.1385 **
Reg. Quadrática	1	3.00000	3.00000	4.9231 *
Reg. Cúbica	1	0.81667	0.81667	1.3402 ns
Total	3	20.35417		GL-resíduo=32

\*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ); ns: não significativo.

#### 4.3. Número de Folhas (NF)

A seguir na Tabela 06, pode-se observar que houve diferença significativa entre as cultivares, o seja, as cultivares respondeu de forma diferente entre elas. Já com relação à interação cultivar x água disponível deu não significativo.

**Tabela 06.** Resultados das análises de variância para número de folhas (NF) em cultivares de

feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021.

FV	GL	SQ	QM	F
Cultivar (F1)	3	936.91667	312.30556	12.0601 **
Água disponível (F2)	3	2700.08333	900.02778	34.7557 **
Int. F1 x F2	9	326.25000	36.25000	1.3998 ns
Resíduos	32	828.66667	25.89583	
Total	47	4791.91667		

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrado, QM = Quadrado médio, F = Estatística do teste F. \*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ); ns: não significativo; -- O Teste F não se aplica.

Verifica-se na Tabela 07 que apenas a cultivar Sempre Verde diferenciou-se de forma significativa das demais com relação ao número de folhas. Apresentando a menor média entre elas, com cerca de 18 folhas. As cultivares Roxinho, Macaíba e Corujinha são iguais estatisticamente.

**Tabela 07.** Médias do número de folhas (NF) das cultivares em função da água disponível.

Corujinha	26.83333	a
Macaíba Branca	29.16667	a
Roxinho	29.33333	a
Sempre Verde	18.50000	b
dms =	5.62263	

dms = Diferença mínima significativa

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV% = 19.60

Percebe-se através dos resultados expostos na Tabela 06 que o fator cultivar influenciou de maneira significativa ao nível de 1% de probabilidade no número de folhas. Observa-se na Tabela 8 o modelo de regressão linear crescente formada pelos diferentes valores de água disponível, chegando ao número máximo de folha, com 35 folhas, aos 100% de AD, 54,7% maior que a quantidade de folhas observada com 40% de AD, que foi de 16 folhas. Bernardo *et al.* (2006) também notou que a deficiência hídrica comprometeu o número de folhas em virtude, possivelmente, do déficit hídrico acarretar no fechamento dos estômatos reduzindo a concentração intracelular de CO<sub>2</sub> e portanto, provocando decréscimo

na assimilação do mesmo. Távora e Melo (1991), estudando o amendoim submetido a ciclos de deficiência hídrica, verificaram também reduções significativas do número de folhas por planta. Moraes (2011) em seus trabalhos relata que há restrição ao acúmulo de biomassa, prejudicando tanto no crescimento inicial das plantas como nos estádios mais tardios, limitando a dimensão das folhas individuais, o número de folhas, por conseguinte a área foliar total, número e taxas de crescimento dos ramos e o crescimento do caule (MORAES, 2011).

Na Tabela 08, Água Disponível, foi submetida à análise de regressão, a qual constatou efeito estatisticamente significativo a nível de 0,01 apenas na regressão linear, gerando a seguinte equação de regressão:  $NF = 3.15000000 + 0.32583333 (AD)$ , cujo  $R^2 = 0.94368073$ , onde AD (água disponível) equivale ao nível de estresse hídrico aplicado.

**Tabela 08.** Regressão polinomial para o número de folhas (NF) em função água disponível.

Reg. Linear	1	2548.01667	2548.01667	98.3949 **
Reg. Quadrática	1	75.00000	75.00000	2.8962 ns
Reg. Cúbica	1	77.06667	77.06667	2.9760 ns
Total	3	2700.08333		GL-resíduo=32

\*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ); ns: não Significativo.

#### 4.4. Área Foliar

A seguir na Tabela 09, pode-se observar que houve diferença significativa na área foliar das cultivares ao nível de 5% de probabilidade, ou seja, houve uma variação significativa na área foliar dentro do fator cultivar. Porém não apresenta diferença significativa na interação cultivar x água disponível.

**Tabela 09.** Resultados das análises de variância da área foliar (AF) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021.

FV	GL	SQ	QM	F
Cultivar (F1)	3	528171.75879	176057.25293	3.8198 *
Água disponível (F2)	3	12003971.77419	4001323.92473	86.8138 **
Int. F1 x F2	9	582076.18322	64675.13147	1.4032 ns
Resíduos	32	1474908.13773	46090.87930	
Total	47	14589127.85393		

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrado, QM = Quadrado médio, F =

Estatística do teste F. \*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ); ns: não Significativo; -- O Teste F não se aplica.

Ao observar a Tabela 10, constata-se que a cultivar Sempre Verde apresentou diferença significativa com relação às cultivares Macaíba Branca e Roxinho. Onde a Sempre Verde, Macaíba Branca e Roxinho apresentaram de médias de área foliar 1272,02, 1542,78, 1512,42  $\text{cm}^2$  respectivamente.

**Tabela 10.** Médias da área foliar (AF) das cultivares em função da água disponível.

Corujinha	1443.03400	ab
Macaíba Branca	1542.79900	a
Roxinho	1512.42300	a
Sempre Verde	1272.01600	b
dms =	237.20950	

dms = Diferença mínima significativa

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV% = 14.88

Verifica-se na Tabela 09 que fator cultivar influenciou de maneira significativa na área foliar das cultivares. Observa-se na Tabela 11 o modelo de regressão linear crescente formada pelos diferentes níveis de irrigação, chegando à máxima área foliar, com 2107,82  $\text{cm}^2$ , aos 100% de AD, 63,12% maior que a área foliar observada com 40% de AD, que foi de 777,3  $\text{cm}^2$ . Bastos *et al.* (2012), verificou uma redução de até 20% na área foliar em genótipos de feijão-caupi quando submetidos ao estresse hídrico. Resultados parecidos foram encontrados por Andrade Júnior *et al.* (2014), no município de Bom Jesus-PI que constataram efeito significativo das lâmina de irrigação sobre altura da planta, área foliar e massa seca total nas cultivares do feijão-caupi. Segundo Nascimento *et al.* (2011) o fechamento dos estômatos causa a redução da condutância estomática e juntamente com a inibição da expansão da área foliar, estão entre as primeiras respostas à seca. Anjum *et al.* (2011) dizem que a área foliar menor transpira menos, conservando, efetivamente, um suprimento de água limitado no solo por um período mais longo. Portanto, a redução da área foliar pode ser considerada a primeira linha de defesa contra a seca. Gonçalves (2013) em estudo para selecionar linhagens de feijoeiros tolerantes à seca, garante que a redução da área foliar nas plantas sob déficit hídrico é uma estratégia das plantas para diminuir a transpiração e por consequência minimizar a perda de água. De acordo com Taiz e Zeiger (2017) a redução na área foliar é um dos mecanismos de defesa contra a transpiração, conservando assim o suprimento de água no

solo. Dutra *et al.* (2012) verificaram que há uma relação positiva entre a área foliar e a massa seca quando plantas são submetidas a diferentes valores de água disponível.

Na Tabela 11, Água Disponível, foi submetida à análise de regressão, a qual constatou efeito estatisticamente significativo a nível de 0,01 apenas na regressão linear, gerando a seguinte equação de regressão:  $AF = - 109.68625000 + 22.17506250 (AD)$ , cujo  $R^2 = 0.98314138$ , onde AD (água disponível) equivale ao nível de estresse hídrico aplicado.

**Tabela 11.** Regressão polinomial para área foliar (AF) em função da água disponível.

Reg. Linear	1	11801601.52509	11801601.5251	256.0507 **
Reg. Quadrática	1	162844.86575	162844.86575	3.5331 ns
Reg. Cúbica	1	39525.38334	39525.38334	0.8576 ns
Total	3			GL-resíduo=32

\*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P<0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P<0,05$ ); ns: não Significativo.

A seguir resultados obtidos aos 77 dias após a semeadura.

#### 4.5. Diâmetro do Caule

A seguir na Tabela 12, pode-se observar que as cultivares tiveram efeitos diferentes no diâmetro do caule, ou seja, houve cultivar que foi mais afetada do que outras. Já a interação cultivar x água disponível não sofreu efeito.

**Tabela 12.** Resultados das análises de variância do diâmetro do caule (DC) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021.

FV	GL	SQ	QM	F
Cultivar (F1)	3	20.25000	6.75000	7.7143 **
Água disponível (F2)	3	24.41667	8.13889	9.3016 **
Int. F1 x F2	9	11.25000	1.25000	1.4286 ns
Resíduos	32	28.00000	0.87500	
Total	47	83.91667		

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrado, QM = Quadrado médio, F = Estatística do teste F. \*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P<0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P<0,05$ ); ns: não significativo; -- O Teste F não se aplica.

Ao observar a Tabela 13, constata-se que as cultivares Corujinha, Macaíba Branca e Sempre Verde não apresentaram diferenças significativas entre si, porém a Roxinho apresentou resultado semelhante à Sempre Verde e diferenciou-se da Corujinha e Macaíba Branca. A maior média de diâmetro ficou com a cultivar roxinho, com 10,75 mm, já a menor foi apresentada pela cultivar corujinha, com 9,08 mm.

**Tabela 13.** Médias do diâmetro do caule (DC) das cultivares em função da água disponível.

Corujinha	9.08333	b
Macaíba Branca	9.25000	b
Roxinho	10.75000	a
Sempre Verde	9.75000	ab
dms =	1.03354	

dms = Diferença mínima significativa  
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV% = 9.64

Verifica-se na Tabela 12 que o fator cultivar afetou o diâmetro do caule. Observa-se na Tabela 14 o modelo de regressão linear crescente formada pelos diferentes valores de água disponível, chegando ao máximo diâmetro, com 10,53 mm, aos 100% de AD, 15,67% maior que o diâmetro observado com 40% de AD, que foi de 8,88 mm. Taiz e Zeiger (2017) também verificaram que o diâmetro do caule das plantas decresceu à medida que os volumes de irrigação diminuíram como efeito natural das condições hídricas adversas para divisão e alongamento celular comprometendo, principalmente, o câmbio.

Na Tabela 14, Água Disponível, foi submetida à análise de regressão, a qual constatou efeito estatisticamente significativo a nível de 0,01 apenas na regressão linear, gerando a seguinte equação de regressão:  $DC = 7.78333333 + 0.02750000 (AD)$ , cujo  $R^2 = 0.74334470$ , onde AD (água disponível) equivale ao nível de estresse hídrico aplicado.

**Tabela 14.** Regressão polinomial para o diâmetro do caule em função da água disponível.

Reg. Linear	1	18.15000	18.15000	20.7429**
Reg. Quadrática	1	3.00000	3.00000	3.4286 <sup>ns</sup>
Reg. Cúbica	1	3.26667	3.26667	3.7333 <sup>ns</sup>
Total	3			GL-resíduo=32

\*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ); ns: não

significativo.

#### 4.6. Número de folhas

Na Tabela 15, pode-se observar que as cultivares sofreram efeitos no número de folhas, isso mostra que houve cultivar que apresentou ser mais sensível à variável estudada do que outras. Porém não houve efeito nas cultivares com relação a interação cultivar x água disponível.

**Tabela 15.** Resultados das análises de variância do número de folhas (NF) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021.

FV	GL	SQ	QM	F
Cultivar (F1)	3	21063.56250	7021.18750	11.0952 **
Água disponível (F2)	3	2810.06250	936.68750	1.4802 ns
Int. F1 x F2	9	7666.68750	851.85417	1.3461 ns
Resíduos	32	20250.00000	632.81250	
Total	47			

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrado, QM = Quadrado médio, F = Estatística do teste F. \*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ); ns: não significativo; -- O Teste F não se aplica.

Ao observar a Tabela 16, constata-se que apenas a cultivar Roxinho apresenta diferença significativa com relação às demais. A média da cultivar roxinho foi a maior, com 90 folhas, já a menor média foi apresentada pela cultivar sempre verde, com aproximadamente 36 folhas, ou seja, uma diferença de aproximadamente 54 folhas.

**Tabela 16.** Médias do número de folhas (NF) das cultivares em função da água disponível.

Corujinha	45.75000	b
Macaíba Branca	45.25000	b
Roxinho	90.00000	a
Sempre Verde	36.25000	b
dms =	27.79471	

dms = Diferença mínima significativa  
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV% = 46.32

Verifica-se na Tabela 15 que o fator cultivar causou efeitos no número de folhas das cultivares. No entanto, como a análise de regressão da água disponível não deu significativo (conforme a Tabela 17) para nenhuma das equações, diferentemente do que ocorreu na primeira avaliação, onde foi significativo, isso, pode também ter sido devido à emissão de vagens, pois o crescimento reprodutivo cessa momentaneamente o crescimento vegetativo. Segundo Arkin, Blum e Burnett (1983), o déficit hídrico pode interferir no desenvolvimento vegetal por causar alterações no número total de folhas, na taxa de emergência foliar, na expansão e na senescência foliar. Segundo Farias *et al.* (2011) plantas que sofrem esse tipo de estresse tem menor acúmulo de biomassa, comprometendo a expansão das folhas, bem como seu número e conseqüentemente afetando a área foliar total, além das taxas de crescimento ser reduzida.

Na Tabela 17, Água Disponível, foi submetida à análise de regressão, a qual não constatou efeito estatisticamente significativo para nenhuma regressão.

**Tabela 17.** Regressão polinomial para número de folhas (NF) em função da água disponível.

Reg. Linear	1	2400.33750	2400.33750	3.7931 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	1	99.18750	99.18750	0.1567 <sup>ns</sup>
Reg. Cúbica	1	310.53750	310.53750	0.4907 <sup>ns</sup>
Total	3			GL-resíduo=32

\*\*Significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); ns: não significativo.

#### 4.7. Área Foliar

A seguir, na Tabela 18, pode-se observar a partir dos resultados que as cultivares sofreram efeitos na área foliar, essa variação foi significativa, isso quer dizer que houve cultivar que apresentou ser mais afetada do que outras. Porém a interação cultivar x água disponível não causou nenhum efeito significativo.

**Tabela 18.** Resultados das análises de variância da área foliar (AF) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021.

FV	GL	SQ	QM	F
Cultivar (F1)	3	46715338.39439	15571779.4648	6.0692 <sup>**</sup>
Água disponível (F2)	3	22623250.00254	7541083.33418	2.9392 <sup>**</sup>

Int. F1 x F2	9	34552546.70214	3839171.85579	1.4963 <sup>ns</sup>
Resíduos	32	82102302.37153	2565696.94911	
Total	47	185993437.4706		

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrado, QM = Quadrado médio, F = Estatística do teste F. \*\*Significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); ns: não significativo; -- O Teste F não se aplica.

Ao observar a Tabela 19, constata-se que apenas a cultivar Roxinho apresentou diferença significativa com relação às demais. A cultivar roxinho apresentou a maior média, em torno de 4718,89 cm<sup>2</sup> de área foliar, enquanto a cultivar macaíba branca apresentou a menor média, com 2413,02 cm<sup>2</sup> de área foliar.

**Tabela 19.** Médias da área foliar (AF) das cultivares em função da água disponível.

Corujinha	2422.75100	b
Macaíba Branca	2413.02000	b
Roxinho	4718.89300	a
Sempre Verde	2489.05100	b
dms =	1769.81200	

dms = Diferença mínima significativa  
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV% = 53.20

Verifica-se na Tabela 18 que o fator cultivar causou efeitos de maneira significativa na área foliar. Observa-se na Tabela 20 o modelo de regressão linear crescente formada pelos diferentes valores de água disponível, chegando à máxima área foliar, com 3874,08 cm<sup>2</sup>, aos 100% de AD, 44,56% maior que a área foliar observada com 40% de AD, que foi de 2147,78 cm<sup>2</sup>. Resultados semelhantes foram relatados por Oliveira *et al.* (2015), os mesmos observaram em seus estudos que conforme aumentava os valores de água disponível, logo, elevavam-se a área foliar da cultura do feijão. A diminuição da área foliar e a senescência de folhas são mencionadas por Meyers, Foale e Done (1984), como respostas ao estresse hídrico, reduzindo a taxa de transpiração, desta forma diminuindo a perda de água para o ambiente.

Na Tabela 20, Água Disponível, foi submetida à análise de regressão, a qual constatou efeito estatisticamente significativo ao nível de 0,01 apenas na regressão linear, gerando a seguinte equação de regressão:  $AF = 996.91975000 + 28.77155417 (AD)$ , cujo  $R^2 =$

0.87817868, onde AD (água disponível) equivale ao nível de estresse hídrico aplicado.

**Tabela 20.** Regressão polinomial para área foliar em função da água disponível.

Reg. Linear	1	19867255.89997	19867255.9000	7.7434 **
Reg. Quadrática	1	407492.83577	407492.83577	0.1588 ns
Reg. Cúbica	1	2348501.26680	2348501.26680	0.9153 ns
Total	3			GL-resíduo=32

\*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P<0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P<0,05$ ); ns: não Significativo.

#### 4.8. Fitomassa da Parte Aérea (FPA)

A seguir na Tabela 21, pode-se observar que houve diferença significativa na Fitomassa da Parte Aérea (FPA) das cultivares, ou seja, houve cultivar que demonstrou ser mais tolerante que outras diante da variável estudada, porém não apresenta diferença significativa na interação cultivar x água disponível.

**Tabela 21.** Resultados das análises de variância Fitomassa da Parte Aérea (FPA) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021.

FV	GL	SQ	QM	F
Cultivar (F1)	3	32702.77934	10900.92645	17.9470 **
Água disponível (F2)	3	9481.95829	3160.65276	5.2036 **
Int. F1 x F2	9	8333.17669	925.90852	1.5244 ns
Resíduos	32	19436.61380	607.39418	
Total	47	69954.52813		

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrado, QM = Quadrado médio, F = Estatística do teste F. \*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P<0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P<0,05$ ); ns: não significativo; -- O Teste F não se aplica.

Ao observar a Tabela 22, constata-se que apenas a cultivar Roxinho apresenta diferença significativa com relação às demais cultivares. A cultivar roxinho apresentou a maior média fitomassa da parte aérea, com 99,39 g. As demais não diferiram estatisticamente.

**Tabela 22.** Médias da fitomassa da parte aérea (FPA) das Cultivares em função dos valores de água disponível.

Corujinha	36.42750	b
Macaíba Branca	39.34083	b
Roxinho	99.39000	a
Sempre Verde	42.09667	b
dms =	27.23077	

dms = Diferença mínima significativa

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV% = 45.38

Verifica-se na Tabela 21 que o fator cultivar afetou de maneira significativa na fitomassa da parte aérea. Observa-se na Tabela 23 o modelo de regressão linear crescente formada pelos diferentes valores de água disponível, chegando à máxima fitomassa da parte aérea, com 72,80g, aos 100% de AD, 50,8% maior que a fitomassa da parte aérea observada com 40% de AD, que foi de 35,82g. Semelhante aos resultados relatados por Taiz e Zeiger (2017), quando mostraram que o estresse hídrico na cultura de girassol afetou a fotossíntese e o tamanho das folhas. A expansão foliar é extremamente sensível à deficiência hídrica sendo totalmente inibida sob níveis moderados de estresse, o que afeta severamente as taxas fotossintéticas e, por efeito, a produção de fitomassa da parte aérea. A matéria seca total do feijão-caupi foi reduzida em até 44% quando cultivadas em solos com 60% de déficit hídrico, em relação as plantas não submetidas a déficit hídrico (MARTINS, 2017). A redução da disponibilidade de água, possivelmente causou estresse às plantas, afetando vários processos fisiológicos, levando ao declínio da produção de biomassa (MOTA e CANO, 2016). Em geral, as espécies adaptadas a sistemas de baixos recursos, frequentemente, exibem características associadas à conservação de recursos, como redução de crescimento (FUNK, 2014; LIMA et al, 2016).

Na Tabela 23, Água Disponível, foi submetida à análise de regressão, a qual constatou efeito estatisticamente significativo ao nível de 0,01 apenas na regressão linear, gerando a seguinte equação de regressão:  $FPA = 11.17566667 + 0.61625833 (AD)$ , cujo  $R^2 = 0.96125544$ , onde AD (água disponível) equivale ao nível de estresse hídrico aplicado.

**Tabela 23.** Regressão polinomial para Fitomassa da Parte Aérea (FPA) em função da água disponível.

Reg. Linear	1	9114.58400	9114.58400	15.0060 <sup>**</sup>
Reg. Quadrática	1	341.01341	341.01341	0.5614 <sup>ns</sup>

Reg. Cúbica	1	26.36088	26.36088	0.0434 <sup>ns</sup>
Total	3	9481.95829		GL-resíduo=32

\*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ); ns: não significativo.

#### 4.9. Fitomassa da Raiz (FR)

A seguir na Tabela 24, pode-se observar que houve diferença significativa na Fitomassa da Raiz (FR) apenas dentro do fator cultivar, demonstrando que a fitomassa da raiz não foi afetada pela interação das cultivares x água disponível, nem pelos tratamentos utilizados.

**Tabela 24.** Resultados das análises de variância Fitomassa da Raiz (FR) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021.

FV	GL	SQ	QM	F
Cultivar (F1)	3	1845.57824	615.19275	5.4564 <sup>**</sup>
Água disponível (F2)	3	56.96614	18.98871	0.1684 <sup>ns</sup>
Int. F1 x F2	9	763.85121	84.87236	0.7528 <sup>ns</sup>
Resíduos	32	3607.92820	112.74776	
Total	47	6274.32379		

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrado, QM = Quadrado médio, F = Estatística do teste F. \*\*Significativo a 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ); \*significativo a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ); ns: não significativo; -- O Teste F não se aplica.

Ao observar a Tabela 25, constata-se que apenas a cultivar Roxinho apresenta diferença significativa com relação às demais cultivares. A cultivar roxinho apresentou a maior média de fitomassa da parte aérea, com cerca de 20g. Já as demais não diferiram estatisticamente.

**Tabela 25.** Médias da fitomassa da raiz (FR) das cultivares em função dos valores de água disponível.

Corujinha	5.80167	b
Macaíba Branca	6.71917	b
Roxinho	19.68083	a
Sempre Verde	4.07000	b

dms =	11.73217
dms = Diferença mínima significativa	
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV% = 117.10	

Verifica-se na Tabela 24 que o fator cultivar não afetou de maneira significativa a fitomassa da raiz das cultivares. Porém conforme Price et al. (2002) há o aumento do comprimento das raízes como resposta ao déficit hídrico. Segundo os resultados obtidos por (DIAS-FILHO e DAWSON 1995; LAMBERS, CHAPIN e PONS, 1998), há uma maior alocação de biomassa para a raiz como resposta à deficiência hídrica do solo é normalmente considerada como importante mecanismo de adaptação à seca. Isso porque as raízes crescem mais à procura de água. Taiz e Zeiger (2017), diz que esse mecanismo pode ser considerado uma defesa contra a seca. Assim, o aumento do comprimento do sistema radicular dos genótipos submetidas ao déficit hídrico simulado indica ser uma alternativa da planta de ir à busca de água que poderia estar em maior profundidade.

Na Tabela 26, Água Disponível, foi submetida à análise de regressão, a qual não constatou efeito estatisticamente significativo, por esse motivo não gerou nenhuma equação.

**Tabela 26.** Regressão polinomial para a fitomassa da raiz (FPA) em função da água disponível.

Reg. Linear	1	10.87153	10.87153	0.0964 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	1	0.71541	0.71541	0.0063 <sup>ns</sup>
Reg. Cúbica	1	45.37921	45.37921	0.4025 <sup>ns</sup>
Total	3	56.96614		GL-resíduo=32

\*\*Significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); ns: não Significativo.

#### 4.10. Relação Raiz/Parte Aérea (R/PA).

A seguir na Tabela 27, pode-se observar que não houve diferença significativa para nenhum fator apresentado.

**Tabela 27.** Resultados das análises de variância da relação raiz/parte aérea (R/PA) em cultivares de feijão-caupi sob diferentes valores de água disponível, Areia, PB, 2021.

FV	GL	SQ	QM	F
----	----	----	----	---

Cultivar (F1)	3	0.14653	0.04884	1.6649 <sup>ns</sup>
Água disponível (F2)	3	0.04716	0.01572	0.5358 <sup>ns</sup>
Int. F1 x F2	9	0.26110	0.02901	0.9889 <sup>ns</sup>
Resíduos	32	0.93880	0.02934	
Total	47	1.39359		

FV = Fonte de variação, GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrado, QM = Quadrado médio, F = Estatística do teste F. \*\*Significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); NS: não significativo; -- O Teste F não se aplica.

Verifica-se na Tabela 27 que os tratamentos não influenciaram de maneira significativa na relação raiz/parte aérea das cultivares. Talvez os resultados tenham sido não significativos em função de terem sido cultivados em baldes e suspensos, ou ainda, devido à diminuição da parte aérea ser proporcional à diminuição do sistema radicular. Porém Poorter (1999) menciona uma maior razão raiz/parte aérea como aumento da capacidade para captação de água. E em estudos realizados por Paulilo Felipe e Dale (1998) e Pace *et al.* (1999) citam, como resposta à menor disponibilidade de água pelo vegetal, o aumento da razão raiz/parte aérea. Taiz e Zeiger (2017), diz que esse mecanismo pode ser considerado uma defesa contra a seca. Assim, o aumento do comprimento do sistema radicular dos genótipos submetidas ao déficit hídrico simulado indica ser uma alternativa da planta de ir à busca de água que poderia estar em maior profundidade.

A seguir na Tabela 28, Água Disponível, por se tratar de um atributo que possui tratamentos quantitativos, foi submetida à análise de regressão, a qual não constatou efeito estatisticamente significativo para nenhuma regressão, por esse motivo não gerou nenhuma equação. Isso pode ter sido devido à diminuição da parte aérea ser proporcional à diminuição do sistema radicular.

**Tabela 28.** Regressão polinomial para a relação raiz/parte aérea (R/PA) em função da água disponível.

Reg. Linear	1	0.03209	0.03209	1.0937 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	1	0.00809	0.00809	0.2756 <sup>ns</sup>
Reg. Cúbica	1	0.00699	0.00699	0.2382 <sup>ns</sup>
Total	3	0.04716		GL-resíduo=32

\*\*Significativo a 1% de probabilidade (P<0,01); \*significativo a 5% de probabilidade (P<0,05); NS: não significativo.

## 6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que houve efeito da água disponível apenas na área foliar e fitomassa seca da parte aérea.

Dentre as cultivares, a cultivar Roxinho obteve as maiores médias na maioria dos parâmetros, onde ela apresentou a maior média do diâmetro do caule, no número de folha, na área foliar, fitomassa da parte aérea e fitomassa da raiz.

Dentre as quatro cultivares avaliadas, a cultivar Roxinho foi a que apresentou um maior desenvolvimento, independente da água disponível. Seguido pela cultivar Macaíba Branca.

## REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Anuário Estatístico da Agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2013. 532 p.

AIDAR, H. et al. Sistema de produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais: época de plantio. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 305 p. (**Circular Técnica**, 55).

ALENCAR, A.E.V.; BARBOSA, J.W.S.; ANDRADE, J.R.; NASCIMENTO, R.; SILVA, R.F.B. Parâmetros de crescimento de genótipos de caupi submetido a diferentes níveis de salinidade. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃOCAUPI, 3, 2012, Recife. **Resumos...** Recife: 2013. p. 25-28.

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; FILHO, J.I.; FERREIRA, J.O.P.; RIBEIRO, V.Q.; BASTOS, E.A. Cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes regimes hídricos. **Comunicata Scientiae**. Bom Jesus, v.5, n.2, p.187-195, 2014.

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.M.; CARDOSO, M.J.; SILVA, P.H.S.; RIBEIRO, V.Q. **Cultivo de feijão-caupi** (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Teresina: Embrapa-Meio Norte, 2002. 110 p. (Embrapa Meio-Norte. Sistema de Produção, 2).

ANJUM, S.A. et al. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 9, p. 2026-2032, 2011.

ARAÚJO, J.P.P.; RIOS, G.P.; WATT, E.E.; NEVES, B.P.; FAGERIA, N.K. **A cultura do caupi**: descrição e recomendações técnicas de cultivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 82 p. (EMBRAPA-CNPAF. (Circular Técnica, 18).

ARKIN, G.F.; BLUM, A.; BURNETT, E. 1983. A root observation chamber field installation. USA, **Texas Agric. Exp. Stn. Misc. Pub.** 1386p.

ARORA, R.K. (1985) Diversity and collection of wild *Vigna* Species in India. **Plant Genetic Resources Newsletter** 63:26-33.

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C., Photosynthesis under stressful environments: An overview. **Photosynthetica**, v. 51, n. 2, p. 163-190, 2013.

ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L.B.; BEZERRA, M. A; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão de corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 702-713, 2007.

BABALOLA, O. **Water relations of three cowpea cultivars** [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. *Plant and Soil*, v.56, p.59-69, 1980.

BARRACLOUG, G. (Ed.). **Atlas da história do mundo da Folha de São Paulo/Times**. 4. ed. rev. São Paulo: Folha da Manhã, 1995. p. 154-157.

BASTOS, E. A.; NASCIMENTO, S. P.; SILVA, E. M.; FREIRE FILHO, F. R.; GOMIDE, R. L. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 100–107, 2011.

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

BEAVER, J. S.; ROSAS, J. C; MYERS, J.; ACOSTA, J.; KELLY, J. D.; NCHIMBIMSOLLA, S.; MISANGU, R.; BOKOSI, J.; TEMPLE, S.; ARNAUD-SANTANA, E.; COYNE, D. P. Contributions of the bean/cowpea CRSP to cultivar and germplasm development in common bean. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 82, n. 2-3, p. 2-3, 2003.

BEEBE, S.E.; RAO, I.M.; BLAIR, M.W.; ACOSTA-GALLEGOS, J.A. Phenotyping common beans for adaptation to drought. **Front Plant Physiology**, v. 4, n. 35, p. 1–20, 2013.

BELKO, N.; ZAMAN-ALLAH, M.; DIOP, N.N.; CISSE, N.; ZOMBRE, G.; EHLERS J.D.; VADEZ, V. Restriction of transpiration rate under high vapor pressure deficit and non-limiting water conditions is important for terminal drought tolerance in cowpea. **Plant Biology**, v. 15, n. 2, p. 304–316, 2013.

BENINCASA, M. M. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40 n.5, mai. 2010.

BEZERRA, M. A. F.; OLIVEIRA, F. A.; BEZERRA, F. T. C.; PEREIRA, W. E.; SILVA, S. A. Cultivo de feijão-caupi em Latossolos sob o efeito residual da adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 109-115, 2014.

BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO E. M.; CORDEIRO, L. G; SANTOS, J.J.A. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica** v. 34, n 01, p. 13-18, 2003.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. Biochemistry & molecular biology of plants. Rockville: **American Society of Plant Physiologists**, 1408p. 2000.

BURRIDGE, J. D.; SCHNEIDER, H. M.; HUYNH, B. L.; ROBERTS, P. A.; BUCKSCH, A.; LYNCH, J. P. Genome-wide association mapping and agronomic impact of cowpea root architecture. **Theoretical and applied genetics**, v. 130, n. 2, p. 419-431, 2017.

CAMPOS, F.L.; FREIRE FILHO, F.R.; LOPES, A.C.A.; RIBEIRO, V.Q.; SILVA, R.Q.B.; ROCHA, M. de M. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agrônomo do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas sob regime de sequeiro.

**Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.102-105, 2006. . 21 Fev. 2013.

CARVALHO, A.M.; SILVA, A.M.; COSTA, E.F.; COUTO, L. Efeitos de lâminas de água e épocas de parcelamento de nitrogênio em cobertura via fertirrigação no rendimento de grãos do feijoeiro comum. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, 1992, Natal. **Anais**. Fortaleza: ABID,1992. p.767-789.

CEPA/EPAGRI. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina - 2009/2010**.

Florianópolis/SC. Disponível em:

<[https://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_cepa/publicacoes/sintese\\_2010.pdf](https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/sintese_2010.pdf)> Acesso em 24 de jun. 2021: EPAGRI/CEPA, 315 p., 2011.

CISSE, N.; HALL, A.E. **Traditional Cowpea in Senegal, a Case Study**. 2015. Disponível em:[http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/publicat/cowpea\\_cisse/cowpea\\_cisse\\_e.htm](http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/publicat/cowpea_cisse/cowpea_cisse_e.htm) acesso em : 15 jun.2021.

COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F. C.; BEZERRA NETO, E.; CORREA, M. M.

Comportamento hídrico e crescimento do feijão Vigna cultivado em solos salinizados.

**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 379-385, 2013.

CONSULTATIVE GROUP FOR INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH (CGIAR).**Cowpea**.2015. Disponível em: <http://www.cgiar.org/our-strategy/crop-factsheets/cowpea/> acesso em: 20 jun.2021.

CORDEIRO, Y. E. M.; PINHEIRO, H. A.; FILHO, B. G. S.; CORREA, S. S.; SILVA, J. R.

R. E.; FILHO, M. B. D. Physiological and morphological responses of young mahogany

(*Swietenia macrophylla* King) plants to drought. **Forest ecology and management**, v. 258, p. 1449-1455, 2009.

COSTA, R. C. L.; LOBATO, A. K. S.; SILVEIRA, J. A. G.; LAUGHINGHOUSE, H. D.

ABA mediated proline synthesis in cowpea leaves exposed to water deficiency and

rehydration. **Turkish Journal of Agriculture & Forestry**, v. 35, n. 3, p. 309-317, 2011.

DIAS-FILHO, M.B.; DAWSON, T.E. 1995. Physiological responses to soil moisture stress in two Amazonian gap-invader species. **Funct. Ecol.**, 9: 213-221.

DONOHUE, R. J.; RODERICK, M. L.; MCVICAR, T. R.; FARQUHAR, G. D. Impact of CO<sub>2</sub> fertilization on maximum foliage cover across the globe's warm, arid environments. **Geophysical Research Letters**, v. 40, p. 3031–3035, 2013.

DUTRA, A.F.; MELO, A.S.; FILGUEIRAS, L.M.B.; SILVA, A.R.F.; OLIVEIRA, I.M.; BRITO, M.R.B. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 10, n. 2, p. 189-197, 2015.

DUTRA, A.S.; TEÓFILO, E.M. (2007) Envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Sementes**, 29:193-197.

DUTRA, C.C.; PRADO, E.A.F.; PAIM, L.R.; SCALON, S.P.Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2657-2668, 2012.

EHLERS, J. D.; HALL, A. E. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Field Crops Research**, v. 53, p. 187-204, 1997.

EMBRAPA. AGEITEC. **Estatísticas da produção de Feijão caupi**.2014. Disponível: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG.html>. Acesso em: 28 jun. 2021.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Socioeconomia: feijão**. 2012. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>. Acesso em: 28 jun. 2021.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A importância econômica do feijão-caupi**, 2015. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijaocaupi/arvore/CONTAGO1\\_14\\_510200683536.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijaocaupi/arvore/CONTAGO1_14_510200683536.html). > Acesso em: 21 jun. 2021.

FARIAS, V.D.S; LIMA, M.J.A; NUNES, H.G.C.C.; SOUSA, D.P.; SOUZA, P.JO.P; water demand, crop coefficient and uncoupling factor of cowpea in the eastern amazon. **Revista Caatinga**, 30(1), 190-200, 2011.

FARIS, D.G. (1965) The origin and evolution of the cultivated forms of *Vigna sinensis*. **Canadian Journal of Genetics and Cytology** 7: 433-452.

FATOKUN, C.; O. BOUKAR, S.; MURANAKA. A.; CHIKOYE, D. Enhancing drought tolerance in cowpea. **African Crop Science Conference Proceedings**, v. 9, n. 1, p. 531–536, 2009.

FERNÁNDEZ, C. J.; MCINNES, K. J.; COTHREN, J. T. Water status and leaf area production in water - and nitrogen-stressed cotton. **Crop Science**, Madison, v.36, p.1224-1233, 1996.

FERRAZ, R.L.S.; MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D.; JÚNIOR, E.S.N. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa. Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 42, n. 2, p. 181-188 2012.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3.ed. Maceió: EDUFAL, 2000.

FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. Caupi: nomenclatura científica e nomes vulgares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 12, p. 1369-1372, dez. 1983a.

FREIRE FILHO F.R, CARDOSO M.J, ARAÚJO AG, PHS (1988) Características botânicas e agronômicas de cultivares de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). EMBRAPA-UEPAE **Boletim de Pesquisa** 4:40.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica;

Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. p. 29-92.

FREIRE FILHO, F. R., et al. BR3 - Tracueteua purificada: cultivar de feijão caupi para o Estado do Pará. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2005a. 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 134).

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V. Q.; MOURA, R. M. DE; SILVA; K. J. D.E; NOGUEIRA, M. DO S. DA R; RODRIGUES, E.V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. EMBRAPA. Teresina-PI. 2011. 80p.

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

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

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M.S.R.; RODRIGUES, E.V. **Feijão-caupi do Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina-PI: Embrapa Meio-Norte, p. 84, 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. M. J. A cultura: aspectos socioeconômicos. In: VALE, J. C. do; BERTINI, C.; BORÉM, A. (eds.). **Feijão-caupi: do plantio a colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2017. cap. 1, p. 9-34.

FRITCHE-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Viçosa: Suprema, 2011. 250 p.

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.

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

<https://www.scielo.br/j/cta/a/PDdWzpYBjDPFsd5CPq93q6p/?lang=pt> Acesso em: 27 jun. 2021.

FUNK, J. L. The physiology of invasive plants in low-resource environments. **Conservation Physiology**, Oxford, v. 1, p. 1-17, 2014.

FURLAN, F.; SAATKAMP, K.; WIEST, M. C.; SANTOS, M. F.; VENDRUSCULO, E. C. G. Influência do potencial hídrico induzido por polietilenoglicol *in vitro* na morfologia do trigo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 3, p. 370-375, 2014.

GANDAVO, P. M. Tratado da terra do Brasil. **Tratado Segundo. Das coisas que são gerais por toda Costa do Brasil**. Capítulo Quarto. Dos mantimentos da terra. [Rio de Janeiro]: Ministério da Cultura. Fundação Biblioteca Nacional. Departamento Nacional do Livro. Criado em: 10 jun. 2002.

GHAFOO, A.; SHARIF, A.; AHMAD, Z.; ZAHID, M.A.; RABBANI, M.A. (2001) Genetic diversity in blackgram (*Vigna mungo* L. Hepper). **Field Crops Research**, 69: 183-190.

GOMES FILHO, R.R.; TAHIN, J. F. Respostas fisiológicas de cultivares de caupi (*vigna unguiculata*, l.) eretos e decumbentes a diferentes níveis de irrigação. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, 56 v.10, n.2, p.1-4, 2002.

GONÇALVES, J.G.R. Identificação de linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes à seca. Campinas-SP, 2013. **Tese** (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico.

GUAZELLI, R.J. (1988) Histórico das pesquisas com caupi no Brasil. In: De Araújo JPP e Watt EE(eds) **O caupi no Brasil**. IITA, EMBRAPA – CNPAF, Brasília, pp 26-46.

GUBIANI, I. P., REICHERT, J. M., REINERT, D. J., Interação entre disponibilidade de água e compactação do solo no crescimento e na produção de feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, 2014.

HUSSAIN, M.; MALIK, M.A.; FAROOQ, M.; ASHRAF, M.Y.; CHEEMA, M.A. Improving Drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 194, n. 3, p. 193–199, 2008.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE (IITA). **Cowpea**. 2015. Disponível em: <http://www.iita.org/cowpea>. Acesso em 20 jun. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE): **Censo-Agro-pecuário Resultados Definitivos**. 2010.115p.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S.; PONS, T.L. 1998. **Plant Physiological Ecology**. New York, Springer-Verlag. 540p.

LANGYINTUO, A. S.; LOWENBERGDEBOER, J.; FAYE, M.; LAMBERT, D.; IBRO, G.; MOUSSA, B.; KERGNA, A.; KUSHWAHA, S.; MUSA, S.; NTOUKAM, G. Cowpea supply and demand in west and central África. **Field Crops Research**, v.82 p.215231, 2003.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução de C. H. B. A. Prado e A. C. Franco. São Carlos: RiMa, 2000. 533p.

LEITE, M. L.; VIRGENS FILHO, J. S. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) submetidas a deficits hídricos. Publicatio UEPG: **Ciencias Exatas e da Terra, Agrarias e Engenharias**, v. 10, n. 01, p. 43-51, 2004.

LIMA, A. A. F et al. **Respostas fisiológicas de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walp.) submetidas à deficiência hídrica: uma alternativa para a agricultura familiar do semiárido sergipano**. 2008.

LIMA, C.J.G.S.; OLIVEIRA F.A.; MEDEIROS, J.F. ; OLIVEIRA, M.K.T.; JÚNIOR, A. B. A. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.2, n.2, p. 79-86, 2007.

LIMA FILHO, A. F. L.; COELHO FILHO, M. A.; HEINEMANN, A. B. Calibração e avaliação do modelo CROPGRO para a cultura do feijão caupi no Recôncavo Baiano.

**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.1286-1293, 2013.

LIMA, M. J., et al. Joint effect of meteorological variables on cowpea stomatal conductance. **Horticultura Brasileira**, V. 34, n.4, 547-553, 2016.

LOCATELLI, V. E. R.; MEDEIROS, R. D.; SMIDERLE, O. J.; ALBURQUERQUE, A. A.; ARAUJO, W.F.; SOUZAS, T.S. Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.6, p.574-580, 2014.

LUSH, W.M. (1979) Floral morphology of wild and cultivated cowpeas. **Econ. Bot.** 33:442-447.

MARECHAL, R.; MASCHERPA, J. M.; STAINIER, F. Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. **Boissiera**, Geneve, v. 28, p. 1-273, 1978.

MARTINS, C.A.S. **Crescimento e produção do feijoeiro comum cultivado sob déficit hídrico**. 2017.

MENDES, R. M. S.; Távora, F. J. A. F.; Pinho, J. L. N.; Pitombeira, J. B. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Ciência Agronômica**, v.38, p.95-103, 2007.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; SILVA, K. J. D. e; ROCHA, M.M. **Cultivo de Feijão-Caupi**. Dados Sistema de Produção Versão Eletrônica 2a edição. Mar/2017.

MEYERS, R.J.K.; FOALE, M.A.; DONE, A.A. 1984. Responses of grain sorghum to varying irrigation frequency in the Ord irrigation area. III. Water relations. **Aust. J. Agric. Res.**, **35**: 43-52.

MORAES, J.V. **Parâmetros biométricos, fisiológicos e bioquímicos em híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* sob diferentes regimes de irrigação em casa**

**de vegetação.** São Paulo, 2011. 78p. Tese(doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

MOTA, C.S.; LEITE, H.G.; CANO, M.A.O. Equações para estimar área foliar de folíolos de *Acrocomia aculeata*. **Pesquisa Florestal Brasileira** v. 34(79): 217-224.2016.

MOUSA, M. A.; AL QURASHI, D. Growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) cultivars under water deficit at different growth stages. **Legume Research**, v. 41, I. 5, p. 702-709, 2018.

MUCHERO, W.; EHLERS, J.D.; CLOSE, T.J.; ROBERTS, P.A. Mapping QTL for drought stress induced premature senescence and maturity in cowpea. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 118, n. 5, p. 849–863, 2009.

NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R. F; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**. Campina Grande, v.15, n.8, p. 66-71, 2011.

NASCIMENTO, S. P. D. et al. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 158 n.8, p.853-860, 2011.

NASCIMENTO, J.T.; PEDROSA, M.B.; TAVARES SOBRINHO, J. **Efeito da variável de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes.** Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.2, p.174-177, abril-junho 2004.

NG; N.Q.; MARECHAL, R. (1985) Cowpea taxonomy, origin and germplasm. In: Singh SR e RachieKO (eds) Cowpea research, production and utilization. John Wiley Chichester, pp 11-21.

NG, N.Q. (1990) Recent developments in cowpea germoplasm collection, conservation, evaluation and research at the genetic resources unit, IITA. In NG, N.Q.; MONTI, L.M. (eds) Cowpea genetic resources, pp13-28. IITA, Ibadan.

NOBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRAO, N. E. M.; FIDELES FILHO, J. Analise 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.

OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 872-882, 2011.

OLIVEIRA, I. P.; CARVALHO, A. M.. A cultura do caupi nas condições de clima e de solo dos trópicos úmidos e semiárido do Brasil. In: ARAÚJO, J. P.P. de; WATT, E.E. (Org.). **O Caupi no Brasil**. Brasília, Embrapa-CNPAP; Ibadan; IITA, 1988. p. 65- 96.

OLIVEIRA, S. R. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RIBEIRO, V. Q.; BRITO, R. R.; CARVALHO, M. W. **Interação de níveis de água e densidade de plantas no crescimento e produtividade do feijão-caupi em Teresina, PI**. Irriga, v. 20, n. 3, p. 502-513, 2015.

PACE, P.F.; CRALLE, H.T.; EL-HALAWANY, S.H.M.; COTHREN, J.T.; SENSEMAN, S.A. 1999. Droughtinduced Changes in Shoot and Root Growth of Young Cotton Plants. **J. Cotton Sci.**, **3**: 183-187.

PÁEZ, A.; GONZÁLES, M. E.; YRAUSQUÍN, O. X. Water stress and clipping management effects on guinea grass: 1. Growth and biomass llocation. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, p.698-706, 1995.

PAIVA, J.B.; PITOMBEIRA, J.B.; BEZERRA, F.; ALMEIDA, F.C.G.; MACIEL, R.F.P. OLIVEIRA, H.G.; QUEIROZ, G.M.; PINHO, J.L.N.; PAULA, A.F. de; BENEVIDES, E.C. **Feijão de corda**. Fortaleza: UFC-CCA, 1972. p. 14. Relatório Técnico.

PANT, K.C.; CHANDEL, K.P.S.; JOSHI, B.S. (1982) Analysis of diversity in India Cowpea Genetic Resources. **SABRO J.** 14:103-111.

PASQUET, R.S. (1996) Cultivated cowpea (*Vigna unguiculata*): genetic organization and domestication. In: Advances in Legume Systematics 8: Legumes of Economic Importance. **Royal Botanic Gardens**, Kew, eds. pp 101-108.

PAULILO, M.T.S.; FELIPPE, G.M.; DALE, J.E. 1998. Root/shoot partitioning and water relations in *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) seedlings under water stress. **Rev. Biol. Trop.**, 46: 41-44.

POORTER, L. 1999. Growth responses of fifteen rain forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Funct. Ecol.**, 13: 396-410.

PRICE, A. H.; STEELE, K. A.; GORHAM, J.; BRIDGES, J. M.; MOORE, B. J.; EVANS, J. L.; RICHARDSON, P.; JONES, R. G. W. Upland rice grown in soil-filled chambers and exposed to contrasting water-deficit regimes. I. Root distribution, water use and plant water status. **Field Crops Research**, v. 76, n. 1, p. 11-24, 2002.

POTTORFF, M. et al. Leaf morphology in cowpea [*Vigna unguiculata* (L) Walp]: QTL analysis, physical mapping and identifying a candidate gene using synteny with model legume species. **Genomics**, v. 13, p. 234, 2012.

QUIN, F. M. Introduction. In: SINGH, B. B.; MOHAN RAJ, D. R.; DASHIELL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (Ed.). **Advances in cowpea research**. Ibadan: IITA; Tsukuba: JIRCAS, 1997. p. 9-15.

RAMOS, H.M.M.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V.Q.; NASCIMENTO, F.N. Produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.4, p.683-694, 2014.

RAMOS, H. M. M. **Características produtivas, fisiológicas e econômicas do feijão caupi para grãos verdes sob diferentes regimes hídricos**. Teresina, 2011. 109p. Dissertação, Universidade Federal do Piauí (Agronomia, área de concentração: produção vegetal).

RAWAL, K.M. (1975) Natural hybridization among wild, weedy and cultivated *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Euphytica**, 24: 699-707.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; FONTAN, I. C. I.; MONTE, M. A.; GOMES, A. M.; OLIVEIRA, C. H. R. Performance of Eucalyptus spp. clones under different levels of soil water availability in the field-root and aboveground growth. **Revista Arvore**, Viçosa, v. 30, n.

6, p. 921-931, 2006.

ROCHA, M. M.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; MENEZES-JÚNIOR, J. A. N. de. Cultivares. In: VALE, J. C. do; BERTINI, C.; BORÉM, A. (eds.). **Feijão-caupi: do plantio a colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2017. cap. 6, p. 113-142.

SABOYA, R. C. C.; BORGES, P. R. S.; SABOYA, L. M. F.; MONTEIRO, F. P. R.; SOUZA, S. E. A.; SANTOS, A. F.; SANTOS, E. R. Response of cowpea to inoculation with nitrogenfixing strains in Gurupi-Tocantins State. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.4, n.1, p.40-48, 2013.

SANTOS, J. F. Produtividade de cultivares de feijão-caupi no Agreste Paraibano. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 7, n. 4, p. 31-36, 2013.

SELLSCHOP, J. P. F. Cowpeas: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Field Crop Abstracts**, Slough, v. 15, n. 4, p. 259-266, Oct./ Dec. 1962.

SILVA, C. D. S. et al. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas a deficiência hídrica, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 7-13, 2010.

SILVA, D.J.K. **Estatística da produção de feijão-caupi**. 2015. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01\\_16\\_510200683536.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01_16_510200683536.html)>. Acesso em jun. 2021.

SILVA, A et al. Crescimento e trocas gasosas de genótipos de feijão-caupi sob estratégias de cultivo. **Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 3, 2016.

SILVA, A. R. F. Componentes de produção e fisiológicos em ecótipos de *Vigna* sob reposição hídrica. Campina Grande. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias) - Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão. P.86, 2015.

SILVA TERCEIRO, E. N. S. et al. Aspectos fisiológicos do feijão-caupi e crescimento de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) sob competição em solo compactado. **Revista Verde de**

**Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n.1, p. 14-22, 2016.

SILVA, H. A. P. et al. Expressão gênica induzida por estresses abióticos em nódulos de feijão-caupi. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 47, n. 6, p. 797-807, 2012.

SILVA, M.A. ; SANTOS, C.M. ; VITORINO, H.S ; RHEIN, A.F.L. Pigmentos fotossintéticos e índice spad como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 173-181, Jan./Feb. 2014.

SINGH, B. B.; EHLERS, J.D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F.R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C.A. et al. **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA, 2002. p. 22-40.

SMARTT, J. (1985) Evolution of grain legumes. III. Pulses in the genus *Vigna*. **Exp. Agric.** 21: 87- 1000.

SOUSA, A.R.R.C. **Transformação genética de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) visando à introdução de genes de resistência a viroses**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 122 p. Tese de Doutorado.

SOUSA, C. Crescimento e respostas enzimáticas do feijoeiro caupi sob estresse hídrico e nematoide de galhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 19, n. 2, 2015.

SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; NETO, I. P.; BENEDETTI, T.C.; LANA, R. M. Q. Extratores para fósforo disponível em Latossolos e eficiência de fontes fosfatadas para milho cultivado em vaso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.10, n.1, p.38-46,2011.

SOUZA, G. Em que se apontam os legumes que se dão na Bahia. In: SOUZA, G. de. **Notícias do Brasil**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1974. p. 94-95.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantina**, Campinas, v. 70, n. 3, p.715-721, 2011.

SOUZA, L.S.B.; MOURA, M.S.B.; SILVA, T.G.F.; OLIVEIRA, D. S.O. Estimativa da área foliar do feijão-caupi a partir de medidas do limbo foliar. In: Simpósio nacional de estudos para produção vegetal no semiárido. 2014, Triunfo/Serra Talhada. **Anais...** Triunfo/Serra Talhada: 2014.

SOUZA, T. M. A. et al. Água disponível e cobertura do solo sob o crescimento inicial do feijão caupi cv. BRS Pujante. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n.3 p. 598-604, 2016.

STEELE, W.M.; MEHRA, K.L. (1980) Structure, evolution and adaptation to farming systems and environment in *Vigna*. In: Summerfield RJ and Bunting AH (eds) Advances in Legume Science. **Royal Botanic Gardens**, pp 459-468.

SUBBARAO, G.V.; JOHANSEN, C; SLINKARD, A.E.; RAO, R.C.N.; SAXENA, N.P; CHAUHA, Y.S. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. **Critical Reviews in Plant Science**, Pearl River, v. 14, p. 469-529, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1991.

\_\_\_\_\_. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TÁVORA, F.J.A.F.; MELO, F.I.O. Respostas de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.22, n.1/2, p.47-60, 1991.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, G. C.; OLIVEIRA, J. P. R.; SILVA, A. G.; PELÁ, A. Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 2, p. 300-307, 2010.

TEODORO, P. E., et al. Desempenho agrônômico e divergência genética entre genótipos de feijão caupi cultivados no ecótono Cerrado/Pantanal. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 377-382, 2014.

TORRES, R.R. **Resposta à irrigação e à adubação nitrogenada em cobertura da cultura do girassol**. 2014. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

VALDEZ, V., BERGER, J.D.; WARKENTIN, T.; ASSENG, S.; RATNAKUMAR, P.; RAO, K.P.C.; GAUR, P.M.; MUNIER-JOLAIN, N.; LARMURE, A.; VOISIN, A.S.; SHARMA, H.; PANDE, S.; SHARMA, M.; KRISHNAMURTHY, L.; ZAMAN ALLAH, M. Adaptation of grain legumes to climatic change: A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, n.1, p. 31–44, 2012.

VALE, J.C.; BERTINI, C.; BOREM, A. **Feijão-caupi: do plantio a colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. 267 p.

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

VIJAYKUMAR, A.; SAINI, A.; JAWALI, N. Phylogenetic analysis of subgenus *Vigna* species using nuclear ribosomal RNA ITS: Evidence of hybridization among *Vigna unguiculata* subspecies revealed by arbitrarily primed polymerase chain reaction analysis. **Journal of Heredity**, v. 101, n. 2, p. 177-188, 2010.

XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; CAMPOS, F. L. Ontogenia da nodulação em duas cultivares de feijão-caupi. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.2, p.561-564, 2007.