



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

ROSANA ARAUJO MARTINS LUCENA

**PROSPECÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI RESILIENTES À
SECA NO CARIRI OCIDENTAL PARAIBANO**

**SUMÉ - PB
2023**

ROSANA ARAUJO MARTINS LUCENA

**PROSPECÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI RESILIENTES À
SECA NO CARIRI OCIDENTAL PARAIBANO**

**Monografia apresentada ao curso
Engenharia de Biosistemas do Centro
de Desenvolvimento Sustentável do
Semiárido da Universidade Federal de
Campina Grande, como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharela em
Engenharia de Biosistemas.**

Orientador: Professor Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz.

**SUMÉ - PB
2023**



L935p Lucena, Rosana Araújo Martins.
Prospecção de genótipos de feijão-caupi
resilientes à seca no Cariri Ocidental Paraibano.
/ Rosana Araújo Martins Lucena. - 2023.

36 f.

Orientador: Professor Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biossistemas.

1. Feijão-caupi. 2. Resiliência à semiaridez - feijão-caupi. 3. Trocas gasosas - feijão-caupi. 4. Cultivares de feijão-caupi. 5. Variedades crioulas - feijão-caupi. 6. Genótipos de feijão-caupi. 7. Prospecção de genótipos - feijão-caupi. I. Ferraz, Rener Luciano de Souza. II. Título.

CDU: 635.65(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

ROSANA ARAUJO MARTINS LUCENA

**PROSPECÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI RESILIENTES À
SECA NO CARIRI OCIDENTAL PARAIBANO**

Monografia apresentada ao curso Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biosistemas.

BANCA EXAMINADORA:

**Professor Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz.
Orientador - UATEC/CDSA/UFCG**

**Professor Dr. Aldair de Souza Medeiros.
Examinador I - PPG-BIONORTE/UFMA**

**Professor Dr. Ivomberg Dourado Magalhães.
Examinador II – CECA/UFAL**

**Professor Me. Miguel Avelino Barbosa Neto.
Examinador III - CCA/UFPB**

Trabalho aprovado em: 27 de março de 2023.

SUMÉ - PB

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva da vida e por me proporcionar força e fé para enfrentar todas as minhas inseguranças e medos.

Aos meus pais, Maria Eleni Araujo Martins Lucena e Francisco de Assis Lucena da Silva, por sempre me apoiarem e estarem ao meu lado em todos os momentos difíceis da minha vida.

A minha irmã Rebeca Araujo Martins Lucena, ao meu irmão Pedro Inácio da Silva Neto e minha sobrinha Iasmin Alves da Silva, pela alegria compartilhada, vocês tornam minha vida mais leve e feliz.

Aos meus Avôs e Avós, por todo amor, carinho e ensinamentos partilhados ao longo da minha vida. Aos meus tios (as) e primos (as) pela amizade e encorajamento.

A Wesley Martins, por ser meu refúgio em todos os momentos difíceis, pelo apoio, amor, carinho e compreensão.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz pelo acolhimento e por todos os ensinamentos, conselhos, paciência e confiança.

Ao Me. Miguel Avelino Barbosa Neto pelos diálogos, amizade e companheirismo, além da suma importância para toda a execução e condução do experimento.

Aos meus amigos de caminhada, Maria José, Lucyelly Dâmela, Matheus Cavalcante, Tiala Oliveira, Marcelo Oliveira, Yanka Beatriz, Ronicleiton Silva, Valdézia Celestino, Levi Wallace, Diego Gomes, Vanessa Iris, Francisco Braz, Osmar Junior, Pâmela Valões, Ana Júlia, Edilson e Novinha pelos bons momentos partilhados.

Aos meus amigos de Experimento, Fernanda Guenes, Deyvid Mendes, Alícia Silva, Gabriel Azevedo, Heloísa Carla, Joniedson Santos e Marcelo Eduardo pela parceria, amizade e trocas de conhecimentos.

A Guilherme Felix e Ibrahim Bonou por terem sido essenciais na obtenção dos dados do experimento e a todas as pessoas que fazem parte do EcoLab.

Ao corpo docente do centro de desenvolvimento sustentável do Semiárido em especial aos professores da Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento.

A todos que de alguma forma contribuíram para minha fixação no curso, minha eterna gratidão.

RESUMO

O feijão-caupi é uma espécie largamente cultivada em diversas regiões mundiais. No Brasil, é cultivada, principalmente, na região semiárida, desempenhando um importante papel na segurança alimentar e socioeconômica do país. Face ao exposto, as mudanças climáticas associadas ao aumento populacional global instigam a comunidade científica e os produtores rurais a buscarem genótipos mais resilientes as adversidades climáticas, como por exemplo, o estresse hídrico. Desta forma, objetivou-se realizar uma prospecção de genótipos de feijão-caupi resilientes à seca no Cariri Ocidental paraibano. O experimento foi conduzido em campo, utilizando-se delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2×4 , sendo duas lâminas de irrigação (50% e 100% de reposição da evapotranspiração da cultura - ETc) e quatro genótipos de feijão-caupi (Corujinha, Paulistinha, BRS Tapaihum e BRS Miranda). Foram avaliadas a taxa de assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*), concentração interna CO₂ (*C_i*), eficiência instantânea no uso da água (EiUA), eficiência instantânea de carboxilação (EiC), conteúdo relativo de água nas folhas (CRA) e extravasamento de eletrólitos intracelulares (EEI). Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e, em seguida, à análise da variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Verificou-se que o genótipo Corujinha expressou elevados resultados para *A*, *g_s*, *C_i* e EiUA, quando 50% da ETc foi reposta. Também foi verificado que o genótipo BRS Miranda irrigado com 50% da ETc obteve maior *A*, *E* e EiC. Em relação ao conteúdo relativo de água na folha e extravasamento de eletrólitos intracelulares não houve resultados significativos quando 50% e 100% da ETc foi reposta. A variedade crioula Corujinha e a cultivar BRS Miranda foram considerados os genótipos de feijão-caupi resilientes à seca na microrregião do Cariri Ocidental paraibano. Esses genótipos resilientes são recomendados para cultivo nesta microrregião, pois, podem proporcionar aumento na renda e melhoria na qualidade de vida dos agricultores familiares. Novas pesquisas são sugerida para análise da produtividade desses genótipos sob restrição hídrica.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; trocas gasosas; status hídrico; estabilidade da membrana.

LUCENA, Rosana Araujo Martins. **Prospecting drought resilient cowpea genotypes in the Cariri Ocidental of Paraíba**. 2023. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), Curso de Engenharia de Biosistemas, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande - Sumé - Paraíba - Brasil, 2023.

ABSTRACT

Cowpea is a species widely cultivated in several regions of the world. In Brazil, it is grown mainly in the semi-arid region, playing an important role in the country's food and socioeconomic security. In view of the above, climate changes associated with global population growth instigate the scientific community and rural producers to seek genotypes that are more resilient to climate adversities, such as water stress. In this way, the objective was to carry out a prospection of cowpea genotypes resilient to drought in the Cariri Ocidental of the Paraíba. The experiment was carried out in the field, using a randomized block design, in a 2 x 4 factorial scheme, with two irrigation depths (50% and 100% replacement of crop evapotranspiration - ETc) and four cowpea genotypes (Corujinha, Paulistinha, BRS Tapaihum and BRS Miranda). The CO₂ assimilation rate (*A*), transpiration (*E*), stomatal conductance (*g_s*), CO₂ internal concentration (*C_i*), instantaneous water use efficiency (EiUA), instantaneous carboxylation efficiency (EiC), relative water content in the leaves (CRA) and extravasation of intracellular electrolytes (EEI). The data were submitted to the normality test and then to the analysis of variance using the F test ($p \leq 0.05$). It was verified that the Corujinha genotype expressed high results for *A*, *g_s*, *C_i* and EiUA, when 50% of ETc was replaced. It was also verified that the BRS Miranda genotype irrigated with 50% of ETc obtained higher *A*, *E* and EiC. Regarding the relative water content in the leaf and extravasation of intracellular electrolytes, there were no significant results when 50% and 100% of ETc was replaced. The Creole variety Corujinha and the BRS Miranda cultivar were considered the drought-resilient cowpea genotypes in the Cariri Ocidental of Paraíba microregion. These resilient genotypes are recommended for cultivation in this microregion, as they can increase income and improve the quality of life of family farmers. New research is suggested to analyze the productivity of these genotypes under water restriction.

Keywords: *Vigna unguiculata*; gas exchange; water status; membrane stability.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Sementes dos genótipos de feijão-caupi utilizadas: Corujinha (A); Paulistinha (B); BRS Tapaihum (C) e BRS Miranda (D). **15**
- Figura 2** - Mensuração das trocas gasosas em plantas de feijoeiro com o Analisador de gases por infravermelho (A e B). **19**
- Figura 3** - Copos de plástico contendo os discos para obtenção do peso da massa túrgida (A), material sendo seco superficialmente (B) e pesagem dos discos (C). **20**
- Figura 4** - Tubos de ensaio contendo os discos para a estimativa do extravasamento de eletrólitos intracelulares (A) e condutivímetro portátil WATERPROOF (B). **21**

LISTA DE ABREVIATURAS

- A* - taxa de assimilação de CO₂
- DAE** - dias após a emergência das plântulas
- C_i** - concentração interna de CO₂
- CRA** - conteúdo relativo de água na folha
- CV** - cavalo-vapor
- E* - transpiração
- ec* - área ocupada pela planta
- ECA** - evaporação do tanque Classe A
- EEl** - extravasamento de eletrólitos intracelulares
- Ef** - eficiência de irrigação
- EiC** - eficiência instantânea da carboxilação
- EiUA** - eficiência instantânea no uso da água
- ETc** - evapotranspiração da cultura
- ETo** - evapotranspiração de referência
- FAO** - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
- gs* - condutância estomática
- i.a** - ingrediente ativo
- Ia** - intensidade de aplicação de água
- IPA** - instituto Agrônomo de Pernambuco
- IRGA** - analisador de gases por infravermelho
- Kc** - coeficiente da cultura
- KL** - coeficiente de localização da aplicação de água pelo emissor
- Kp** - coeficiente do tanque
- LB** - lâmina bruta
- MFD** - massa fresca dos discos
- MTD** - massa turgida dos discos
- MSD** - massa seca dos discos
- n** - número de emissores por planta
- Pe** - precipitação pluvial
- Ti** - irrigação diário
- v** - vazão do emissor

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	OBJETIVOS.....	10
2.1	OBJETIVO GERAL.....	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
3.1	CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI.....	11
3.1.1	Características.....	11
3.1.2	Cultivo e importância socioeconômica.....	12
3.2	ESTRESSE HÍDRICO.....	13
3.3	TROCAS GASOSAS.....	13
4	METODOLOGIA.....	15
4.1	LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	15
4.2	VARIETADES CRIOULAS E CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI.....	15
4.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	16
4.4	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO.....	16
4.5	SEMEADURA.....	16
4.6	MANEJO DA IRRIGAÇÃO.....	17
4.7	CONTROLE DE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS INVASORAS.....	18
4.8	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	18
4.8.1	Trocias gasosas.....	18
4.8.2	Conteúdo relativo de água na folha.....	19
4.8.3	Extravasamento de eletrólitos intracelulares.....	20
4.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	21
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
6	CONCLUSÃO.....	27
	REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas afeta os sistemas de subsistência das populações humanas em todo o mundo e são frequentemente relacionadas às ações antrópicas, o que causado desequilíbrio e vulnerabilidade aos agroecossistemas, sobretudo, em decorrência de eventos climáticos extremos, fato que coloca grandes desafios à produção agrícola e à segurança dos recursos hídricos (BUONO, 2021; ZHANG *et al.*, 2021). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2022), a estimativa da população mundial para 2023 ultrapassa 8 bilhões de habitantes. Nesse contexto, é cada vez maior a procura por espécies vegetais que produzam satisfatoriamente sob restrição hídrica (BORBOREMA *et al.*, 2022).

Face ao exposto, pode-se destacar o feijão-caupi, que vêm sendo cultivado a gerações por agricultores familiares, o que, provavelmente, está associado a adaptabilidade e características nutricionais dessa espécie (AIDA *et al.*, 2021). O cultivo e produção do feijão-caupi ocorre principalmente em regiões áridas e semiáridas, devido sua ampla variabilidade genética, moderada adaptabilidade ao déficit hídrico e baixo custo de produção (CAVALCANTE, 2021), sendo caracterizado por ser rico em proteínas, minerais, vitaminas e alguns compostos importantes para a saúde humana e animal (FASUAN *et al.*, 2021).

Apesar de ser amplamente cultivado em ambientes sujeitos a restrição hídrica, além de possuir rusticidade, algumas pesquisas têm demonstrado que o feijão-caupi pode apresentar baixas produtividades quando submetido às práticas inadequadas de manejo, principalmente quanto ao manejo da água no solo (HARA *et al.*, 2022; JALES FILHO *et al.*, 2023; OLIVEIRA *et al.*, 2023). De acordo com Melo *et al.* (2022), a principal causa de diminuição da produtividade do feijão-caupi está relacionada ao fornecimento inadequado de água por irrigação e chuva, durante as fases vegetativa e reprodutiva da cultura. Ao final da fase vegetativa do feijão-caupi, a restrição hídrica diminui a abertura estomática e torna a assimilação de carbono difícil no metabolismo fotossintético (MELO *et al.*, 2018).

Diante do exposto, o estudo do impacto das secas, principalmente em regiões áridas e semiáridas, como, por exemplo, no Nordeste do Brasil, é de suma importância para o desenvolvimento de estratégias para produção de alimentos, como a seleção de variedades que exigem menor quantidade de água durante seu ciclo produtivo. Assim, a mensuração de indicadores das trocas gasosas, do status hídrico foliar e da estabilidade das membranas celulares é uma ferramenta importante para inserção tecnológica na cadeia produtiva do feijão-caupi (CARDOSO, 2022; SOUSA *et al.*, 2022).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma prospecção de genótipos de feijão-caupi resilientes à seca no Cariri Ocidental paraibano.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Mensurar as trocas gasosas foliares de quatro genótipos de feijão-caupi submetidos a dois regimes hídricos.

Determinar o conteúdo relativo de água na folha de quatro genótipos de feijão-caupi submetidos a dois regimes hídricos.

Quantificar o extravasamento de eletrólitos intracelular de quatro genótipos de feijão-caupi submetidos a dois regimes hídricos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI

3.1.1 Características

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), popularmente conhecido como feijão-macassar, feijão-de-corda, feijão-fradinho, feijão-miúdo, feijão-de-praia ou feijão-colônia, é uma dicotiledônea pertencente à família Fabaceae, com ciclo anual, possuindo perfil de plantas herbáceas e autógamas, é uma cultura originária do continente africano (FREIRE FILHO *et al.*, 2011). Devido sua originalidade, se adapta bem a regiões com características edafoclimáticas que se assemelham ao local de origem (SILVA, 2017).

As plantas do feijão-caupi são adaptadas as condições climáticas tropicais e em solos com pouca umidade e baixa fertilidade, tornando a espécie uma ótima fonte protéica, com rápido ciclo reprodutivo a baixos custos (MOTTA, 2022). É considerada uma leguminosa extremamente importante, pois integra a base da alimentação de populações de países em desenvolvimento por ser rica em proteínas, minerais e fibras (ROCHA *et al.*, 2020). Deve ser cultivada em temperaturas na faixa de 18 a 34°C, possuindo uma temperatura de crescimento ideal na faixa de 28°C. Em relação a germinação, a temperatura ideal varia de 8 a 11°C, enquanto para o estágio de floração inicial, de 8 a 10°C (BORBOREMA, 2022).

O porte da planta de feijão-caupi é determinado através da avaliação do comprimento e o ângulo entre o ramo principal e os secundários, podendo ser classificado em quatro tipos: ereto, semiereto, semiprostrado e prostrado (SILVA *et al.*, 2020). O ciclo do feijão-caupi pode ser classificado como: superprecoce, ou seja, maturação em até 60 dias; precoce, com maturação entre 61 à 70 dias; médio, maturação entre 71 à 90 dias; médio-precoce, com maturação entre 71 à 80 dias; médio-tardio, maturação entre 81 à 90 dias; e tardio, maturação acima de 90 dias (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2002).

O feijão-caupi apresenta duas grandes fases fenológicas, sendo elas, vegetativa (V) e reprodutiva (R) (BORBOREMA, 2022). De acordo com os estádios fenológicos descritos por Mendonça *et al.* (2015) a fase vegetativa é composta pelos estádios: (VE) emergência dos cotilédones; (VC) primeiro nó com folhas unifolioladas; (V1) segundo nó do ramo principal com folíolos completamente abertos; (V2) terceiro nó do ramo principal com folíolos completamente abertos; (V3) quarto nó do ramo principal com folíolos completamente abertos; (V4) quinto nó do ramo principal com folíolos completamente abertos; (V5) sexto nó do ramo

principal com folíolos completamente abertos; (V6) sétimo nó do ramo principal com folíolos completamente abertos; (V7) oitavo nó do ramo principal com folíolos completamente abertos; (V8) nono nó do ramo principal com folíolos completamente abertos.

Com relação aos estádios reprodutivos, é composto pelas fases: (R1) surgimento dos primórdios florais - pré-floração; (R2) surgimento da primeira flor aberta – floração; (R3) surgimento da primeira vagem - pré-frutificação; (R4) início do enchimento dos grãos – frutificação; (R5) vagens com grãos desenvolvidos e fase de colheita (MENDONÇA *et al.*, 2015).

3.1.2 Cultivo e importância socioeconômica

O feijão-caupi foi introduzido no Brasil pelo estado da Bahia, por portugueses no século XVI, e, posteriormente, disseminado por todo o país (MOTTA, 2022), sendo uma leguminosa adaptada às regiões áridas e semiáridas (FASUAN *et al.*, 2021), é amplamente cultivada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil por pequenos agricultores, possuindo um recente aumento de produção do feijoeiro na região do Centro-Oeste devido ao desenvolvimento de cultivares com características que favorecem o cultivo mecânico (ARAÚJO, 2019).

Os principais produtores do feijão-caupi a nível mundial é a Nigéria que responde por 39% do volume médio mundial, e em seguida Níger 24% (SALVADOR, 2020). Contudo, o Brasil se destaca entre os maiores produtores mundiais desta cultura (SOUSA, 2020).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022) na safra 2021/2022, a produção total do território nacional brasileiro foi de 629,300 toneladas e produtividade de 491 kg ha⁻¹ em uma área de 1.282,100 ha. Os principais estados com maiores produções do feijão-caupi na safra de 2021/2022 foram: Bahia (113,500 toneladas), Ceará (103,500 toneladas), Tocantins (96,700 toneladas), Mato Grosso (75,700 toneladas), Pernambuco (32,100 toneladas), Maranhão (26,900 toneladas) e Paraíba (19,300 toneladas).

Vale ressaltar que o feijão-caupi tem grande importância, tanto como alimento quanto como gerador de emprego e renda (SILVA *et al.*, 2016), podendo ser utilizado como base da alimentação humana e como forragem verde, feno, silagem, farinha para alimentação animal e como adubação verde. O seu mercado apresenta preços atrativos, com boas perspectivas para expansão, tornando-a uma cultura viável para agricultores familiares e empreendedores rurais (SOUSA, 2020).

3.2 ESTRESSE HÍDRICO

A água é uma substância essencial para a vida de todos os seres vivos, nas plantas atua em vários processos fisiológicos, dentre eles, o processo fotoquímico da fotossíntese, no transporte e absorção de nutrientes, sendo, portanto, um recurso indispensável para o desenvolvimento dos vegetais (CAMPOS *et al.*, 2021). Entretanto, de todos os recursos que as plantas necessitam para crescer e desenvolver, a água é o mais abundante e, frequentemente, o mais limitante (TAIZ *et al.*, 2017), sendo um constituinte fundamental nos organismos vegetais. A água compõe até 95% da biomassa das plantas, tornando-se um recurso determinante para o seu funcionamento e desenvolvimento (OLIVEIRA, 2022).

Contudo, o estresse é definido como desvio significativo na condição ótima da planta, gerando respostas em todos os níveis funcionais, podendo ser reversível a princípio, mas sendo capaz de tornar-se permanente (SILVA, 2017). Os seus efeitos nas plantas são adversos e vão depender da sua intensidade e duração (BORBOREMA, 2022).

No Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, a situação mais comum é limitação hídrica (OLIVEIRA, 2020), quando ocorre a limitação hídrica no continuum solo-planta-atmosfera provocam reduções na germinação, crescimento e estabelecimento das plantas no campo (TAVARES *et al.*, 2021). Por conseguinte, plantas que sofrem estresse hídrico fecham seus estômatos, reduzindo a assimilação de CO₂ e fotoassimilados e, conseqüentemente, a matéria seca da parte aérea, o crescimento e a produtividade das plantas podem ser reduzido (ROCHA *et al.*, 2020).

Embora o feijão-caupi seja considerada uma cultura tolerante à seca (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2002), um déficit hídrico durante o período reprodutivo (florescimento e enchimento de vagens) pode ocasionar severa redução da produtividade de grãos (GOMES, 2018).

3.3 TROCAS GASOSAS

As trocas gasosas está diretamente relacionada com a disponibilidade de água, quando encontra-se reduzida, provoca reduções nos valores de condutância estomática e transpiração devido ao fechamento estomático, ocorrendo conseqüentemente, redução nas taxas de fotossíntese (SILVA *et al.*, 2015).

As trocas gasosas são processos pelos quais a planta interage com a atmosfera liberando ou captando gases. Deste modo, durante a fotossíntese, a planta fixa CO₂ e libera O₂, o inverso

na respiração ocorre, ou seja, a planta libera CO_2 e consome O_2 , revertendo assim as trocas desses gases. Esse balanço de entrada e saída de CO_2 é possível de ser detectado medindo-se as trocas gasosas, sendo a fotossíntese líquida o processo em que mais CO_2 é consumido na fotossíntese do que liberado pela respiração simultaneamente. Essa variável é naturalmente reduzida no escuro ou quando a planta está sob condições desfavoráveis para a assimilação (SANTOS, 2016).

A redução no crescimento da cultura está relacionada à diminuição da atividade fotossintética, o que pode ser resultante do aumento na resistência difusiva estomática, notadamente, pelo fato dos estômatos constituírem a principal via de troca gasosa entre as folhas e o meio externo (SANTOS, 2016). Ter conhecimento da fotossíntese, condutância e transpiração, junto com as variações climáticas, permitem compreender como determinada espécie interage com os recursos ambientais disponíveis, e a interferência desses recursos no desenvolvimento da planta (VINCO, 2016).

Sendo assim, a verificação das trocas gasosas constitui-se em importante ferramenta na determinação de adaptação e estabilidade de plantas a determinados ecossistemas, isto porque a redução no crescimento e a conseqüente diminuição na produtividade das plantas pode estar relacionada à redução na atividade fotossintética, limitada por fatores abióticos intrínsecos ao local de cultivo (FERRAZ *et al.*, 2012).

4 METODOLOGIA

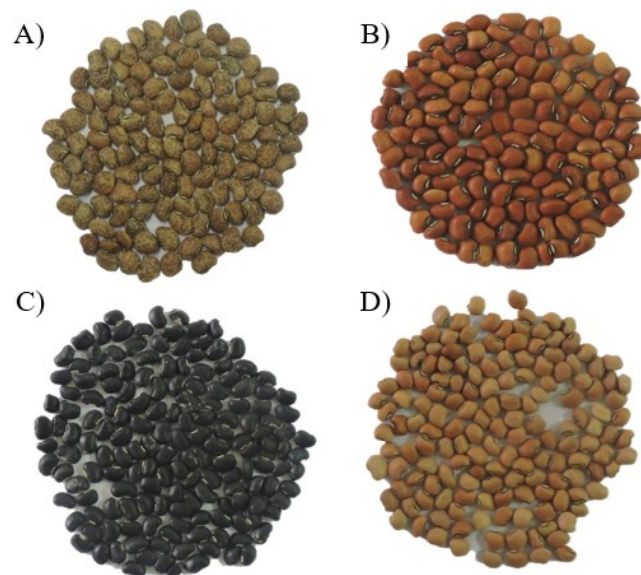
4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O cultivo dos genótipos de feijão-caupi foi realizado no Campo Experimental do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Sumé – PB, nas coordenadas de Latitude 7° 40' 18" S; Longitude 36° 52' 54" W e altitude de 518 m acima do nível do mar. O clima local, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Bsh' (semiárido quente), com temperatura média anual de 26 °C e precipitação pluviométrica média anual de 600 mm (VITAL et al., 2020).

4.2 VARIEDADES CRIOULAS E CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI

Foram utilizadas sementes dos genótipos de feijão-caupi: Corujinha, Paulistinha, BRS Tapaihum e BRS Miranda. As variedades crioulas, 'Corujinha' e 'Paulistinha', foram obtidas de um Banco de Sementes Comunitário do Território Indígena Xukuru do Ororubá, na cidade de Pesqueira-PE. As cultivares melhoradas, 'BRS Tapaihum' e 'BRS Miranda', foram obtidas do banco de germoplasma do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA).

Figura 1 - Sementes dos genótipos de feijão-caupi utilizadas: Corujinha (A); Paulistinha (B); BRS Tapaihum (C) e BRS Miranda (D).



Fonte: Acervo da equipe de pesquisa, Sumé, PB, 2023.

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento utilizado para distribuição das unidades experimentais foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2×4 , sendo dois regimes hídricos (50 e 100% da ETC - evapotranspiração da cultura) e quatro genótipos de feijão-caupi (Corujinha, Paulistinha, BRS Tapaihum e BRS Miranda) com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por três linhas de 1,0 m de comprimento, com espaçamento de 0,4 m entre linhas e 0,2 m entre plantas, totalizando 15 plantas por unidade experimental.

4.4 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO

Para análise físico-química do solo foram retiradas amostras do solo representativas da área, na profundidade de 0-20 cm. Foram coletadas dez amostras simples submetidas ao processo de homogeneização, obtendo-se ao final uma amostra composta. As amostras foram analisadas de acordo com os métodos do IITA (1979), de Black (1965), Olsen *et al.*, (1954) e Okalebo *et al.*, (1993), cujos resultados foram: pH em H₂O = 7,81; P = 3,28 mg g⁻¹; K = 0,68 mmol_c dm⁻³; Na = 0,38 mmol_c dm⁻³; Ca = 7,75 mmol_c dm⁻³; Mg = 5,85 mmol_cdm⁻³; Al = 0,0 mmol_c dm⁻³; H + Al = 0,0 mmol_c dm⁻³; T = 14,66 mmol_c dm⁻³; V = 33,33%; M.O. = 1,34%; CE (Extrato de saturação) = 0,70; areia = 68,12%; silte = 26,46%; argila = 5,42%; densidade do solo = 1,27 g cm⁻³; densidade de partículas = 2,69 g cm⁻³; porosidade = 52,79%; umidade natural = 0,40%; água disponível = 8,65%; classe textural = franco arenoso e classificado como Luvissolo Crômico.

4.5 SEMEADURA

A semeadura foi realizada no dia 12 de dezembro de 2022, utilizando-se de uma semente por cova, com espaçamento de 0,1 m e profundidade aproximada de 3 cm. Aos 15 dias após a emergência (DAE) das plântulas, foi realizado o desbaste, escolhendo-se as plântulas mais vigorosas e eliminando-se as demais. Após o desbaste, cada parcela foi composta por 15 plantas.

4.6 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

O manejo de irrigação foi realizado diariamente com base na evapotranspiração de referência (ET_o), obtida por meio da evaporação do Tanque Classe A (ECA), instalado próximo da área experimental, e no coeficiente do tanque (K_p), conforme a equação (1).

$$ET_o = K_p \times ECA \quad \text{Eq. (1)}$$

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi calculada com base na ET_o e no coeficiente da cultura (K_c) em cada estágio fenológico (MENDONÇA et al., 2015), conforme a equação (2).

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad \text{Eq. (2)}$$

A reposição da água perdida por evapotranspiração da cultura foi realizada através da lâmina bruta (LB, mm) no período ($t_f - t_i$), em dias, entre irrigações consecutivas, utilizando-se do K_c, coeficiente de localização da aplicação de água pelo emissor (K_L), da precipitação pluvial ocorrida no período (P_e, mm), considerando-se eficiência de irrigação (E_f) de 85%, conforme a equação (3).

$$LB = \frac{ET_o K_c K_L - P_e}{E_f}; \text{ se } LB \leq 0; LB = 0 \quad \text{Eq. (3)}$$

Foi utilizado o método de irrigação localizada, sendo a água aplicada através de um sistema de irrigação tipo gotejamento. O sistema foi constituído de um conjunto motobomba com potência de 1 CV, operando com pressão de 1 bar, monitorada com a utilização de manômetros. As linhas laterais foram constituídas de fitas gotejadoras com emissores espaçados a cada 0,1 m e vazão de 2,1 L h⁻¹. Para determinação do regime hídrico de 50% da ET_c, os valores de LB foram multiplicados pelo fator 0,50.

A intensidade de aplicação de água (I_a, mm h⁻¹) foi calculada utilizando-se do número de emissores por planta (n), da vazão do emissor (v, L h⁻¹) e da área ocupada pela planta (e_c, m²), utilizando-se da equação (4), proposta por Mantovani *et al.* (2006).

$$Ia = \frac{n \times v}{ec} \quad \text{Eq. (4)}$$

O tempo de irrigação diário (Ti) foi calculado com base na LB e Ia, utilizando-se da equação (5), proposta por Mantovani *et al.* (2006).

$$Ti = \frac{LB}{Ia} \quad \text{Eq. (5)}$$

4.7 CONTROLE DE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS INVASORAS

O controle de pragas e doenças foi realizado por intervenção química e natural, sempre que o nível de infestação e acometimento foi igual ao nível limiar de dano econômico. Para tanto, foram realizadas uma aplicação do inseticida Lannate (i.a. Metomil 215 g L⁻¹) na dose 0,5 L ha⁻¹, cinco aplicações do inseticida Decis (i.a. Deltametrina 25 g L⁻¹) na dose 0,2 L ha⁻¹, conforme recomendação do fabricante, e cinco aplicações de extrato aquoso de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) na concentração de 10% (v/v), conforme recomendação de Silva *et al.* (2011) para a cultura do feijão-caupi. Para fabricação do extrato de neem, foram utilizados 1 kg de folhas com sementes e 1 L de água, os quais foram processados em liquidificador industrial, em seguida coado, adicionado 0,5 L de detergente neutro e 3,5 L água, mantido em tonel de 5 L fechados hermeticamente para fermentação. Após 24h os toneis foram abertos e, posteriormente, fechados. Esse processo foi repetido até que não houvesse mais produção de gás dentro dos toneis. O manejo de plantas espontâneas aconteceu pelo método mecânico fazendo uso de enxadas e arranquio manual nas proximidades das plantas.

4.8 VARIÁVEIS ANALISADAS

4.8.1 Trocas gasosas

Para a mensuração das trocas gasosas foliares foi realizada uma leitura, utilizando-se de um analisador de gases por infravermelho (IRGA - *Infrared Gas Analyzer*) modelo LI-6800 LICOR[®] (Figura 2). O procedimento para as aferições das respectivas variáveis foi realizado adotando-se como critério o terceiro folíolo totalmente expandido, contando a partir da gema apical do ramo principal. Com o IRGA, foi realizada a mensuração da taxa assimilação de CO₂

(A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$). De posse desses dados, foram estimadas a eficiência instantânea no uso da água ($E_i\text{UA}$) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação ($E_i\text{C}$) (A/C_i) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$] (FERRAZ *et al.*, 2012).

Figura 2 - Mensuração das trocas gasosas em plantas de feijoeiro com o Analisador de gases por infravermelho (A e B).

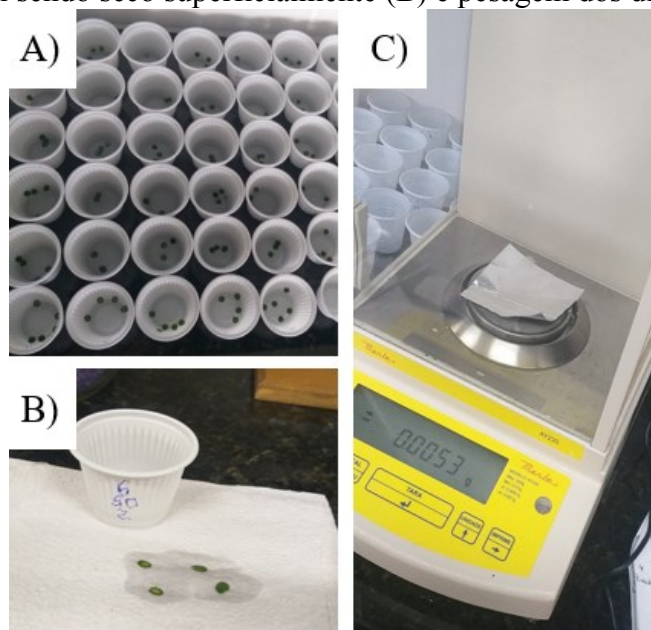


Fonte: Acervo da equipe de pesquisa, Sumé, PB, 2023.

4.8.2 Conteúdo relativo de água na folha

Para a avaliação do conteúdo relativo de água na folha (CRA, %), no estágio R3, foram obtidos cinco discos de folhas frescas, com área de $19,63 \text{ mm}^2$ por meio de cortes realizados com o uso de um perfurador de cobre com 5 mm de diâmetro, os quais foram pesados em balança analítica ($\pm 0,0001 \text{ g}$), para obtenção da massa fresca do disco (MFD, g) e, em seguida, colocados em copo de plástico descartável contendo 10 mL de água destilada em temperatura ambiente por 24 horas, seguindo-se de pesagem para obtenção da massa túrgida do disco (MTD, g) (Figura 3).

Figura 3 - Copos de plástico contendo os discos para obtenção do peso da massa túrgida (A), material sendo seco superficialmente (B) e pesagem dos discos (C).



Fonte: Acervo da equipe de pesquisa, Sumé, PB, 2023.

Em seguida, os discos foram acondicionados em papel alumínio, devidamente identificados, e submetidos a secagem em estufa com circulação de ar forçado a 80 °C, por 48 horas, para aferição da massa seca do disco (MSD, g). Os valores obtidos nestas pesagens foram utilizados na equação (6), descrita por Brito *et al.* (2011), para se obter o CRA (%).

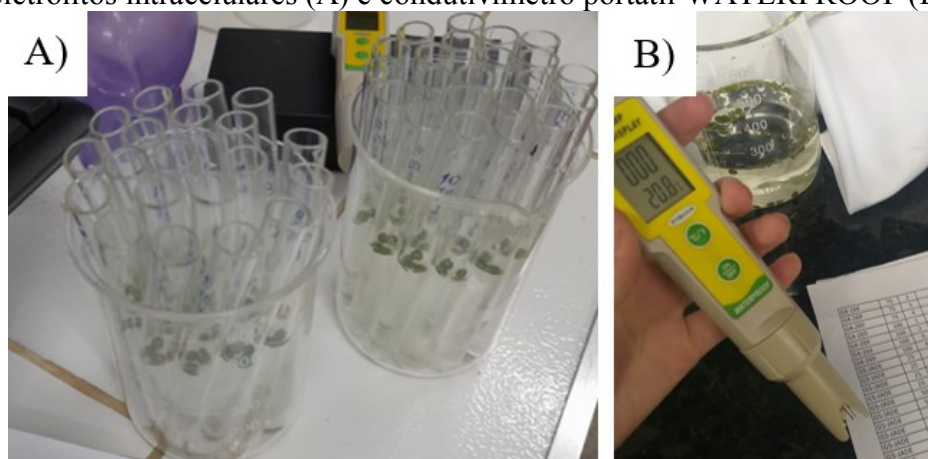
$$\text{CRA (\%)} = \frac{\text{MFD} - \text{MSD}}{\text{MTD} - \text{MSD}} \times 100 \quad \text{Eq. (6)}$$

4.8.3 Extravasamento de eletrólitos intracelulares

O extravasamento de eletrólitos intracelulares (EEI, %), estima indiretamente o nível de danos às membranas celulares, foi medido conforme Scotti Campos e Thu Pham Thi (1997), quando a planta se encontrava no estágio R3 descrito por Mendonça *et al.*, 2015. Para a realização da análise, foram obtidos cinco discos de folhas frescas, os quais foram acondicionados em tubos de ensaio contendo 10 mL de água destilada. Logo após o período de 24 horas, foi aferida a condutividade elétrica inicial da solução do tubo de ensaio (Xi) utilizando-se um condutivímetro portátil (WATERPROOF).

Posteriormente, os tubos foram submetidos à temperatura de 80 °C por 90 minutos. Após o resfriamento do conteúdo à temperatura ambiente, aferiu-se a condutividade final (Xf) da solução (Figura 4).

Figura 4 - Tubos de ensaio contendo os discos para a estimativa do extravasamento de eletrólitos intracelulares (A) e condutivímetro portátil WATERPROOF (B).



Fonte: Acervo da equipe de pesquisa, Sumé, PB, 2023.

Após a obtenção dos valores da condutividade elétrica inicial e final foi possível calcular o percentual de extravasamento de eletrólitos intracelulares de acordo com a equação 7, descrita por Brito *et al.* (2011).

$$EEI (\%) = \left(\frac{X_i}{X_f} \right) \times 100 \quad \text{Eq. (7)}$$

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados das variáveis dependentes avaliadas foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). Após verificação da normalidade, os dados foram submetidos à análise da variância (ANAVA) pelo teste F. Para desdobramento dos graus de liberdade dos regimes hídricos foi utilizado o teste t de Student e para os genótipos foi utilizado o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para processamento das análises foi utilizado o *software* Sisvar (FERREIRA, 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados da análise da variância, constatou-se que houve interação significativa ($p \leq 0,01$) entre os genótipos e as lâminas de irrigação para as variáveis de trocas gasosas (A , E , gs e Ci), eficiência instantânea no uso da água ($EiUA$) e da carboxilação (EiC), enquanto que para o conteúdo relativo de água na folha (CRA) e extravasamento de eletrólitos intracelulares (EI) não foi verificada interação significativa ($p > 0,05$) nem tampouco efeito isolado dos fatores sobre essas variáveis (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo das análises da variância para as trocas gasosas, eficiência instantânea do uso da água e da carboxilação, conteúdo relativo de água na folha e extravasamento de eletrólitos intracelulares de genótipos de feijão-caupi sob lâminas de irrigação.

FV	GL	Quadrados Médios			
		A	E	gs	Ci
Genótipo (G)	3	57,41**	67,22**	0,20**	4173,09**
Lâmina (L)	1	3,91 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,06**	1489,43*
Bloco	3	1,26 ^{ns}	0,82 ^{ns}	5,0E-4 ^{ns}	392,11 ^{ns}
Interação G × L	3	266,58**	23,97**	0,20**	3007,24**
Resíduo	21	5,7	1,43	4,0E-3	269,65
CV (%)		10,01	17,04	14,71	6,66
		$EiUA$	EiC	CRA	EI
Genótipo (G)	3	8,99**	8,9E-4**	101,30 ^{ns}	6,47 ^{ns}
Lâmina (L)	1	1,8E-3 ^{ns}	1,7E-5 ^{ns}	58,34 ^{ns}	8,87 ^{ns}
Bloco	3	0,02 ^{ns}	1,0E-4 ^{ns}	33,65 ^{ns}	48,31 ^{ns}
Interação G × L	3	6,23**	2,4E-3**	210,24 ^{ns}	43,19 ^{ns}
Resíduo	21	0,08	5,7E-5	85,30	29,87
CV (%)		7,74	7,76	17,91	22,34

FV - fonte de variação; GL - grau de liberdade; *, ** e ^{ns} - Significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F; A - taxa de assimilação de dióxido de carbono; E - taxa de transpiração; gs - condutância estomática; Ci - concentração interna de dióxido de carbono; $EiUA$ - eficiência instantânea no uso da água; EiC - eficiência instantânea da água; CV (%) - coeficiente de variação.

Observou-se, na Figura 5A, que os genótipos Corujinha e BRS Miranda, quando submetidos ao nível de 50% da ETc tiveram maior taxa de assimilação de CO₂ (28,4 e 26,4 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente). Sob 100% de reposição da ETc a maior taxa de assimilação de CO₂ (33,2 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foi mensurada no genótipo BRS Tapaihum.

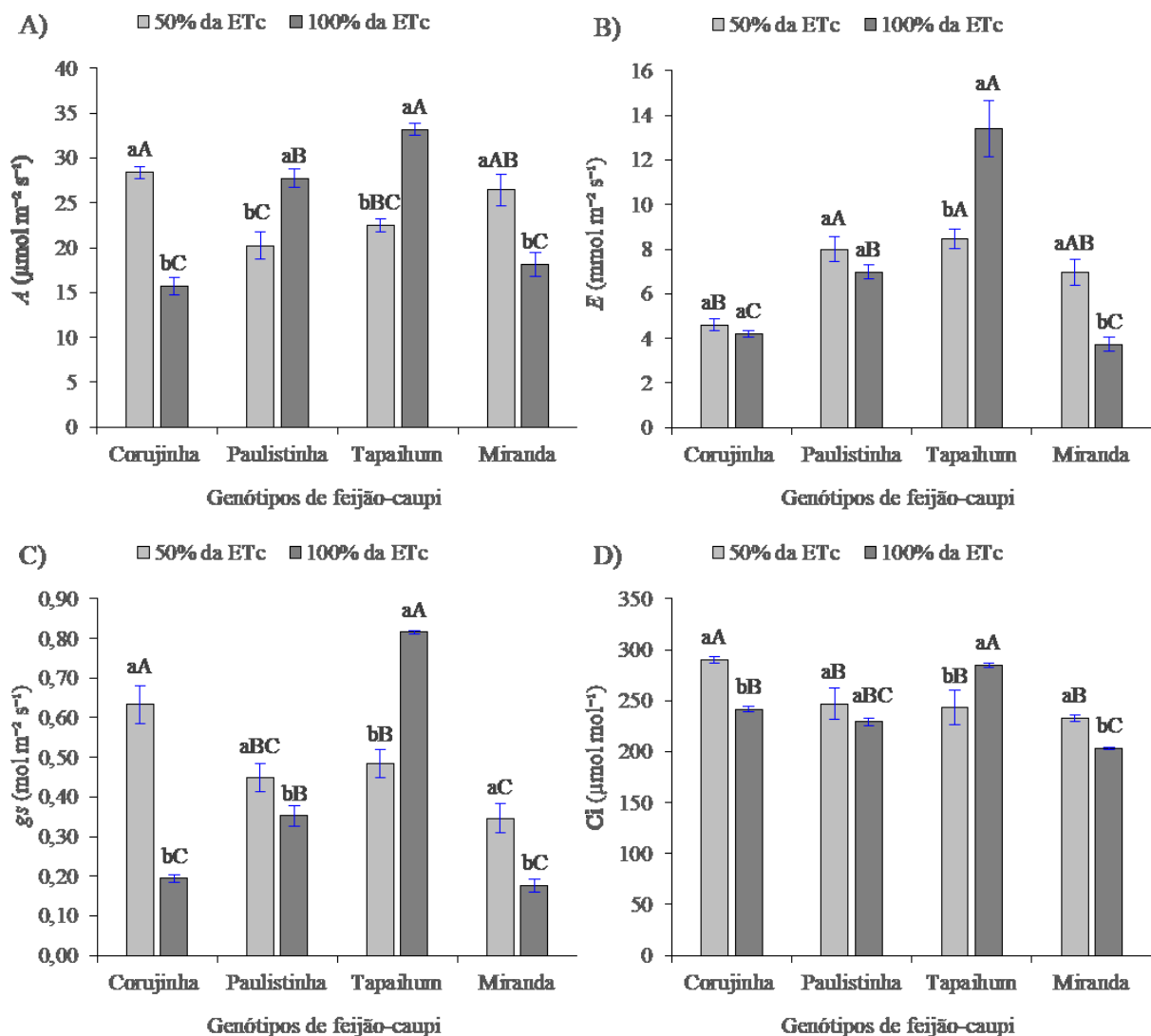
Quando 50% da ETc foi repostada, os genótipos Paulistinha, BRS Tapaihum e BRS Miranda tiveram maior transpiração (8, 8,5 e 7 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente), enquanto o genótipo Corujinha apresentou menor transpiração (4,6 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Sob 100% de reposição

da ETc a maior transpiração ($13,4 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foi mensurada no genótipo BRS Tapaihum (Figura 5B).

Ao analisar a Figura 5C, quando submetidos ao nível de 50% da ETc, verificou-se que o genótipo Corujinha obteve a maior condutância estomática ($0,6 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Sob 100% de reposição da ETc, os genótipos Paulistinha e BRS Tapaihum obtiveram maior condutância estomática ($0,4$ e $0,8 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Para concentração interna de CO_2 , quando 50% da ETc foi repostada, o genótipo Corujinha apresentou o maior valor dessa variável ($290 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$). Sob 100% da reposição da ETc a maior concentração interna de CO_2 ($285 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$) foi mensurada no genótipo BRS Tapaihum (Gráfico 1 D).

Gráfico 1 - A - Taxa de assimilação de CO_2 (A), E - Transpiração (B), g_s - Condutância estomática (C) e C_i - Concentração interna de CO_2 (D) de genótipos de feijão-caupi sob lâminas de irrigação.



Fonte: Elaborada com os dados da pesquisa.

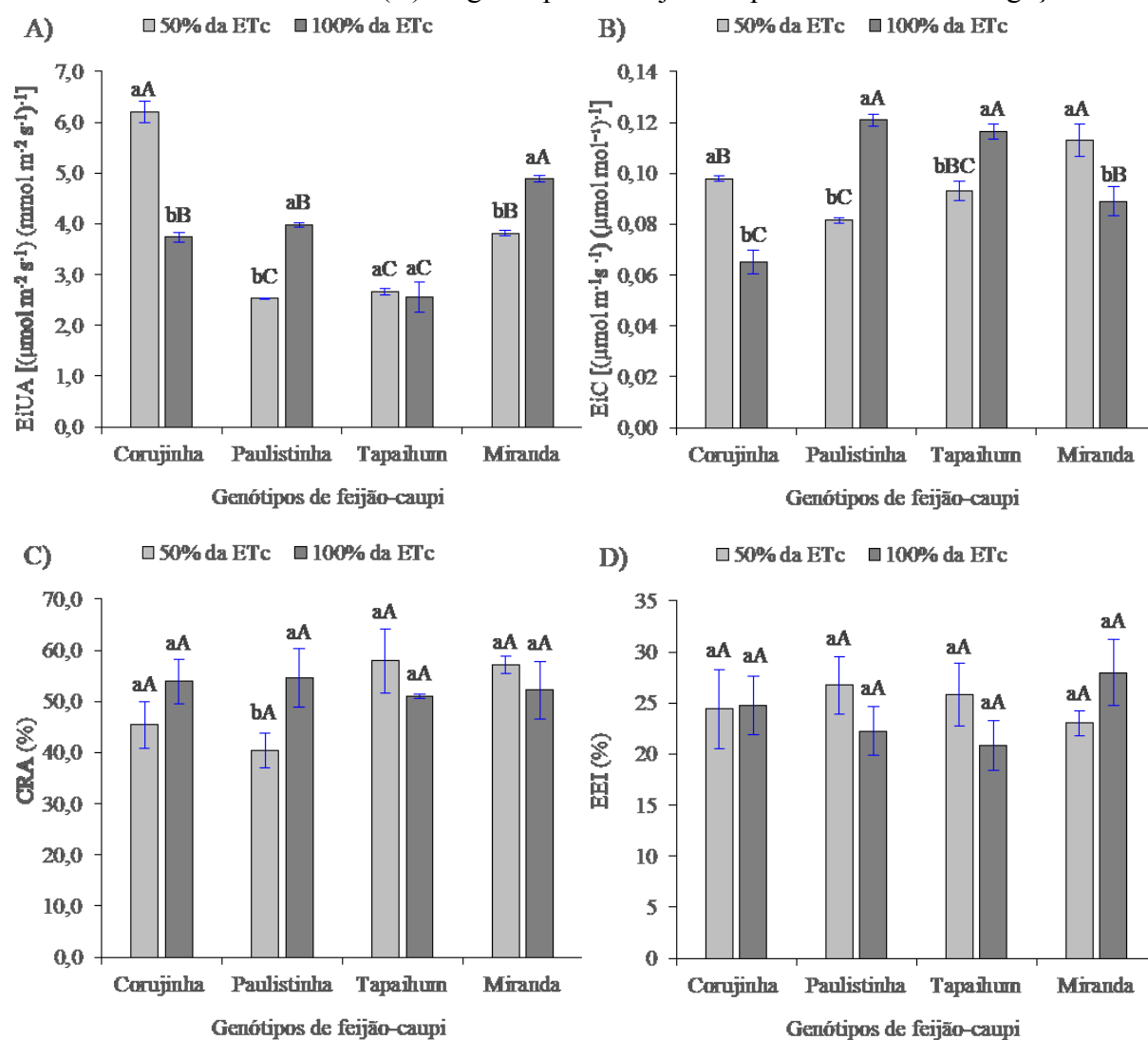
A maior atividade fotossintética registrada no genótipo Corujinha sob restrição hídrica (50% da ETc) evidencia seu caráter resiliente à seca em relação aos demais genótipos testados, haja vista que, mesmo sob déficit hídrico, manteve elevada condutância estomática, assimilação de CO₂ e concentração interna de CO₂. Essa informação é ratificada por Melo *et al.* (2018) ao afirmarem que em ambientes sujeitos a restrição hídrica o feijão-caupi diminui a abertura estomática e dificulta a assimilação do carbono no metabolismo fotossintético.

Com base na Figura 6A, sob 50% da reposição da ETc a maior eficiência instantânea no uso da água [(6,2 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)⁻¹] foi constatada no genótipo Corujinha. Quando 100% da ETc foi reposta, o genótipo BRS Miranda teve maior eficiência instantânea no uso da água [(4,9 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)⁻¹].

Verificou-se que, quando 50% da ETc foi reposta, o genótipo BRS Miranda obteve a maior eficiência instantânea da carboxilação [(0,11 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)⁻¹]. Sob 100% da reposição da ETc a maior eficiência instantânea da carboxilação [(0,12 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)⁻¹] foi mensurada nos genótipos Paulistinha e BRS Tapahium (Figura 6B).

Na Figura 6C, observou-se que os genótipos Corujinha, BRS Tapahium e BRS Miranda, quando submetidos a 50% da reposição da ETc, tiveram maior conteúdo relativo de água na folha (45,5; 57,9 e 57,1%), enquanto o genótipo Paulistinha apresentou menor conteúdo relativo de água (40,4%). Quando 100% da ETc foi reposta, os genótipos não apresentaram diferenças para conteúdo relativo de água. Em relação aos valores obtidos para extravasamento de eletrólitos intracelulares não houve defasagem expressiva entre 50% da reposição ETc e 100% da reposição ETc (Gráfico 2 D).

Gráfico 2 - EiUA - Eficiência instantânea no uso da água (A), EiC - Eficiência instantânea da carboxilação (B), CRA - Conteúdo relativo de água nas folhas (C) e EEI - Extravasamento de eletrólitos intracelulares (D) de genótipos de feijão-caupi sob lâminas de irrigação.



Fonte: Elaborada com os dados da pesquisa.

A elevada eficiência instantânea no uso da água do genótipo Corujinha evidencia sua regulação estomática, pois, sob restrição hídrica o genótipo reduziu a perda de água por transpiração e manteve os estômatos abertos com elevada assimilação de CO_2 . De fato, a regulação da condutância estomática está associada à assimilação de CO_2 e transpiração do feijão-caupi (MELO *et al.*, 2022). Vale ressaltar que, o aumento da concentração interna de CO_2 do genótipo Corujinha reflete na baixa eficiência instantânea da carboxilação, o que pode ter ocorrido devido à indisponibilidade de adenosina trifosfato (ATP) e nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH), além da baixa concentração do substrato para Ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO) (Osei-Bonsu *et al.*, 2021).

Para o genótipo BRS Miranda irrigado com 50% da ETc, a eficiência instantânea da carboxilação foi superior aos demais genótipos, o que pode ser justificado pela baixa concentração interna de CO₂ e elevadas taxas de assimilação de CO₂ e transpiração, o que também foi observado por Ferraz *et al.* (2012) em estudo com feijão comum analisando as trocas gasosas e eficiência fotossintética em cultivo no semiárido. Estes pesquisadores ainda reportaram que a eficiência instantânea da carboxilação possui estreita relação com a concentração interna de CO₂ e com a taxa de assimilação de CO₂.

Em linhas gerais, o melhor desempenho dos genótipos Corujinha e BRS Miranda torna evidente a importância da prospecção de genótipos de feijão-caupi resilientes à seca no cariri ocidental paraibano, uma vez que permite a flexibilidade de escolha de materiais genéticos adaptados à região, evitando as perdas significativas de produção que, segundo Oliveira *et al.* (2023), é reflexo da rápida redução na condutância estomática, o que sinaliza o fechamento dos estômatos, seguido de baixas taxas fotossintéticas e de transpiração.

6 CONCLUSÃO

A variedade crioula Corujinha e a cultivar BRS Miranda foram considerados os genótipos de feijão-caupi resilientes à seca na microrregião do Cariri Ocidental paraibano. Esses genótipos resilientes são recomendados para cultivo nesta microrregião, pois, podem proporcionar aumento na renda e melhoria na qualidade de vida dos agricultores familiares. Novas pesquisas são sugeridas para análise da produtividade desses genótipos sob restrição hídrica.

REFERÊNCIAS

- AIDA, B.; SIHEM, T.; INES, B.; HATEM, L. Biochemical variability and functional properties of cowpea landraces grown in Hoggar: the Algerian arid region. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 15, p. 3509-3522, 2021.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 17-20, 2002.
- 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 do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 108p. (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção: 2) 2002.
- ARAUJO, K. C. **Avaliação de linhagens melhoradas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) na região noroeste fluminense para estudo de valor de cultivo e uso**. 2019. 115 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2019.
- BLACK, C. A. **Methods of soil analysis**. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling, 9.1. Madison: American Society of Agronomy, 1965. 770p.
- BORBOREMA, L. D. A.; FERRAZ, R. L. S.; COSTA, P. S.; GONZAGA, G. B. M.; MEDEIROS, A. S. Demanda hídrica e crescimento de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) sob doses de esterco ovino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 17, p. 72-76, 2022.
- BORBOREMA, L. D. A. **Plasticidade fenotípica de feijão-caupi BRS Itaim sob restrição hídrica e seed priming com peg 6000 e silício**. Orientador: Rener Luciano de Souza Ferraz. 2022. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de engenharia de biosistemas, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2022. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/26585>. Acesso em: 5 mar. 2023.
- BRITO, G. G.; SOFIATTI, V.; LIMA, M. M. A.; CARVALHO, L. P.; SILVA FILHO, J. L. Physiological traits for drought phenotyping in cotton. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 117-125, 2011.
- BUONO, D. D. Can biostimulants be used to mitigate the effect of anthropogenic climate change on agriculture? It is time to respond. **Science of The Total Environment**, v. 751, p. e141763, 2021.
- CAMPOS, A. J. M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Water stress in plants: a review. **Research, Society and Development**, v. 10, p. e311101523155, 2021.
- CAVALCANTE, I. E. **Ácido salicílico atenua os efeitos da restrição hídrica em cultivares de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] em condições de campo**. 2021. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (BRASIL). **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, setembro 2022. Brasília, DF: CONAB, v. 9, n. 12, p. 1-88, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/%20graos/boletim-da-safra-de%02grao>. Acesso em: 8 mar. 2023.

FASUAN, T. O.; CHUKWU, C. T.; OLAGUNJU, T. M.; ADIAMO, O. Q.; FAWALE, S. O. Biocontrol of insect-pests bruchid in postharvest storage of *Vigna unguiculata* grains: Process modeling, optimization, and characterization. **Crop Protection**, v. 146, p. e105689, 2021.

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

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.

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

GOMES, J. R. **Componentes de rendimento de cultivares de feijão macassar no brejo paraibano**. Orientador: Fábio Mielezrski. 2018. 27 f. TCC (Graduação) - Curso de engenharia agrônoma, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/16178/1/JRG291019-MA967.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2023.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Prognóstico feijão**: novembro de 2020. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2021-01/Feijao_2021.pdf. Acesso em: 5 mar. 2023.

HARA, F. A. S.; SERUDO, R. N.; VENDRUSCOLO, J.; INÁCIO, A. C. F.; MOURA, R. P. M. Resposta do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) a diferentes níveis de reposição de água na fase vegetativa. **Research, Society and Development**, v. 11, e15311629013, 2022.

IITA - INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. **Selected methods for soil and plant analysis**. Ibadan: IITA Manual Services, 1979. 57p.

JALES FILHO, R. C.; MELO, Y. L.; VIÉGAS, P. R. A.; OLIVEIRA, A. P. S.; ALMEIDA NETO, V. E.; FERRAZ, R. L. S.; GHEYI, H. R.; CAROL, P.; LACERDA, C. F.; MELO, A. S. Salicylic acid and proline modulate water stress tolerance in a traditional variety of cowpeas. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 27, p. 18-25, 2023.

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

MELO, A. S.; SILVA, A. R. F.; DUTRA, A. F.; DUTRA, W. F.; SÁ, F. V. S.; ROCHA, M. M. Crescimento e pigmentos cloroplastídicos de genótipos de feijão *Vigna* sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, p. 2579-2591, 2018.

MELO, A. S.; MELO, Y. L.; LACERDA, C. F.; VIÉGAS, P. R. A.; FERRAZ, R. L. S.; GHEYI, H. R. Water restriction in cowpea plants [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]: Metabolic changes and tolerance induction. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v.26, p.190-197, 2022.

MENDONÇA, C. A.; BARROSO NETO, A. M.; BERTINI, C. H. C. M.; AMORIM, M. Q.; ARAÚJO, L. B. R. Caracterização fenológica associada a graus-dia em genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, p. 485-493, 2015.

MOTTA, N. L. **Ecofisiologia e produtividade de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sob diferentes turnos de rega**. 2022. 109 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2022.

OSEI-BONSU, I.; MCCLAIN, A. M.; WALKER, B. J.; SHARKEY, T. D.; KRAMER, D. M. The roles of photorespiration and alternative electron acceptors in the responses of photosynthesis to elevated temperatures in cowpea. **Plant Cell & Environmental**, v.44, p.1-18, 2021.

OKALEBO, J. R.; GATHUA, K. W.; WOOPER, P. L. **Laboratory methods of plant and soil analysis: a working manual**. Nairobi: Tropical Soil Biology and Fertility Programme, 1993. 88p.

OLIVEIRA, A. P. S.; MELO, Y. L.; ALENCAR, R. S.; VIÉGAS, P. R. A.; DIAS, G. F.; FERRAZ, R. L. S.; SÁ, F. V. S.; DANTAS NETO, J.; MAGALHÃES, I. D.; GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F.; MELO, A. S. Osmoregulatory and Antioxidants Modulation by Salicylic Acid and Methionine in Cowpea Plants under the Water Restriction. **Plants**, v. 12, p. 1341, 2023.

OLIVEIRA, D. M. **Influência da hidratação descontínua de sementes e ciclos de rega em mudas de *Cenostigma pyramidale* (tul.) E. Gagnon & g.p. lewis (fabaceae) em resposta ao déficit hídrico**. 2022. 61 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

OLIVEIRA, L. K. B. **Tolerância de cultivares de feijão-caupi ao déficit hídrico na fase germinativa: alterações fisiológicas, bioquímicas e citoquímicas**. 2020. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

OLSEN, S. R.; COLE, C. V.; WATANABLE, F. S.; DEAN, L. A. **Estimation of available phosphorous in soils by extraction with Sodium bicarbonate**. Washington: United State Department of Agriculture, 1954. 22p.

UNITED NATIONS ORGANIZATION. World Population Prospects 2022. **Department of Economic and Social Affairs**, 2022. Disponível em: https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf. Acesso em: 22 mar. 2023.

ROCHA, V. S.; FERREIRA, A. S.; LEITE, B. N.; FERREIRA, C. C.; PINTO, K. G. D.; PINHEIRO, S. C.; ALBERTINO, S. M. F. Dead Cover and Agronomic Characteristics of Cowpea. **Journal of Agricultural Science**; v. 12, 2020.

SANTOS, P. L. S. **Respostas fisiológicas do feijão-caupi submetidos a restrição hídrica e aplicação de óxido cálcio sobre as folhas**. 2016. 44 f. Dissertação (Mestrado em em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

SCOTTI CAMPOS, P.; THU PHAN THI, A. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subject to ormotic stress. **Plant Science**, v. 130, p. 11-18, 1997.

SHAPIRO, S.S. and WILK, M.B., 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika Trust*, v. 52, p. 591-609.

SILVA, A. L.; BATISTA, P. S. C.; OLIVEIRA, K. J. O.; CRUZ, C. A.; CANGUSSÚ, L. V. S.; SANTIAGO, W. E. Desempenho agrônômico de cultivares de feijão-caupi em diferentes populações. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v. 10, p. 193-198, Julho, 2020.

SILVA, B. N. **Caracterização fisiológica e bioquímica de variedades de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) quando a tolerância ao déficit hídrico**. Orientadora: Rosilene Oliveira Mesquita 2017. 59 f. TCC (Graduação) - curso de agronomia, centro de ciências agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/30970/1/2017_tcc_bnsilva.pdf. Acesso em: 5 mar. 2023.

SILVA, D. C. O.; ALVES, J. M. A.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; LIMA, A. C. S.; VELOSO, M. E. S.; SILVA, L. S. Controle de insetos-praga do feijão-caupi na savana de Roraima. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 5, p. 212-219, 2011.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L.M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, p. 946-952, 2015.

SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N. Socioeconomia. **A Cultura do Feijão-Caupi no Brasil**. Teresina, 2016. p. 6-12.

SOUSA, D. J. P.; NOGUEIRA, G. A. S.; TEIXEIRA, K. B. S.; MONTEIRO, G. G. T. N.; BRITO, A. E. A.; NASCIMENTO, V. R.; ALBUQUERQUE, G. D. P.; OLIVEIRA, T. J. M.; FREITAS, J. M. N.; OLIVEIRA NETO, C. F.; OKUMURA, R. S. Mitigation of the effects of salt stress in cowpea bean through the exogenous application of brassinosteroid. *Brazilian Journal of Biology*, v. 82, e260818, 2022.

SOUSA, W. K. **Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-caupi**. Orientador: José Torres Filho. 2020. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de agronomia, Centro de Ciências Agrônômicas e Florestais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/6441/1/WilliannyKS_MONO.pdf. Acesso em: 5 mar. 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia do desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TAVARES, D. S.; FERNANDES, T. E. K.; RITA, Y. L.; ROCHA, D. C.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; GOMES, M. P. Germinative metabolism and seedling growth of cowpea (*Vigna unguiculata*) under salt and osmotic stress. *South African Journal of Botany*, v. 139, p. 399-408, 2021.

VINCO, J. S. **Ecofisiologia de espécies nativas da mata atlântica submetidas a estresse hídrico**. Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane. 2016. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de engenharia florestal, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2016. Disponível em: https://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/field/anexo/tcc_jonas_souza_vinco_0.pdf. Acesso em: 5 mar. 2023.

VITAL, A. F. M.; SOUZA, T.; SILVA, L. J. R.; SANTOS, R. V.; SILVA, S. I. A.; NASCIMENTO, G. S.; SANTOS, D. Biomass production and macronutrient content in *Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown as affected by organic fertilization and irrigation. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, p. e8576, 2020.

CARDOSO, Y. C. **Aplicação exógena de 24-epibrassinolídeo como mitigador dos efeitos do déficit hídrico em feijão-caupi (*vigna unguiculata* L. Walp.)**. Orientador: Cândido Ferreira de Oliveira Neto. 2022. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2012. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/2713>. Acesso em: 22 mar. 2023.

ZHANG, L.; CHU, Q.; JIANG, Y.; CHEN, F.; LEI, Y. Impacts of climate change on drought risk of winter wheat in the North China Plain. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, p. 2601-2612, 2021.