



**PARÂMETROS GENÉTICOS EM CULTIVARES  
DE FEIJÃO-CAUPI SOB NÍVEIS DE  
IRRIGAÇÃO, SALINIDADE E TIPOS DE  
ADUBAÇÕES**

**DOUGLAS GONÇALVES GUIMARÃES**

**2020**

**DOUGLAS GONÇALVES GUIMARÃES**

**PARÂMETROS GENÉTICOS EM CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI  
SOB NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO, SALINIDADE E TIPOS DE  
ADUBAÇÕES**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de Doutor.

Orientador:  
Prof. DSc. Cláudio Lúcio Fernandes Amaral

VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA – BRASIL  
2020

G977p Guimarães, Douglas Gonçalves.

Parâmetros genéticos em cultivares de feijão-caupi sob níveis de irrigação, salinidade e tipos de adubações. / Douglas Gonçalves Guimarães, 2020.

210f.

Orientador (a): Dr. Cláudio Lúcio Fernandes Amaral.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de concentração Fitotecnia, Vitória da Conquista, 2020.

Inclui referência F. 190 – 210.

1. Feijão- caupi. 2. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 3. Produtividade de Grãos – Seleção - Tolerância. I. Amaral, Cláudio Lúcio Fernandes. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós- Graduação em Agronomia – Área de concentração Fitotecnia. III. T.

CDD: 635.6592

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
Área de Concentração em Fitotecnia**

*Campus de Vitória da Conquista, BA*

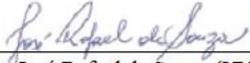
**DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

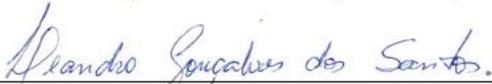
**Título:** Parâmetros genéticos em cultivares de feijão-caupi sob níveis de irrigação, salinidade e tipos de adubações

**Autor:** Douglas Gonçalves Guimarães

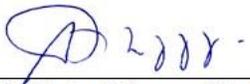
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Claudio Lúcio Fernandes Amaral (UESB)  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Rafael de Souza (UNIFAAHF)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Leandro Gonçalves dos Santos (IFBaiano, Guanambi-BA)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Tiyoiko Nair Hojo Rebouças (UESB)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alcebiades Rebouças São José (UESB)

Data de realização: 27 de agosto de 2020.

*À minha família por todo apoio e amor!*  
**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, por ter me dado forças, confiança e coragem para completar mais este ciclo.

A toda a minha família, pelo grande apoio, em especial, à minha esposa Katilene, pelo companheirismo, meus filhos, Guilherme, por estar olhando por mim, e Felipe, por proporcionar tamanha alegria. Também, aos meus pais, Dalva e Zélio, e aos meus irmãos, Marcelo, Leila e Poliana.

Ao meu orientador Cláudio Lúcio Fernandes Amaral, pela confiança, amizade, compreensão e transmissão de conhecimentos.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia, por proporcionar esta vitória. Às equipes do Laboratório de Melhoramento e Produção Vegetal e do Laboratório de Biotecnologia, por fornecerem o espaço físico para que fossem realizadas as avaliações.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela concessão da bolsa de doutorado, que tornou possível esta conquista.

Aos colegas Leandro Menezes e Murilo Guedes, pelas ajudas incansáveis na condução dos experimentos, e também a Gabriel Ferreira, Thiago Prado, Caio Prates, Bruno Viana, Yuri Amorim e Josué Júnior Fogaça, pelas parcerias e contribuições.

Aos amigos Greice Marques, Rafael Costa, Tássio Fernandes, Jacqueline Lavinsky e Ariana Meira, pelas ajudas e incentivos no começo desta jornada, e a todos os demais amigos que torceram e apoiaram esta conquista.

Ao colega Everardes Júnior e à Embrapa Meio-Norte, pelo fornecimento das primeiras sementes que tornaram este trabalho possível, e à professora Vera

Baldani, juntamente à Embrapa Agrobiologia, pela doação da cepa de *Bradyrhizobium* para realização de avaliações.

À equipe da Diretoria do Campo Agropecuário (DICAP), pelo auxílio nos trabalhos de campo.

Aos professores Tiyoko Nair Hojo Rebouças, Alcebíades Rebouças São José, José Rafael de Souza e Leandro Gonçalves dos Santos, por, gentilmente, terem aceitado participar da banca examinadora e, assim, contribuído com melhorias no trabalho.

**MEU MUITO OBRIGADO A TODOS!!**

## RESUMO GERAL

GUIMARÃES, D. G. **Parâmetros genéticos em cultivares de feijão-caupi sob níveis de irrigação, salinidade e tipos de adubações**. Vitória da Conquista - BA: UESB, 2020. 210 f. (Tese – Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia)\*

O feijão-caupi é uma cultura muito importante para pequenos agricultores das regiões Norte e Nordeste do Brasil e, nos últimos anos, também vem se destacando em outras regiões do País, o que acentua cada vez mais o interesse em estudos que visem ao aumento da produtividade de cultivares, considerando-se o tipo de adubação e o estresse abiótico. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho e determinar estimativas de parâmetros genéticos de cultivares de feijão-caupi sob diferentes níveis de estresse hídrico e salino e diferentes tipos de adubações. O trabalho foi realizado em três etapas, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista – BA. A primeira etapa do experimento foi denominada “Parâmetros genéticos em cultivares de feijão-caupi sob níveis de irrigação, cultivados em vasos sob ambiente protegido”. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, com três repetições no esquema fatorial 8 x 4, com oito cultivares de feijão-caupi (BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque, BRS Itaim, BRS Xiquexique, BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Rouxinol) e quatro níveis de irrigação para capacidade de vaso (40%, 60%, 80% e 100%). Concluiu-se que: BRS Pujante apresenta valores superiores para a maioria das características, inclusive, produtividade de grãos; o aumento da irrigação eleva o número de vagens por planta e produtividade de grãos, características importantes da cultura; e, avaliando parâmetros genéticos, foi constatado que existe ampla variabilidade genética e que a massa e comprimento de vagem e número de grãos por vagem podem ser utilizados para seleção indireta com o intuito de aumento de produtividade de grãos. A segunda etapa teve como título “Parâmetros genéticos em cultivares de feijão-caupi sob níveis de salinidade cultivados em vasos sob ambiente protegido”. O experimento foi conduzido em blocos casualizados com três repetições no esquema fatorial 8 x 4, com as mesmas oito cultivares submetidas a quatro níveis de salinidade da água de irrigação (0,0; 1,5; 3,0 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>). Foi observado que as cultivares BRS Pajeú, BRS Pujante e BRS Guariba destacam-se positivamente para as principais características avaliadas e que o aumento da salinidade na água de irrigação interfere negativamente em características importantes, reduzindo sua qualidade e produtividade. A terceira etapa do trabalho foi “Parâmetros genéticos em cultivares de feijão-caupi sob adubações química, orgânica e com fixação biológica de nitrogênio”. Esse experimento foi realizado em campo utilizando as três cultivares que apresentaram melhor desempenho nas etapas anteriores. Foi

conduzido em blocos casualizados, com três repetições, no esquema fatorial 3 x 4, com três cultivares de feijão-caupi (BRS Guariba, BRS Pujante e BRS Pajeú) e quatro tipos de adubação (adubação química, adubação orgânica, com FBN e sem adubação (controle)). Como conclusão, observou-se que a cultivar BRS Pujante foi superior para produtividade de grãos, destacando-se na principal característica; as adubações química, orgânica e com FBN foram superiores ao tratamento sem adubação (controle) para número de vagens por planta e produtividade de grãos; os resultados do tratamento com FBN foram equivalentes ao tratamento com adubação química, o que indica que a inoculação com *Bradyrhizobium* supre a necessidade de N de 30 kg ha<sup>-1</sup> (15 mg dm<sup>-3</sup>). Os traços avaliados apresentam grande variabilidade genética, e o aumento de produtividade de grãos pode ser obtido por meio da seleção indireta das características massa e comprimento de vagem e massa de 100 grãos.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp, seleção, tolerância, produtividade de grãos.

---

\*Orientador: Cláudio Lúcio Fernandes Amaral, D. Sc., UESB.

## ABSTRACT

GUIMARÃES, D. G. **Genetic parameters in cowpea cultivars under irrigation levels, salinity and types of fertilization.** Vitória da Conquista – BA: UESB, 2020. 210 f. (Thesis – Doctor's degree in Agronomy, Crop Science Concentration Area).\*

Cowpea is a very important crop for small farmers in the North and Northeast regions of Brazil. In recent years, it has also stood out in other Brazilian regions, thereby increasing interest in studies aimed at increasing yield of cowpea cultivars under different fertilizations associated with abiotic stress. Therefore, the objective of the work was to evaluate the performance and determine estimates of genetic parameters of cowpea cultivars under different levels of water and salt stress and different types of fertilization. The work was carried out in three stages, at the Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* of Vitória da Conquista - BA. The first stage of the experiment was called "Genetic parameters in cowpea cultivars under irrigation levels in pots under a protected environment". The experiment was conducted in randomized blocks, with three repetitions arranged in an 8 x 4 factorial: eight cowpea cultivars (BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque, BRS Itaim, BRS Xiquexique, BRS Pujante, BRS Pajeú and BRS Rouxinol) and four levels of irrigation as to pot capacity (40%, 60%, 80% and 100%) and it was concluded that: BRS Pujante has superior values for most characteristics, including grain yield; The increase in irrigation increases the number of pods per plant and grain yield, important characteristics of the crop and, evaluating genetic parameters, it was found that there is wide genetic variability and that the mass and pod length and number of grains per pod can be used for indirect selection in order to increase grain yield. The second stage was entitled "Genetic parameters in cowpea cultivars under salinity levels in pots under a protected environment". The experiment was conducted in randomized blocks with three replications in the 8 x 4 factorial scheme, with the same eight cultivars submitted to four levels of irrigation water salinity (0.0; 1.5; 3.0 and 4.5 dS m<sup>-1</sup>). It was observed that the cultivars BRS Pajeú, BRS Pujante and BRS Guariba stand out positively for the main evaluated characteristics and that the increase in salinity in the irrigation water interferes negatively in important characteristics, which reduces its quality and yield. The third stage of the work was "Genetic parameters in cowpea cultivars under chemical, organic fertilization and with biological nitrogen fixation". This experiment was carried out in the field using the three cultivars that showed the best performance in the previous stages. The experiment was conducted in randomized blocks, with three replications, in a 3 x 4 factorial scheme, with three cowpea cultivars (BRS Guariba, BRS Pujante and BRS Pajeú) and four types of fertilization (chemical fertilization, organic

fertilization, with BNF and without fertilization (control)). As a conclusion, it was observed that the cultivar BRS Pujante was superior for grain yield, standing out in the main characteristic; Chemical, organic and BNF fertilizations were superior to treatment without fertilization (control) for number of pods per plant and grain yield; The results of treatment with BNF were equivalent to treatment with chemical fertilization, indicating that inoculation with *Bradyrhizobium* meets the need for N of 30 kg ha<sup>-1</sup> (15 mg dm<sup>-3</sup>). The traits evaluated have great genetic variability and the increase in grain yield can be obtained through the indirect selection of the characteristics of mass and pod length and mass of 100 grains.

**Keywords:** *Vigna unguiculata* (L.) Walp, selection, tolerance, grain yield.

---

\*Advisor: Cláudio Lúcio Fernandes Amaral, *D. Sc.*, UESB.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> – Análise físico-química do solo do experimento em vasos com diferentes níveis de irrigação sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	42
<b>Tabela 2.2</b> – Análise de variância de altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIÂ) e número de ramos laterais (NRL), índice de clorofila Falker <i>a</i> (ICF <i>a</i> ), índice de clorofila Falker <i>b</i> (ICF <i>b</i> ) e índice de clorofila Falker Total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	52
<b>Tabela 2.3</b> – Altura de plantas e número de ramos laterais de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018. ....	56
<b>Tabela 2.4</b> – Índice de clorofila Falker <i>a</i> (ICF <i>a</i> ) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	62
<b>Tabela 2.5</b> – Índice de clorofila Falker <i>b</i> (ICF <i>b</i> ) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	63
<b>Tabela 2.6</b> – Índice de clorofila Falker total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	64
<b>Tabela 2.7</b> – Análise de variância de número de vagens por planta (NVP), índice de grãos (IG), massa de vagem (MV), número de grãos por vagem (NGV), comprimento de vagem (COMPV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018. ....	66
<b>Tabela 2.8</b> – Número de vagens por planta (NVP), massa de vagem (MV) e número de grãos por vagem (NGV) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	68
<b>Tabela 2.9</b> – Comprimento de vagem (COMV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	71

<b>Tabela 2.10</b> – Análise de variância de tolerância ao estresse (TOL), índice de susceptibilidade (IS), índice de estabilidade de produtividade (IEP), produtividade média (PM), índice de produtividade (IP) e redução de produtividade (RP) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	76
<b>Tabela 2.11</b> – Tolerância ao estresse de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	77
<b>Tabela 2.12</b> – Índice de susceptibilidade à seca de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	78
<b>Tabela 2.13</b> – Índice de estabilidade da produtividade (IEP) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	80
<b>Tabela 2.14</b> – Produtividade média de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	81
<b>Tabela 2.15</b> – Índice de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	82
<b>Tabela 2.16</b> – Redução de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	83
<b>Tabela 2.17</b> – Classificação da tolerância à seca baseada na redução de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018. ....	85
<b>Tabela 2.18</b> – Parâmetros genéticos para altura de plantas (ALT), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP), massa de vagem (MV), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de oito cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA, 2018. ....	87
<b>Tabela 2.19</b> – Correlações fenotípicas ( $r_P$ ), correlações genotípicas ( $r_G$ ) e correlações ambientais ( $r_E$ ) de altura de plantas (ALT), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP), massa de vagens (MV), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de	

100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de oito cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA, 2018.. 91

**Tabela 3.1** – Análise físico-química do solo utilizado no experimento em vasos com diferentes níveis de salinidade sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA, 2019..... 102

**Tabela 3.2** – Análise de variância de altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIÂ), número de ramos laterais (NRL), número de folhas (NF), índice de clorofila Falker *a* (ICF *a*), índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e índice de clorofila Falker Total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019..... 111

**Tabela 3.3** – Altura de plantas e diâmetro de caule de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019..... 112

**Tabela 3.4** – Índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e índice de clorofila Falker Total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019..... 118

**Tabela 3.5** – Análise de variância de número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (COMPV) e número de grãos por vagem (NGV), índice de grãos (IG), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019..... 121

**Tabela 3.6** – Número de vagens por planta de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019..... 122

**Tabela 3.7** – Comprimento de vagem de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019..... 126

**Tabela 3.8** – Número de grãos por vagem de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019..... 129

**Tabela 3.9** – Índice de grãos (IG), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019. .... 132

<b>Tabela 3.10</b> – Análise de variância de tolerância ao estresse (TOL), índice de susceptibilidade (IS) e índice de estabilidade na produtividade (IEP), produtividade média (PM) índice de produtividade (IP) e redução de produtividade (RP) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019. .....	137
<b>Tabela 3.11</b> – Tolerância ao estresse de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.....	138
<b>Tabela 3.12</b> – Índice de susceptibilidade à salinidade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.....	139
<b>Tabela 3.13</b> – Índice de estabilidade na produtividade (IEP) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.....	140
<b>Tabela 3.14</b> – Produtividade média de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.....	142
<b>Tabela 3.15</b> – Índice de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.....	143
<b>Tabela 3.16</b> – Redução de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.....	144
<b>Tabela 3.17</b> – Classificação da tolerância à seca baseada na redução de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019. .....	145
<b>Tabela 3.18</b> – Parâmetros genéticos para altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIÂ), índice de clorofila Falker <i>b</i> (ICF <i>b</i> ) e total (ICF T), índice de grãos (IG), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de oito cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA, 2019.....	147
<b>Tabela 3.19</b> – Correlações fenotípicas ( <i>rP</i> ), correlações genotípicas ( <i>rG</i> ) e correlações ambientais ( <i>rE</i> ) de altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIÂ), índice de clorofila Falker <i>b</i> (ICF <i>b</i> ) e total (ICF T), índice de grãos (IG), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de oito cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA, 2019.	149

<b>Tabela 4.1</b> – Análise físico-química do solo utilizado no experimento em campo com diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.....	161
<b>Tabela 4.2</b> – Análise de variância de altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIÂ), índice de clorofila Falker <i>a</i> (ICF <i>a</i> ), índice de clorofila Falker <i>b</i> (ICF <i>b</i> ) e índice de clorofila Falker total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.....	168
<b>Tabela 4.3</b> – Altura de plantas de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.....	169
<b>Tabela 4.4</b> – Diâmetro de caule de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.....	170
<b>Tabela 4.5</b> – Índice de clorofila Falker <i>a</i> (ICF <i>a</i> ), índice de clorofila Falker <i>b</i> (ICF <i>b</i> ) e índice de clorofila Falker total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.....	171
<b>Tabela 4.6</b> – Índice de clorofila Falker <i>a</i> (ICF <i>a</i> ), índice de clorofila Falker <i>b</i> (ICF <i>b</i> ) e índice de clorofila Falker total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.....	172
<b>Tabela 4.7</b> – Análise de variância de massa de vagem (MV), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), índice de grãos (IG), massa de 100 grãos (M100G), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.....	173
<b>Tabela 4.8</b> – Massa de vagem (MV), comprimento de vagem (COMPV) e número de grãos por vagem (NGV) de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020. ....	174
<b>Tabela 4.9</b> – Massa de 100 grãos (M100G), número de vagens por planta (NVP), e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes níveis de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.....	175
<b>Tabela 4.10</b> – Número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.....	177
<b>Tabela 4.11</b> – Parâmetros genéticos para altura de plantas (ALT), índice de clorofila Falker <i>a</i> (ICF <i>a</i> ), índice de clorofila Falker <i>b</i> (ICF <i>b</i> ), índice de clorofila	

Falker Total (ICF T), massa de vagem (MV), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PROD) de três cultivares de feijão-caupi em Vitória da Conquista – BA, 2020..... 181

**Tabela 4.12** – Correlações fenotípicas ( $rP$ ), correlações genotípicas ( $rG$ ) e correlações ambientais ( $rE$ ) de altura de plantas (ALT), índice de clorofila Falker  $a$  (ICF  $a$ ), índice de clorofila Falker  $b$  (ICF  $b$ ), índice de clorofila Falker Total (ICF T), massa de vagem (MV), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PROD) de três cultivares de feijão-caupi em Vitória da Conquista – BA, 2020..... 184

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> – Sementes das cultivares de feijão-caupi: (A) BRS Novaera; (B) BRS Guariba; (C) BRS Tumucumaque; (D) BRS Itaim; (E) BRS Xiquexique; (F) BRS Pujante; (G) BRS Pajeú e (H) BRS Rouxinol. (FONTE: GUIMARÃES, D. G., 2018). .....	38
<b>Figura 2.2</b> – Temperatura (A) e umidade (B) máxima e mínima no ambiente protegido durante a condução do experimento em Vitória da Conquista – BA, 2018. ....	44
<b>Figura 2.3</b> – Disposição dos vasos no ambiente protegido, indicando as plantas logo após a emergência (A) e em estágio vegetativo (B). Vitória da Conquista – BA, 2018. (FONTE: GUIMARÃES, D. G., 2018). ....	45
<b>Figura 2.4</b> – Altura de plantas (A), diâmetro de caule (B) e número de ramos laterais (C) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	54
<b>Figura 2.5</b> – Índices de clorofila Falker (ICF) <i>a</i> (A) e <i>b</i> (B) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação para capacidade de vaso. Vitória da Conquista – BA, 2018.....	58
<b>Figura 2.6</b> – Índice de clorofila Falker Total (ICF T) para cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação para capacidade de vaso. Vitória da Conquista – BA, 2018.....	60
<b>Figura 2.7</b> – Número de vagens por planta de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	69
<b>Figura 2.8</b> – Produtividade de grãos de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.....	74
<b>Figura 3.1</b> – Distribuição dos vasos no ambiente protegido (A) e plantas em estágio vegetativo (B). Vitória da Conquista – BA, 2019. (FONTE: GUIMARÃES, D. G., 2019). ....	103
<b>Figura 3.2</b> – Temperatura (A) e umidades relativa (B) máxima e mínima no ambiente protegido durante condução do experimento em Vitória da Conquista – BA, 2019.....	104

<b>Figura 3.3</b> – Altura de plantas de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019. ....	113
<b>Figura 3.4</b> – Diâmetro do caule de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019. ....	114
<b>Figura 3.5</b> – Número de ramos laterais de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019. ....	115
<b>Figura 3.6</b> – Número de folhas por planta de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019. ....	116
<b>Figura 3.7</b> – Índice de clorofila Falker <i>a</i> (ICF <i>a</i> ), índice de clorofila Falker <i>b</i> (ICF <i>b</i> ) e índice de clorofila Total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V <sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019. ....	119
<b>Figura 3.8</b> – Número de vagens por planta de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.....	124
<b>Figura 3.9</b> – Comprimento de vagem de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.....	127
<b>Figura 3.10</b> – Número de grãos por vagem de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.....	130
<b>Figura 3.11</b> – Massa de 100 grãos de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.....	134
<b>Figura 3.12</b> – Produtividade de grãos de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.....	135
<b>Figura 4.1</b> – Emergência (A) e estágio vegetativo (B) das plantas de feijão-caupi do experimento em campo em Vitória da Conquista – BA, 2020. (FONTE: GUIMARÃES, D. G., 2019(A)/2020(B)).....	162

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

%	Porcentual
*	Significativo a 5 %
**	Significativo a 1 %
°C	Grau Celsius
$\Delta p$	Desvio padrão da variância fenotípica
abr	Abril
ago	Agosto
Al	Alumínio
ALT	Altura de planta
<i>b</i>	Relação CVg/CVe
BA	Bahia
C	Cultivares
Ca	Cálcio
cm	Centímetros
cmolc	Centimol de carga
COMPV	Comprimento da vagem
C.V. (%)	Coefficiente de variação
CVE	Coefficiente de variação ambiental
CVG	Coefficiente de variação genotípica
CVP	Coefficiente de variação fenotípica
DAS	Dias após a sementeira
DIÂ	Diâmetro do caule
dm	Decímetro
DMS	Diferença mínima significativa
dS	Decisiemens
EBDA	Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FAT	Frações da amostra total
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
Fev	Fevereiro
g	Grama
GA	Ganho genético
GAM	Ganho genético em porcentagem da média

GL	Grãos de liberdade
GUA	BRS Guariba
H	Hidrogênio
h <sup>2</sup> a	Herdabilidade em sentido amplo
ha	Hectare
i	Intensidade de Seleção
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEP	Índice de estabilidade de produtividade
ICF <i>a</i>	Índice de clorofila Falker <i>a</i>
ICF <i>b</i>	Índice de clorofila Falker <i>b</i>
ICF Total	Índice de clorofila Falker Total
IG	Índice de grãos
IP	Índice de produtividade
IR	Índice de resistência
IS	Índice de susceptibilidade
ITA	BRS Itaim
jun	Junho
jul	Julho
K	Potássio
k	Constante de intensidade de seleção de 5 %
K <sub>2</sub> O	Óxido de potássio
kg	Quilograma
L	Litro
m	Metro
m	Saturação por alumínio (análise de solo)
M100G	Massa de 100 grãos
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Máx	Máxima
mar	Março
mai	Mai
Mg	Magnésio
Mín	Mínima
mL	Mililitros
mm	Milímetro
MO	Matéria orgânica

MV	Massa de vagem
N	Nitrogênio
Na	Sódio
NaCl	Cloreto de sódio
NE	BRS Novaera
NF	Número de folhas por planta
NGV	Número de grãos por vagem
NRL	Número de ramos laterais por planta
NVP	Número de vagens por planta
ns	Não significativo
NVP	Número de vagem por planta
P	Fósforo
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Pentóxido de fósforo
PAJ	BRS Pajeú
PCE	Produtividade da cultivar em condições estressante
PCNE	Produtividade da cultivar em condição não-estressante
PE	Pernambuco
pH	Potencial hidrogeniônico
PI	Piauí
PM	Produtividade média
PMCE	Produtividade média de todas as cultivares em condição estressante
PMCNE	Produtividade média de todas as cultivares em condição não-estressante.
PROD	Produtividade de grãos
PUJ	BRS Pujante
QMG	Quadrado médio dos genótipos
QMR	Quadrado médio do resíduo
r	Repetições
rE	Correlação ambiental
rG	Correlação genotípica
ROU	BRS Rouxinol
RP	Redução na produtividade
rP	Correlação fenotípica
S	Salinidade
SB	Soma das bases

set	Setembro
T	Tonelada
T	CTC a pH 7,0 (análise de solo)
t	CTC efetiva
TOL	Tolerância ao estresse
tfsa	Terra fina seca ao ar
TUM	BRS Tumucumaque
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UR	Umidade relativa
V	Saturação de base
VCU	Valor de Cultivo e Uso
VE	Variância ambiental
VG	Variância genotípica
VP	Variância fenotípica
XIQ	BRS Xiquexique

## SUMÁRIO

Capítulo 1 .....	25
1.1 INTRODUÇÃO GERAL .....	25
Capítulo 2 .....	27
<b>PARÂMETROS GENÉTICOS EM CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI     SOB NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO CULTIVADOS EM VASOS SOB     AMBIENTE PROTEGIDO .....</b>	<b>27</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	28
2.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	30
2.2.1 <i>Origem, importância socioeconômica e produção do feijão-caupi</i> 30	
2.2.2 <i>Melhoramento genético e cultivares de feijão-caupi</i> .....	32
2.2.3 <i>Irrigação e déficit hídrico no feijão-caupi</i> .....	39
2.3 MATERIAL E MÉTODOS .....	41
2.3.1 <i>Avaliações morfofisiológicas e produtivas</i> .....	45
2.3.2 <i>Avaliações de índices de estresse hídrico</i> .....	47
2.3.3 <i>Avaliações de estimativas de parâmetros genéticos</i> .....	48
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	51
2.4.1 <i>Características morfofisiológicas e produtivas</i> .....	51
2.4.2 <i>Índices de estresse hídrico</i> .....	75
2.4.3 <i>Estimativas de parâmetros genéticos</i> .....	86
2.5 CONCLUSÕES.....	94
Capítulo 3 .....	95
<b>PARÂMETROS GENÉTICOS EM CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI     SOB NÍVEIS DE SALINIDADE CULTIVADOS EM VASOS SOB     AMBIENTE PROTEGIDO .....</b>	<b>95</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	96
3.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	98
3.2.1 <i>Salinização do solo e estresse salino no feijão-caupi</i> .....	98
3.3 MATERIAL E MÉTODOS .....	101
3.3.1 <i>Avaliações morfofisiológicas e produtivas</i> .....	105
3.3.2 <i>Avaliações de índices de estresse salino</i> .....	107
3.3.3 <i>Avaliações de estimativas de parâmetros genéticos</i> .....	108
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	110
3.4.1 <i>Características morfofisiológicas e produtivas</i> .....	110
3.4.2 <i>Índices de estresse salino</i> .....	136
3.4.3 <i>Estimativas de parâmetros genéticos</i> .....	146

3.5 CONCLUSÕES.....	152
Capítulo 4 .....	153
PARÂMETROS GENÉTICOS EM CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI SOB ADUBAÇÕES QUÍMICA, ORGÂNICA E COM FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO .....	153
4.1 INTRODUÇÃO.....	154
4.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	156
4.2.1 Adubação mineral.....	156
4.2.2 Adubação orgânica .....	157
4.2.3 Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN).....	158
4.3 MATERIAL E MÉTODOS .....	160
4.3.1 Avaliações morfofisiológicas e produtivas .....	163
4.3.2 Avaliações de estimativas de parâmetros genéticos .....	165
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	167
4.4.1 Características morfofisiológicas e produtivas .....	167
4.4.2 Estimativas de parâmetros genéticos.....	179
4.5 CONCLUSÕES.....	189
REFERÊNCIAS.....	190

# CAPÍTULO 1

## 1.1 INTRODUÇÃO GERAL

Na região semiárida do Nordeste do Brasil, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) constitui a principal cultura de subsistência e fonte de proteína de origem vegetal da agricultura familiar. Em virtude de suas características de rusticidade e precocidade, é considerado uma planta adaptada às condições do semiárido, sendo amplamente cultivado em condições de sequeiro e nos perímetros irrigados da região (SOUSA e colaboradores, 2014).

Os maiores produtores mundiais de feijão-caupi são Nigéria, Niger e Burkina Faso (FAO, 2020). O Brasil é o quarto maior produtor mundial, tendo o estado do Mato Grosso, com cultivos mais tecnificados, como o maior produtor, seguido por Ceará e Bahia (IBGE, 2020). Os estados do Nordeste do Brasil padecem de intempéries que dificultam o cultivo e resultam em diminuição da produção.

Diversos fatores podem produzir estresse em plantas e reduzir o potencial produtivo; de forma geral, o estresse pode ser definido como um fator externo que exerce influência negativa sobre a planta (TAIZ e colaboradores, 2017). Os principais estresses abióticos enfrentados pelas plantas de feijão-caupi na região Nordeste são o estresse hídrico e salino. Nesta região, os agricultores familiares enfrentam longos períodos de estiagem, e alguns poucos produtores que utilizam irrigação, muitas vezes, são obrigados a utilizar águas subterrâneas, as quais, na maioria das vezes, apresentam salinidade acentuada.

Outro fator que também influencia na produção de qualquer cultura é o uso da adubação. A adubação química é a mais utilizada para nutrição das plantas, todavia, a adubação orgânica, como a utilização de esterco bovino, também pode ser empregada com maior intensidade, com o intuito de aproveitar os dejetos dos

seus animais e, assim, diminuir consideravelmente os custos de produção. Outra opção seria com o uso da Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), que espécies da família Fabaceae, como o feijão-caupi, utilizam para obter nitrogênio.

O fator genético é preponderante para a seleção de material de plantio competitivo que resulte em grande produção. Dentro da mesma espécie, existem diferentes cultivares, que se comportam de maneiras distintas quanto à tolerância às intempéries que dificultam o cultivo; dessa forma, estudos que visem a selecionar cultivares com características genéticas que conferem tolerância a fatores que diminuam a produção são de suma importância para melhorias do cultivo.

Uma forma de se obterem informações genéticas de uma espécie é a partir de informações de estimativas de parâmetros genéticos, que orientam o processo de seleção e os ganhos genéticos nos diferentes ciclos de seleção; assim, os conhecimentos da população permitem efetivamente a separação entre efeitos genéticos e ambientais, o que contribui para a seleção eficiente dos melhores genótipos com base em seus atributos (ESPITIA e colaboradores, 2010).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho e determinar estimativas de parâmetros genéticos de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico e salino e, após uma pré-seleção, selecionar as melhores cultivares para avaliação sob diferentes tipos de adubação química, orgânica e com FBN, com vistas a identificar as cultivares mais proeminentes para o cultivo.

## **CAPÍTULO 2**

### **PARÂMETROS GENÉTICOS EM CULTIVARES DE FEIJÃO- CAUPI SOB NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO CULTIVADOS EM VASOS SOB AMBIENTE PROTEGIDO**

## 2.1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma espécie da família Fabaceae considerada uma das principais fontes alimentares das regiões tropicais e subtropicais e representa para as populações das regiões Norte e Nordeste do Brasil importante atividade socioeconômica (BEZERRA e colaboradores, 2014). Além disso, é fonte primária de proteína, destacando-se como cultura de segurança alimentar para grandes regiões da África, Ásia e América do Sul (BURRIDGE e colaboradores, 2017).

Em muitos estados brasileiros, durante muito tempo, a cultura do feijão-caupi foi vista como de subsistência para a agricultura familiar, entretanto, nos últimos anos é cultivada na região Centro-Oeste, especialmente e em escala comercial no estado do Mato Grosso, com o intuito de atender o mercado interno de grãos secos, vagens verdes e o mercado de sementes (LOCATELLI e colaboradores, 2016).

A escolha adequada da cultivar de feijão-caupi é etapa crucial para o sucesso da cultura e do agricultor, uma vez 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 e colaboradores, 2017). As cultivares de feijão-caupi apresentam características genéticas, fisiológicas e morfológicas intrínsecas e, portanto, respondem de forma diferenciada às condições edafoclimáticas locais; com isso, sua correta indicação às condições locais proporciona maior segurança ao cultivo; assim, torna-se relevante e se faz necessária a avaliação de novas linhagens e cultivares no ambiente de exploração do produtor (SANTOS, 2013).

A tolerância da planta ao déficit hídrico é uma defesa importante para manter o processo de produção em condições de baixa disponibilidade hídrica e em áreas semiáridas, sujeitas a distribuição irregular de chuvas, é recomendado o

uso de cultivares rústicas, tolerantes ao estresse hídrico e com maior capacidade de recuperação após uma seca (BASTOS e colaboradores, 2011).

O feijão-caupi tem potencial genético para alcançar produtividades superiores quando submetidas à irrigação, haja vista que a disponibilidade de água é um dos fatores mais limitantes da produção de grãos em condições semiáridas; promove reduções na produtividade da cultura (SOUZA e colaboradores, 2016).

Para Locatelli e colaboradores (2016), a maioria dos trabalhos com irrigação no feijão-caupi foram realizados na região Nordeste, todavia, as pesquisas sobre manejo do sistema solo-água-planta dessa cultura não atendem as expectativas do avanço alcançado com o melhoramento genético, existe carência de informações sobre estratégias ótimas de irrigação.

Mesmo se tratando da mesma espécie, diferentes cultivares de feijão-caupi podem se comportar de formas extremamente diferentes sob condições de estresse, como a deficiência hídrica e também sob irrigação plena. Assim, estudos que visem a selecionar cultivares mais tolerantes à seca e observar seu efeito sob irrigação, principalmente em regiões semiáridas, são importantes para garantir o suprimento alimentar dessas regiões.

As avaliações de estimativas de parâmetros genéticos são de suma importância, pois, por meio destes, pode-se ter conhecimento da variabilidade genética apresentada, assim como do grau de expressão de um caráter de geração para geração e do ganho genético esperado por meio de seleção, seja ela de forma direta ou indireta (ROCHA e colaboradores, 2003).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico e estimativas de parâmetros genéticos de cultivares de feijão-caupi em vaso sob ambiente protegido submetidos a níveis de irrigação.

## 2.2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.2.1 Origem, importância socioeconômica e produção do feijão-caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma planta herbácea, autógama, anual, cuja região de origem mais provável situa-se na parte oeste e central da África (MACHADO e colaboradores, 2007). Entretanto, o centro de origem exato dessa planta ainda é discutido por muitos autores; para Steele e Mehra (1980), o oeste da África, mais precisamente a Nigéria, é o centro primário de diversidade da espécie, todavia Padulosi e Ng (1997) afirmam que provavelmente o feijão-caupi é originário da África do Sul.

Esta espécie, proveniente do continente africano, foi introduzida no Brasil no século XVI, pelos colonizadores portugueses, e sua entrada deu-se pelo estado da Bahia, de onde se expandiu para todo o País (FREIRE FILHO e colaboradores, 2005). É uma importante geradora de postos de ocupação econômica e de trabalho formal, estimulando a economia e suprindo uma cadeia produtivo-comercial, que se estende desde o agricultor familiar ao empresarial a passa por diversos setores da área do comércio até o consumidor da zona rural, das pequenas cidades e dos grandes centros urbanos do País (FREIRE FILHO e colaboradores, 2017).

O feijão-caupi é conhecido por vários nomes em nosso País: como feijão-macassar e feijão-de-corda, na região Nordeste; na região Norte, além de feijão-de-praia, feijão-da-colônia e feijão-de-estrada, existe um tipo muito importante para a culinária local chamado de manteiguinha, e, na região Sul, é conhecido como feijão-miúdo. Em algumas regiões do estado da Bahia e no Norte de Minas Gerais, é chamado de feijão-gurutuba e feijão-catador. Além desses nomes, há um tipo de grão que tem o tegumento branco com um grande halo preto que é chamado de feijão-fradinho nos estados de Sergipe, Bahia e Rio de Janeiro (FREIRE FILHO e colaboradores, 2005; FREIRE FILHO e colaboradores, 2011).

Segundo dados de 2017 da *Food and Agriculture Organization* (FAO), o feijão-caupi é cultivado predominantemente nos países africanos, sendo a Nigéria, que produziu 3,41 milhões de toneladas de grãos em uma área de 3,78 milhões de hectares, o maior produtor, seguida por Níger, com produção de 1,96 milhões de toneladas em 5,18 milhões de hectares, e Burkina Faso, que produziu 604 mil toneladas em 1,25 milhões de hectares (FAO, 2020).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil, em 2017, em uma área de feijão-caupi de 928 mil hectares, produziu 458 mil toneladas (IBGE, 2020), o que o torna o quarto colocado em produção mundial e o maior produtor fora do continente africano.

O estado da Bahia, em 2017, produziu 61,5 mil toneladas de feijão-caupi em uma área de 120,7 mil hectares; é o terceiro maior produtor do país, atrás apenas dos estados do Mato Grosso e do Ceará. Os produtores da região Nordeste plantaram 728,3 mil hectares (78,4% do Brasil), mas produziram apenas 226 mil toneladas (50,6% do Brasil); produção esta que não é maior devido à baixa produtividade nessa região, apenas 310,3 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020). Essa baixa produtividade é resultante de vários fatores, como o uso de sementes não melhoradas, o cultivo em solos de baixa fertilidade e a ocorrência de precipitações pluviométricas irregulares (NASCIMENTO e colaboradores, 2011), como também a falta de emprego de cultivares melhoradas, que apresentem produtividades superiores (PÚBLIO JÚNIOR, 2014).

Em condições experimentais, já foram obtidas produtividades de grãos secos acima de 3 t ha<sup>-1</sup> (BEZERRA, 1997). Comparado a outras culturas, o caupi tem o seu potencial genético muito pouco explorado, a expectativa é de que seu potencial genético ultrapasse a 6 t ha<sup>-1</sup>; há de se reconhecer, entretanto, que, para se chegar a esse nível de produtividade, é necessário que haja mais investimento em pesquisas na cultura (FREIRE FILHO e colaboradores, 2005).

No Brasil, nos últimos anos, o estado do Mato Grosso vem se destacando, é o maior produtor de feijão-caupi do País; em 2017, produziu 165,3 mil toneladas de grãos, graças à grande produtividade apresentada, de 1.274,2 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020), decorrente da tecnificação de seu cultivo no estado.

Por outro lado, a Bahia é o estado brasileiro com o maior número de estabelecimentos agropecuários; em 2017, possuía um total de 762,8 mil, cuja maioria, ou 593,4 mil unidades (77,8%), é pertencente a produtores que fazem parte da agricultura familiar. Em 2010, eram quase 4 milhões de pessoas residentes na zona rural do estado (IBGE, 2020), muitas das quais passam por vulnerabilidade econômica e social e cultivam apenas para subsistência, com baixa tecnologia e qualidade.

Seu cultivo nas Regiões Norte e Nordeste constitui-se um dos mais importantes componentes da dieta alimentar, especialmente da população rural (FREIRE FILHO e colaboradores, 2005). É uma espécie que produz alto teor de proteínas, possui alta digestibilidade e boa produção de forragem (APAEZ e colaboradores, 2009).

Para Freire Filho e colaboradores (2017), o feijão-caupi, antes cultivado praticamente por pequenos agricultores das Regiões Norte e Nordeste do País, há pelo menos 10 anos, tem o cultivo em franca expansão, principalmente, 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.

### ***2.2.2 Melhoria genética e cultivares de feijão-caupi***

Segundo Freire Filho e colaboradores (2011), o melhoramento do feijão-caupi no Brasil teve início na segunda metade do século XVI, com as primeiras

introduções de cultivares, quando os agricultores começaram a escolher as que mais se destacavam para plantio e consumo; contudo, somente em 1903, houve a introdução da pesquisa, quando Gustavo R. P. D'Utra publicou “Os feijões de macassar”. Para Freire Filho e colaboradores (2011), o melhoramento genético de feijão-caupi, propriamente dito, muito provavelmente, começou em 1925, quando Henrique Lôbbe publicou um trabalho no qual avaliou 12 cultivares dessa cultura (LÔBBE, 1925).

Como recursos genéticos disponíveis para o melhoramento genético do feijão-caupi, a coleção de base no *International Institute of Tropical Agriculture* (IITA) contém em torno de 15.200 acessos da espécie cultivada, coletados em mais de 100 países, e 1.450 acessos de espécies silvestres (COHEN e colaboradores, 1991). No Brasil, a coleção de base de feijão-caupi localiza-se no Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN), em Brasília, Distrito Federal. Contém em torno de 4.000 acessos, que visam a atender as demandas dos programas de melhoramento genético do País (WETZEL e colaboradores, 2005).

O feijão-caupi é uma espécie rústica bem adaptada às condições de clima e solo da região e possuidora de uma ampla variabilidade genética, ampla capacidade de adaptação, alto potencial produtivo e excelente valor nutritivo, características estas que conferem à cultura grande valor atual e estratégico (FREIRE FILHO e colaboradores, 2005).

Na escolha de uma cultivar de feijão-caupi, devem-se considerar, além da adaptabilidade e estabilidade, a região de cultivo, adaptação ao sistema de cultivo (sequeiro ou irrigado), as condições de manejo (densidade populacional de plantas, adubação etc.), o potencial produtivo, a arquitetura da planta, resistência ao acamamento, resistência/tolerância aos principais estresses bióticos (doenças e pragas) e abióticos (seca, calor, salinidade), a qualidade física e nutricional do

grão, para atender as exigências do mercado e do consumidor (ROCHA e colaboradores, 2017).

Segundo Al-Tabbal e Al-Fraihat (2011), um dos principais objetivos de qualquer programa de melhoramento é produzir linhagens de alto rendimento e de melhor qualidade, para posterior lançamento como cultivares para os agricultores. O pré-requisito para se alcançar este objetivo é encontrar quantidade suficiente de variabilidade, em que as linhagens desejadas devem ser selecionadas para posterior manipulação a fim de se atingir o objetivo. A introdução de novas populações pode ser facilmente feita de uma região para outra e usada para manipulação adicional para desenvolver novas linhagens de reprodução (JAMAL e colaboradores, 2009).

Estimar parâmetros genéticos em uma população, como coeficiente de variação genética, herdabilidade e coeficientes de correlação entre caracteres, permite conhecer a variabilidade genética, o grau de expressão da característica de uma geração para outra e a possibilidade de ganhos por seleção direta ou indireta (LOPES e colaboradores, 2017). De acordo com Santos e colaboradores (2014), o melhoramento genético é a melhor maneira de aumentar a produtividade média, selecionando genótipos altamente produtivos adaptados a solos e condições climáticas brasileiras. Para Gerrano e colaboradores (2015), informações sobre a variabilidade genética entre os genótipos de feijão-caupi existentes aumentarão a eficiência da melhoria dessa cultura.

Para Freire Filho e colaboradores (2011), desde a introdução do feijão-caupi no País, na segunda metade do século XVI, até 2010, só foram lançadas 71 cultivares melhoradas, e esse número, comparado ao de outras culturas anuais cultivadas no País, é muito pequeno; esse modo, com essa pequena oferta de cultivares e considerando que muitas já deixaram de ser cultivadas, as cultivares melhoradas ocupam uma pequena parte da área plantada com feijão-caupi no Brasil.

Segundo o Registro Nacional de Cultivares – RNC, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, no Brasil, existem apenas 47 cultivares de feijão-caupi registradas (CULTIVARWEB, 2020). Apesar de poucas, as cultivares registradas apresentam variabilidade genética, como, por exemplo, possuem diferentes portes e cores de tegumento e são recomendadas para diferentes regiões do Brasil.

A cultivar BRS Novaera corresponde à linhagem MNC00-553D-8-1-2-2, obtida do cruzamento entre as linhagens TE97-404-1F e TE97-404-3F. Estas duas linhagens foram obtidas do cruzamento entre a linhagem IT87D-611-3, procedente do *International Institute of Tropical Agriculture* (IITA), em Ibadan, Nigéria, e a linhagem EVx 66-6E, procedente da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (Epace), em Fortaleza-CE. Todos os cruzamentos foram realizados na Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI. O cruzamento que deu origem à cultivar BRS Novaera foi realizado no ano 2000. Embora seja uma cultivar muito adequada à agricultura empresarial, é também adequada à agricultura familiar. Apresenta hábito de crescimento indeterminado, porte semiereto, cor do tegumento branca e classe comercial branco (FREIRE FILHO e colaboradores, 2008).

BRS Guariba é uma cultivar que foi obtida do cruzamento da linhagem IT85F-2687, introduzida do *International Institute of Tropical Agriculture* (IITA), em Ibadan, Nigéria, com a linhagem TE87-98-8G, do Programa de Melhoramento da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI. Avaliada entre os anos de 2000 e 2003, é recomendada para o cultivo de sequeiro nos estados do Piauí e do Maranhão; seu hábito de crescimento é indeterminado, tem porte semiereto e cor do tegumento branca (FREIRE FILHO e colaboradores, 2004).

A cultivar BRS Tumucumaque foi selecionada dentre as progênies da linhagem MNC99- 537F-4, realizadas pela Embrapa Meio-Norte. O cruzamento de origem (TE96-282-22G x IT87D-611-3) foi realizado no ano 2000. De 2004 a

2006, os ensaios de VCU (Valor de Cultivo e Uso) ocorreram no Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Essa cultivar possui hábito de crescimento determinado, porte semiereto, tegumento de coloração branca e classificado na classe comercial branco (CAVALCANTE e FREIRE FILHO, 2009).

BRS Itaim foi obtida a partir de cruzamentos na Embrapa Meio Norte em 2004. Tem como parental feminino a linhagem MNC01- 625E-10-1-2-5 e como masculino, a linhagem MNC99-544D-10- 1-2-2. A linhagem parental feminina foi obtida do cruzamento entre a linhagem Tracuateua-10-64 e a TE97-411-15F-2-1. A linhagem parental masculina foi obtida do retrocruzamento ((California blackeye-3 x BR14 Mulato) X California blackeye-3). A cultivar California blackeye-3 tem grãos tipo fradinho e foi introduzida da Universidade da Califórnia, EUA. Possui hábito de crescimento determinado, porte ereto, cor da semente branca, com o anel do halo e o hilo pretos; enquadra-se na classe comercial branca e na subclasse fradinho (FREIRE FILHO e colaboradores, 2009a).

A cultivar BRS Xiquexique foi obtida da linhagem TE96-290-12G, a qual foi selecionada do cruzamento com código TE96-290, que teve como parental feminino a linhagem TE87-108-6G, posteriormente lançada como cultivar Amapá, e, como parental masculino, TE87-98-8G, posteriormente lançada como BRS Paraguaçu. Participou de ensaios de avaliação em Roraima entre os anos de 2004 e 2006, possui hábito de crescimento indeterminado, porte semiprostrado, cor do tegumento branca e classe comercial branco (VILARINHO e colaboradores, 2008).

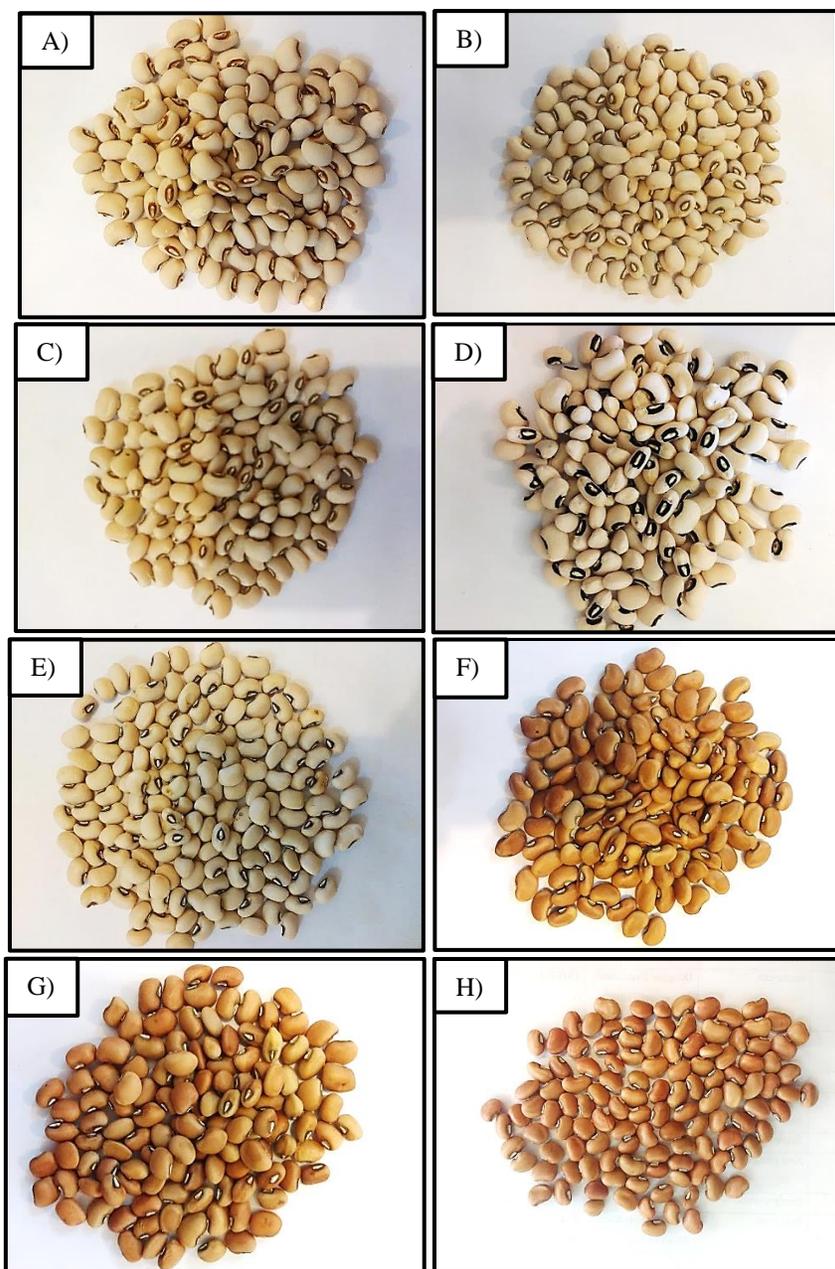
A cultivar BRS Pujante foi obtida por meio do cruzamento da linhagem TE 90-180-26F com a cultivar Epace 10, realizado na Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE, em 1995. A cultivar foi avaliada em ensaio preliminar em 1997, na Estação Experimental de Bebedouro, Petrolina-PE, e em dez ensaios de competição nos anos de 2004 e 2005. Apresenta hábito de crescimento

indeterminado, porte semi-ramador, cor do tegumento marrom e cor do hilo branca (SANTOS e colaboradores, 2007a).

A cultivar BRS Pajeú, anteriormente conhecida como linhagem TE97-304G-12, foi selecionada do cruzamento com o código TE97-304, realizado na Embrapa Meio-Norte, em 1997. Esse cruzamento tem como parental feminino a linhagem CNCx 405-17F, procedente da Embrapa Arroz e Feijão, e, como parental masculino, a linhagem TE94-268-3D, da Embrapa Meio-Norte. Teve ensaios realizados entre os anos de 2001 e 2006. Possui hábito de crescimento indeterminado, porte semiprostrado, cor da semente e do anel do hilo marrom-clara, classe comercial cores e subclasse comercial mulato (FREIRE FILHO e colaboradores, 2009b).

A cultivar BRS Rouxinol corresponde à linhagem TE90-180-10E, obtida do cruzamento entre os genótipos TE86-75-57E x TEx1-69E, realizado pelo Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte (Embrapa Meio-Norte) em Teresina-PI. A partir do ano de 1996, essa linhagem participou dos ensaios estaduais e, por ter se destacado nas avaliações no Programa Integrado de Melhoramento de Feijão Caupi, coordenado pela Embrapa Meio-Norte e pela Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA), foi selecionada para lançamento comercial no estado da Bahia. Essa cultivar foi lançada em 2002, apresenta crescimento indeterminado, tipo de porte semiereto, cor do tegumento esverdeada e pertence ao grupo comercial sempre-verde (ALCÂNTARA e colaboradores, 2002).

Na Figura 2.1, é possível observar as diferenças entre as sementes das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque, BRS Itaim, BRS Xiquexique, BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Rouxinol, principalmente pela coloração dos tegumentos.



**Figura 2.1** – Sementes das cultivares de feijão-caupi: (A) BRS Novaera; (B) BRS Guariba; (C) BRS Tumucumaque; (D) BRS Itaim; (E) BRS Xiquexique; (F) BRS Pujante; (G) BRS Pajeú e (H) BRS Rouxinol. (FONTE: GUIMARÃES, D. G., 2018).

### ***2.2.3 Irrigação e déficit hídrico no feijão-caupi***

O feijão-caupi é cultivado em regiões áridas e semiáridas do mundo, onde é considerado como uma das leguminosas alimentícias mais tolerantes à seca (MOUSA e QURASHI, 2018). Em algumas áreas tropicais de países em desenvolvimento, como algumas zonas na África e no Nordeste brasileiro, as leguminosas são cultivadas apenas durante a estação chuvosa, e o estresse hídrico representa a ameaça mais importante à produção de biomassa para muitos pequenos agricultores (DONOHUE e colaboradores, 2013).

No estado da Bahia, em 2017, dos 762,8 mil estabelecimentos agropecuários, 87,3% não utilizam irrigação (IBGE, 2020). Grande parte dos produtores vivem na região semiárida e fazem plantio de sobrevivência, sofrendo com as limitações hídricas, e são obrigados a cultivar espécies e genótipos mais tolerantes ao déficit hídrico.

A água é um fator limitante para a produtividade de ecossistemas agrícolas e naturais; a fotossíntese sujeita as plantas à perda de água, e, com isso, ocorre o risco de desidratação. Para impedir a dessecação, a água deve ser absorvida pelas raízes e transportada do corpo da planta, mas cerca de 97% dessa água que é absorvida pelas raízes e conduzida pela planta é perdida por transpiração a partir das superfícies foliares (TAIZ e colaboradores, 2017).

A tolerância das plantas ao estresse hídrico é a capacidade de sobreviver e preservar o crescimento sob déficit hídrico; assim, aquelas que são tolerantes/resistentes utilizam diferentes mecanismos para crescerem e se desenvolverem sob essa condição (MOUSA e QURASHI, 2018). Assim, a seleção de genótipos que apresentem grande tolerância à seca é, sem dúvida, essencial para a produção de alimentos no mundo, especialmente em regiões de clima árido ou que apresentem má distribuição de chuvas (BASTOS e colaboradores, 2011).

As respostas das plantas às condições de estresse hídrico variam de acordo com a espécie, cultivar, tempo de exposição e fatores edáficos, entre outros. Não existe uma única variável fisiológica que, por si só, seja indicativa de tolerância à seca (NASCIMENTO e colaboradores, 2011). A maioria das culturas apresentam períodos críticos quanto à deficiência hídrica, durante os quais a sua ocorrência pode causar grandes decréscimos no rendimento (TAGLIAFERRE e colaboradores, 2013).

Segundo Casaroli e Van Lier (2008), analogamente ao conceito de capacidade de campo, quando em estudos ou práticas agrícolas utilizando plantas cultivadas em vasos, utiliza-se com frequência o conceito "capacidade de vaso".

O requerimento de água pela cultura sofre variações durante o ciclo, aumenta de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e formação de vagens e decresce a partir do início da maturação (BASTOS e colaboradores, 2008). Segundo Nascimento (2009), a quantidade de água necessária pela cultura pode variar de 300 a 450 mm/ciclo bem distribuídos nos diferentes estádios de desenvolvimento e é dependente da cultivar, do solo e das condições climáticas locais, e o consumo hídrico diário, raramente, excede 3,0 mm, quando a planta está na fase inicial de desenvolvimento.

Diante da importância do feijão-caupi para o Norte/Nordeste do Brasil, torna-se imprescindível 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 e colaboradores, 2011).

## 2.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido utilizando cultivares de feijão-caupi cultivadas em vasos sob ambiente protegido, coberto por polietileno e com tela preta de 50% de sombreamento nas laterais, situado na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista – BA, em uma altitude média de 886 metros e coordenadas geográficas 14°53'03'' de latitude Sul e 40° 47'58'' de longitude Oeste.

Para enchimento dos vasos, foi utilizado solo coletado na área experimental da UESB, no município de Vitória da Conquista, Bahia, em uma camada de 0-20 cm de profundidade e que apresentou, conforme a Tabela 2.1, as seguintes características físico-químicas:

**Tabela 2.1** – Análise físico-química do solo do experimento em vasos com diferentes níveis de irrigação sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Análise Física do solo													
FAT (%)		Composição granulométrica (tfsa g kg <sup>-1</sup> )					Classe textural						
Terra fina		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila								
100		590	160	30	220	Franco Argilo Arenosa							
Análise Química do solo													
pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	Na	SB	t	T	V	m	MO
(H <sub>2</sub> O)	mg dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----									%	g dm <sup>-3</sup>	
5	4	0,18	1,2	0,9	0,2	2,6	0,0	2,3	2,5	5,1	45	8	6

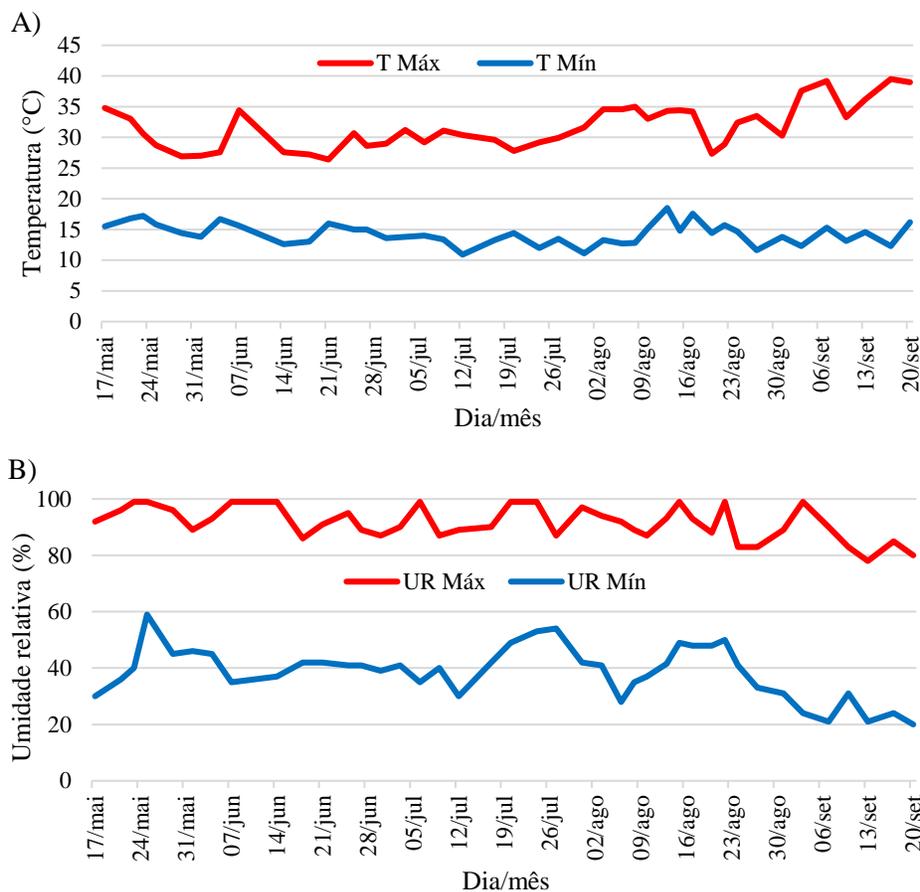
Extratores: P, K e Na (Mehlich-1); Ca, Mg e Al (KCl 1N); H (CaCl<sub>2</sub> 0,01M e SMP).

FAT: Frações da amostra total; SB: Soma das bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: Saturação de bases; m: Saturação por alumínio;

MO: Matéria orgânica.

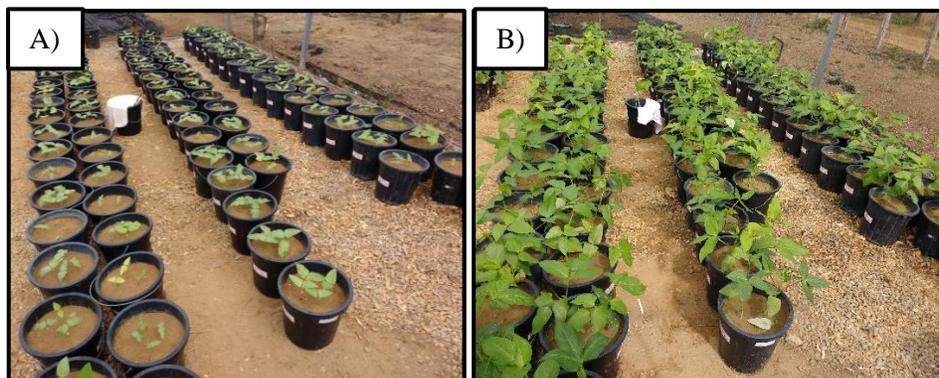
Cada parcela foi constituída por um vaso de polietileno, com capacidade de 20 litros e com quatro furos no fundo para escoamento da água e preenchido com 12,2 litros de solo, com densidade de  $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ . Primeiramente, foi realizada a calagem, com equivalente de  $956 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário ( $478 \text{ mg dm}^{-3}$ ), a fim de que o valor de saturação de bases chegasse a 60%, conforme recomendado para a cultura. Para a adubação de plantio, foi utilizado nos vasos o equivalente a  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  ( $17,47 \text{ mg dm}^{-3}$  de P), na forma de superfosfato simples, e  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $8,33 \text{ mg dm}^{-3}$  de K), na forma de cloreto de potássio, e, para a adubação de cobertura, aos 15 dias após a emergência das plantas,  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N ( $15 \text{ mg dm}^{-3}$ ), na forma de ureia, conforme recomendação da cultura de feijão-caupi, baseada na análise de solo (MELO e CARDOSO, 2017).

A semeadura foi efetuada em 17 de maio de 2018, utilizando-se quatro sementes por vaso, e, quando as plântulas apresentaram dois pares de folhas definitivas, foi realizado o desbaste, deixando duas plantas em cada vaso. A colheita foi realizada em 20 de setembro de 2018, com 125 dias após a semeadura (DAS). Durante esse período, a temperatura e umidade relativa máxima e mínima no ambiente protegido oscilaram, conforme se pode observar na Figura 2.2.



**Figura 2.2** – Temperatura (A) e umidade (B) máxima e mínima no ambiente protegido durante a condução do experimento em Vitória da Conquista – BA, 2018.

O experimento foi realizado em blocos casualizados, em esquema fatorial 8 x 4, com três repetições, totalizando 32 tratamentos e 96 parcelas. Os tratamentos consistiram em oito cultivares de feijão-caupi de diferentes portes. A cultivar BRS Itaim possui porte ereto; as cultivares BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque e BRS Rouxinol apresentam porte semiereto; e as cultivares BRS Xiquexique, BRS Pujante e BRS Pajeú, porte semiprostrado, submetidas a quatro níveis de irrigação, 40, 60, 80 e 100% da capacidade de vaso (Figura 2.3).



**Figura 2.3** – Disposição dos vasos no ambiente protegido, indicando as plantas logo após a emergência (A) e em estágio vegetativo (B). Vitória da Conquista – BA, 2018. (FONTE: GUIMARÃES, D. G., 2018).

O volume de água para a irrigação foi calculado pela quantidade de água para se chegar à capacidade de vaso, pelo método de retenção de água do solo, conforme metodologia de Casaroli e Van Lier (2008). As irrigações foram realizadas a cada dois dias por meio da pesagem e da reposição da água consumida, mantendo, assim, cada tratamento com o nível de irrigação para capacidade de vaso pré-estabelecido: 40% da capacidade de vaso com peso de 17,150 kg, 60% com 17,830 kg, 80% com 18,510 kg e 100% com 19,190 kg.

Durante quinze dias após a emergência, com o intuito de todas as sementes germinarem de maneira uniforme, todos os tratamentos foram mantidos com 100% de capacidade de vaso, e, após esse período, seguiram suas respectivas irrigações pré-estabelecidas. Capinas manuais foram realizadas sempre que necessárias para eliminar as plantas daninhas que surgiam nos vasos.

### ***2.3.1 Avaliações morfofisiológicas e produtivas***

Em 3 de agosto de 2018, com 77 DAS, as plantas estavam encerrando o último estágio fenológico vegetativo (V<sub>9</sub>), e, um pouco antes de começar a

primeira fase reprodutiva ( $R_1$ ), em que surgem os primórdios do botão floral no ramo principal (CAMPOS e colaboradores, 2000), foram realizadas as seguintes avaliações:

- a) Altura de plantas – Mensurada utilizando-se fita métrica do colo da planta até a última folha, expressa em cm.
- b) Diâmetro do caule – Mensurado no colo da planta, a 5 cm de altura em relação ao nível do solo, utilizando-se paquímetro graduado, expresso em mm.
- c) Número de ramos laterais – Realizado pela contagem de todos os ramos laterais de cada planta.
- d) Índice de clorofila Falker (ICF) *a*, *b* e Total – Determinados utilizando-se três folhas do terço médio de cada planta, fazendo uso de um ClorofiLOG modelo CFL1030 da Falker e expressos em ICF.

No dia 20 de setembro de 2018, com 125 DAS, foi realizada a colheita e as seguintes avaliações:

- a) Número de vagens por planta – Obtendo-se a média pela contagem do número de vagens das plantas de cada parcela.
- b) Índice de grãos – Relação entre a massa dos grãos pela massa total da vagem, expresso em porcentagem.
- c) Massa de vagem – Obtida pela relação da massa de todas as vagens da parcela pelo número total de vagens da parcela, expressa em g.
- d) Número de grãos por vagem – Determinado pela relação do número total de grãos das vagens pelo número total de vagens.
- e) Comprimento de vagem – Realizada com o auxílio de uma fita métrica, com a qual se mediu as vagens das plantas, e, assim, obteve-se a média.
- f) Massa de 100 grãos – Realizou-se a pesagem de todos os grãos da parcela, e, em seguida, obteve-se proporcionalmente a massa de cem grãos, expressa em g.

g) Produtividade de grãos – Estimada a partir da produção de grãos de cada parcela, considerando-se um estande de 160 mil plantas por hectare, corrigida por 13% de umidade e transformada para kg ha<sup>-1</sup>.

Foram realizados testes de normalidade (Lilliefors) e homogeneidade das variâncias (Cochran), e, em seguida, foi realizada a análise de variância e teste “F”. Para as características que apresentaram diferença significativa para níveis de irrigação, foi realizada a análise de regressão, e as que apresentaram diferença para cultivares foram submetidas ao teste Tukey a 5% de probabilidade, por meio do uso do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

### ***2.3.2 Avaliações de índices de estresse hídrico***

Utilizando-se como referência a produtividade de grãos em situações sem estresse hídrico (100% de irrigação para capacidade de vaso) e com estresse hídrico, considerando-se os níveis de 40%, 60% e 80% de irrigação para capacidade de vaso, como níveis de estresse hídrico severo, moderado e leve, respectivamente, foram avaliados os seguintes índices de estresse hídrico:

a) Tolerância ao estresse (TOL):  $TOL = PCNE - PCE$

(ROSIELLE e HAMBLIN, 1981).

b) Índice de susceptibilidade (IS):  $IS (\%) = \frac{1 - \left(\frac{PCE}{PCNE}\right)}{1 - \left(\frac{PMCE}{PMCNE}\right)} \times 100$

(FISCHER e MAURER, 1978).

c) Índice de estabilidade de produtividade (IEP):  $IEP (\%) = \frac{PCE}{PCNE} \times 100$

(BOUSLAMA e SCHAPAUGH, 1984).

d) Produtividade média (PM):  $PM = \frac{PCNE + PCE}{2}$

(ROSIELLE e HAMBLIN, 1981).

e) Índice de produtividade (IP):  $IP (\%) = \frac{PCE}{PMCE} \times 100$

(GAVUZZI e colaboradores, 1997).

f) Redução de produtividade (RP):  $RP(\%) = \frac{PCNE - PCE}{PCNE} \times 100$

(AMARAL e colaboradores, 2015).

PCNE = Produtividade da cultivar em condição não-estressante.

PCE = Produtividade da cultivar em condições estressante.

PMCE = Produtividade média de todas as cultivares em condição estressante.

PMCNE = Produtividade média de todas as cultivares em condição não-estressante.

g) Classificação de tolerância à seca: classificados de acordo com a redução de produtividade das cultivares em seus respectivos estresses hídricos: Tolerante (T) = Redução de 0% a 20%; Moderadamente Tolerante (MP) = 20% a 40%; Moderadamente Sensível (MS) = 40% a 60%; e Sensível (S) = acima de 60% (AMARAL e colaboradores, 2015).

Para auxiliar na interpretação dos resultados, os índices foram submetidos ao teste “F” e ao teste Tukey a 5% de probabilidade para diferentes cultivares e diferentes níveis de estresse hídrico, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

### ***2.3.3 Avaliações de estimativas de parâmetros genéticos***

Os traços que apresentaram diferenças significativas entre as diferentes cultivares foram submetidos à obtenção de parâmetros genéticos e seus estimadores foram analisados, utilizando-se as seguintes expressões (CRUZ e colaboradores, 2012):

a) Variância Fenotípica:  $VP = QMG / r$

b) Variância Genotípica:  $VG = (QMG - QMR) / r$

c) Variância Ambiental:  $VE = QMR / r$

d) Herdabilidade em sentido amplo:  $h^2a = (VG / VP) \times 100$

As  $h^2$  foram classificadas como: Baixa = 0% a 30%; Média = 31% a 60%; e Alta = acima de 60% (JOHNSON e colaboradores, 1955).

e) Coeficiente de Variação Fenotípica:  $CVP = (\sqrt{VP} / \bar{X}) \times 100$

f) Coeficiente de variação Genotípica:  $CVG = (\sqrt{VG} / \bar{X}) \times 100$

g) Coeficiente de Variação Ambiental:  $CVE = (\sqrt{VE} / \bar{X}) \times 100$

CVP, CVG e CVE foram classificados como: Baixo = menor que 10%; Médio = 10% a 20%; e Alto = mais que 20% (SIVASUBRAMANIAN e MENON, 1973).

h) Coeficiente de Variação Relativo (Coeficiente “b”) =  $CVG / CVE$

i) Ganho genético:  $GA = i \Delta p h^2$

$i$  = Intensidade de Seleção (5%) = 2,06 (Constante),

$\Delta p$  = Desvio Padrão da Variância Fenotípica:  $\sqrt{VP}$ ;

$h^2$  = Herdabilidade.

j) Ganho Genético em Porcentagem da Média:  $GAM = [(GA / \bar{X}) \times 100]$

Tem-se o ganho genético assumindo intensidade de seleção de 5% em um ciclo de avaliação.

O GAM foi classificado como: Baixo = menos de 10%; Médio = 10% a 20%; e Alto = mais que 20% (JOHNSON e colaboradores, 1955).

Para estimar as correlações, foram utilizadas as expressões citadas por Falconer (1987) e Ramalho e colaboradores (1993):

a) Correlação fenotípica ( $rP$ )

$$rP(xy) = \frac{COV_{P(XY)}}{\sqrt{\sigma^2_{PX} \cdot \sigma^2_{PY}}}$$

b) Correlação genotípica ( $rG$ )

$$rG(xy) = \frac{COV_{G(XY)}}{\sqrt{\sigma^2_{GX} \cdot \sigma^2_{GY}}}$$

c) Correlação ambiental ( $rE$ )

$$rE = \frac{COV_{E(XY)}}{\sqrt{\sigma^2EX \cdot \sigma^2EY}}$$

Em que:  $r_{xy}$  = correlação entre os caracteres  $X$  e  $Y$ ;  $COV_{(XY)}$  = covariância entre os dois caracteres  $X$  e  $Y$ ; e  $\sigma^2X$  e  $\sigma^2Y$  = variância dos caracteres  $X$  e  $Y$ , respectivamente.

As  $rP$ ,  $rG$  e  $rE$  foram classificadas como: Muito Fraca = 0,00 a 0,19; Fraca = 0,20 a 0,39; Moderada = 0,40 a 0,69; Forte = 0,70 a 0,89; e Muito Forte = 0,90 a 1,00 (SHIMAKURA e RIBEIRO JÚNIOR, 2012).

Para o cálculo das correlações, foi utilizado o software Genes (CRUZ, 2013), e, para verificar o nível de significância das correlações, utilizou-se o teste “t” a 1% e 5% de probabilidade.

## 2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *2.4.1 Características morfofisiológicas e produtivas*

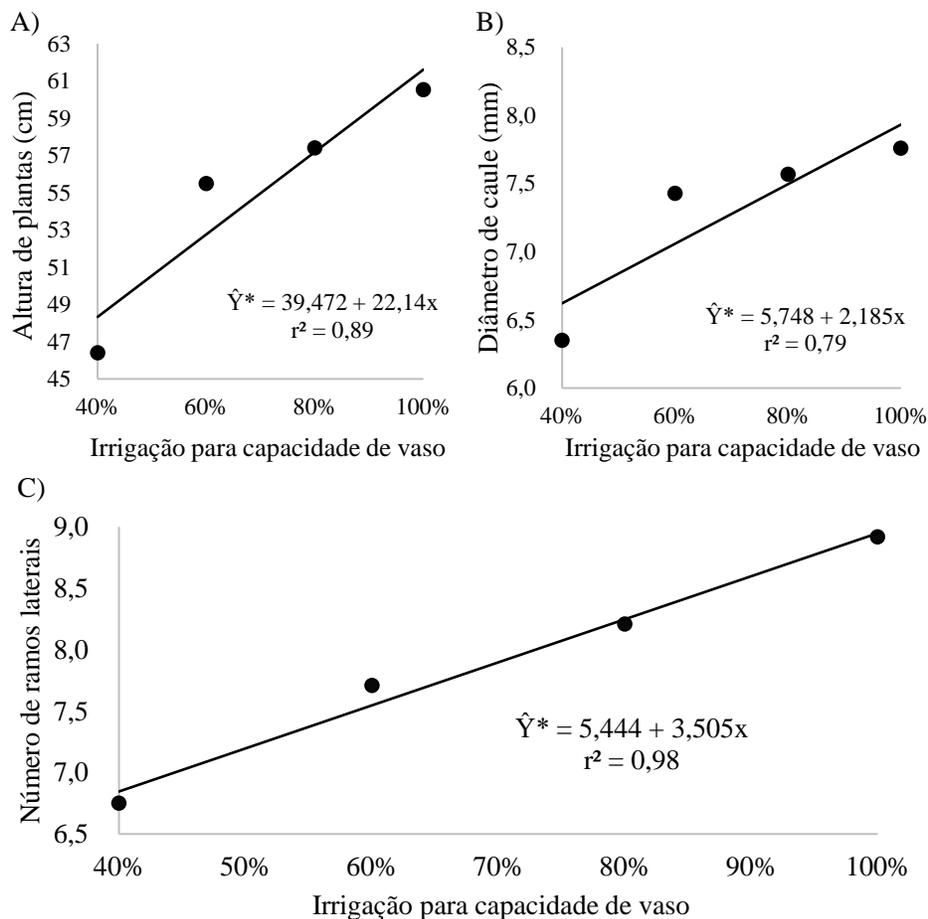
Quando as plantas estavam encerrando o último estágio fenológico vegetativo (V<sub>9</sub>), foram realizadas as avaliações altura de plantas, diâmetro de caule, número de ramos laterais, índice de clorofila Falker *a*, índice de clorofila Falker *b* e índice de clorofila Falker Total (Tabela 2.2). A altura de plantas e o número de ramos laterais diferiram estatisticamente para cultivares e irrigações, enquanto o diâmetro de caule diferiu apenas para irrigação, além de apresentar também diferença para blocos.

**Tabela 2.2** – Análise de variância de altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIÂ) e número de ramos laterais (NRL), índice de clorofila Falker *a* (ICF *a*), índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e índice de clorofila Falker Total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		ALT	DIÂ	NRL	ICF <i>a</i>	ICF <i>b</i>	ICF T
Cultivares (C)	7	690,86*	1,60	5,52*	15,40*	29,94*	86,67*
Irrigação (I)	3	883,76*	9,64*	19,90*	71,00*	121,40*	377,01*
C x I	21	107,28	0,92	1,81	9,06*	11,62*	38,82*
Blocos	2	231,97	17,82*	6,01	8,53	23,46*	59,20
Resíduo	62	114,40	0,79	2,30	5,24	5,83	20,39
C.V. (%)		19,46	12,25	19,21	7,06	20,69	10,24

\*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Na Figura 2.4A, observa-se o efeito de diferentes níveis de irrigação sobre a altura de plantas de feijão-caupi. Foi constatado efeito linear crescente na altura, com o menor nível (40% de irrigação), apresentando plantas com 48,3 cm e o maior nível (100% de irrigação), plantas com 61,6 cm, aumento de 26,9%, o que indica que o maior volume de irrigação resultou em plantas mais altas. Mousa e Qurashi (2018) também observaram que as plantas de feijão-caupi que não foram submetidas a déficit hídrico apresentaram maiores alturas. Segundo Taiz e colaboradores (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.



\*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

**Figura 2.4** – Altura de plantas (A), diâmetro de caule (B) e número de ramos laterais (C) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

O diâmetro do caule, com média geral de 7,3 mm, não apresentou diferença significativa entre cultivares, entretanto houve efeito significativo para nível de irrigação. Observa-se na Figura 2.4B o modelo de regressão linear crescente formada pelos diferentes níveis de irrigação, chegando ao máximo diâmetro, com 7,9 mm, aos 100% de irrigação para capacidade de vaso, 19,7% maior que o diâmetro observado com 40% de irrigação, que foi de 6,6 mm.

O efeito da irrigação sob o diâmetro de caule diferiu dos resultados de Souza e colaboradores (2016), que, analisando o diâmetro de caule em plantas da cultivar BRS Pujante submetidas a diferentes níveis de água disponíveis no solo em casa de vegetação, constataram regressão quadrática, com valores máximos com 71% de água disponível para solos com cobertura morta e 77% para os solos sem cobertura morta; como os autores citados avaliaram as plantas com apenas 30 dias após a semeadura, os resultados de diâmetro de caule foram inferiores, com valores de 4,3 e 4,6 mm, respectivamente, com e sem cobertura morta.

O número de ramos laterais foi outra característica influenciada pelo nível de irrigação (Figura 2.4C). Com o acréscimo de irrigação, foi constatado o aumento no número de ramos laterais, sendo 6,8; 7,5; 8,3 e 8,9 ramos laterais, respectivamente, para 40%, 60%, 80% e 100% de irrigação para capacidade de vaso, um aumento de 30,9% do menor para o maior valor observado.

Mousa e Qurashi (2018), avaliando três cultivares de feijão-caupi sob déficit hídrico em diferentes estádios de crescimento em duas safras, observaram que as plantas que apresentavam menores números de ramos foram submetidas ao déficit hídrico no período compreendido entre o florescimento e o enchimento de vagem (5,51 e 3,59 ramos por planta, respectivamente, na primeira e na segunda safras) e entre o estágio vegetativo e o florescimento (6,02 e 4,19 ramos por planta). Os autores informaram ainda que o tratamento com déficit hídrico apenas no estágio vegetativo (8,98 e 7,14 ramos por planta) apresentou maior número de ramos que o tratamento sem déficit hídrico (7,63 e 5,77 ramos por planta), o que indica que o déficit hídrico no estágio vegetativo foi mais eficiente para o aumento do número de ramos.

Considerando as diferentes cultivares avaliadas, para altura de plantas, a BRS Guariba destacou-se, com altura de 68,83 cm, apresentando valores superiores aos observados por BRS Novaera, PRS Pujante, BRS Xiquexique e

BRS Rouxinol, que apresentaram 46,25; 48,08; 48,92 e 53,17 cm, respectivamente (Tabela 2.3).

**Tabela 2.3** – Altura de plantas e número de ramos laterais de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Cultivares	Altura de plantas (cm)	Número de ramos laterais
BRS Novaera	46,25 c	8,25 a
BRS Guariba	68,83 a	7,33 a
BRS Tumucumaque	61,25 ab	7,25 a
BRS Itaim	57,75 abc	8,67 a
BRS Xiquexique	48,92 bc	6,83 a
BRS Pujante	48,08 bc	8,50 a
BRS Pajeú	55,50 abc	8,42 a
BRS Rouxinol	53,17 bc	7,92 a
Média geral	54,97	7,90
DMS	13,70	1,94

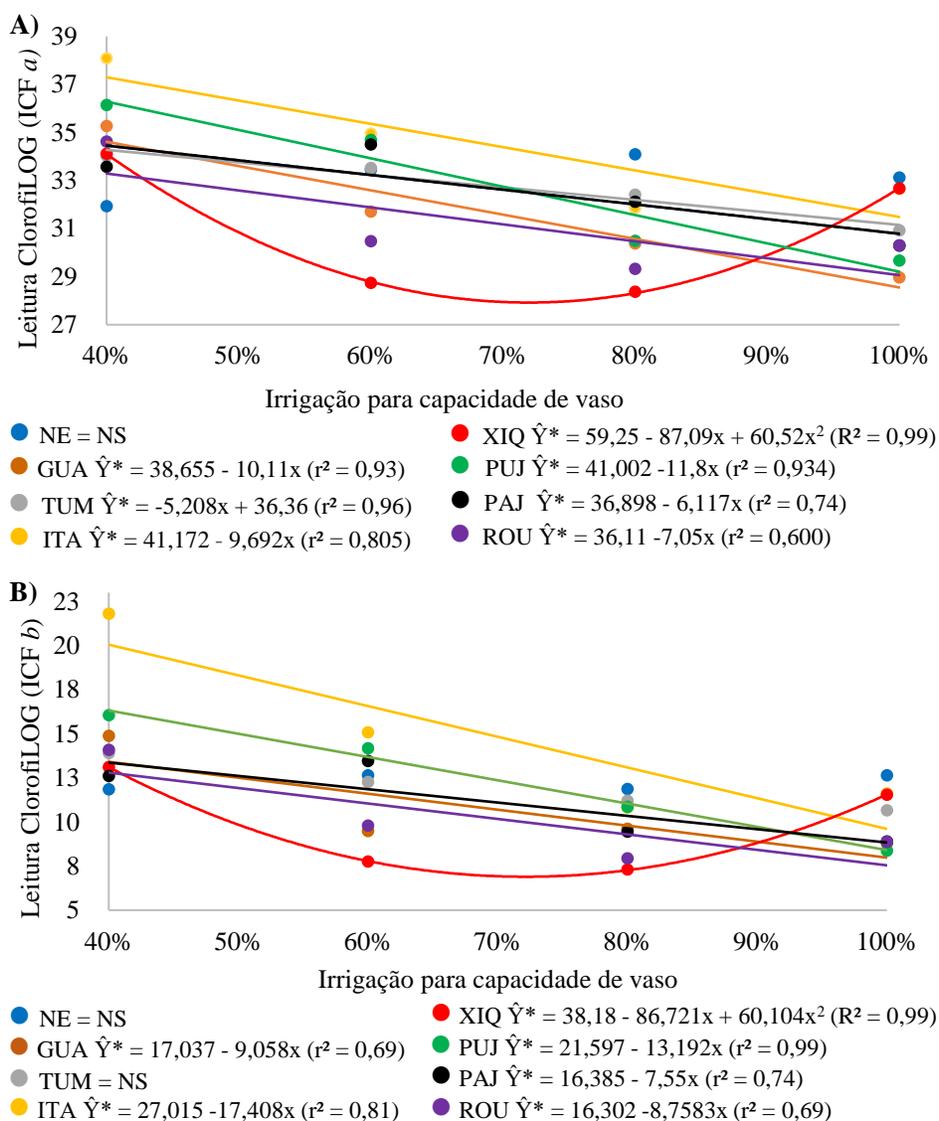
\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

A altura média das plantas foi ligeiramente inferior às observadas por Gerrano e colaboradores (2015), que, avaliando 25 cultivares de feijão-caupi na África do Sul, constataram média de 75,56 cm, porém, com grande variação (29,08 a 169,18 cm). Os resultados deste estudo foram similares aos observados por Públio Júnior e colaboradores (2017), que, estudando 20 genótipos de feijão-caupi em Vitória da Conquista – BA, obtiveram média de 41,98 cm, com a maior altura observada no genótipo MNC04-792F-144, com 49,48 cm. No citado estudo, os autores também avaliaram as cultivares BRS Novaera (34,98 cm), BRS Guariba (47,75 cm), BRS Tumucumaque (42,08 cm) e BRS Itaim (41,55 cm), todas com valores inferiores aos do presente trabalho.

Constata-se na Tabela 2.2 que o número de ramos laterais apresentou significância pelo teste “F”, todavia, quando analisado pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, as cultivares não apresentaram diferença significativa, com média

geral de número de ramos laterais de 7,9 e variação de 6,83 (BRS Xiquexique) a 8,67 (BRS Itaim); todas foram estatisticamente iguais pelo respectivo teste (Tabela 2.3).

Pela Tabela 2.2, verifica-se efeito significativo para índice de clorofila Falker *a*, *b* e Total, tanto em relação a cultivares como para os diferentes níveis de irrigação, e também verificou-se interação significativa entre as fontes de variação para essas mesmas características. No estudo dos desdobramentos dos efeitos dos níveis de irrigação para capacidade de vaso dentro das cultivares para índice de clorofila Falker *a* e *b*, observa-se comportamento semelhante em ambos (Figura 2.5).



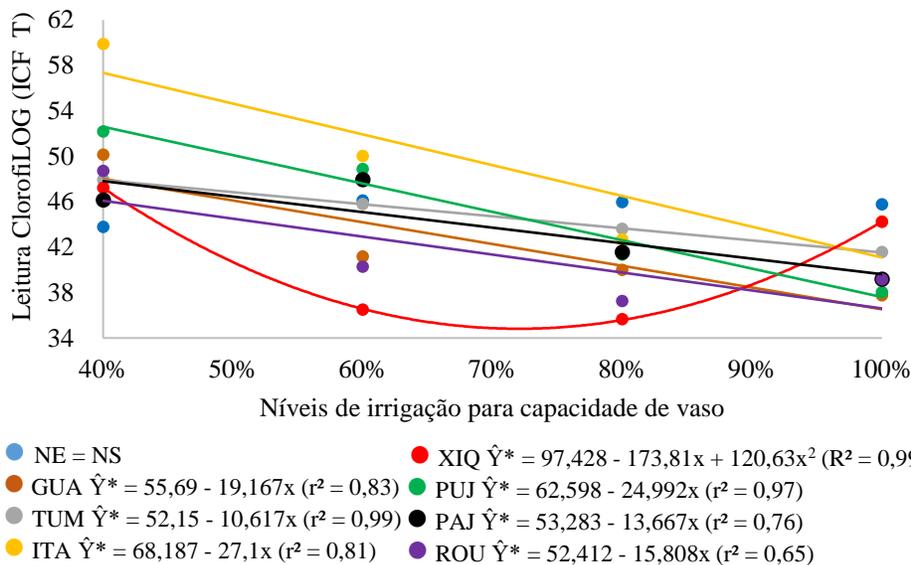
NE (BRS Novaera); GUA (BRS Guariba); TUM (BRS Tumucumaque); ITA (BRS Itaim); XIQ (BRS Xiquexique); PUJ (BRS Pujante); PAJ (BRS Pajeú) e ROU (BRS Rouxinol). \* e NS; Significativo e Não Significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de variância da regressão.

**Figura 2.5** – Índices de clorofila Falker (ICF) *a* (A) e *b* (B) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação para capacidade de vaso. Vitória da Conquista – BA, 2018.

Para o desdobramento do índice de clorofila Falker *a* (ICF *a*), a cultivar BRS Novaera não apresentou diferença significativa entre os níveis de irrigação, para as demais cultivares, exceto BRS Xiquexique; foi demonstrada regressão linear negativa, ou seja, com o aumento da irrigação, houve a diminuição do ICF *a*. O maior valor constatado com o menor nível de irrigação (40%) foi observado na cultivar BRS Itaim, com valor de 37,3, decrescendo para 31,5 com a máxima irrigação (100%). A cultivar BRS Xiquexique, que apresentou regressão quadrática, obteve seu menor valor (27,9) com 71,9% de irrigação e, em seguida, retornou seu crescimento, sendo a cultivar com maior valor com 100% de irrigação (32,7) (Figura 2.5A).

Para o índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*), além da cultivar BRS Novaera, a cultivar BRS Tumucumaque também não apresentou diferença significativa. As cultivares BRS Guariba, BRS Itaim, BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Rouxinol apresentaram comportamento linear negativo, tendo os valores de ICF *b* diminuídos com o aumento de irrigação. A cultivar BRS Xiquexique teve comportamento quadrático, com o menor valor em 72,1% (Figura 2.5B).

O ICF T seguiu a mesma tendência do ICF *a* e do ICF *b*, com a cultivar BRS Novaera não apresentando diferença significativa, BRS Xiquexique com comportamento quadrático, apresentando valor mínimo, e as demais cultivares regredindo com o aumento da irrigação (Figura 2.6).



NE (BRS Novaera); GUA (BRS Guariba); TUM (BRS Tumucumaque); ITA (BRS Itaim); XIQ (BRS Xiquexique); PUJ (BRS Pujante); PAJ (BRS Pajeú) e ROU (BRS Rouxinol). \* e NS; Significativo e Não Significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de variância da regressão.

**Figura 2.6** – Índice de clorofila Falker Total (ICF T) para cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação para capacidade de vaso. Vitória da Conquista – BA, 2018.

As cultivares BRS Pujante e BRS Itaim foram as que mais reduziram proporcionalmente seus valores de ICF T com o aumento da irrigação, sendo mais sensíveis às mudanças hídricas, com reduções de 28,5% e 28,1%, respectivamente; por outro lado, as cultivares BRS Pajeú e BRS Tumucumaque foram as que menos sofreram impacto com as mudanças nos níveis de irrigação, com reduções de 17,2% e 13,4%, respectivamente.

Observa-se com os resultados que a maioria das cultivares diminuíram os seus valores dos ICF com o aumento da irrigação. Os maiores valores de ICF observados sob déficit hídrico podem não necessariamente indicar uma maior atividade fotossintética na planta, como indicado por Nascimento e colaboradores

(2011), que observaram que, sob estresse hídrico, ocorreu elevada redução dos valores de potencial hídrico foliar em alguns genótipos de feijão-caupi, resultado devido, possivelmente, ao fechamento dos estômatos, o que acarretou diminuição na atividade fotossintética.

Uma possível causa desse aumento dos ICF nas plantas submetidas ao estresse hídrico pode ser a concentração de nitrogênio em suas folhas. Segundo Schlichting e colaboradores (2015), os índices indiretos de clorofila, como o índice de clorofila Falker, apresentam alta correlação com a concentração de nitrogênio na planta. Assim, as plantas sob déficit hídrico, por apresentarem uma menor área foliar, comparadas com as plantas sob irrigação plena, podem ter, possivelmente, concentrado um maior teor de nitrogênio em suas poucas folhas; isso resultou conseqüentemente em aumento nos ICF. Corroborando os resultados, Guimarães e colaboradores (2020) também constataram que o déficit hídrico em plantas de feijão-caupi, cultivar BRS Novaera, resultou em aumento nos ICF *a*, *b* e Total.

Na Tabela 2.4, observa-se o comportamento dos índices de clorofila Falker *a* (ICF *a*) de cada cultivar nos diferentes níveis de irrigação para capacidade de vaso. Com 40% e 60% de irrigação, a cultivar BRS Itaim destaca-se, apresentando valor superior de ICF *a*, comparado ao da cultivar BRS Novaera em 40%, e superior, juntamente à cultivar BRS Pujante, à cultivar BRS Xiquexique, com 60% de irrigação.

**Tabela 2.4** – Índice de clorofila Falker *a* (ICF *a*) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Cultivares	Irrigação para capacidade de vaso			
	40%	60%	80%	100%
	ICF <i>a</i>	ICF <i>a</i>	ICF <i>a</i>	ICF <i>a</i>
BRS Novaera	31,9 b	33,5 ab	34,1 a	33,1 a
BRS Guariba	35,3 ab	31,7 ab	30,4 a	29,0 a
BRS Tumucumaque	34,0 ab	33,5 ab	32,4 a	30,9 a
BRS Itaim	38,1 a	35,0 a	31,9 a	32,7 a
BRS Xiquexique	34,1 ab	28,7 b	28,4 a	32,7 a
BRS Pujante	36,1 ab	34,7 a	30,5 a	29,7 a
BRS Pajeú	33,6 ab	34,5 ab	32,1 a	30,3 a
BRS Rouxinol	34,6 ab	30,5 ab	29,3 a	30,3 a
Média	34,7	32,8	31,1	31,1
DMS	5,86	5,86	5,86	5,86

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Nos níveis de irrigação de 80% e 100%, não foram demonstradas diferenças significativas de ICF *a* entre as cultivares avaliadas, todas apresentaram valores estatisticamente iguais.

Observa-se na Tabela 2.5 comportamento dos índices de clorofila Falker *b* (ICF *b*) de cada cultivar nos diferentes níveis de irrigação para a capacidade de vaso. A cultivar BRS Itaim, com 40% de irrigação, foi similar à cultivar BRS Pujante e superior às demais. Com 60% de irrigação, BRS Itaim e BRS Pujante apresentaram valores superiores aos da cultivar BRS Xiquexique. As demais cultivares nesse nível de irrigação apresentaram resultados estatisticamente iguais. Não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares nos níveis de 80% e 100% de irrigação para capacidade de vaso.

**Tabela 2.5** – Índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Cultivares	Irrigação para capacidade de vaso			
	40%	60%	80%	100%
	ICF <i>b</i>	ICF <i>b</i>	ICF <i>b</i>	ICF <i>b</i>
BRS Novaera	11,9 b	12,7 ab	11,9 a	12,7 a
BRS Guariba	14,9 b	9,5 ab	9,6 a	8,8 a
BRS Tumucumaque	13,9 b	12,3 ab	11,2 a	10,7 a
BRS Itaim	21,8 a	15,1 a	10,8 a	11,6 a
BRS Xiquexique	13,1 b	7,8 b	7,3 a	11,6 a
BRS Pujante	16,1 ab	14,2 a	10,9 a	8,4 a
BRS Pajeú	12,6 b	13,5 ab	9,5 a	8,9 a
BRS Rouxinol	14,1 b	9,8 ab	7,9 a	8,9 a
Média	14,8	11,8	9,9	10,2
DMS	6,18	6,18	6,18	6,18

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2.6, é apresentado o índice de clorofila Falker Total (ICF T), que é o equivalente à soma dos ICF *a* e ICF *b*. Com irrigação de capacidade de vaso de 40%, a cultivar BRS Itaim, com ICF T de 59,9, foi superior às cultivares BRS Novaera, BRS Pajeú, BRS Xiquexique e BRS Tumucumaque, que apresentaram valores de 43,8; 46,2; 47,2 e 47,9, respectivamente. As demais cultivares apresentaram valores estatisticamente iguais.

**Tabela 2.6** – Índice de clorofila Falker total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Cultivares	Irrigação para capacidade de vaso			
	40%	60%	80%	100%
	ICF T	ICF T	ICF T	ICF T
BRS Novaera	43,8 b	46,1 ab	46,0 a	45,8 a
BRS Guariba	50,2 ab	41,2 ab	40,0 a	37,8 a
BRS Tumucumaque	47,9 b	45,8 ab	43,6 a	41,6 a
BRS Itaim	59,9 a	50,0 a	42,7 a	44,3 a
BRS Xiquexique	47,2 b	36,5 b	35,7 a	44,2 a
BRS Pujante	52,2 ab	48,9 a	41,3 a	38,0 a
BRS Pajeú	46,2 b	48,0 ab	41,6 a	39,2 a
BRS Rouxinol	48,7 ab	40,3 ab	37,3 a	39,2 a
Média	49,5	44,6	41,0	41,2
DMS	11,57	11,57	11,57	11,57

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Com 60% de irrigação para capacidade de vaso, além da BRS Itaim (50,0), a cultivar BRS Pujante (48,9) também se destacou; apresentaram valores superiores aos da cultivar BRS Xiquexique, que apresentou apenas 36,5 de ICF T. Quando as plantas foram submetidas aos maiores níveis de irrigações, com 80% e 100% de nível de capacidade de vaso, não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares.

Observando os valores gerais dos ICF das cultivares, constata-se que, sob estresse hídrico mais acentuado, com irrigações de 40% e 60%, as cultivares BRS Itaim e BRS Pujante tiveram tendências de apresentar maiores valores, comparadas às demais. Com as plantas submetidas ao menor estresse hídrico (80%) e sob irrigação plena (100%), não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares, o que indica que as plantas bem hidratadas mantêm valores homogêneos de ICF.

Após a colheita, foram realizadas avaliações relacionadas à produção da cultura. Observa-se na Tabela 2.7, pela análise de variância, que o número de vagens por planta e o de produtividade de grãos apresentaram diferença significativa para cultivares e irrigação enquanto massa de vagem, número de grãos por vagem, comprimento de vagem e massa de 100 grãos apresentaram diferença significativa apenas para cultivares. O índice de grãos não apresentou diferença significativa para nenhum tratamento.

**Tabela 2.7** – Análise de variância de número de vagens por planta (NVP), índice de grãos (IG), massa de vagem (MV), número de grãos por vagem (NGV), comprimento de vagem (COMPV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						
		NVP	IG	MV	NGV	COMPV	M100G	PROD
Cultivares (C)	7	14,38*	9,06	2,03*	40,09*	84,99*	111,44*	860827,62*
Irrigação (I)	3	37,70*	80,49	0,82	7,51	6,11	6,51	2305780,82*
C x I	21	4,18	54,85	0,25	4,88	3,94	14,36	289831,80
Blocos	2	4,04	23,32	0,22	3,25	4,11	26,43	64507,61
Resíduo	62	4,78	52,24	0,36	3,24	2,83	12,65	227876,39
C.V. (%)		38,38	9,57	33,26	24,55	11,11	18,76	40,23

\*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

A média geral de índice de grãos foi de 75,5%, similar às encontradas por Públio Júnior e colaboradores (2017), que observaram índice de grãos de 78% na média entre 20 genótipos, e igual também aos resultados de Silva e Neves (2011), que, igualmente em 20 genótipos, obtiveram média geral de índice de grãos em cultivo sequeiro de 75,2% e, em irrigado, 79,5%. Os resultados demonstram que o índice de grãos tem pouca variação entre cultivares e entre diferentes níveis de irrigação.

Segundo Bezerra e colaboradores (2018), o principal componente de produção do feijão-caupi é o número de vagens por planta. Observa-se na Tabela 2.8 que a cultivar BRS Guariba, com média de 7,33 vagens por planta, foi maior que a cultivar BRS Rouxinol (4,0 vagens por planta) e estatisticamente similar às demais. A média geral do experimento, que foi de 5,7 vagens por planta, foi consideravelmente inferior às observadas por Egbe e colaboradores (2010), que, analisando 15 variedades de feijão-caupi na Nigéria, observaram média de 13,1, com variação de 4 a 18 vagens por planta.

**Tabela 2.8** – Número de vagens por planta (NVP), massa de vagem (MV) e número de grãos por vagem (NGV) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

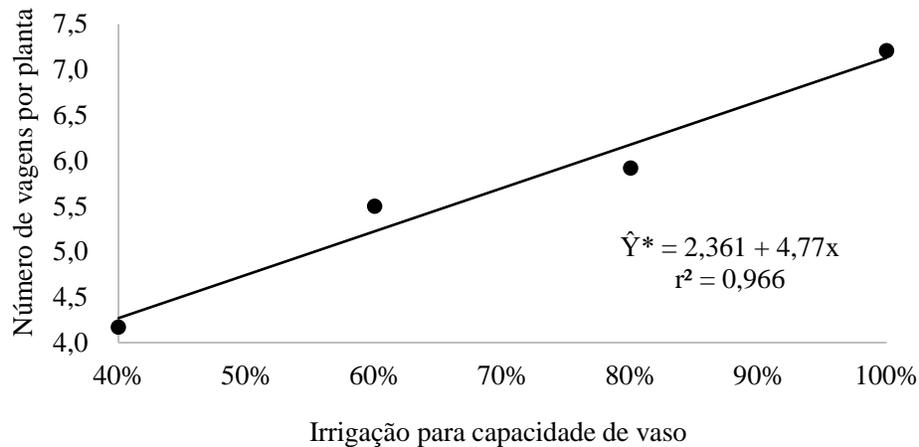
Cultivares	NVP (uni)	MV (g)	NGV (uni)
BRS Novaera	4,83 ab	1,22 c	3,98 e
BRS Guariba	7,33 a	1,75 bc	6,13 de
BRS Tumucumaque	6,50 ab	1,56 bc	6,53 cd
BRS Itaim	6,50 ab	1,86 abc	6,81 bcd
BRS Xiquexique	5,92 ab	1,54 bc	8,73 abc
BRS Pujante	4,83 ab	2,61 a	9,51 a
BRS Pajeú	5,67 ab	2,01 ab	8,91 ab
BRS Rouxinol	4,00 b	1,86 abc	8,11 abcd
Média geral	5,70	1,80	7,34
DMS	2,80	0,77	2,31

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados também foram inferiores, porém com valores mais próximos aos encontrados por Oliveira, E. D. E. e colaboradores (2015), que, avaliando nove cultivares de feijão-caupi em Cruzeiro do Sul – AC, observaram em sistema convencional de cultivo média de 8,5 vagens por planta, com variação de 3,3 na cultivar Branco de Praia a 18,7 na cultivar Manteiguinha Roxo.

Observa-se na Figura 2.2A que as plantas enfrentaram baixas temperaturas durante a condução do experimento, até próximo da colheita; a temperatura máxima não ultrapassou os 35 °C, e a mínima chegou a 10,9 °C. Estas baixas temperaturas a que as plantas foram submetidas prolongaram seu ciclo e podem ter influenciado negativamente no número de vagens por planta, pois, segundo Ehlers e Hall (1997), o feijão-caupi desenvolve-se adequadamente em temperatura variando de 18 a 37 °C, com o ponto ótimo em cerca de 28 °C, e temperaturas abaixo de 18 °C prolongam o desenvolvimento vegetativo, aumentam consideravelmente o ciclo da planta, facilitam o ataque de doenças e atrasam o início da floração.

Para número de vagens por planta sob diferentes níveis de irrigação, observa-se na Figura 2.7 efeito linear crescente, com aumento de 65,1% no número de vagens por planta entre os níveis de menor e maior irrigação.



\*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

**Figura 2.7** – Número de vagens por planta de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Bezerra e colaboradores (2003), avaliando a cultivar de feijão-caupi Epace-11, observaram diferença significativa para número de vagens por planta entre o tratamento sem déficit hídrico, que apresentou 13,2 vagens por planta, e entre o tratamento com déficit hídrico durante todo o ciclo, que apresentou 7,01 vagens por planta.

Neste estudo, também houve redução no número de vagens por planta com o déficit hídrico, com os maiores valores de vagens por planta (7,1) aos 100% de irrigação para capacidade de vaso, e o menor, apenas 4,3 vagens por planta aos 40% de irrigação para capacidade de vaso, uma redução de 39,4% (Figura 2.7); redução inferior à observada por Bastos e colaboradores (2011), que constataram decréscimo de 175% no número de vagens por planta em plantas de feijão-caupi,

que foram submetidas ao déficit hídrico, com metade da lâmina de água na fase vegetativa.

Para massa de vagem, a cultivar BRS Pujante destacou-se com massa de 2,61 g; assim, foi estatisticamente igual às cultivares BRS Pajeú, BRS Itaim e BRS Rouxinol e superior às demais (Tabela 2.8); valores médios similares aos encontrados por Públio Júnior e colaboradores (2017), que, avaliando 20 genótipos de feijão-caupi, observaram média de 2,89 g, com variação de 2,17 (BRS Cauamé) a 3,26 g (MNC04-795F-153).

Observa-se na Tabela 2.8 que, considerando a característica número de grãos por vagem, a cultivar BRS Pujante destacou-se, com 9,51 grãos por vagem; esta cultivar apresentou resultados iguais aos das cultivares BRS Pajeú, BRS Xiquexique e BRS Rouxinol e superiores aos das demais. A cultivar BRS Novaera, com apenas 3,98 grãos por vagem, foi similar à BRS Guariba e inferior às outras. A média geral foi de 7,34 grãos por vagem. Em avaliação com 48 acessos de feijão-caupi, Stoilova e Pereira (2013) relataram média de número de sementes por vagem de 10,54, com mínimo de 7,7 e máximo de 13,8 sementes por vagem.

Para comprimento de vagem, segundo Gerrano e colaboradores (2015), a variação pode ser devida ao genótipo, ao ambiente e à interação genótipo e ambiente. Entretanto, neste trabalho, a variação foi somente entre cultivares, o comprimento de vagem não sofreu variação significativa com a irrigação (Tabela 2.7). Para esta característica, a cultivar BRS Pujante, com 19,98 cm, sobressaiu-se entre todas as cultivares avaliadas e com vagens medindo quase a metade, com apenas 10,62 cm de comprimento; BRS Novaera apresentou o menor valor. A média geral foi de 15,15 cm (Tabela 2.9).

**Tabela 2.9** – Comprimento de vagem (COMV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Cultivares	COMPV (cm)	M100G (g)	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )
BRS Novaera	10,62 d	23,76 a	676,94 b
BRS Guariba	14,55 bc	19,23 ab	1.363,41 a
BRS Tumucumaque	15,33 bc	18,60 b	1.272,38 ab
BRS Itaim	13,29 c	18,72 b	1.251,78 ab
BRS Xiquexique	16,25 b	13,49 c	1.115,42 ab
BRS Pujante	19,98 a	22,03 ab	1.471,25 a
BRS Pajeú	15,12 bc	17,59 bc	1.408,55 a
BRS Rouxinol	16,02 b	18,24 b	933,28 ab
Média geral	15,15	18,96	1.186,63
DMS	2,16	4,55	611,40

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados similares aos deste trabalho foram observados por Oliveira, E. D. E. e colaboradores (2015), os quais, analisando nove cultivares de feijão-caupi, no cultivo convencional constataram valores mínimos para comprimento de vagem de 13 cm, nas cultivares Manteiguinha Roxo e Manteiguinha, e valor máximo de 20 cm na cultivar Roxinho de Praia, com média geral entre todos de 16,1 cm e entre os relatados por Cobbinah e colaboradores (2011), que observaram comprimento de vagem com variação entre 15,75 e 18,05 cm em genótipos de feijão-caupi em Gana.

As características comprimento de vagem e a massa de 100 grãos apresentaram grande variação entre cultivares, porém não foram afetadas pela irrigação (Tabela 2.7); resultados similares aos de Bezerra e colaboradores (2003), que observaram que o déficit hídrico, ou seja, a falta de irrigação, também não influenciou essas duas variáveis. O comprimento de vagem e a massa de 100 grãos também não sofreram variações com irrigação em trabalho de Silva e Neves (2011); estes avaliaram três cultivares e dezessete linhagens de feijão-caupi em

cultivo irrigado e sequeiro e observaram resultados similares dessas características para ambos os cultivos; a média geral no plantio irrigado para comprimento de vagem foi de 19,98 cm e, para o plantio sequeiro, foi de 19,68 cm; e, para a característica massa de 100 grãos em sistema irrigado, o resultado foi de 17,70 g e, em sequeiro, 18,71 g. Tais resultados indicam que o comprimento de vagem e a massa de 100 grãos não são afetados pela disponibilidade hídrica, e sim pelas características genéticas de cada cultivar.

De acordo com Santos e colaboradores (2007b), um dos propósitos do melhoramento genético do feijão-caupi consiste no desenvolvimento e na recomendação de cultivares com massa de 100 grãos superiores a 20 g. Assim, apesar de apresentar valores inferiores de comprimento de vagem e número de grãos por vagem, a cultivar BRS Novaera destacou-se para massa de 100 grãos. BRS Novaera com massa de 100 grãos com 23,76 g foi igual às cultivares BRS Pujante (22,03 g) e BRS Guariba (19,23 g) e superior às demais, indicação de que é uma cultivar com vagens pequenas e com poucos grãos por vagem, porém apresentando grãos grandes e pesados. Por outro lado, a cultivar BRS Xiquexique com massa de 100 grãos pesando apenas 13,49 g foi estatisticamente igual à cultivar BRS Pajeú e apresentou o menor valor para esta característica em comparação às demais cultivares.

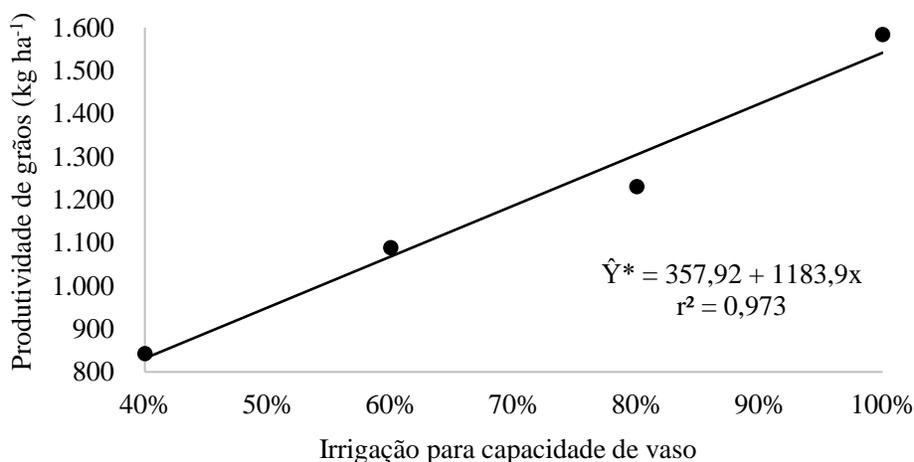
A média geral do experimento para massa de 100 grãos foi de 18,96 g e apresentou resultado médio superior ao de trabalhos realizados na África, como o estudo de Gerrano e colaboradores (2015), que observaram média de 13,00 g em 25 genótipos na África do Sul; Egbe e colaboradores (2010), com 15 variedades na Nigéria, encontraram média de 15,55 g, e Idahosa e colaboradores (2010), também na Nigéria, estudando oito genótipos, observaram média de 10,64 g. Todavia, os resultados foram similares aos encontrados por Silva e Neves (2011), que, avaliando 20 genótipos de feijão-caupi em Teresina – PI, encontraram média de 18,7 g em sistema sequeiro e 17,7g em sistema irrigado; esses trabalhos

indicam que os genótipos desenvolvidos no Brasil possuem uma tendência de apresentarem grãos maiores e, conseqüentemente, mais pesados.

Comparando as diferentes cultivares estudadas, observa-se na Tabela 2.9 que BRS Pujante ( $1.471,25 \text{ kg ha}^{-1}$ ), BRS Pajeú ( $1.471,25 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e BRS Guariba ( $1.363,41 \text{ kg ha}^{-1}$ ) destacaram-se quanto à produtividade de grãos, apresentando valores superiores aos da cultivar BRS Novaera, que apresentou apenas  $676,94 \text{ kg ha}^{-1}$ . Apesar de a cultivar BRS Novaera ser uma das mais cultivadas no Brasil, ela não se desenvolveu bem no presente estudo; as baixas temperaturas apresentadas no interior do ambiente protegido no começo do experimento (Figura 2.2A) podem ter afetado o seu desenvolvimento e resultado na baixa produtividade.

Considerando todas as cultivares, a média geral do trabalho para produtividade de grãos foi de  $1.186,63 \text{ kg ha}^{-1}$ , semelhante às observadas por Santos e colaboradores (2012), que, avaliando 20 genótipos, constataram produtividade média de  $1.250,66 \text{ kg ha}^{-1}$ , e Silva e colaboradores (2016), que, também em 20 genótipos, observaram média de  $1.203,90 \text{ kg ha}^{-1}$  em sistema irrigado e  $945,45 \text{ kg ha}^{-1}$  em sequeiro, e foi pouco inferior à média observada por Públio Júnior e colaboradores (2017); estes, em 20 genótipos, no mesmo município do presente estudo, averiguaram produtividade de grãos de  $1.571 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Observa-se na Figura 2.8 o incremento significativo de produtividade de grãos de feijão-caupi com o aumento da irrigação. A regressão linear positiva indica que a produtividade com 40% de irrigação para capacidade de vaso, que foi de  $831,48 \text{ kg ha}^{-1}$ , aumenta para  $1.541,82 \text{ kg ha}^{-1}$  quando a irrigação chega ao ponto máximo, um acréscimo de 85,4%. A produtividade em 60% de irrigação foi de  $1.068,26 \text{ kg ha}^{-1}$  e, com 80%, foi de  $1.305,04 \text{ kg ha}^{-1}$ .



\*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

**Figura 2.8** – Produtividade de grãos de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Comparando os tratamentos que foram submetidos ao déficit hídrico com plantas que tiveram máxima irrigação (100% da capacidade de vaso), as plantas com 80, 60 e 40% de irrigação da capacidade de vaso tiveram redução de, respectivamente, 15,4; 30,7 e 46,07% de produtividade de grãos.

A supressão de água pela metade no presente trabalho, ou seja, irrigação com 50% da capacidade de vaso, ocasionou uma redução na produtividade de grãos de 38,4%. Todavia, essa redução foi menos rigorosa em comparação ao que observaram Bezerra e colaboradores (2003), os quais constataram redução de 59% na produção de grãos quando as plantas de feijão-caupi foram submetidas ao déficit hídrico, utilizando metade da lâmina de irrigação durante todo o ciclo, comparando com o tratamento sem déficit hídrico e com o trabalho de Nascimento e colaboradores (2011); estes, avaliando 20 genótipos de feijão-caupi, observaram uma forte influência da supressão hídrica no rendimento médio de grãos em todos os genótipos, com produtividade de grãos média dos genótipos sob irrigação plena alcançando 1.167 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto, no experimento sob

deficiência hídrica, com metade da lâmina requerida pela cultura, chegou-se a 466 kg ha<sup>-1</sup>, uma redução de 60% em produtividade.

Outro trabalho que apresentou acentuada redução de produtividade foi o de Bastos e colaboradores (2011), que observaram que plantas de feijão-caupi que foram submetidas ao déficit hídrico, com metade da lâmina de água na fase vegetativa, apresentaram redução de 60% na produção de grãos. Assim, constata-se que as plantas do presente estudo, considerando a produtividade de grãos, foram mais tolerantes ao déficit hídrico em comparação ao observado em outros estudos.

Como neste experimento, a relação de produtividade de grãos e irrigação gerou um gráfico linear positivo, não foi possível determinar o nível de irrigação com ponto máximo de produtividade, diferente de Tagliaferre e colaboradores (2013), que estudaram lâminas de irrigação na cultura de feijão-caupi entre 240 e 578 mm e observaram um comportamento quadrático para produtividade de grãos, com a máxima produtividade, de 2.820,03 kg ha<sup>-1</sup>, alcançada com 462,21 mm de lâmina de irrigação. Para os autores citados, esses resultados observados comprovam que o excesso de água no solo, da mesma forma que o déficit, também prejudica a produção de grãos.

#### ***2.4.2 Índices de estresse hídrico***

Pela análise de variância demonstrada na Tabela 2.10, foi constatado que os seis índices de estresse hídrico avaliados apresentaram diferenças significativas pelo teste F a 5% de probabilidade para cultivares e irrigação. De acordo com Farshadfar e colaboradores (2013), muitos pesquisadores em todo o mundo utilizam esses parâmetros para avaliar o comportamento de diferentes cultivares em relação ao estresse hídrico; isso demonstra a importância da utilização desses índices para comparação entre cultivares submetidos a estresses.

**Tabela 2.10** – Análise de variância de tolerância ao estresse (TOL), índice de susceptibilidade (IS), índice de estabilidade de produtividade (IEP), produtividade média (PM), índice de produtividade (IP) e redução de produtividade (RP) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		TOL	IS	IEP	PM	IP	RP
Cultivares (C)	7	2430872,06*	39430,59*	4407,77*	983355,04*	5502,50*	4407,77*
Irrigação (I)	2	925132,84*	45186,98*	5051,25*	231283,21*	8321,34*	5051,25*
C x I	14	130888,69	7389,07	825,99	32722,17	1177,31	825,99
Blocos	2	45142,95	2138,13	239,01	11285,74	406,05	239,01
Resíduo	46	153930,16	6596,52	737,40	38482,54	1384,56	737,40
C.V. (%)		73,95	95,53	37,94	14,87	37,22	95,53

\*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Para tolerância ao estresse (TOL), observa-se na Tabela 2.11 que as cultivares BRS Novaera (49,83 kg ha<sup>-1</sup>), BRS Pujante (120,67 kg ha<sup>-1</sup>), BRS Itaim (158,83 kg ha<sup>-1</sup>) e BRS Tumucumaque (173,73 kg ha<sup>-1</sup>) apresentaram os menores valores de TOL, o que indica pouca diferença de produtividade em situação de estresse e sem estresse.

**Tabela 2.11** – Tolerância ao estresse de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Cultivares	Tolerância ao estresse – TOL (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Irrigação para capacidade de vaso (nível de estresse)			
	40% (severo)	60% (moderado)	80% (leve)	Média
BRS Novaera	284,02	-15,48	-119,05	49,83 c
BRS Guariba	1.197,83	1.080,27	939,41	1.072,50 a
BRS Tumucumaque	343,23	-85,95	263,90	173,73 c
BRS Itaim	698,51	251,06	-473,09	158,83 c
BRS Xiquexique	412,50	588,43	117,47	372,80 bc
BRS Pujante	356,52	-1,65	7,14	120,67 c
BRS Pajeú	1.615,68	1.389,38	1.246,30	1.417,12 a
BRS Rouxinol	1.027,42	760,42	849,42	879,09 ab
Média	741,96 A	495,81 AB	353,94 B	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As cultivares BRS Pajeú (1.417,12 kg ha<sup>-1</sup>) e BRS Guariba (1.072,50 kg ha<sup>-1</sup>) foram significativamente similares à BRS Rouxinol e superiores às demais; isso significa que essas cultivares possuem grande variação nos valores de produtividade sem e com estresse hídrico.

Entre os níveis de estresse hídrico, o estresse leve com valor de TOL de 353,94 kg ha<sup>-1</sup> foi estatisticamente semelhante ao estresse moderado (495,81 kg ha<sup>-1</sup>) e inferior ao estresse severo (741,96 kg ha<sup>-1</sup>), indicação de que as plantas

submetidas ao estresse hídrico leve apresentam menor variação de valor de produtividade, em comparação ao nível sem estresse.

Para índice de susceptibilidade à seca (IS), maiores valores indicam cultivares mais susceptíveis. Assim, considerando-se a média dos três níveis de estresse hídrico (severo, moderado e leve), observa-se na Tabela 2.12 que as cultivares mais susceptíveis à seca foram BRS Pajeú (171,50%) e BRS Rouxinol (165,09%), que foram similares às cultivares BRS Guariba e BRS Xiquexique e superiores às demais.

**Tabela 2.12** – Índice de susceptibilidade à seca de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Cultivares	Índice de susceptibilidade à seca – IS (%)			
	Irrigação para capacidade de vaso (nível de estresse)			Média
	40% (severo)	60% (moderado)	80% (leve)	
BRS Novaera	118,92	-6,48	-49,85	20,86 c
BRS Guariba	165,27	149,05	129,61	147,97 ab
BRS Tumucumaque	73,19	-18,33	56,27	37,04 bc
BRS Itaim	152,40	54,77	-103,22	34,65 bc
BRS Xiquexique	88,44	126,16	25,19	79,93 abc
BRS Pujante	68,28	-0,32	1,37	23,11 c
BRS Pajeú	195,53	168,14	150,83	171,50 a
BRS Rouxinol	192,95	142,81	159,52	165,09 a
Média	131,87 A	76,98 AB	46,22 B	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Farshadfar e colaboradores (2013), cultivares com IS menor que 100% são mais resistentes às condições de estresse hídrico. Com base nisso, constata-se que as cultivares BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Itaim, BRS Tumucumaque e BRS Xiquexique destacaram-se em resistência média ao estresse salino, em especial as cultivares BRS Novaera e BRS Pujante, que, com valores

de apenas 23,11% e 20,86%, respectivamente, sobressaíram como as mais resistentes.

Quando comparado o IS para os diferentes níveis de estresse hídrico, o estresse leve (80% de irrigação) foi estatisticamente igual ao estresse moderado (60% de irrigação), com valores de 46,22% e 76,98%, respectivamente, ambos apresentando valores abaixo de 100%. Como era esperado, o estresse hídrico severo (40% de irrigação) foi estatisticamente inferior ao nível de estresse leve. Com média geral entre as cultivares de 131,87%, o nível de estresse severo demonstrou maior susceptibilidade à seca entre os níveis de estresse avaliados.

Abayomi e Abidoye (2009), analisando dez genótipos de feijão-caupi em casa de vegetação, também submetidos a três diferentes níveis de estresse hídrico (leve, moderado e severo), observaram variação média de IS entre as cultivares de 73% a 122%, e o IS entre os diferentes níveis de estresse foram 91%, 96% e 98%, para os níveis leve, médio e severo, respectivamente. Apesar de a sequência dos resultados entre os níveis de estresse terem sido os mesmos, a variação dos resultados foi bem inferior ao observado no presente estudo, o que indica que os genótipos do citado estudo sofreram menos efeitos do estresse hídrico.

Na Tabela 2.13, são apresentados os valores referentes ao índice de estabilidade na produtividade (IEP) para as cultivares e para os níveis de estresse hídrico. Para Farshadfar e colaboradores (2013), as cultivares com altos valores de IEP podem ser consideradas como cultivares estáveis sob condições de estresse e não-estresse à seca.

**Tabela 2.13** – Índice de estabilidade da produtividade (IEP) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Cultivares	Índice de estabilidade da produtividade – IEP (%)			
	Irrigação para capacidade de vaso (nível de estresse)			
	40% (severo)	60% (moderado)	80% (leve)	Média
BRS Novaera	60,24	102,17	116,67	93,02 a
BRS Guariba	44,74	50,17	56,66	50,52 bc
BRS Tumucumaque	75,53	106,13	81,19	87,61 ab
BRS Itaim	49,05	81,69	134,51	88,41 ab
BRS Xiquexique	0,70	0,58	0,92	73,28 abc
BRS Pujante	77,17	100,10	99,54	92,27 a
BRS Pajeú	34,62	43,78	49,57	42,66 c
BRS Rouxinol	35,49	52,25	46,67	44,80 c
Média	55,91 B	74,26 AB	84,55 A	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

BRS Novaera (93,02%) e BRS Pujante (92,27%), apesar de serem estatisticamente similares às cultivares BRS Itaim, BRS Tumucumaque e BRS Xiquexique, destacaram-se como as cultivares que apresentaram maior estabilidade, acima de 90%, em suas produtividades de grãos, o que significa que apresentam valores mais similares em situações com ou sem estresse hídrico. As cultivares Rouxinol (44,80%) e Pajeú (42,66%) mostraram-se como cultivares com pouca estabilidade de produtividade de grãos diante do estresse hídrico, com valores abaixo de 50%.

A variação de IEP entre as cultivares, de 42,66% a 93,02%, foi superior ao observado por Peksen e colaboradores (2014), que, avaliando duas cultivares de feijão-caupi submetidas ao estresse hídrico, em regime de sequeiro, na Turquia, observaram valores de 58% e 72% de IEP; e Pejić e colaboradores (2013), avaliando dois genótipos de feijão-caupi em campo, na Sérvia, observaram média em sequeiro de IEP de 39% e 49%.

Considerando os níveis de estresse hídrico, o estresse leve foi superior ao estresse severo. Com estresse leve, o IEP foi de 84,55%, o que demonstra que as cultivares nesse nível de estresse são mais estáveis que as cultivares no nível severo, que apresentaram valor de IEP de apenas 55,91%.

A produtividade média (PM) utilizada nesse estudo foi proposta por Rosielle e Hamblin (1981) e considera a produtividade média das cultivares sob condições estressantes e não estressantes. Assim, valores altos desse índice são desejáveis. Observam-se na Tabela 2.14 resultados médios superiores das cultivares BRS Pajeú (1.762,83 kg ha<sup>-1</sup>) e BRS Guariba (1.631,54 kg ha<sup>-1</sup>), que foram similares ao da cultivar BRS Pujante (1.501,42 kg ha<sup>-1</sup>) e superior ao das demais. A cultivar BRS Novaera, com produtividade média de apenas 689,40 kg ha<sup>-1</sup>, apresentou o menor valor.

**Tabela 2.14** – Produtividade média de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Cultivares	Produtividade média – PM (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Irrigação para capacidade de vaso (nível de estresse)			Média
	40% (severo)	60% (moderado)	80% (leve)	
BRS Novaera	572,31	722,05	773,84	689,40 c
BRS Guariba	1.568,88	1.627,65	1.698,08	1.631,54 a
BRS Tumucumaque	1.231,06	1.445,65	1.270,73	1.315,81 bc
BRS Itaim	1.021,64	1.245,37	1.607,45	1.291,49 bc
BRS Xiquexique	1.188,77	1.100,80	1.336,28	1.208,62 bc
BRS Pujante	1.383,50	1.562,58	1.558,18	1.501,42 ab
BRS Pajeú	1.663,55	1.776,70	1.848,24	1.762,83 a
BRS Rouxinol	1.078,88	1.212,38	1.167,88	1.153,05 b
Média	1.213,57 B	1.336,65 AB	1.407,59 A	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A produtividade média de todas as cultivares com estresse hídrico leve foi de 1.407,59 kg ha<sup>-1</sup>, estatisticamente similar ao estresse hídrico moderado, que

apresentou 1.336,65 kg ha<sup>-1</sup>, e superior ao estresse hídrico severo, que foi 1.213,57 kg ha<sup>-1</sup>.

Um importante parâmetro na recomendação de cultivares sob estresse hídrico é o índice de produtividade (IP). Segundo Farshadfar e colaboradores (2013), as cultivares com alto valor desse índice são adequadas para a condição de estresse hídrico. Observa-se que a cultivar BRS Pujante com IP de 136,67% destacou-se, apresentando valores superiores aos das cultivares BRS Rouxinol (67,67%) e BRS Novaera (63,02%) e similares aos das demais (Tabela 2.15).

**Tabela 2.15** – Índice de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Cultivares	Índice de produtividade – IP (%)			
	Irrigação para capacidade de vaso (nível de estresse)			
	40% (severo)	60% (moderado)	80% (leve)	Média
BRS Novaera	40,81	69,21	79,04	63,02 b
BRS Guariba	91,99	103,14	116,50	103,88 ab
BRS Tumucumaque	100,48	141,18	108,00	116,55 ab
BRS Itaim	63,77	106,21	174,88	114,95 ab
BRS Xiquexique	93,18	76,50	121,16	96,95 ab
BRS Pujante	114,31	148,27	147,44	136,67 a
BRS Pajeú	81,16	102,62	116,19	99,99 ab
BRS Rouxinol	53,60	78,92	70,48	67,67 b
Média	79,91 B	103,26 AB	116,71 A	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O IP, como era esperado, apresentou maior valor médio entre as cultivares (116,71%) com estresse hídrico leve e menor valor (79,91%) com estresse hídrico severo, indicativo de uma maior produtividade de grãos entre as cultivares quando submetidas ao estresse hídrico leve, se comparada à da situação de estresse hídrico severo.

Os valores foram superiores aos observados por Meira (2017), que, com irrigação para capacidade de vaso de 40%, obteve valor de IP de 23%; com 60% de irrigação, o valor foi 80%, e, com 80% de irrigação, apresentou-se IP de 103%, com as cultivares BRS Guariba, BRS Xiquexique e BRS Pujante com média de 70%, 60% e 70%, respectivamente.

A redução de produtividade (RP) indica o quanto que, proporcionalmente, as cultivares produziram a menos quando submetidas ao estresse hídrico, em comparação com os valores obtidos em irrigação plena. Na Tabela 2.16, são apresentados os proporcionais de redução de produtividade para as cultivares e para os diferentes níveis de estresse hídrico.

**Tabela 2.16** – Redução de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Cultivares	Redução da produtividade – RP (%)			
	Irrigação para capacidade de vaso (nível de estresse)			
	40% (severo)	60% (moderado)	80% (leve)	Média
BRS Novaera	39,76	-2,17	-16,67	6,98 c
BRS Guariba	55,26	49,83	43,33	49,47 ab
BRS Tumucumaque	24,47	-6,13	18,81	12,39 bc
BRS Itaim	50,95	18,31	-34,51	11,59 bc
BRS Xiquexique	29,57	42,18	8,42	26,72 abc
BRS Pujante	22,83	-0,11	0,46	7,73 c
BRS Pajeú	65,38	56,22	50,43	57,34 a
BRS Rouxinol	64,51	47,75	53,34	55,20 a
Média	44,09 A	25,74 AB	15,45 B	28,43

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As maiores RP médias, considerando os níveis de estresse hídrico, foram observadas nas cultivares BRS Pajeú e BRS Rouxinol, que apresentaram 57,34% e 55,2% de redução, respectivamente; foram as únicas que apresentaram valores

acima de 50% de redução. As menores RP, abaixo de 10%, foram observadas nas cultivares BRS Pujante (7,73%) e BRS Novaera (6,98%), o que indica que não mudaram consideravelmente de produtividade com o efeito do estresse hídrico. A variação de RP entre as oito cultivares foi de 6,98% a 57,34%, superior à observada por Abayomi e Abidoye (2009), que constataram variação de RP em dez genótipos de 41,5% a 65,5%.

A RP com estresse hídrico leve (80% de irrigação para capacidade de vaso), comparada com irrigação plena (100% de irrigação), foi de 15,45%; com estresse moderado (60% de irrigação), a redução foi de 25,74%, e, com estresse severo (40% de irrigação), a RP foi mais drástica, chegou a 44,09%.

A variação de RP entre os diferentes níveis de estresse hídrico encontrada no presente estudo foi inferior às observadas por Abayomi e Abidoye (2009), que, considerando estresse hídrico leve, moderado e severo, obtiveram valores de 27,2%, 52,7% e 81,7%, respectivamente; e por Meira (2017), que, em três níveis de estresse hídrico, obtiveram valores de 28,78%, 27,50% e 77% para, respectivamente, 40%, 60% e 80% de irrigação para capacidade de vaso.

A classificação de tolerância à seca é baseada na redução de produtividade de grãos. Com reduções de 0% a 20%, a cultivar é considerada tolerante (T); de 20% a 40%, é moderadamente tolerante (MP); de 40% a 60%, será moderadamente sensível (MS) e, acima de 60%, é sensível (S) à seca. Na Tabela 2.17, são apresentados os resultados de classificação à tolerância à seca para diferentes cultivares e diferentes níveis de estresse hídrico.

**Tabela 2.17** – Classificação da tolerância à seca baseada na redução de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Cultivares	Classificação de tolerância à seca			
	Irrigação para capacidade de vaso (nível de estresse)			
	40% (severo)	60% (moderado)	80% (leve)	Média
BRS Novaera	MT	T	T	T
BRS Guariba	MS	MS	MS	MS
BRS Tumucumaque	MT	T	T	T
BRS Itaim	MS	T	T	T
BRS Xiquexique	MT	MS	T	MT
BRS Pujante	MT	T	T	T
BRS Pajeú	S	MS	MS	MS
BRS Rouxinol	S	MS	MS	MS
Média	MS	MT	T	MT

T = Tolerante; MT = Moderadamente Tolerante; MS = Moderadamente Sensível; S = Sensível.

Comparando os valores das cultivares por nível de estresse hídrico, observa-se que, com estresse hídrico leve, cinco das oito cultivares (BRS Novaera, BRS Tumucumaque, BRS Itaim, BRS Xiquexique e BRS Pujante) apresentaram classificação como “tolerante”, e as cultivares BRS Guariba, BRS Pajeú e BRS Rouxinol foram classificadas como “moderadamente sensíveis”.

Com estresse hídrico moderado, as cultivares BRS Novaera, BRS Tumucumaque, BRS Itaim e BRS Pujante foram classificadas como “tolerantes”. Com estresse hídrico severo, nenhuma cultivar foi classificada como “tolerante”, e as cultivares BRS Pajeú e BRS Rouxinol foram classificadas como “sensíveis”.

Na média geral, considerando os três níveis de estresse hídrico, destacaram-se como “tolerantes” as cultivares BRS Novaera, BRS Tumucumaque, BRS Itaim e BRS Pujante. A cultivar BRS Xiquexique foi classificada como “moderadamente tolerante”, e as cultivares BRS Guariba, BRS Pajeú e BRS Rouxinol foram classificadas como “moderadamente sensíveis”.

Considerando o estresse hídrico leve, a média das oito cultivares foi classificada como “tolerante”; com estresse moderado, foi “moderadamente tolerante”; e, com estresse severo, “moderadamente sensível”.

Na média geral das oito cultivares submetidas aos três diferentes níveis de estresse hídrico, o feijão-caupi foi classificado como “moderadamente tolerante”, corroborando a classificação proposta por Boyer (1978), que indicou o feijão-caupi como moderadamente tolerante, tanto para a deficiência hídrica quanto para o excesso de água. Para efeito de comparação, o feijão comum foi classificado pelo mesmo autor como sensível ao déficit hídrico.

Pelas interpretações dos parâmetros, observa-se que a cultivar BRS Novaera apresentou pouca susceptibilidade à seca, porém apresenta baixa produtividade. A cultivar BRS Pajeú é susceptível à seca, todavia apresentou satisfatória produtividade média.

A cultivar que menos se destacou foi a BRS Rouxinol, que apresentou baixa resistência à seca e baixa produtividade; por outro lado, a cultivar BRS Pujante destacou-se com relação às demais, apresentando valores satisfatórios em todos os parâmetros avaliados, sendo considerada pouco susceptível e bem produtiva em condições de estresse hídrico.

#### ***2.4.3 Estimativas de parâmetros genéticos***

Na Tabela 2.18, são apresentados os parâmetros genéticos dos traços avaliados. Segundo Gerrano e colaboradores (2015), a compreensão da variabilidade genética do feijão-caupi é importante para projetar e acelerar programas convencionais de melhoramento; assim, estimar parâmetros genéticos no melhoramento de plantas permite-nos conhecer o potencial populacional de selecionar e desenhar estratégias que possam maximizar a obtenção de genótipos superiores (LOPES e colaboradores, 2017).

**Tabela 2.18** – Parâmetros genéticos para altura de plantas (ALT), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP), massa de vagem (MV), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de oito cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA, 2018.

Fator de Variação	Parâmetros Genéticos							
	ALT	NRL	NVP	MV	COMPV	NGV	M100G	PROD
VP	230,287	1,840	4,793	0,677	28,330	13,363	37,147	286942,540
VG	192,153	1,073	3,200	0,557	27,387	12,283	32,930	210983,743
VE	38,13	0,767	1,593	0,120	0,943	1,080	4,217	75958,797
CVP (%)	27,61	17,19	38,41	45,70	35,13	49,80	32,15	45,14
CVG (%)	25,22	13,13	31,38	41,45	34,54	47,75	30,27	38,71
CVE (%)	11,23	11,10	22,14	19,24	6,41	14,16	10,83	23,23
h <sup>2</sup> a (%)	83,44	58,33	66,76	82,27	96,67	91,92	88,65	73,53
GA	26,084	1,630	3,011	1,394	10,599	6,922	11,130	811,370
GAM	47,5	20,7	52,8	77,4	70,0	94,3	58,7	68,4
CVG/CVE	2,24	1,18	1,42	2,15	5,39	3,37	2,79	1,67

Variação fenotípica (VP), variação genotípica (VG), variação ambiental (VE), coeficiente de variação fenotípica (CVP), coeficiente de variação genotípica (CVG), coeficiente de variação ambiental (CVE), herdabilidade em sentido amplo (h<sup>2</sup>a), ganho genético (GA), ganho genético em porcentagem da média (GAM).

Conforme classificação de Sivasubramanian e Menon (1973), o coeficiente de variação fenotípica (CVP) e o de variação genotípica (CVG) foram considerados altos para todos os traços, exceto para o número de ramos laterais (NRL), que foi classificado como médio. Quando os valores de CVP e CVG observados são próximos um do outro, constitui-se condição ideal para que exista uma probabilidade de seleção mais eficiente, pois essa situação denota que o fator genético é o principal para determinação da característica, predominando sobre a influência ambiental.

Para o fator coeficiente de variação ambiental (CVE) entre as características avaliadas, apenas os traços produtividade de grãos (PROD) e número de vagens por grãos (NVG) apresentaram valores considerados altos; o traço comprimento de vagem (COMPV) foi considerado baixo, e os demais, considerados médios. Os resultados indicam valores de coeficiente de variação ambiental reduzidos, o que difere dos seus respectivos coeficientes de variação fenotípica (CVP) e genotípica (CVG), que apresentaram valores superiores.

Foi observado que, em todos os traços avaliados, o CVG foi maior que seu respectivo CVE; isso demonstra que a característica estudada possui influência maior do fator genético sobre o fator ambiental; assim, analisando-se o coeficiente  $b$  ( $CVG / CVE$ ), a variação observada foi de 1,18 para o traço número de ramos laterais (NRL) a 5,39 para a característica comprimento de vagem (COMPV). Dessa forma, como a variação genética sobressaiu em relação à ambiental, apresentando valores do coeficiente  $b$  maiores que 1, é recomendado o uso de seleção. Esses resultados foram similares aos do trabalho de Públio Júnior e colaboradores (2018), que observaram valores do coeficiente  $b$  variando de 1,06, para número de vagens por planta, a 3,67, para início da floração.

Alta estimativa de herdabilidade indica menor influência ambiental nos respectivos caracteres (SHARMA e colaboradores 2017). Segundo classificação proposta por Johnson e colaboradores (1955), a estimativa de herdabilidade foi

média para número de ramos laterais (NRL) e alta para todos os outros traços, com destaque para número de grãos por vagem (NGV) e comprimento de vagem (COMPV), que apresentaram valores acima de 90%. Tais resultados obtidos permitem inferir que a população estudada é altamente promissora para a seleção (LOPES e colaboradores 2017). Entretanto, as estimativas de herdabilidade analisadas individualmente não podem fornecer informações concretas sobre o ganho esperado na próxima geração; é necessário que sejam consideradas em associação com as estimativas de avanço genético (SHUKLA e colaboradores, 2006).

Segundo classificação de Johnson e colaboradores (1955), todas as características apresentaram valores altos para ganho genético da média (GAM), variando de 20,7%, observado na característica número de ramos laterais (NRL), até 94,3%, da característica número de grãos por vagem (NGV). Khan e colaboradores (2015), avaliando 196 genótipos de feijão-caupi na Índia, também observaram alta herdabilidade e alto ganho genético em porcentagem da média (GAM) para número de vagens por planta, número de sementes por vagem, comprimento de vagem, altura de planta e número de ramos por planta; para os autores, essas situações encontradas denotam que esses caracteres são governados por ação gênica aditiva e devem ir para a seleção direta para que tais traços melhorem futuramente.

Número de grãos por vagem (NGV) destacou-se em herdabilidade e ganho genético em porcentagem da média (GAM), apresentando mais de 90% em ambos; assim, diferiram dos dados de Khan e colaboradores (2015), que observaram valores de herdabilidade de 80,86% e GAM de apenas 30,72%.

Analisando individualmente os valores de produtividade de grãos (PROD), traço de maior interesse da cultura, foi observado que os valores de CVP, CVG e CVE foram altos. A relação de CVG / CVE foi de 1,67, indicativo do uso de seleção, similar ao resultado de Lopes e colaboradores (2017), que, avaliando

20 genótipos, observaram para esse traço relação de 1,85. A herdabilidade com 73,53% também foi considerada alta, assim como o ganho genético em porcentagem da média (GAM), que, com 68,4%, equivale a uma estimativa de ganho genético (GA) de 811,37 kg ha<sup>-1</sup> na próxima geração.

Na Tabela 2.19, são apresentados os resultados das correlações fenotípicas ( $r_P$ ), genotípicas ( $r_G$ ) e ambientais ( $r_E$ ) entre todos os traços avaliados. Observa-se que, no geral, os sinais nas respectivas correlações foram iguais e que as correlações genotípicas foram maiores que suas respectivas correlações fenotípicas e ambientais, similares às de outros trabalhos utilizando a mesma cultura (SILVA e NEVES, 2011; CORREA e colaboradores, 2012; PÚBLIO JÚNIOR e colaboradores, 2018). Traços que apresentem alta magnitude de correlação (fenotípica e genotípica) podem ser considerados nas estratégias para melhoramento utilizando seleção indireta, enquanto características que possuem baixa magnitude de correlação (fenotípica e genotípica) podem ser consideradas em estratégias de melhoramento por seleção direta (CRUZ e colaboradores, 2012).

**Tabela 2.19** – Correlações fenotípicas ( $r_P$ ), correlações genotípicas ( $r_G$ ) e correlações ambientais ( $r_E$ ) de altura de plantas (ALT), número de ramos laterais (NRL), número de vagens por planta (NVP), massa de vagens (MV), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de oito cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA, 2018.

		NRL	NVP	MV	COMPV	NGV	M100G	PROD
ALT	$r_P$	-0,29**	0,78**	-0,04	-0,10	-0,19	-0,18	0,47**
	$r_G$	-0,46**	0,99**	-0,08	-0,12	-0,22*	-0,22*	0,58**
	$r_E$	-0,09	0,07	0,01	-0,09	0,07	-0,06	0,08
NBL	$r_P$		-0,37**	0,46**	-0,08	0,03	0,59**	0,06
	$r_G$		-0,67**	0,61**	-0,13	0,07	0,76**	-0,08
	$r_E$		0,15	0,03	-0,15	0,01	-0,01	0,02
NVP	$r_P$			-0,19	-0,19	-0,22*	-0,29**	0,49**
	$r_G$			-0,27**	-0,25*	-0,20	-0,37**	0,40**
	$r_E$			-0,40**	-0,36**	-0,35**	-0,03	0,68**
MV	$r_P$				0,81**	0,75**	0,10	0,72**
	$r_G$				0,85**	0,78**	0,07	0,75**
	$r_E$				0,59**	0,64**	0,49**	0,24*
COMV	$r_P$					0,86**	-0,23*	0,63**
	$r_G$					0,90**	-0,22*	0,74**
	$r_E$					0,56**	0,18	0,06
NGV	$r_P$						-0,51**	0,60**
	$r_G$						-0,52**	0,75**
	$r_E$						-0,16	0,14
M100G	$r_P$							-0,23*
	$r_G$							-0,38**
	$r_E$							0,37**

\*, \*\* Significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste t.

Considerando as correlações genotípicas ( $r_G$ ) para produtividade de grãos (PROD), foi observada, segundo classificação de Shimakura e Ribeiro Júnior (2012), correlação positiva forte com massa de vagem (MV) ( $r_G = 0,75^{**}$ ), comprimento de vagem (COMPV) ( $r_G = 0,74^{**}$ ) e número de grãos por vagem (NGV) ( $r_G = 0,74^{**}$ ). Todas essas correlações genotípicas foram mais fortes que suas respectivas correlações fenotípicas, o que demonstra a importância do fator genético. Nessas citadas correlações, apenas para massa de vagem (MV), a correlação ambiental foi significativa ( $r_E = 0,24^*$ ), entretanto apresentou fraca magnitude. Com isso, os resultados indicam que as cultivares que apresentam plantas com elevada massa de grão e comprimento de vagem e que tenham grande número de grãos por vagem possuem uma tendência de serem mais produtivas; desse modo, esses traços podem ser utilizados como seleção indireta para aumento de produtividade de grãos.

Produtividade de grãos também apresentou correlação moderada positiva para altura de plantas (ALT) ( $r_P = 0,47^{**}$  e  $r_G = 0,58^{**}$ ), o que indica que também a altura maior influencia positivamente na produtividade. Para massa de cem grãos (M100G), foi observada correlação fraca negativa ( $r_P = -0,23^*$  e  $r_G = -0,38^{**}$ ), isso significa que, mesmo com baixa magnitude, os genótipos que formam grãos mais pesados são menos produtivos, no entanto a correlação ambiental para esse traço apresentou sinal inverso ( $r_E = 0,37^{**}$ ), demonstrando de que os fatores ambientais influenciaram positivamente no aumento de ambos os traços. Os sinais diferentes das variações genotípicas e ambientais sugerem que os traços são governados por diferentes mecanismos fisiológicos. Para número de ramos laterais, não foi observado nenhum tipo de correlação com produtividade de grãos.

Santos e colaboradores (2012) concluíram que a característica número de vagens por planta exerceu maior influência sobre a produtividade de grãos ( $r_P = 0,48^*$ ,  $r_G = 0,69^{**}$  e  $r_E = 0,13$ ); no presente estudo, o número de vagens por planta

apresentou correlação moderada para produtividade de grãos ( $rP= 0,48^{**}$ ,  $rG= 0,40^{**}$  e  $rE =0,68^{**}$ ), com destaque para a correlação ambiental, que foi maior, resultado que indica que essas características são mais influenciadas pelas condições ambientais.

Outras correlações que se destacaram e demonstraram forte magnitude para correlação fenotípica e muito forte para correlação genotípica foram altura de plantas com número de vagens por planta ( $rP= 0,78^{**}$  e  $rG= 0,99^{**}$ ), sugerindo que a altura está intimamente ligada ao número de vagens, e comprimento de vagem e número de grãos por vagem ( $rP= 0,86^{**}$  e  $rG= 0,90^{**}$ ), indicando que vagens mais compridas geram mais grãos; vale ressaltar que esses traços também foram correlacionados ambientalmente ( $rE= 0,56^{**}$ ) e apresentaram um valor moderado, tendo assim também sua influência por fatores ambientais. Comprimento de vagem também apresentou correlações significativas com massa de vagem ( $rP= 0,81^{**}$ ,  $rG= 0,85^{**}$  e  $rE= 0,59^{**}$ ): forte para a correlação fenotípica e genotípica e moderada para ambiental.

Número de ramos laterais demonstrou forte correlação genotípica com massa de cem grãos ( $rG= 0,76^{**}$ ). As demais correlações observadas, apesar de muitas serem significativas, foram classificadas como moderada, fraca ou muito fraca e, portanto, sem grande interesse prático.

## 2.5 CONCLUSÕES

Nas condições em vasos sob ambiente protegido, conclui-se que:

- ✓ A cultivar BRS Pujante apresenta valores superiores para número, massa e comprimento de vagem, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos.
- ✓ O aumento da irrigação influencia positivamente na altura de plantas, diâmetro de caule, número de ramos laterais, número de vagens por planta e produtividade de grãos, sendo 100% da capacidade de vaso a porcentagem mais promissora.
- ✓ BRS Pujante destaca-se nos índices de tolerância à seca, sendo considerada pouco susceptível, tolerante e bem produtiva em condições de estresse hídrico.
- ✓ Os parâmetros genéticos indicam haver ampla variabilidade genética, com características apresentando alta herdabilidade e alto ganho genético, e a massa, o comprimento de vagem e o número de grãos por vagem podem ser utilizados na seleção indireta para aumento de produtividade de grãos, devido à fácil mensuração e à alta correlação apresentada.

## **CAPÍTULO 3**

### **PARÂMETROS GENÉTICOS EM CULTIVARES DE FEIJÃO- CAUPI SOB NÍVEIS DE SALINIDADE CULTIVADOS EM VASOS SOB AMBIENTE PROTEGIDO**

### 3.1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é muito cultivado no semiárido Brasileiro, onde as condições edafoclimáticas e da água são muito favoráveis à ocorrência de salinização do solo e/ou água de irrigação, por isso fatores abióticos como seca e salinidade são as principais formas de estresse para as plantas (AQUINO e colaboradores, 2017).

A irrigação tem grande contribuição no aumento da produção de alimentos, entretanto essa prática deve ser utilizada de forma racional, principalmente nas condições climáticas do Nordeste brasileiro, com altas temperaturas, baixa pluviosidade e elevados teores de sais nas águas de irrigação, que, com isso, vem causando problemas de salinização nos solos (FURTADO e colaboradores, 2014). Entretanto, devido à escassez de recursos hídricos nessas regiões, o uso de água salina torna-se a única opção para que os agricultores continuem com suas atividades produtivas, para suas fontes de renda (CAVALCANTE, L. F. e colaboradores, 2010).

As regiões áridas e semiáridas são locais susceptíveis à salinização do solo, o que resulta conseqüentemente em prejuízos à agricultura (LEITE, J. V. Q. e colaboradores, 2017). Assim, estima-se que 20% das terras cultivadas e 50% das terras irrigadas no mundo estejam afetadas pela salinidade (QADIR e colaboradores, 2008). A agricultura irrigada enfrenta sérios problemas em todo o mundo devido à escassez de recursos hídricos adequados, especialmente nessas regiões áridas e semiáridas (ASSOULINE e colaboradores, 2015).

O uso de água salina a partir do limiar de sal suportado pelas plantas compromete a capacidade produtiva das culturas e constitui sério problema ao sistema de produção, alterando os atributos físicos e químicos do solo nos processos metabólicos e fisiológicos, nutricionais, crescimento e produção das plantas (ZHANG e colaboradores, 2013; TAÏBI e colaboradores, 2016).

Segundo Andrade e colaboradores (2018), a intensidade do estresse causado pela salinidade da água nas culturas irá depender, principalmente, do nível de tolerância da espécie ou genótipo utilizado. A salinidade é um dos principais estresses abióticos que afetam seriamente a produção de feijão-caupi; devido a isso, o desenvolvimento de novas cultivares tolerantes à salinidade é um fator importante para enfrentar o seu efeito prejudicial à cultura (BASHANDY e EL-SHAIENY, 2016).

De acordo com Brito e colaboradores (2015a), pela importância econômica dessa cultura e dos problemas causados a ela pela salinidade, fazem-se necessários estudos que permitam conhecer formas de minimizar esses efeitos, como o uso de genótipos tolerantes à salinidade, sem prejuízo de redução em seu desenvolvimento e produtividade.

A variabilidade genética presente em qualquer espécie é fator limitante para se obter sucesso na seleção de genótipos; assim, trabalhos como o de Almeida e colaboradores (2011), que identificaram genótipos de feijão-caupi suscetíveis e tolerantes à salinidade na água de irrigação, comprovam a existência de variabilidade genética nessa cultura; isso possibilita a seleção de genótipos mais adaptados, o que é extremamente importante.

Pela importância que a salinização da água e do solo exerce sobre as plantas, foi objetivo deste trabalho analisar o desempenho agrônomico e estimativas de parâmetros genéticos de cultivares de feijão-caupi sob níveis de salinidade cultivados em vasos sob ambiente protegido.

## 3.2 REFERENCIAL TEÓRICO

### *3.2.1 Salinização do solo e estresse salino no feijão-caupi*

A irrigação é uma das tecnologias aplicadas na agricultura que mais tem contribuído para o aumento na produção de alimentos. No entanto, o uso inadequado dessa técnica vem causando problemas de degradação de solos, sendo a salinização um dos principais problemas encontrados atualmente nas áreas irrigadas, notadamente nas regiões áridas e semiáridas (MURTAZA e colaboradores, 2006).

A crescente necessidade de se aumentar a produção de alimentos tem aumentado significativamente a expansão das áreas cultivadas, porém essa busca não leva em conta apenas a expansão das áreas agrícolas, mas também o uso de águas consideradas de qualidade inferior, bem como a reutilização de água de drenagem com elevados teores de sais e a utilização de espécies, ou mesmo genótipos, com elevada rentabilidade quando irrigadas com esses tipos de água (ANDRADE e colaboradores, 2013).

As alternativas para minimizar esse problema do uso de água salina na irrigação consistem na utilização de espécies ou cultivares mais tolerantes, na utilização dessas fontes de água nos estádios de maior tolerância das culturas, na mistura de água de diferentes qualidades, no uso cíclico de fontes de água com diferentes concentrações salinas, além de diversas práticas de manejo do sistema solo-planta (MALASH e colaboradores, 2005; MURTAZA e colaboradores, 2006; CHAUHAN e SINGH, 2008).

Para medição da salinidade do solo e da água de irrigação, utiliza-se a sua respectiva condutividade elétrica, já que a água normal é muito pobre em conduzir energia; assim, quanto maior a concentração salina, maior a condutividade elétrica no extrato de saturação do solo (PAIVA, 2014). Segundo Maas (1986), o feijão-

caupi possui um limiar de saturação por volta de  $4,9 \text{ dS m}^{-1}$ , todavia, para Ayers e Westcot (1999), tolera condutividade elétrica até  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$ , o que indica que esse limiar varia de acordo com a cultivar de feijão-caupi (DANTAS e colaboradores, 2002).

A irrigação manejada de maneira incorreta aumenta a salinidade do solo, e a salinização de terras cultiváveis é um problema crescente em todo o mundo; embora plantas halófitas (plantas que completam seus ciclos de vida em ambientes salinos) sejam adaptadas a ambientes com alto teor de sal, estes ambientes são deletérios para outras espécies vegetais, glicófitas (plantas incapazes de resistir aos sais no mesmo teor que as halófitas), que incluem a maioria das espécies cultivadas (TAIZ e colaboradores, 2017).

Os sais podem prejudicar o crescimento das plantas fisicamente, limitando a retirada de água por meio da modificação de processos osmóticos, ou quimicamente, por reações metabólicas, tais como as causadas por constituintes tóxicos; dessa forma, os efeitos dos sais nos solos, causando variações na estrutura, permeabilidade e aeração do solo, afetam indiretamente o crescimento das plantas (SILVA, I. N. e colaboradores, 2011).

O componente osmótico resulta das elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do solo, os quais reduzem o potencial osmótico dessa solução e diminuem, conseqüentemente, a disponibilidade da água para a planta. Assim sendo, faz-se necessário um ajuste osmótico na célula vegetal para assegurar a manutenção do turgor e a entrada de água para o crescimento celular. Essa situação requer o aumento da concentração de osmólitos no citosol, seja pela absorção de solutos, seja pela síntese de compostos orgânicos compatíveis com o metabolismo celular (WILLADINO e CAMARA, 2010).

A salinização é um dos fenômenos crescentes em todo o mundo, principalmente em regiões áridas e semiáridas, decorrente das condições climáticas e da agricultura irrigada (LIMA JÚNIOR e SILVA, 2010). Os efeitos

negativos da salinidade estão diretamente relacionados ao crescimento e rendimento das plantas e, em casos extremos, resultam na perda total da cultura. Pode prejudicar a própria estrutura do solo, proveniente de águas dotadas de elevados teores de sódio, provocar a dispersão das frações de argila e, conseqüentemente, diminuir a permeabilidade do solo (DIAS e BLANCO, 2010).

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando cultivares de feijão-caupi semeadas em vasos sob ambiente protegido, coberto por polietileno e com tela preta de 50% de sombreamento nas laterais, situado na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista – BA, em uma altitude média de 886 metros e coordenadas geográficas 14°53'03'' de latitude Sul e 40° 47'58'' de longitude Oeste.

Para enchimento dos vasos, foi utilizado solo coletado em uma camada de 0-20 cm de profundidade na mesma área experimental, apresentando as seguintes características físico-químicas (Tabela 3.1):

**Tabela 3.1** – Análise físico-química do solo utilizado no experimento em vasos com diferentes níveis de salinidade sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Análise Física do solo													
FAT (%)		Composição granulométrica (tfsa g kg <sup>-1</sup> )					Classe textural						
Terra fina		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila								
100		670	100	70	160	Franco Argilo Arenosa							
Análise Química do solo													
pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	Na	SB	t	T	V	m	MO
(H <sub>2</sub> O)	mg dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----									%	g dm <sup>-3</sup>	
5,4	40	0,30	2,9	0,9	0,1	2,4	0,43	4,5	4,6	7,0	64	2	13

Extratores: P, K e Na (Mehlich-1); Ca, Mg e Al (KCl 1N); H (CaCl<sub>2</sub> 0,01M e SMP).

FAT: Frações da amostra total; SB: Soma das bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: Saturação de bases; m: Saturação por alumínio; MO: Matéria orgânica.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados, em esquema fatorial 8 x 4, com quatro repetições, totalizando 32 tratamentos e 128 parcelas. Os tratamentos consistiram em oito cultivares de feijão-caupi de diferentes portes. A cultivar BRS Itaim possui porte ereto; as cultivares BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque e BRS Rouxinol, porte semiereto; e as cultivares BRS Xiquexique, BRS Pujante e BRS Pajeú, porte semiprostrado; submetidas a quatro níveis de salinidade da água de irrigação (00; 1,5; 3,0 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>) (Figura 3.1).

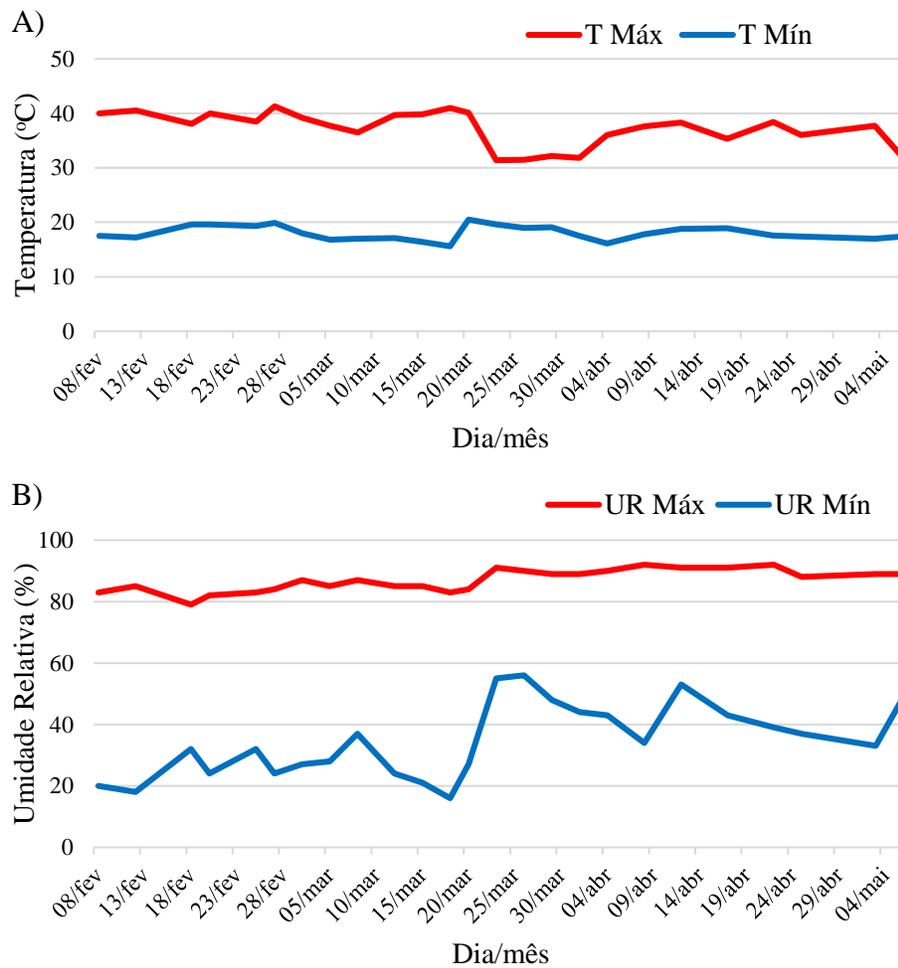


**Figura 3.1** – Distribuição dos vasos no ambiente protegido (A) e plantas em estágio vegetativo (B). Vitória da Conquista – BA, 2019. (FONTE: GUIMARÃES, D. G., 2019).

Cada parcela foi constituída de um vaso de polietileno com capacidade de 20 litros, com quatro furos no fundo para escoamento da água e preenchido com 12,2 litros de solo. De acordo com a recomendação da cultura, não foi necessária a realização de calagem, e, para adubação de plantio, foi utilizado o equivalente a 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (4,37 mg dm<sup>-3</sup> de P), na forma de superfosfato simples, e 20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (8,33 mg dm<sup>-3</sup> de K), na forma de cloreto de potássio; e, para adubação de cobertura, aos 15 dias após a emergência das plantas, 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (15 mg dm<sup>-3</sup>), na forma de ureia, conforme recomendação da cultura de feijão-caupi, baseada pela análise de solo (MELO e CARDOSO, 2017).

A semeadura foi efetuada em 08 de fevereiro de 2019, utilizando-se quatro sementes por vaso, e, quando as plântulas apresentaram dois pares de

folhas definitivas, foi realizado o desbaste, deixando duas plantas mais vigorosas em cada vaso. A colheita foi realizada em 06 maio de 2019, com 87 dias após a semeadura (DAS). Durante esse período, a temperatura e umidade relativa máxima e mínima no ambiente protegido oscilaram, conforme se observa na Figura 3.2.



**Figura 3.2** – Temperatura (A) e umidades relativa (B) máxima e mínima no ambiente protegido durante condução do experimento em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Durante quinze dias após a emergência, com o intuito de todas as sementes germinarem de maneira uniforme, todos os tratamentos foram irrigados com água isenta de salinidade e, após esse período, seguiram suas respectivas irrigações com salinidades pré-estabelecidas.

As soluções para irrigação foram preparadas a partir da adição de cloreto de sódio (NaCl) em água, sendo a concentração deste sal variada de acordo com os tratamentos. A concentração do sal foi determinada levando-se em consideração a Condutividade Elétrica da Água ( $CE_a$ ), expressa em  $dS\ m^{-1}$ , para cada tratamento, utilizando-se a equação  $mg\ L^{-1} = CE_a \times 640$ , em que  $CE_a$  representa o valor desejado. Após o preparo das soluções, os valores da condutividade elétrica da água foram confirmados utilizando-se o condutivímetro digital portátil, modelo CD-880. As irrigações foram realizadas a cada dois dias até se obter o nível de capacidade de vaso, por meio da pesagem e da reposição da água consumida, conforme metodologia de Casaroli e Van Lier (2008). Sempre que necessário, foram realizadas capinas manuais com o intuito de eliminar as plantas daninhas.

### ***3.3.1 Avaliações morfofisiológicas e produtivas***

No dia 8 de setembro de 2019, com 55 DAS, as plantas de feijão-caupi estavam finalizando o último estágio fenológico vegetativo ( $V_9$ ), e, um pouco antes de começar a primeira fase reprodutiva ( $R_1$ ), em que surgem os primórdios do botão floral no ramo principal (CAMPOS e colaboradores, 2000), foram realizadas as seguintes avaliações:

- a) Altura de plantas – Mensurada utilizando-se fita métrica do colo da planta até a última folha, expressa em cm.
- b) Diâmetro do caule – Mensurado no colo da planta, a 5 cm de altura em relação ao nível do solo, utilizando-se paquímetro graduado, expresso em mm.

- c) Número de ramos laterais – Realizado pela contagem de todos os ramos laterais de cada planta.
- d) Número de folhas por planta – Realizado a partir da contagem de todas as folhas de cada planta.
- e) Índices de clorofila Falker (ICF) *a*, *b* e Total – Determinados utilizando-se três folhas do terço médio de cada planta, por meio de um ClorofiLOG modelo CFL1030 da Falker, expressos em ICF.

Em 06 de maio de 2019, com 87 DAS, foi realizada a colheita e as seguintes avaliações:

- a) Número de vagens por planta – Obtendo-se a média pela contagem do número de vagens das plantas de cada parcela.
- b) Comprimento de vagem – Com o auxílio de uma fita métrica, fez-se a medição das vagens das plantas, e, assim obteve-se a média.
- c) Número de grãos por vagem – Determinado pela relação do número total de grãos das vagens pelo número total de vagens.
- d) Índice de grãos – Relação entre a massa dos grãos pela massa total das vagens, expresso em porcentagem.
- e) Massa de 100 grãos – Todos os grãos da parcela foram pesados, e, em seguida, obteve proporcionalmente a massa de cem grãos, expressa em g.
- f) Produtividade de grãos – Estimada a partir da produção de grãos de cada parcela, considerando-se um estande de 160 mil plantas por hectare, corrigida por 13% de umidade e transformada para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Foram realizados testes de normalidade (Lilliefors) e homogeneidade das variâncias (Cochran), e, em seguida, foi realizada a análise de variância e teste “F”. Para as características que apresentaram diferença significativa para níveis de irrigação, foi realizada a análise de regressão, e as que apresentaram diferença para cultivares foram submetidas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

### 3.3.2 Avaliações de índices de estresse salino

Foi utilizada como referência a produtividade de grãos em situações sem estresse salino (água de irrigação com 0,0 dS m<sup>-1</sup>) e com estresse salino, considerando-se os níveis de salinidade da água de irrigação com condutividade elétrica de 1,5 dS m<sup>-1</sup>, 3,0 dS m<sup>-1</sup> e 4,5 dS m<sup>-1</sup>, como estresse salino leve, moderado e severo, respectivamente. Foram avaliados os seguintes índices de estresse:

a) Tolerância ao estresse (TOL):  $TOL = PCNE - PCE$

(ROSIELLE e HAMBLIN, 1981).

b) Índice de susceptibilidade (IS):  $IS (\%) = \frac{1 - \left(\frac{PCE}{PCNE}\right)}{1 - \left(\frac{PMCE}{PMCNE}\right)} \times 100$

(FISCHER e MAURER, 1978).

c) Índice de estabilidade de produtividade (IEP):  $IEP (\%) = \frac{PCE}{PCNE} \times 100$

(BOUSLAMA e SCHAPAUGH, 1984).

d) Produtividade média (PM):  $PM = \frac{PCNE + PCE}{2}$

(ROSIELLE e HAMBLIN, 1981).

e) Índice de produtividade (IP):  $IP (\%) = \frac{PCE}{PMCE} \times 100$

(GAVUZZI e colaboradores, 1997).

f) Redução de produtividade (RP):  $RP (\%) = \frac{PCNE - PCE}{PCNE} \times 100$

(AMARAL e colaboradores, 2015).

PCNE = Produtividade da cultivar em condição não-estressante.

PCE = Produtividade da cultivar em condições estressante.

PMCE = Produtividade média de todas as cultivares em condição estressante.

PMCNE = Produtividade média de todas as cultivares em condição não-estressante.

g) Classificação de tolerância à seca: Realizada de acordo com a redução de produtividade das cultivares em seus respectivos estresses hídricos: Tolerante (T)

= Redução de 0% a 20%; Moderadamente Tolerante (MP) = 20% a 40%; Moderadamente Sensível (MS) = 40% a 60%; e Sensível (S) = acima de 60% (AMARAL e colaboradores, 2015).

Para auxiliar na interpretação dos resultados, os índices foram submetidos ao testes “F” e Tukey a 5% de probabilidade para diferentes cultivares e diferentes níveis de estresse salino, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

### ***3.3.3 Avaliações de estimativas de parâmetros genéticos***

Os traços que apresentaram diferença significativa entre as diferentes cultivares foram submetidos à avaliação de parâmetros genéticos, e seus estimadores foram analisados, utilizando-se as seguintes expressões (CRUZ e colaboradores, 2012).

a) Variância Fenotípica:  $VP = QMG / r$

b) Variância Genotípica:  $VG = (QMG - QMR) / r$

c) Variância Ambiental:  $VE = QMR / r$

d) Herdabilidade em sentido amplo:  $h^2a = (VG / VP) \times 100$

As  $h^2a$  foram classificadas como: Baixa = 0% a 30%; Média = 31% a 60%; e Alta = acima de 60% (JOHNSON e colaboradores, 1955).

e) Coeficiente de Variação Fenotípica:  $CVP = (\sqrt{VP} / \bar{X}) \times 100$

f) Coeficiente de variação Genotípica:  $CVG = (\sqrt{VG} / \bar{X}) \times 100$

g) Coeficiente de Variação Ambiental:  $CVE = (\sqrt{VE} / \bar{X}) \times 100$

CVP, CVG e CVE foram classificados como: Baixo = menor que 10%; Médio = 10% a 20%; e Alto = mais que 20% (SIVASUBRAMANIAN e MENON, 1973).

h) Coeficiente de Variação Relativo (Coeficiente “b”) =  $CVG / CVE$ ,

i) Ganho genético:  $GA = i \Delta p h^2$

$i$  = Intensidade de Seleção (5%) = 2,06 (Constante);

$\Delta p$  = Desvio Padrão da Variância Fenotípica:  $\sqrt{VP}$ ;

$h^2$  = Herdabilidade.

j) Ganho Genético em Porcentagem da Média:  $GAM = [(GA / \bar{X}) \times 100]$

Tem-se o ganho genético assumindo intensidade de seleção de 5% em um ciclo de avaliação.

O GAM foi classificado como: Baixo = menos de 10%; Médio = 10% a 20%; e Alto = mais que 20% (JOHNSON e colaboradores, 1955).

Para estimar as correlações, foram utilizadas as expressões citadas por Falconer (1987) e Ramalho e colaboradores (1993):

a) Correlação fenotípica ( $rP$ )

$$rP(xy) = \frac{COV_{P(XY)}}{\sqrt{\sigma^2PX \cdot \sigma^2PY}}$$

b) Correlação genotípica ( $rG$ )

$$rG(xy) = \frac{COV_{G(XY)}}{\sqrt{\sigma^2GX \cdot \sigma^2GY}}$$

c) Correlação ambiental ( $rE$ )

$$rE = \frac{COV_{E(XY)}}{\sqrt{\sigma^2EX \cdot \sigma^2EY}}$$

Em que:  $r_{xy}$  = correlação entre os caracteres X e Y;  $COV_{(XY)}$  = covariância entre os dois caracteres X e Y; e  $\sigma^2X$  e  $\sigma^2Y$  = variância dos caracteres X e Y, respectivamente.

As  $rP$ ,  $rG$  e  $rE$  foram classificadas como: Muito Fraca = 0,00 a 0,19; Fraca = 0,20 a 0,39; Moderada = 0,40 a 0,69; Forte = 0,70 a 0,89; e Muito Forte = 0,90 a 1,00 (SHIMAKURA e RIBEIRO JÚNIOR, 2012).

Para o cálculo das correlações, foi utilizado o software Genes (CRUZ, 2013), e, para verificar o nível de significância das correlações, utilizou-se o teste “t” a 1% e 5% de probabilidade.

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### *3.4.1 Características morfofisiológicas e produtivas*

Ao final do estágio fenológico vegetativo V<sub>9</sub>, foram realizadas as primeiras avaliações. Constata-se que as características altura de plantas e diâmetro de caule apresentaram diferença significativa para cultivares e salinidade; e as características número de ramos laterais e número de folhas apresentaram diferença apenas para níveis de salinidade. Com relação aos índices de clorofila Falker *a* (ICF *a*), *b* (ICF *b*) e Total (ICF T), todos apresentaram diferença significativa para salinidade, entretanto apenas as características ICF *b* e ICF T também apresentaram diferença para cultivares (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2** – Análise de variância de altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIÂ), número de ramos laterais (NRL), número de folhas (NF), índice de clorofila Falker *a* (ICF *a*), índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e índice de clorofila Falker Total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						
		ALT	DIÂ	NRL	NF	ICF <i>a</i>	ICF <i>b</i>	ICF T
Cultivares (C)	7	182,87*	1,81*	3,18	9,78	9,51	55,69*	114,81*
Salinidade (S)	3	876,11*	4,11*	25,15*	185,69*	41,88*	80,48*	181,50*
C x S	21	23,65	0,42	1,56	6,40	4,83	14,28	38,73
Blocos	3	161,47*	2,53*	2,09	11,34	16,65	83,55*	153,62*
Resíduo	93	30,86	0,42	1,52	6,39	7,10	22,55	48,83
C.V. (%)		10,01	9,83	17,85	24,35	6,50	19,48	10,66

\*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 3.3 que a cultivar BRS Novaera, com altura de 48,38 cm, foi igual às cultivares BRS Itaim e BRS Xiquexique e inferior às demais. Com média geral entre as oito cultivares de 55,48 cm, as alturas variaram de 48,38 cm (BRS Novaera) até 57,75 cm (BRS Guariba). Os valores médios foram superiores aos observados por Machado e colaboradores (2008), que, avaliando 22 genótipos de feijão-caupi, constataram média geral de altura de plantas de 37,2 cm, oscilando de 24,2 cm até 58,8 cm. Para diâmetro de caule, as cultivares BRS Itaim (6,99 mm), BRS Rouxinol (6,99 mm) e BRS Pajeú (6,77 mm) foram significativamente superiores à cultivar BRS Guariba (6,02 mm).

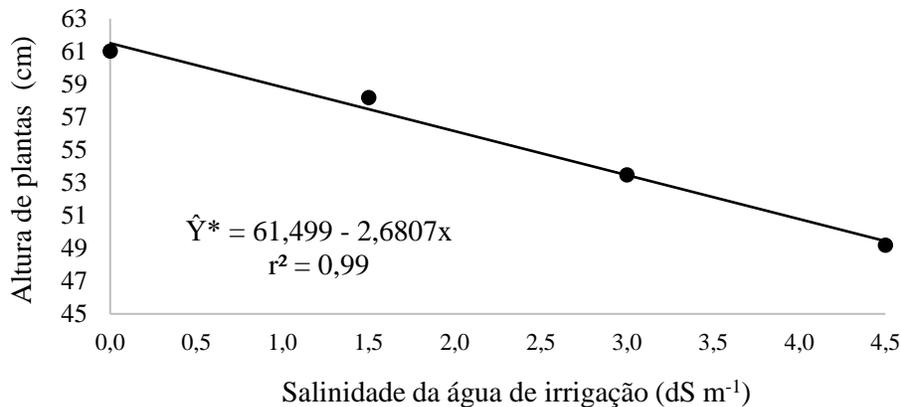
**Tabela 3.3** – Altura de plantas e diâmetro de caule de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Cultivares	Altura de plantas (cm)	Diâmetro de caule (mm)
BRS Novaera	48,38 b	6,49 ab
BRS Guariba	57,75 a	6,02 b
BRS Tumucumaque	58,94 a	6,67 ab
BRS Itaim	53,94 ab	6,99 a
BRS Xiquexique	54,12 ab	6,36 ab
BRS Pujante	57,50 a	6,37 ab
BRS Pajeú	57,50 a	6,77 a
BRS Rouxinol	55,69 a	6,99 a
Média geral	55,48	6,58
DMS	6,09	0,71

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Na Figura 3.3, é apresentada a altura de plantas de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> submetidas a diferentes níveis de salinidade, e se observa uma redução linear decrescente da altura das plantas com o aumento de salinidade. Com as plantas irrigadas com água sem salinidade, a

altura média foi de 61,5 cm, a qual regrediu para 49,4 cm com salinidade máxima (4,5 dS m<sup>-1</sup>), redução de 19,7%.



\*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

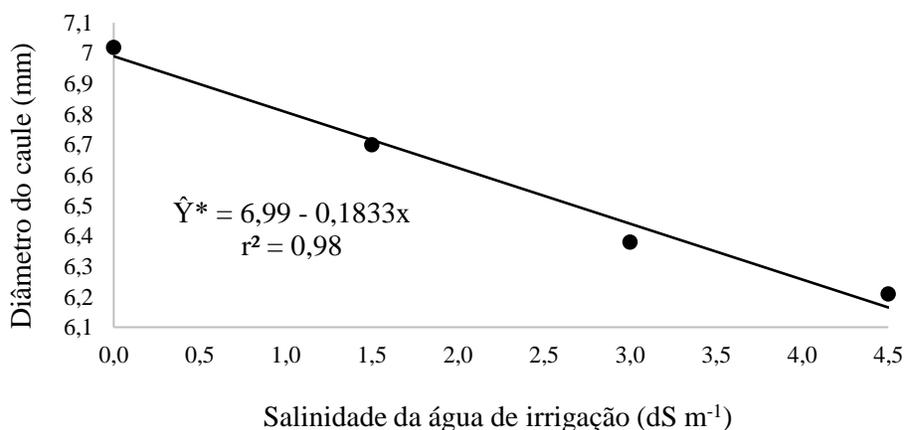
**Figura 3.3** – Altura de plantas de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Os resultados foram similares aos observados por Brito e colaboradores (2015b), que, estudando cinco diferentes genótipos de feijão-caupi, observaram reduções de altura de plantas entre os genótipos, mínimas de 15,51% e máximas de 25,75%, com 4,8 dS m<sup>-1</sup>. Bashandy e El-Shaieny (2016) observaram que as plantas de feijão-caupi com uso de água salina a 4.800 ppm (9,6 dSm<sup>-1</sup>) também apresentaram redução significativa em sua altura, comparadas com as plantas sob irrigação com água normal, com reduções entre os genótipos de 11,06% até 22,51%.

Andrade e colaboradores (2019), avaliando feijão-caupi, e Tesfaye e colaboradores (2014), em trabalho com lentilha em casa de vegetação, também descrevem que o aumento do nível de salinidade por NaCl diminuiu a altura das plantas. A salinidade da água de irrigação causa redução do potencial osmótico do solo e gera um aumento das forças de retenção, que diminui a absorção de água

pela planta e a turgescência celular; isso, conseqüentemente, afeta as taxas de alongamento e a divisão celular e, assim, causa a redução no crescimento de plantas (SANTOS e colaboradores, 2016; ARAÚJO e colaboradores, 2017).

Para a característica diâmetro de caule, observa-se na Figura 3.4 que também houve redução linear com o aumento de salinidade, o que indica que a adição de NaCl na água de irrigação causa a diminuição dessa característica.



\*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

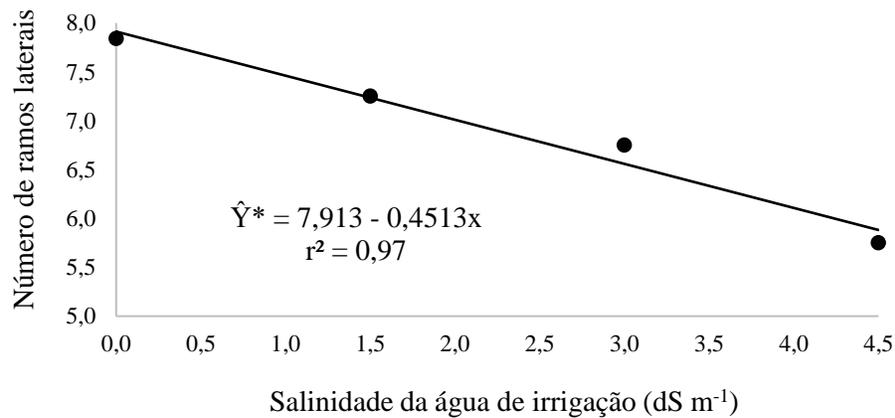
**Figura 3.4** – Diâmetro do caule de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.

O diâmetro de caule, dentre as características morfológicas avaliadas antes da colheita, foi o que sofreu menor redução entre a salinidade mínima e a máxima, variando apenas 0,83 mm (6,99 a 6,16 mm), o equivalente a 11,87%; resultados de redução total similares aos observados por Prazeres e colaboradores (2015), que, em casa de vegetação, constataram que as plantas de feijão-caupi apresentaram redução de caule a partir da salinidade de 1,55 dS m<sup>-1</sup> e a redução máxima entre extremos (0,8 a 5 dS m<sup>-1</sup>) foi de 10,33%.

Redução mais acentuada foi observada por Andrade e colaboradores (2019); estes, avaliando o crescimento inicial de genótipos de feijão-caupi em casa

de vegetação, constataram que, com apenas 20 dias após a emergência, a diminuição do caule foi de 21,46%, de 0,6 a 5,1 dS m<sup>-1</sup>.

Observa-se na Figura 3.5 que o número de ramos laterais foi outra característica que reduziu linearmente com o aumento de salinidade na água de irrigação; na ausência de salinidade, as plantas apresentaram em média 7,9 ramos laterais, e, com o maior nível de salinidade estudado (4,5 dS m<sup>-1</sup>), houve redução para 5,9 ramos por planta, uma diminuição de 25,82%.



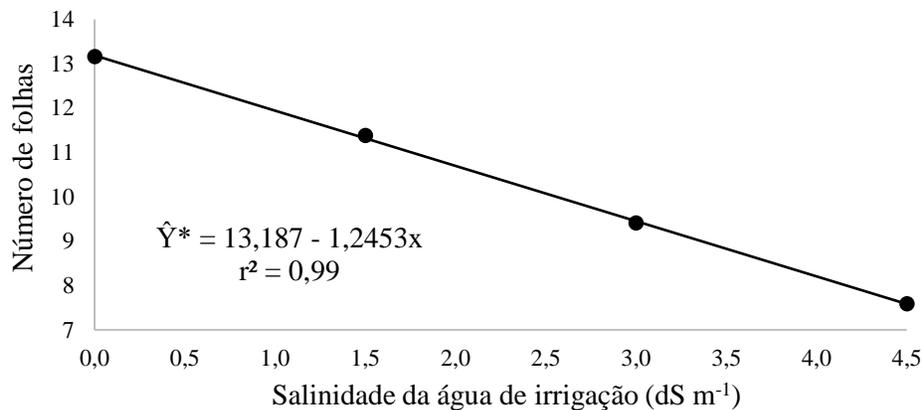
\*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

**Figura 3.5** – Número de ramos laterais de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Aquino e colaboradores (2017), estudando número de ramos laterais em cultivares de feijão-caupi, observaram reduções de 14,9% e 17,3% ramos laterais a menos aos 25 e 35 dias após a semeadura, respectivamente, quando as concentrações foram de 0,55 a 6,4 dS m<sup>-1</sup>; segundo os autores, essa redução significativa de biomassa, incluindo folhas, em resposta ao aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, pode impactar negativamente no potencial produtivo da planta.

As reduções de parâmetros de crescimento das plantas, como as observadas, são resultados, segundo Dias e Blanco (2010), dos efeitos indiretos causados pela salinidade, como dificuldade de absorção da água, toxicidade de íons específicos e interferência nos processos fisiológicos das plantas, assim como íons decorrentes do acúmulo excessivo de sais da água que são fixados nos estratos superficiais do solo, sob baixa lixiviação.

Entre as características avaliadas ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub>, o número de folhas por planta foi a que apresentou proporcionalmente maior decréscimo com o aumento da salinidade. Com a água isenta de salinidade, as plantas apresentaram 13,19 folhas, e, com o máximo de salinidade estudado (4,5 dS m<sup>-1</sup>), foram observadas apenas 5,58 folhas, uma diminuição de 42,53% (Figura 3.6).



\*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

**Figura 3.6** – Número de folhas por planta de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Corroborando os resultados, Sousa e colaboradores (2014) observaram redução no número de folhas de 53,95% com salinidade de 4,5 dS m<sup>-1</sup>, e essa redução alcançou 75,82% quando a condutividade elétrica da água alcançou 6 dS m<sup>-1</sup>; e Andrade e colaboradores (2013) observaram redução no número de folhas

de 41,95% em plantas com 35 dias após a semeadura e submetidas a salinidade de 5,1 dS m<sup>-1</sup>. Xavier e colaboradores (2014), avaliando a área foliar, que é uma característica relacionada, observaram redução de 33,72% na área foliar com salinidade de 4,5 dS m<sup>-1</sup>.

Os resultados indicam que as folhas das plantas são muito sensíveis à salinidade, sofrendo considerável redução quando submetidas a esse estresse. De acordo com Nunes e colaboradores (2012), a inibição decorrente do estresse salino é mais prejudicial quando resulta em menor expansão foliar, o que gera reflexos negativos na taxa de fotossíntese líquida e, com isso, causa prejuízos aos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas.

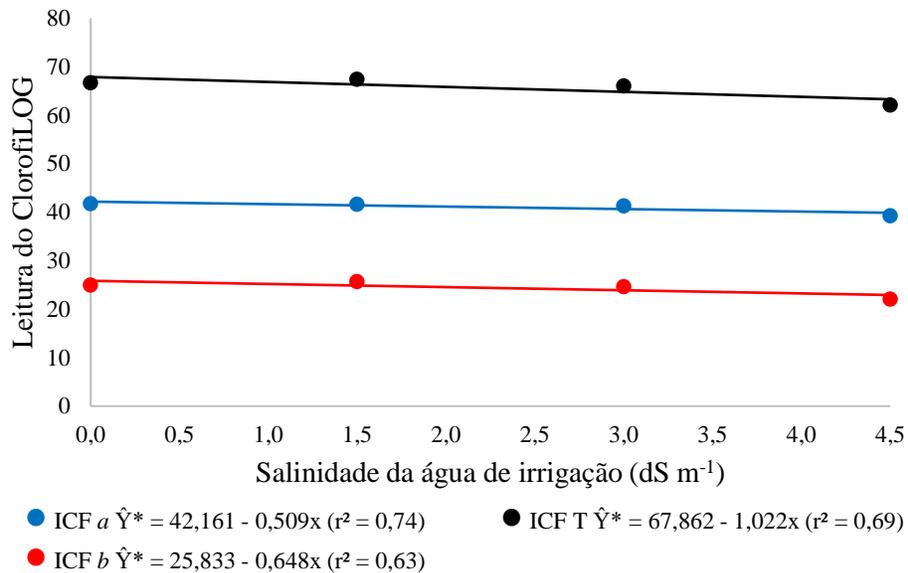
Na Tabela 3.4, são apresentados o ICF *b* e o ICF T entre as cultivares, e se observa que a cultivar BRS Pujante apresentou valores significativamente superiores aos da cultivar BRS Rouxinol em ambas as características avaliadas. Para ICF *b*, BRS Pujante com valor de 27,16 foi 25,57% maior que a BRS Rouxinol, que apresentou 21,63, e, para ICF T, BRS Pujante (69,65) foi superior 13,73% à BRS Rouxinol (61,24).

**Tabela 3.4** – Índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e índice de clorofila Falker Total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Cultivares	ICF <i>b</i>	ICF Total
BRS Novaera	26,06 ab	68,03 ab
BRS Guariba	23,80 ab	64,58 ab
BRS Tumucumaque	25,43 ab	67,51 ab
BRS Itaim	25,12 ab	65,08 ab
BRS Xiquexique	22,98 ab	64,20 ab
BRS Pujante	27,16 a	69,65 a
BRS Pajeú	22,85 ab	64,20 ab
BRS Rouxinol	21,63 b	61,24 b
Média geral	24,38	65,56
DMS	5,21	7,66

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se na Figura 3.7 que o estresse salino provocou redução nos ICF *a*, *b* e Total de forma linear decrescente, ou seja, com o aumento da condutividade elétrica da água, houve redução dos teores, o que mostra que a salinidade foi prejudicial para essas características.



\*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

**Figura 3.7** – Índice de clorofila Falker *a* (ICF *a*), índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e índice de clorofila Total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Os resultados foram similares aos dos trabalhos de Sousa e colaboradores (2014), que, avaliando feijão-caupi, observaram redução na fotossíntese com o aumento do estresse salino; e Taïbi e colaboradores (2016), em avaliação do feijão comum, também observaram uma relação inversa entre salinidade e conteúdo de pigmento fotossintético, indicação de que o aumento da concentração de NaCl resulta em diminuição de clorofila *a* e *b*.

Quando comparados os dois tipos de clorofilas (*a* e *b*), a maior redução proporcional entre os valores extremos foi observada no ICF *b*, que diminuiu 11,28% entre 0,0 dS m<sup>-1</sup> e 4,5 dS m<sup>-1</sup>. O ICF *a* entre os extremos reduziu apenas 3,13%, e o ICF T, que é a soma das clorofilas *a* e *b*, reduziu 6,78%. Os resultados corroboram os observados por Furtado e colaboradores (2014), que concluíram que a salinidade não influenciou no teor de clorofila *a*, todavia a irrigação com

água salina proporcionou redução no teor de clorofila *b* e clorofila total. Ambos os resultados sugerem que a clorofila *b* é mais sensível à degradação pela salinidade, quando comparada à clorofila *a*.

Santos (2004) indica que o estresse por NaCl diminui a síntese do ácido 5-aminolaevulínico (ALA), precursor da clorofila, e também força sua degradação pela enzima clorofilase; com isso, possivelmente, o estresse salino induz a uma combinação de estresses, como por toxicidade por sal e estresse osmótico. Os resultados sugerem que o aumento do estresse salino resulta em diminuição das clorofilas e, conseqüentemente, da taxa fotossintética da planta, que pode interferir em sua produtividade.

Com 87 DAS, foi realizada a colheita, e efetuadas as demais avaliações. Na Tabela 3.5, é apresentada a análise de variância para as características avaliadas:

**Tabela 3.5** – Análise de variância de número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (COMPV) e número de grãos por vagem (NGV), índice de grãos (IG), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		NVP	COMPV	NGV	IG	M100G	PROD
Cultivares (C)	7	27,01*	116,23*	92,35*	73,78*	156,55*	1499172,75*
Salinidade (S)	3	57,62*	25,56*	8,59*	18,03	85,34*	14566517,48*
C x S	21	6,49*	9,48*	5,67*	15,10	13,44	395007,92
Blocos	3	0,76	4,92	2,20	41,70*	15,88	211944,87
Resíduo	93	2,84	3,40	2,37	14,19	9,62	239598,53
C.V. (%)		24,99	11,16	17,79	4,72	14,02	25,14

\*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 3.5 que as características número de vagens por planta, comprimento de vagem e número de grãos por vagem apresentaram interação significativa entre os tratamentos avaliados (cultivares e níveis de salinidade), tendo que, em seguida, em cada uma dessas características, prosseguir com o desdobramentos dos fatores, demonstrando o comportamento das cultivares em cada nível isolado de salinidade, assim como o desempenho de cada cultivar submetida a níveis crescentes de salinidade.

Na Tabela 3.6, é apresentado o desdobramento informando o comportamento das cultivares em cada nível de salinidade. Com água livre de salinidade, a média geral das cultivares estudadas foi de 8,47 vagens por planta, sendo que a cultivar BRS Itaim, com 11,75 vagens por planta, apresentou o maior valor entre as cultivares avaliadas. Com esse mesmo nível de salinidade, a cultivar BRS Rouxinol apresentou o menor valor, com apenas 5,25 vagens por planta.

**Tabela 3.6** – Número de vagens por planta de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Cultivares	Número de vagens por planta (unidade)			
	Salinidade da água de irrigação (dS m <sup>-1</sup> )			
	0,0	1,5	3,0	4,5
BRS Novaera	8,25 abc	7,75 ab	7,00 a	8,00 a
BRS Guariba	10,00 ab	10,25 a	6,75 a	6,25 abc
BRS Tumucumaque	8,00 bc	7,50 ab	6,00 ab	7,00 ab
BRS Itaim	11,75 a	7,25 ab	7,25 a	4,00 bc
BRS Xiquexique	9,50 ab	7,50 ab	7,00 a	5,25 abc
BRS Pujante	7,75 bc	4,75 b	3,00 b	5,25 abc
BRS Pajeú	7,25 bc	6,25 b	6,50 ab	4,00 bc
BRS Rouxinol	5,25 c	5,00 b	5,50 ab	3,00 c
Média geral	8,47	7,03	6,13	5,34

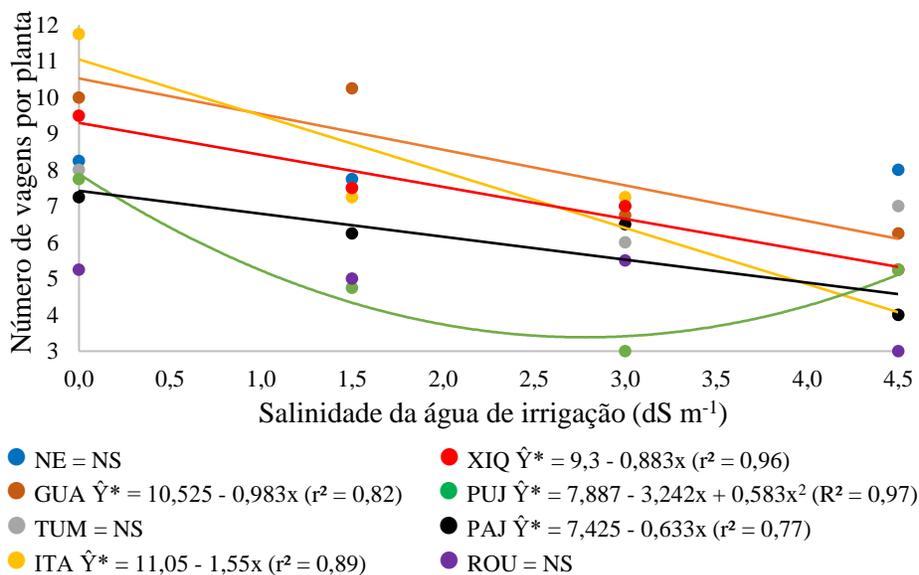
\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Com salinidade de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ , destacou-se a cultivar BRS Guariba (10,25 vagens por planta), e, com salinidade de  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ , destacaram-se as cultivares BRS Itaim, BRS Novaera, BRS Xiquexique e BRS Guariba, que apresentaram 7,25; 7, 7 e 6,75 vagens por planta, respectivamente.

Com o maior nível de salinidade estudado ( $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), ou seja, com as plantas sendo submetidas ao maior estresse salino, a cultivar BRS Novaera foi similar às cultivares BRS Guariba, BRS Xiquexique e BRS Pujante e superior às cultivares BRS Itaim, BRS Pajeú e BRS Rouxinol. A média geral nesse nível de salinidade foi de apenas 5,35 vagens por planta.

As cultivares BRS Novaera, BRS Guariba e BRS Xiquexique destacaram-se em todos os níveis de salinidade avaliados. BRS Guariba e BRS Xiquexique, em trabalho de Paiva (2014), e BRS Guariba, em trabalho de Públio Júnior e colaboradores (2017), também apresentaram valores superiores, o que demonstra que são cultivares que possuem tendências de produzirem grandes quantidades de vagens por plantas.

Na Figura 3.8, é apresentado o comportamento das cultivares sob os níveis de salinidade na água de irrigação. Observa-se que quatro (BRS Guariba, BRS Itaim, BRS Xiquexique e BRS Pajeú) das oito cultivares avaliadas apresentaram decréscimo do número de vagens por planta com o aumento de salinidade na água de irrigação.



NE (BRS Novaera); GUA (BRS Guariba); TUM (BRS Tumucumaque); ITA (BRS Itaim); XIQ (BRS Xiquexique); PUJ (BRS Pujante); PAJ (BRS Pajeú) e ROU (BRS Rouxinol). \* e NS; Significativo e Não Significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de variância da regressão.

**Figura 3.8** – Número de vagens por planta de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Considerando o intervalo avaliado de salinidade da água de irrigação (0,0 até 4,5 dS m<sup>-1</sup>), a cultivar BRS Itaim foi a que mais sofreu com o aumento gradativo de salinidade; essa cultivar apresentou uma redução de 63,12% entre os extremos, sendo, portanto, sensível ao estresse salino. A que menos reduziu com a salinidade foi a BRS Pajeú, que teve redução de apenas 38,38%.

A cultivar BRS Pujante apresentou um comportamento diferente do das demais, primeiramente, obteve uma redução de 57,11% até o nível de 2,78 dS m<sup>-1</sup> e, após este ponto mínimo, apresentou um pequeno aumento até 4,5 dS m<sup>-1</sup>, finalizando com redução total de 35,15% a partir do nível sem salinidade. As cultivares BRS Novaera, BRS Tumucumaque e BRS Rouxinol não apresentaram

diferença significativa pela análise de regressão; com isso, não foi possível realizar suas respectivas linhas de tendência.

Bashandy e El-Shaieny (2016) e El-Hefny (2010), estudando feijão-caupi, e Tesfaye e colaboradores (2014), avaliando lentilha, também observaram que o número de vagens por planta diminui com o aumento do nível de salinidade. Segundo esses autores, essa redução pode ser devida ao alto acúmulo de sal em nível celular, o que, conseqüentemente, afeta muitos processos bioquímicos nas plantas, como a fotossíntese e a translocação de assimilados para a regeneração de órgãos.

Observa-se na Tabela 3.7 o comportamento das cultivares avaliadas sob os quatro diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. Constata-se que, com a água livre de salinidade ( $0,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), a cultivar BRS Pujante, com comprimento de 21,68 cm, foi similar às cultivares BRS Pajeú (20,45 cm), BRS Rouxinol (18,30 cm) e BRS Tumucumaque (17,72 cm) e superior às demais. Nesse mesmo nível de salinidade, a cultivar BRS Itaim, com comprimento de vagem de apenas 12,78 cm, foi similar à cultivar BRS BRS Novaera (13,30 cm) e inferior às demais.

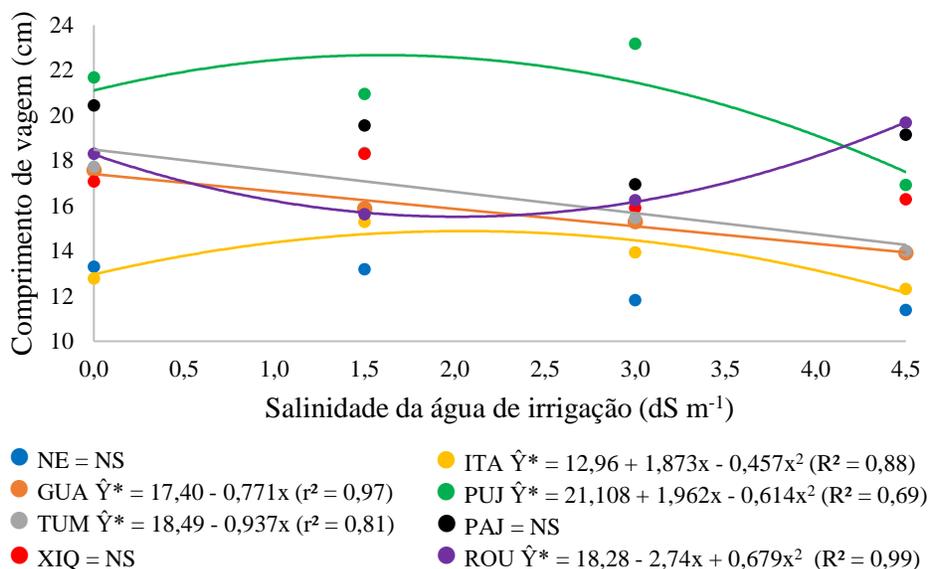
**Tabela 3.7** – Comprimento de vagem de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Cultivares	Comprimento de vagem (cm)			
	Salinidade da água de irrigação (dS m <sup>-1</sup> )			
	0,0	1,5	3,0	4,5
BRS Novaera	13,30 cd	13,18 d	11,82 c	11,38 d
BRS Guariba	17,58 b	15,88 bcd	15,30 bc	13,92 bcd
BRS Tumucumaque	17,72 ab	18,35 abc	15,45 bc	14,00 bcd
BRS Itaim	12,78 d	15,28 cd	13,92 bc	12,32 cd
BRS Xiquexique	17,08 bc	18,30 abc	15,90 b	16,27 abc
BRS Pujante	21,68 a	20,95 a	23,18 a	16,92 ab
BRS Pajeú	20,45 ab	19,55 ab	16,95 b	19,15 a
BRS Rouxinol	18,30 ab	15,62 bcd	16,25 b	19,68 a
Média geral	17,36	17,14	16,10	15,46

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As comparações entre cultivares sob os níveis de salinidade de 1,5; 3,0 e 4,5 dS m<sup>-1</sup> não apresentaram diferenças consideráveis em relação ao observado com 0,0 dS m<sup>-1</sup>, sendo essa uma característica que apresenta pouca variação. A cultivar BRS Pujante foi a única que apresentou valores estatisticamente superiores em todos os níveis de salinidade, enquanto as cultivares BRS Guariba e BRS Itaim foram as únicas que demonstraram valores inferiores em todos os níveis.

Na Figura 3.9, é apresentado o efeito da salinidade da água de irrigação, com condutividade elétrica de 0,0 dS m<sup>-1</sup> até 4,5 dS m<sup>-1</sup>, sob o comportamento do comprimento de vagem das cultivares avaliadas.



NE (BRS Novaera); GUA (BRS Guariba); TUM (BRS Tumucumaque); ITA (BRS Itaim); XIQ (BRS Xiquexique); PUJ (BRS Pujante); PAJ (BRS Pajeú) e ROU (BRS Rouxinol). \* e NS; Significativo e Não Significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de variância da regressão.

**Figura 3.9** – Comprimento de vagem de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Para essa característica, foram observados valores contrastantes. As cultivares BRS Guariba e BRS Tumucumaque apresentaram regressões lineares decrescentes; nas cultivares BRS Itaim e BRS Pujante, foram observadas regressões quadráticas com pontos máximos; a BRS Rouxinol apresentou regressão quadrática com ponto mínimo; e, ainda, as cultivares BRS Novaera, BRS Xiquexique e BRS Pajeú não apresentaram diferenças significativas pela análise de regressão.

A cultivar BRS Tumucumaque, que apresentou maior redução linear, diminuiu seu comprimento de vagem em 22,7% entre o maior e o menor nível estudado; com 0,0 dS m<sup>-1</sup>, o comprimento foi de 18,5 cm e, com 4,5 dS m<sup>-1</sup>, passou para 14,3 cm.

A cultivar BRS Itaim com  $0,0 \text{ dS m}^{-1}$  apresentou  $12,96 \text{ cm}$  e obteve o comprimento máximo ( $14,88 \text{ cm}$ ) com  $2,05 \text{ dS m}^{-1}$  e regrediu para  $12,14 \text{ cm}$  na máxima salinidade ( $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ). BRS Pujante sem salinidade apresentou  $21,11 \text{ cm}$ , obteve um pequeno aumento de  $7,4\%$  até a salinidade de  $1,6 \text{ dS m}^{-1}$  e, em seguida, uma redução acentuada de  $22,8\%$  até a máxima salinidade avaliada. A cultivar BRS Rouxinol obteve um comportamento inverso, apresentou comprimento mínimo em  $2,02 \text{ dS m}^{-1}$  e, em seguida, obteve um comportamento crescente.

Oliveira, F. de A. e colaboradores (2015), utilizando a cultivar de feijão-caupi Carnaubais, também observaram comportamento quadrático no comprimento de vagem, com o maior comprimento de vagem ( $17,5 \text{ cm}$ ) observado com  $1,25 \text{ dS m}^{-1}$ . Os autores constataram pouca variação dessa característica até a condutividade de  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ , porém, a partir desse nível, até a condutividade de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ , foi observada uma maior variação, com redução de  $11\%$  entre esses níveis.

Apesar da variação constatada entre as cultivares nos diferentes níveis de salinidade, observa-se que as mudanças de valores não foram muito acentuadas e todas as cultivares, exceto BRS Rouxinol, apresentaram valores menores de comprimento de vagem com a maior salinidade ( $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), quando comparados com os valores em condição de menor condutividade elétrica ( $0,0 \text{ dS m}^{-1}$ ). Brito e colaboradores (2015a) também observaram redução no comprimento de vagem em cinco genótipos de feijão-caupi quando irrigados com água com condutividade elétrica de  $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ , em comparação com a irrigação com água de abastecimento ( $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ ).

Para número de grãos por vagem, em  $0,0 \text{ dS m}^{-1}$ , a cultivar BRS Pajeú, com valor de  $13,19$ , destacou-se. Esta cultivar, juntamente às cultivares BRS Xiquexique e BRS Pujante, foram significativamente superiores às cultivares BRS Itaim e BRS Novaera. Com maior salinidade ( $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), as cultivares BRS Pajeú ( $130,6$ ) e

BRS Rouxinol (12,19) apresentaram os maiores valores de grãos por vagem, e BRS Novaera (4,40), o menor valor (Tabela 3.8).

**Tabela 3.8** – Número de grãos por vagem de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

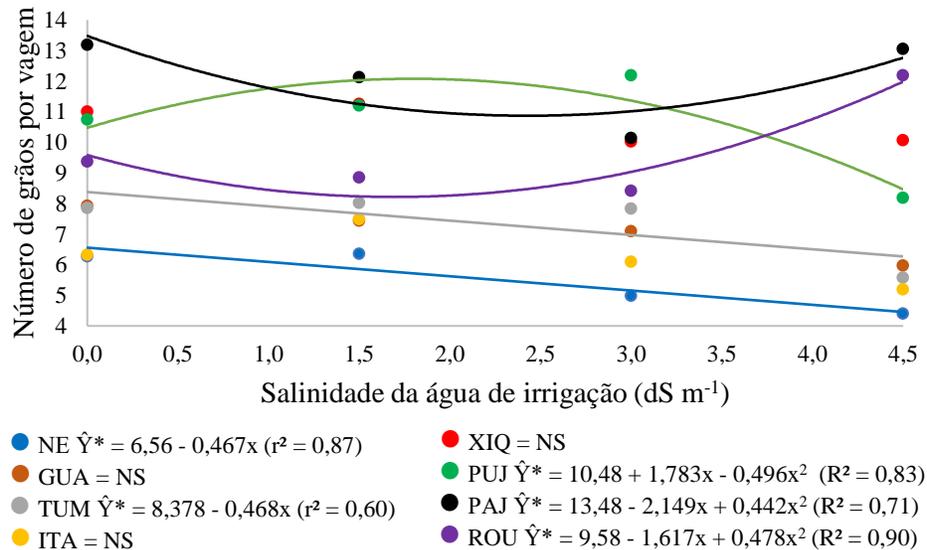
Cultivares	Número de grãos por vagem (unidade)							
	Salinidade da água de irrigação (dSm <sup>-1</sup> )							
	0,0		1,5		3,0		4,5	
BRS Novaera	6,28	c	6,36	c	4,99	d	4,40	d
BRS Guariba	7,93	bc	7,44	c	7,10	bcd	5,97	cd
BRS Tumucumaque	7,86	bc	8,02	bc	7,84	bcd	5,58	cd
BRS Itaim	6,33	c	7,49	c	6,10	cd	5,19	cd
BRS Xiquexique	11,01	ab	11,26	ab	10,03	ab	10,07	ab
BRS Pujante	10,75	ab	11,21	ab	12,19	a	8,19	bc
BRS Pajeú	13,19	a	12,13	a	10,14	ab	13,06	a
BRS Rouxinol	9,38	bc	8,85	abc	8,42	bc	12,19	a
Média geral	9,09		9,09		8,35		8,08	

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

As cultivares BRS Xiquexique e BRS Pajeú apresentaram valores superiores em todos os níveis de salinidade avaliados, enquanto BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque e BRS Itaim apresentaram valores inferiores em todos os níveis. Os resultados foram similares aos observados por Silva e colaboradores (2014a), os quais, estudando oito cultivares de feijão-caupi, no mesmo município do estudo, igualmente, observaram que as cultivares BRS Xiquexique (9,72) e BRS Pajeú (9,88) apresentaram valores superiores, enquanto as cultivares BRS Guariba (7,65) e BRS Itaim (6,32) apresentaram os menores valores de sementes por vagem.

Na Figura 3.10, é apresentado o comportamento das cultivares sob aumento da salinidade da água de irrigação para a característica número de grãos por vagem. Como essa característica é relacionada ao comprimento de vagem, o

comportamento das cultivares foi similar ao observado para comprimento de vagem; houve também comportamentos variados entre os diferentes níveis de salinidade na água de irrigação.



NE (BRS Novaera); GUA (BRS Guariba); TUM (BRS Tumucumaque); ITA (BRS Itaim); XIQ (BRS Xiquexique); PUJ (BRS Pujante); PAJ (BRS Pajeú) e ROU (BRS Rouxinol). \* e NS; Significativo e Não Significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pela análise de variância da regressão.

**Figura 3.10** – Número de grãos por vagem de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.

As cultivares BRS Novaera e BRS Tumucumaque apresentaram regressões lineares, com redução no número de grãos por vagem com o aumento da salinidade. Entre os valores extremos, de 0,0 dSm<sup>-1</sup> até 4,5 dS m<sup>-1</sup>, as reduções de BRS Novaera e BRS Tumucumaque foram de 32,1% e 25,14%, respectivamente.

As cultivares BRS Novaera e BRS Tumucumaque apresentaram comportamentos similares aos do trabalho de Furtado e colaboradores (2014), que

também observaram reduções lineares de grãos por vagem em plantas irrigadas com água salina, com perdas de 1,46 grãos por vagem (11,08%) a cada aumento unitário da condutividade elétrica da água. Comportamento similar também foi observado por Brito e colaboradores (2015a), que, estudando cinco genótipos de feijão-caupi submetidos a dois níveis de condutividade elétrica (0,8 a 4,8 dS m<sup>-1</sup>), observaram redução de mais de 31% no número de grãos por vagem.

A cultivar BRS Pujante apresentou ponto máximo, aumentou 13,2% até 1,80 dS m<sup>-1</sup> e, após esse nível de salinidade, reduziu 29,97% até a salinidade de 4,5 dS m<sup>-1</sup>. A cultivar BRS Pujante comportou-se de maneira semelhante aos resultados obtidos por Oliveira, F. de A. e colaboradores (2015), que observaram que a cultivar Carnaubais apresentou respostas quadráticas, com maiores valores de grãos por vagem (10) na concentração de 2,5 dS m<sup>-1</sup>, o equivalente a 22% maior em comparação com os valores obtidos na menor salinidade.

As cultivares BRS Pajeú e BRS Rouxinol apresentaram regressões quadráticas significativas, com pontos mínimos de grãos por vagem com condutividades elétricas de 2,43 dS m<sup>-1</sup> e 1,69 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. As cultivares BRS Guariba, BRS Itaim e BRS Xiquexique não apresentaram comportamentos com diferenças significativas.

Para as características massa de 100 grãos e produtividade de grãos, observa-se na Tabela 3.5 que ambas apresentaram diferença significativa para cultivares e salinidade, enquanto que índice de grãos foi diferente apenas para cultivares. Essas citadas características não apresentaram interações significativas.

Pelo índice de grãos, observa-se que a cultivar BRS Itaim apresentou o maior valor, com 82,95%; ao contrário, a cultivar BRS Tumucumaque, com índice de grãos de 76,57%, apresentou o menor valor (Tabela 3.9). Os resultados foram similares aos observados por Públio Júnior e colaboradores (2017) e Santos e colaboradores (2012), que, avaliando 20 genótipos de feijão-caupi, observaram

que a cultivar BRS Itaim apresentou valores superiores entre todos os genótipos avaliados, com índice de grãos de 83% e 71%, respectivamente. Os resultados demonstram que essa cultivar utiliza grande parte de sua energia na produção de grãos, em comparação à “casca” da vagem.

**Tabela 3.9** – Índice de grãos (IG), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Cultivares	IG (%)	M100G (g)	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )
BRS Novaera	79,44 abc	25,40 ab	1.700,04 bc
BRS Guariba	81,05 ab	22,23 bc	2.170,67 ab
BRS Tumucumaque	76,57 c	22,36 bc	1.853,26 bc
BRS Itaim	82,95 a	20,86 c	1.576,19 c
BRS Xiquexique	79,45 abc	16,21 d	2.034,58 abc
BRS Pujante	80,45 abc	26,20 a	2.219,58 ab
BRS Pajeú	81,06 ab	20,38 c	2.404,73 a
BRS Rouxinol	76,95 bc	23,34 abc	1.619,76 c
Média geral	79,74	22,12	1.947,35
DMS	4,13	3,40	536,74

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para massa de 100 grãos, destacou-se a cultivar BRS Pujante, que, com massa de 26,2 g, foi igual às cultivares BRS Novaera (25,4 g) e BRS Rouxinol (23,34 g) e superior às demais. A cultivar com a menor massa de 100 grãos foi a BRS Xiquexique, que, com apenas 16,21 g, foi significativamente inferior às demais, o que indica que é a cultivar com as menores e mais leves sementes do trabalho.

Avaliando 20 genótipos de feijão-caupi, Santos e colaboradores (2012) observaram massa de 100 grãos com média geral de 20,37 g e com valores semelhantes aos do presente estudo para as cultivares BRS Tumucumaque (22,22 g), BRS Itaim (23,13 g) e BRS Guariba (20,50 g). Silva e colaboradores (2014a), avaliando oito cultivares, observou média geral de 20,98 g e também constataram

semelhança entre as cultivares BRS Guariba (20,88 g), BRS Xiquexique (17,51 g) e BRS Pajeú (19,33 g), todavia, com valor consideravelmente diferente para a cultivar BRS Itaim, que apresentou 26,10 g, contra 20,86 g do presente estudo.

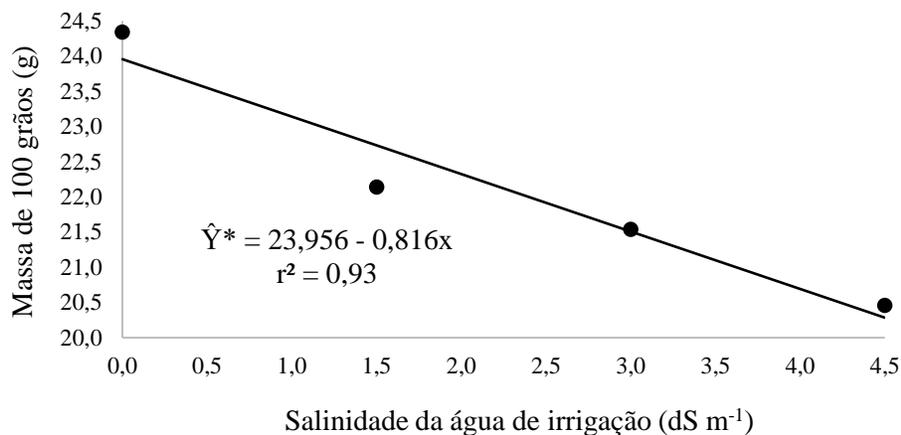
Na comparação entre as cultivares avaliadas para produtividade de grãos, observa-se na Tabela 3.9 que as cultivares BRS Pajeú, BRS Pujante e BRS Guariba, com produtividades de grãos de 2.404,73, 2.219,58 e 2.107,67 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, destacaram-se, apresentando produtividades estatisticamente semelhantes à BRS Xiquexique (2.034,58 kg ha<sup>-1</sup>) e superiores às cultivares BRS Rouxinol e BRS Itaim, que, obtendo valores de 1.619,76 e 1.576,19 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, apresentaram os menores resultados médios.

A cultivar BRS Pajeú obteve produtividade de grãos 52,57% superior à BRS Itaim, o que confirma a importância da escolha da cultivar adequada na implantação da lavoura. A média de produtividade de grãos do estudo foi de 1.947,35 kg ha<sup>-1</sup>, maior que a média do estado do Mato Grosso, que é o estado brasileiro com maior produtividade de grãos, com 1.274,2 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020).

A variação dos resultados foi similar à observada por Silva e colaboradores (2014a), que, avaliando oito cultivares na mesma região de estudo, observaram produtividade média de 1.749,1 kg ha<sup>-1</sup>, com amplitude de 1.333,0 kg ha<sup>-1</sup> a 2.102,6 kg ha<sup>-1</sup>, com as cultivares BRS Guariba apresentando 2.102,66 kg ha<sup>-1</sup>, BRS Pajeú, 1.514,21 kg ha<sup>-1</sup>, BRS Itaim, 1.882,47 kg ha<sup>-1</sup> e BRS Xiquexique, 1.974,46 kg ha<sup>-1</sup>. Os resultados de produtividade média demonstraram que as cultivares apresentaram boa adaptação às condições edafoclimáticas locais.

Na Figura 3.11, é apresentado o comportamento da massa de 100 grãos das cultivares submetidas à irrigação com água salina. Observa-se que, com o aumento da salinidade da água de irrigação, ocorreu a diminuição da massa de 100 grãos, que resulta em grãos mais leves. De acordo com Silva, I. N. e colaboradores (2011), a salinização do solo afeta o crescimento das plantas fisicamente, limitando a retirada de água por meio da modificação de processos

osmóticos ou, quimicamente, por reações metabólicas, tais como as causadas por constituintes tóxicos. Essa redução do tamanho de partes das plantas, como os grãos, afeta conseqüentemente sua produtividade.



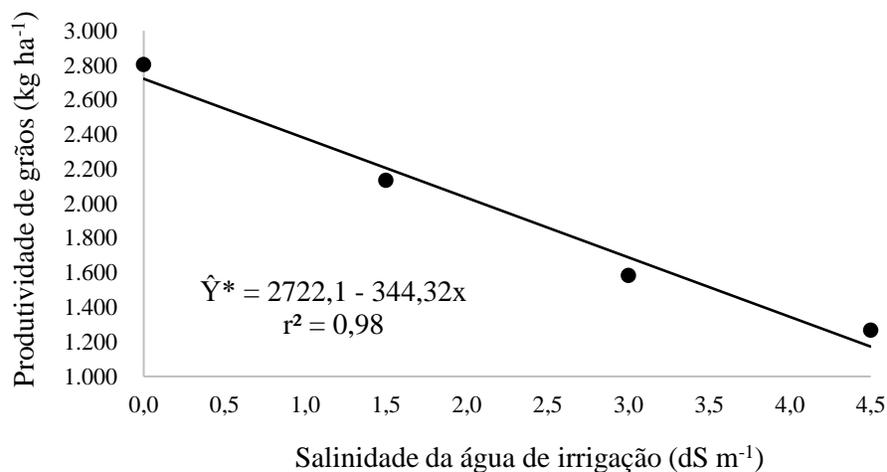
\*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

**Figura 3.11** – Massa de 100 grãos de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.

De acordo com o gráfico, a massa de 100 grãos, em situação isenta de salinidade, que foi de 23,96 g, apresentou um decréscimo de 3,67 g e alcançou 20,29 g quando submetida à máxima salinidade estudada (4,5 dS m<sup>-1</sup>). A redução entre extremos de 15,32%, apesar de não ter sido muito acentuada, comparada com outras características, pode implicar a qualidade final do produto, visto que o tamanho do grão, como também a sua cor, constitui o atributo de preferência de mercado e é de grande importância na formação do preço final do produto; sendo assim, não deve ser marcadamente alterado (BENVINDO, 2007).

Veras e colaboradores (2018) também observaram redução da massa de 100 grãos em cultivares submetidas a altas salinidades. Os resultados indicam que a salinidade interfere no tamanho dos grãos e, assim, pode, conseqüentemente, interferir na qualidade e valor do produto.

Segundo Taïbi e colaboradores (2016), a salinidade é um dos principais estresses abióticos, que afeta o metabolismo das células vegetais e reduz a produtividade das plantas. Assim, observa-se na Figura 3.12 que, pelo estudo da análise de regressão, avaliando a produtividade média de grãos com o aumento da salinidade na água de irrigação, as cultivares tenderam a formar um gráfico linear decrescente, com acentuada queda de produtividade com o aumento de salinidade.



\*Significativo a 5% de probabilidade, pela análise de variância da regressão.

**Figura 3.12** – Produtividade de grãos de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade na água de irrigação em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Com salinidade da água apresentando 0,0 dS m<sup>-1</sup>, a produtividade de grãos foi de 2.722 kg ha<sup>-1</sup>; caiu 18,97% quando a salinidade apresentou 1,5 dS m<sup>-1</sup>. Essa redução fica mais proeminente quando observado o valor produtividade de grãos submetida à salinidade máxima estudada. Com salinidade de 4,5 dS m<sup>-1</sup>, a produtividade de grãos, comparada com isenção de salinidade, cai 56,92%, ou 1.549 kg ha<sup>-1</sup>, e resulta em 1.172 kg ha<sup>-1</sup>.

A redução de produtividade de grãos do presente estudo entre a menor e a maior salinidade foi proporcionalmente similar ao que observaram Oliveira, F.

de A. e colaboradores (2015) e Silva e colaboradores (2013); estes constataram reduções entre os extremos (0,5 a 5 dS m<sup>-1</sup>) de 55,2% e 61,1%, respectivamente. Avaliando menor abrangência entre os níveis de salinidades, de 1 a 4 dS m<sup>-1</sup>, Veras e colaboradores (2018) também observaram efeito linear decrescente, com redução de produtividade de grãos entre os extremos de 33,99%, em avaliação da cultivar BRS Pajeú em ambiente protegido.

Os resultados indicam que o cultivo com água salina induz consideravelmente a redução de produtividade de grãos do feijão-caupi e causa sérios prejuízos econômicos, como também resulta em danos ao solo. Quanto mais salina a água, maior a perda de produtividade; assim, o cultivo dessa cultura com o uso de irrigação com água apresentando altos níveis de salinidade deve ser revisto.

#### ***3.4.2 Índices de estresse salino***

Fórmulas de índices relacionadas ao estresse hídrico são usualmente utilizadas em estudos para avaliação dos efeitos do estresse hídrico, todavia, no presente estudo, essas fórmulas foram utilizadas com o intuito de avaliar outro estresse abiótico que afeta as espécies vegetais, o estresse salino. Segundo Munns (2002), a salinização no solo ou na água reduz a capacidade das plantas de absorver água e causa alterações metabólicas semelhantes às provocadas pelo estresse hídrico.

Observe na Tabela 3.10 que a tolerância ao estresse (TOL), índice de susceptibilidade (IS), índice de estabilidade na produtividade (IEP), produtividade média (PM), índice de produtividade (IP) e redução de produtividade (PM) apresentaram diferença significativa para cultivares e salinidade.

**Tabela 3.10** – Análise de variância de tolerância ao estresse (TOL), índice de susceptibilidade (IS) e índice de estabilidade na produtividade (IEP), produtividade média (PM) índice de produtividade (IP) e redução de produtividade (RP) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		TOL	IS	IEP	PM	IP	RP
Cultivares (C)	7	2518782,56*	3940,38*	655,52*	2025641,04*	1948,51*	655,52*
Salinidade (I)	2	6175358,69*	50266,20*	8362,27*	1543839,67*	22367,08*	8362,27*
C x I	14	277664,05	2505,93	416,88	69416,01	1005,69	416,88
Blocos	3	526341,13	4500,01*	748,62*	131585,28*	1906,40*	748,62*
Resíduo	69	137198,82	1207,09	200,81	34299,70	469,93	200,81
C.V. (%)		32,41	35,86	23,43	8,29	22,29	35,86

\*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

As cultivares com baixos valores de TOL são mais estáveis em duas diferentes condições (FARSHADFAR e colaboradores, 2013). Desse modo, a cultivar com menor valor médio de TOL foi observada na cultivar BRS Novaera (635,52 kg ha<sup>-1</sup>), que foi estatisticamente similar às cultivares BRS Tumucumaque (745,24 kg ha<sup>-1</sup>), BRS Rouxinol (827,01 kg ha<sup>-1</sup>) e BRS Itaim (920,09 kg ha<sup>-1</sup>) e inferior às demais. As cultivares BRS Pajeú (1.854,97 kg ha<sup>-1</sup>) e BRS Pujante (1.764,41 kg ha<sup>-1</sup>), com valores superiores de TOL, não demonstraram ser estáveis em situações de estresse e sem estresse, indicativo de que apresentam diferenças consideráveis de produtividade quando comparadas as duas situações (Tabela 3.11).

**Tabela 3.11** – Tolerância ao estresse de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Cultivares	Tolerância ao estresse – TOL (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Salinidade da água (dS m <sup>-1</sup> ) (nível de estresse)			Média
	1,5 (leve)	3,0 (moderado)	4,5 (severo)	
BRS Novaera	297,64	830,89	778,04	635,52 d
BRS Guariba	307,28	1.609,05	1.826,32	1.247,55 b
BRS Tumucumaque	103,55	861,19	1.271,00	745,24 cd
BRS Itaim	396,66	720,67	1.642,93	920,09 bcd
BRS Xiquexique	702,67	1.110,17	1.632,22	1.148,35 bc
BRS Pujante	1.433,23	1.983,34	1.876,65	1.764,41 a
BRS Pajeú	1.433,83	1.924,55	2.206,53	1.854,97 a
BRS Rouxinol	683,23	728,65	1.069,14	827,01 bcd
Média	669,76 C	1.221,06 B	1.537,85 A	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na comparação entre níveis de salinidade da água de irrigação, utilizando-se como referência a condutividade elétrica da água, expressa por dS m<sup>-1</sup>, observa-se que o maior nível de salinidade (4,5 dS m<sup>-1</sup>), considerado como estresse severo,

foi o que apresentou o maior TOL, com valor de 1.537,85 kg ha<sup>-1</sup>, seguido pelo estresse moderado (3,0 dS m<sup>-1</sup>), que apresentou 1.221,06 kg ha<sup>-1</sup>. Como era esperado, o nível de estresse salino leve (1,5 dS m<sup>-1</sup>) foi o que apresentou o menor TOL, com apenas 669,76 kg ha<sup>-1</sup>, significativamente inferior aos demais, indicando ser o nível de estresse com menor diferença de produtividade, comparado com a situação sem estresse.

Na Tabela 3.12, é apresentado o índice de susceptibilidade (IS), nessa situação para a salinidade, de cultivares de feijão caupi submetidas a três diferentes níveis de estresse salino. Observa-se que a cultivar BRS Pujante, com valor de IS de 116,81%, apresentou maior susceptibilidade, estatisticamente superior às cultivares BRS Tumucumaque e BRS Novaera, que, com valores de 75,74% e 71,58%, respectivamente, foram as cultivares que apresentaram menor susceptibilidade à seca no presente estudo.

**Tabela 3.12** – Índice de susceptibilidade à salinidade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Cultivares	Índice de susceptibilidade a salinidade – IS (%)			
	Salinidade da água (dS m <sup>-1</sup> ) (nível de estresse)			
	1,5 (leve)	3,0 (moderado)	4,5 (severo)	Média
BRS Novaera	33,53	93,59	87,64	71,58 c
BRS Guariba	24,25	127,00	144,15	98,47 abc
BRS Tumucumaque	10,52	87,53	129,18	75,74 bc
BRS Itaim	42,91	77,97	177,74	99,54 abc
BRS Xiquexique	59,49	93,99	138,19	97,22 abc
BRS Pujante	99,18	137,25	129,87	122,10 a
BRS Pajeú	92,61	124,30	142,52	119,81 ab
BRS Rouxinol	74,78	79,75	117,02	90,52 abc
Média	54,66 C	102,67 B	133,29 A	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para Farshadfar e colaboradores (2013), cultivares que apresentem IS menor que 100% são mais resistentes às condições de estresse. Assim, apenas as cultivares BRS Pujante e BRS Pajeú apresentaram valores acima de 100%, com as demais cultivares apresentando condições de menor susceptibilidade ao estresse salino.

Observa-se que as plantas submetidas ao estresse salino severo apresentaram o maior IS, com valor de 133,29%, seguidas pelas que se encontravam em situação de estresse moderado, com 102,67%. O nível de estresse salino leve foi o nível de salinidade que apresentou o menor IS, com apenas 54,66%, resultado inferior aos demais.

Na Tabela 3.13, é apresentado o índice de estabilidade na produtividade (IEP), que indica cultivares com produtividade de grãos estáveis com e sem estresse. Quando maior o IEP, maior a estabilidade; assim, observa-se que a BRS Novaera destacou-se entre as cultivares, com IEP de 70,80%.

**Tabela 3.13** – Índice de estabilidade na produtividade (IEP) de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Cultivares	Índice de estabilidade na produtividade – IEP (%)			
	Salinidade da água (dS m <sup>-1</sup> ) (nível de estresse)			
	1,5 (leve)	3,0 (moderado)	4,5 (severo)	Média
BRS Novaera	86,33	61,83	64,26	70,80 a
BRS Guariba	90,11	48,20	41,21	59,84 abc
BRS Tumucumaque	95,71	64,30	47,31	69,11 ab
BRS Itaim	82,50	68,20	27,50	59,40 abc
BRS Xiquexique	75,74	61,66	43,64	60,34 abc
BRS Pujante	59,55	44,02	47,03	50,20 c
BRS Pajeú	62,23	49,30	41,87	51,13 bc
BRS Rouxinol	69,50	67,47	52,27	63,08 abc
Média	77,71 A	58,12 B	45,64 C	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A cultivar BRS Pujante apresentou o menor valor de IEP, com 50,20%, o que indica que não é uma cultivar muito estável sob condições de estresse salino.

Com relação aos valores de todas as cultivares em determinados níveis de estresse salino, o que apresentou os melhores resultados foi o nível com o estresse salino leve, com IEP de 77,71%, maior que os níveis de estresse moderado e severo, que apresentaram 58,12% e 45,64%, respectivamente. Tal dado indica que, quanto maior o nível de salinidade a que as plantas são submetidas e, conseqüentemente, maior o estresse salino, menor será sua estabilidade produtiva.

Segundo Eivazi e colaboradores (2013), a produtividade média (PM) é o índice mais adequado na seleção de genótipos com produtividade de grãos elevada em condições de estresse e sem estresse. Para a PM das cultivares sob estresse salino, a cultivar BRS Pajeú destacou-se com PM, considerando os três níveis de estresse salino, com 2.868,47 kg ha<sup>-1</sup>. O resultado de PM dessa cultivar foi similar ao da cultivar BRS Pujante (2.660,68 kg ha<sup>-1</sup>) e superior ao das demais. As cultivares com menores PM foram BRS Tumucumaque (2.039,57 kg ha<sup>-1</sup>), BRS Novaera (1.858,92 kg ha<sup>-1</sup>), BRS Rouxinol (1.826,51 kg ha<sup>-1</sup>) e BRS Itaim (1.806,21 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 3.14).

**Tabela 3.14** – Produtividade média de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Cultivares	Produtividade média – PM (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Salinidade da água (dS m <sup>-1</sup> ) (nível de estresse)			
	1,5 (leve)	3,0 (moderado)	4,5 (severo)	Média
BRS Novaera	2.027,86	1.761,23	1.787,66	1.858,92 d
BRS Guariba	2.952,70	2.301,81	2.193,18	2.482,56 bc
BRS Tumucumaque	2.360,42	1.981,60	1.776,70	2.039,57 d
BRS Itaim	2.067,93	1.905,92	1.444,79	1.806,21 d
BRS Xiquexique	2.544,51	2.340,76	2.079,73	2.321,67 c
BRS Pujante	2.826,27	2.551,22	2.604,56	2.660,68 ab
BRS Pajeú	3.079,05	2.833,69	2.692,69	2.868,47 a
BRS Rouxinol	1.898,40	1.875,69	1.705,44	1.826,51 d
Média	2.469,64 A	2.193,99 B	2.035,59 C	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Pelos níveis de estresse, o estresse salino leve apresentou a maior PM, com 2.469,64 kg ha<sup>-1</sup>. Com o aumento da salinidade na água de irrigação, a PM começou a regredir, apresentando 2.193,99 kg ha<sup>-1</sup> com condutividade elétrica de 3,0 dS m<sup>-1</sup> (moderado) e de 2.035,59 kg ha<sup>-1</sup> com a maior salinidade estudada, com 4,5 dS m<sup>-1</sup> (severo).

O índice de produtividade (IP) é um importante parâmetro na seleção de cultivares com bom desempenho produtivo sob estresse. De acordo com Farshadfar e colaboradores (2013), as cultivares que apresentam valores altos desse índice são adequadas para a condição de estresse. A cultivar BRS Pajeú, com valor de IP de 116,81%, destacou-se, apresentando valores superiores às cultivares BRS Rouxinol e BRS Itaim, que apresentaram os menores IP, com valores de 85,04% e 81,02%, respectivamente (Tabela 3.15).

**Tabela 3.15** – Índice de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Cultivares	Índice de produtividade – IP (%)			
	Salinidade da água (dS m <sup>-1</sup> ) (nível de estresse)			Média
	1,5 (leve)	3,0 (moderado)	4,5 (severo)	
BRS Novaera	113,09	80,99	84,17	92,75 abc
BRS Guariba	168,46	90,11	77,04	111,86 ab
BRS Tumucumaque	138,94	93,34	68,68	100,32 abc
BRS Itaim	112,52	93,02	37,51	81,02 c
BRS Xiquexique	131,99	107,47	76,05	105,17 abc
BRS Pujante	126,97	93,86	100,28	107,03 abc
BRS Pajeú	142,16	112,63	95,66	116,81 a
BRS Rouxinol	93,69	90,96	70,47	85,04 bc
Média	128,48 A	95,30 B	76,23 C	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando as médias entre os níveis de estresse salino (leve, moderado e severo), o estresse leve apresentou o melhor IP, com valor de 128,48%, seguido pelo estresse moderado, com 95,30%; e, na situação menos favorável, ficou o estresse severo, com valor de apenas 76,23%.

A redução de produtividade (RP) mede o quanto o estresse hídrico interferiu negativamente na produtividade de grãos, quando comparada com a situação isenta de salinidade (0,0 dS m<sup>-1</sup>). Observa-se na Tabela 3.16 que a cultivar que apresentou maior RP média, comparando os três níveis de estresse salino, foi a BRS Pujante, que apresentou RP de 49,80%, significativamente superior aos valores observados nas cultivares BRS Tumucumaque e BRS Novaera, que apresentaram as menores RP, com valores de 30,89% e 29,20%, respectivamente.

**Tabela 3.16** – Redução de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Cultivares	Redução da produtividade – RP (%)			
	Salinidade da água (dS m <sup>-1</sup> ) (nível de estresse)			Média
	1,5 (leve)	3,0 (moderado)	4,5 (severo)	
BRS Novaera	13,67	38,17	35,74	29,20 c
BRS Guariba	9,89	51,80	58,79	40,16 abc
BRS Tumucumaque	4,29	35,70	52,69	30,89 bc
BRS Itaim	17,50	31,80	72,50	40,60 abc
BRS Xiquexique	24,26	38,34	56,36	39,66 abc
BRS Pujante	40,45	55,98	52,97	49,80 a
BRS Pajeú	37,77	50,70	58,13	48,87 ab
BRS Rouxinol	30,50	32,53	47,73	36,92 abc
Média	22,29 C	41,88 B	54,36 A	39,51

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Observando as RP nos diferentes níveis de estresse salino, nota-se que, com estresse leve, a RP foi de 22,29%; com estresse salino moderado, a RP foi de 41,88%; e, com a situação mais crítica, com estresse severo, a RP chegou a 54,36%, ou seja, em um cultivo com esse nível de estresse salino, mais da metade da produção de grãos é comprometida.

Na Tabela 3.17, é apresentada a classificação de tolerância ao estresse salino das cultivares, baseada em suas respectivas reduções de produtividade. Com estresse salino leve (1,5 dS m<sup>-1</sup>), as cultivares BRS Novaera, BRS Guariba, BRS Tumucumaque e BRS Itaim foram classificadas como “tolerantes”, BRS Xiquexique, BRS Pajeú e BRS Rouxinol, como “moderadamente tolerantes”, e a cultivar BRS Pujante, como “moderadamente sensível”. A classificação geral das oito cultivares foi “moderadamente tolerante”.

**Tabela 3.17** – Classificação da tolerância à seca baseada na redução de produtividade de cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido submetidas a diferentes níveis de salinidade em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Cultivares	Classificação da tolerância			
	Salinidade da água (dS m <sup>-1</sup> ) (nível de estresse)			
	1,5 (leve)	3,0 (moderado)	4,5 (severo)	Média
BRS Novaera	T	MT	MT	MT
BRS Guariba	T	MS	MS	MS
BRS Tumucumaque	T	MT	MS	MT
BRS Itaim	T	MT	S	MS
BRS Xiquexique	MT	MT	MS	MT
BRS Pujante	MS	MS	MS	MS
BRS Pajeú	MT	MS	MS	MS
BRS Rouxinol	MT	MT	MS	MT
Média	MT	MS	MS	MT

T = Tolerante; MT = Moderadamente Tolerante; MS = Moderadamente Sensível; S = Sensível.

Com estresse salino moderado (3,0 dS m<sup>-1</sup>), as cultivares BRS Novaera, BRS Tumucumaque, BRS Itaim, BRS Xiquexique e BRS Rouxinol foram classificadas como “moderadamente tolerantes”, e as cultivares BRS Guariba, BRS Pujante e BRS Pajeú foram classificadas como “moderadamente sensíveis”, e, no geral, a classificação foi “moderadamente sensível”. Com estresse salino severo (4,5 dS m<sup>-1</sup>), as cultivares foram classificadas como “moderadamente sensíveis”, exceto pela cultivar BRS Novaera, que foi considerada “moderadamente tolerante”, e a BRS Itaim, considerada “sensível” à salinidade. A classificação das cultivares sob estresse severo também foi “moderadamente sensível”.

Considerando a média dos três níveis de estresse salino, a classificação das cultivares BRS Novaera, BRS Itaim, BRS Xiquexique e BRS Rouxinol foi “moderadamente tolerante”, e as cultivares BRS Guariba, BRS Itaim, BRS Pujante e BRS Pajeú foram consideradas como “moderadamente sensíveis”. Paiva

(2014), utilizando outra metodologia de classificação, classificou as cultivares BRS Pujante, BRS Guariba e BRS Xiquexique como “tolerantes” à salinidade.

Na média geral de todas as cultivares submetidas aos três níveis de estresse salino, o feijão-caupi foi classificado como “moderadamente tolerante”, o que corrobora os resultados de Maas e Poss (1989), que constataram que o feijão-caupi, quando estressado durante todo o ciclo da cultura, como neste estudo, é classificado como moderadamente tolerante e que a cultura torna-se mais tolerante à salinidade à medida que as plantas desenvolvem-se, o que aumenta sua resistência a esse estresse abiótico.

Pelos resultados gerais observados pelos índices, constata-se que a cultivar BRS Novaera foi a cultivar com os melhores resultados, com muita tolerância e pouca susceptibilidade à salinidade, porém apresentou baixa produtividade de grãos, o que não é de interesse para a cultura. Os piores resultados foram observados na cultivar BRS Itaim, que, além de ser susceptível à salinidade, é também pouco produtiva.

A cultivar BRS Guariba apresentou valores medianos de susceptibilidade e produtividade, e nenhuma cultivar foi considerada como tolerante e pouco susceptível ao estresse salino com produtividade destacada; todavia, as cultivares BRS Pajeú e BRS Pujante, apesar de serem susceptíveis à salinidade, apresentaram valores superiores de produtividade de grãos, indicados pela PM e IP.

### ***3.4.3 Estimativas de parâmetros genéticos***

Na Tabela 3.18, são apresentados os parâmetros genéticos das características avaliadas. Conforme Santos e colaboradores (2018), o conhecimento da variabilidade genética nos programas de melhoramento permite a seleção de genitores que originam população com maior proporção de

recombinantes desejáveis. De acordo com Vasconcelos e colaboradores (2015), o que interessa para os melhoristas é a obtenção de variabilidade que, efetivamente, resulte em ganhos genéticos significativos.

**Tabela 3.18** – Parâmetros genéticos para altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIÂ), índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e total (ICF T), índice de grãos (IG), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de oito cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA, 2019.

Fator de Variação	Parâmetros Genéticos						
	ALT	DIÂ	ICF <i>b</i>	ICF T	IG	M100G	PROD
VP	45,72	0,45	13,92	28,71	18,44	39,14	374793,19
VG	38,01	0,35	8,28	16,49	14,89	36,73	314893,55
VE	7,72	0,11	5,64	12,21	3,55	2,41	59899,63
CVP (%)	12,19	10,22	15,31	8,17	5,39	28,28	31,44
CVG (%)	11,11	8,96	11,81	6,19	4,84	27,39	28,82
CVE (%)	5,01	4,92	9,74	5,33	2,36	7,01	12,57
h <sup>2</sup> a (%)	83,12	76,8	59,51	57,47	80,77	93,85	84,02
GA	11,58	1,06	4,57	6,34	7,15	12,09	1.059,58
GAM	20,9	16,2	18,8	9,7	9,0	54,7	54,4
CVG/CVE	2,22	1,82	1,21	1,16	2,05	3,91	2,29

Varição fenotípica (VP), variação genotípica (VG), variação ambiental (VE), coeficiente de variação fenotípica (CVP), coeficiente de variação genotípica (CVG), coeficiente de variação ambiental (CVE), herdabilidade em sentido amplo (h<sup>2</sup>a), ganho genético (GA), ganho genético em porcentagem da média (GAM).

Os coeficientes de variação fenotípica (CVP) e genotípica (CVG) foram considerados altos para os traços M100G e PROD e baixos para ICF T e IG, pela classificação sugerida por Sivasubramanian e Menon (1973). Os coeficientes de variação ambiental (CVE) foram considerados baixos para todos os traços, exceto para PROD, que foi considerado médio. Para que exista melhor possibilidade de sucesso na seleção, é recomendado que os valores de CVP e CVG sejam próximos, o que indica que o componente genético sobressai em relação ao elemento ambiental na formação da característica; assim, os resultados

observados, com os valores de CVE sempre menores que seus respectivos CVP e CVG, foram satisfatórios, pelos mesmos motivos supracitados.

A razão CVG/CVE (coeficiente  $b$ ) é empregada como índice indicativo do grau de eficiência seletiva dos genótipos para cada caráter (SANTOS e colaboradores, 2018). Quando esse valor for maior que 1, tem-se que a influência genética sobressai em relação à ambiental; sendo assim, é recomendado o uso de seleção nos programas de melhoramento. Observa-se na Tabela 3.18 que a seleção é recomendada para todos os traços, com os valores variando de 1,16 para ICF T até 3,91 observados em M100G.

Segundo Regis e colaboradores (2014), uma das principais ferramentas utilizadas pelo melhorista são as estimativas do coeficiente de herdabilidade, o que é de grande importância para a escolha de uma estratégia eficaz de seleção. De acordo com classificação de Johnson e colaboradores (1955), a herdabilidade no presente estudo foi considerada média para ICF  $b$  e ICF T e alta para DIÂ, IG, ALT, PROD e M100G, que se destacou com valor de 93,85%. Silva e colaboradores (2014b) também observaram que a característica M100G apresentou valores de coeficiente  $b$  (4,15) e herdabilidade (98,57%) altos, o que demonstra ser um caráter que sofre pouca influência ambiental. Para GAM, os traços PROD e M100G destacaram-se, com valores de 54,4% e 54,7%, respectivamente. Por outro lado, ICF T (9,7%) e IG (9,0%) apresentaram baixos valores.

De acordo com El-Nahrawy (2018), a herdabilidade e o avanço genético são importantes parâmetros de seleção de diferentes características no estoque genético, o que facilita a avaliação e identificação de genótipos adequados e ajuda a selecionar genótipos de diferentes populações genéticas, escolhendo os melhores para o seu aprimoramento. Neste estudo, PROD, com herdabilidade de 84,02% e GAM de 54,4%, e M100G, apresentando herdabilidade com 93,85% e GAM com 54,7%, destacaram-se. Com esses valores observados, pode-se inferir

que a estimativa de ganho genético (GA) na próxima geração para PROD é de 1.059,58 kg ha<sup>-1</sup> e para M100G, de 12,09 g.

A correlação pode ocorrer quando um gene interfere na expressão de outros e tem sido utilizada como estratégia para aumentar a eficiência do melhoramento genético; isso demonstra a influência que um caráter exerce sobre outro (RAMALHO e colaboradores, 2004), em especial, quando a seleção em um é difícil e onerosa. Os resultados das correlações fenotípicas (*rP*), genotípicas (*rG*) e ambientais (*rE*) entre todos os traços avaliados são apresentados na Tabela 3.19.

**Tabela 3.19** – Correlações fenotípicas (*rP*), correlações genotípicas (*rG*) e correlações ambientais (*rE*) de altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIÂ), índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e total (ICF T), índice de grãos (IG), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de oito cultivares de feijão-caupi em vasos sob ambiente protegido em Vitória da Conquista – BA, 2019.

		DIÂ	ICF <i>b</i>	ICF T	IG	M100G	PROD
ALT	<i>rP</i>	-0,08	-0,16	-0,09	-0,14	-0,09	0,52**
	<i>rG</i>	-0,03	-0,24**	-0,17	-0,19*	-0,12	0,69**
	<i>rE</i>	0,03	0,24**	0,24**	-0,01	0,04	0,19*
DIÂ	<i>rP</i>		-0,25**	-0,36**	-0,13	-0,02	-0,54**
	<i>rG</i>		-0,31**	-0,48**	-0,18*	-0,05	-0,82**
	<i>rE</i>		-0,12	-0,08	0,15	0,16	0,12
ICF <i>b</i>	<i>rP</i>			0,96**	0,21*	0,58**	-0,02
	<i>rG</i>			0,99**	0,23*	0,75**	0,06
	<i>rE</i>			0,95**	0,04	0,08	0,21*
ICF T	<i>rP</i>				0,09	0,53**	0,17
	<i>rG</i>				0,05	0,72**	0,31**
	<i>rE</i>				0,01	0,03	0,17
IG	<i>rP</i>					-0,14	0,25**
	<i>rG</i>					-0,19*	0,38**
	<i>rE</i>					0,16	0,45**
M100G	<i>rP</i>						-0,14
	<i>rG</i>						-0,22*
	<i>rE</i>						0,17

\*, \*\* Significativos a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste t.

O ICF *b* e o ICF T, por estarem relacionados entre si, apresentaram as maiores correlações ( $r_P= 0,96^{**}$ ,  $r_G= 0,99^{**}$  e  $r_E= 0,95^{**}$ ) entre os traços avaliados, sendo classificados como muito fortes, de acordo com Shimakura e Ribeiro Júnior (2012). Mini e colaboradores (2015), avaliando tolerância à salinidade em vinte e três genótipos de feijão-caupi na Índia, também observaram correlação de alta magnitude entre clorofila *b* e clorofila total (0,654<sup>\*\*</sup>), comprovando a forte ligação de ambas as variáveis.

A característica M100G apresentou forte correlação genotípica com as características ICF *b* ( $r_G= 0,75^{**}$ ) e ICF T ( $r_G= 0,72^{**}$ ), demonstrando que o alto teor de clorofila atua no aumento da massa dos grãos.

Para o principal traço da cultura, PROD, na maioria dos casos observados, as correlações genotípicas foram maiores que suas respectivas correlações fenotípicas e ambientais, destacando-se as correlações de PROD x ALT ( $r_P= 0,52^{**}$ ,  $r_G= 0,69^{**}$  e  $r_E= 0,19^*$ ) e PROD x DIÂ ( $r_P= -0,54^{**}$ ,  $r_G= -0,82^{**}$  e  $r_E= 0,12$ ).

A correlação genotípica positiva observada entre PROD x ALT indica que as duas variáveis são influenciadas pelas mesmas condições genéticas. Essa condição, aliada à alta herdabilidade apresentada por ambos (Tabela 3.19), indica que se pode utilizar seleção indireta de aumento de produtividade de grãos de feijão-caupi selecionando plantas mais altas; em contrapartida, a forte correlação genotípica negativa entre PROD x DIÂ indica que plantas com menor diâmetro de caule apresentam maiores produtividades. Santos e colaboradores (2018), avaliando outra leguminosa, a soja, não observou correlação significativa entre altura e rendimento de grãos por planta, o que difere do presente estudo.

O caráter PROD também apresentou correlações significativas e positivas com o IG ( $r_P= 0,25^{**}$ ,  $r_G= 0,38^{**}$  e  $r_E= 0,45^*$ ), semelhantes aos resultados de Regis e colaboradores (2014), que constataram que, quanto mais intensa a translocação de fotossintatos para os grãos, resultando em maior índice de grãos,

maior será a produtividade de grãos. Vale salientar que, nos dois trabalhos, a correlação ambiental foi maior que suas respectivas correlações fenotípicas e genotípicas, o que sugere que ambas as variáveis são muito influenciadas pelas condições ambientais, nesse caso, como foram positivas, nos sentidos favoráveis ou desfavoráveis.

### 3.5 CONCLUSÕES

Nas condições de cultivo em vasos sob ambiente protegido, conclui-se que:

- ✓ BRS Pajeú, BRS Pujante e BRS Guariba destacam-se positivamente entre as cultivares avaliadas para as principais características agronômicas.
- ✓ O aumento da salinidade na água de irrigação interfere negativamente em características importantes do feijão-caupi, reduz a qualidade e produtividade dos grãos.
- ✓ BRS Novaera apesar de possuir alta tolerância e pouca susceptibilidade ao estresse salino, apresenta baixa produtividade de grãos e as cultivares BRS Pajeú e BRS Pujante são susceptíveis à salinidade, todavia, apresentam altos valores de produtividade de grãos sob estresse salino.
- ✓ A característica produtividade de grãos destaca-se com altos valores de herdabilidade e ganho genético em porcentagem da média, e, pelas correlações, observa-se que esse traço pode ser melhorado com seleção indireta, selecionando plantas mais altas.

## **CAPÍTULO 4**

### **PARÂMETROS GENÉTICOS EM CULTIVARES DE FEIJÃO- CAUPI SOB ADUBAÇÕES QUÍMICA, ORGÂNICA E COM FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO**

## 4.1 INTRODUÇÃO

A planta de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) tem uma demanda muito alta por nutrientes e, por ter um ciclo curto, exige que estes estejam prontamente disponíveis quando necessário, para não limitar a produtividade (MAGALHÃES e colaboradores, 2018). Para o completo e adequado desenvolvimento das culturas, além da calagem, é necessária a correção da fertilidade do solo, em especial, dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (MARTINS e colaboradores, 2017).

O nitrogênio serve como constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo clorofila, aminoácidos e ácidos nucleicos; assim, a deficiência de N inibe rapidamente o crescimento vegetal. O fósforo é um componente integral de compostos como açúcares fosfato, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como os fosfolipídeos, que compõem as membranas vegetais e também são utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA. O potássio desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais, ele também ativa muitas enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (TAIZ e colaboradores, 2017).

No Brasil, o cultivo de feijão-caupi concentra-se principalmente nas regiões Nordeste e Centro-Oeste, que juntas correspondem a 90,7% do total da produção do país. O cultivo na região Nordeste é realizado principalmente por pequenos produtores, que, em sua maioria, não utilizam adubação nem irrigação, por isso a média de produtividade é de apenas 310,3 kg ha<sup>-1</sup>; por outro lado, na região Centro-Oeste, os plantios são realizados por grandes produtores com cultivos tecnificados e que apresentam produtividade média consideravelmente maior, de 1.287,4 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020).

Os adubos orgânicos, além de aumentarem e melhorarem a fertilidade do solo, em especial, os teores de P e K, poluem menos o ambiente agrícola e, com

isso, promovem maior estabilidade econômica aos produtores, pois se trata de um recurso natural disponível na propriedade (MELO e colaboradores, 2011), o que diminui os custos de produção e aumenta a rentabilidade do produtor. Em regiões onde o cultivo do feijão é realizado por agricultores familiares sem grandes investimentos em insumos, a adubação orgânica pode vir a suplementar ou, até mesmo, substituir, a longo prazo, os adubos químicos na lavoura (MARTINS e colaboradores, 2015).

A inoculação de plantas leguminosas com bactérias indutoras de nódulos que executam fixação biológica de nitrogênio (FBN) é um bom exemplo de uma “prática agrícola ecológica” (LEITE, J. e colaboradores, 2017). Segundo Jesus (2018), a FBN é uma alternativa para os agricultores de subsistência, já que a adubação mineral não ocorre ou é pouco utilizada por estes.

A cepa BR 3262 (SEMIA 6464) é uma bactéria eficiente na fixação de nitrogênio associada ao feijão-caupi e que, primeiramente foi nomeada como *Bradyrhizobium elkanii*. Foi isolada originalmente de nódulos de plantas de feijão-caupi em crescimento em um solo de Mata Atlântica do Brasil (SIMÕES-ARAÚJO e colaboradores, 2016). Entretanto, novos estudos genéticos e moleculares identificaram essa cepa como sendo da espécie *Bradyrhizobium pachyrhizi* (LEITE, J. e colaboradores, 2017).

A adubação é fator primordial para o aumento de produtividade das culturas, principalmente em solos deficientes de nutrientes, o que é realidade em várias regiões do Brasil e adubações alternativas, como o uso de material orgânico ou uso de FBN, podem se tornar opções diante da adubação química para culturas como o feijão-caupi. Diante do exposto, o objeto deste trabalho foi avaliar o desempenho e estimar parâmetros genéticos de cultivares de feijão-caupi submetidos a diferentes tipos de adubações química, orgânica e com fixação biológica de nitrogênio.

## 4.2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.2.1 Adubação mineral

A agricultura moderna tornou-se dependente da aplicação de insumos, com destaque para fertilizantes e pesticidas, face à disponibilidade de nutrientes considerados essenciais para essa espécie (DASTAGER e colaboradores, 2011). Os principais adubos químicos aplicados no Brasil são à base de três elementos: o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K).

O nitrogênio é o nutriente mais absorvido pelas plantas de feijão-caupi e tem sob o desenvolvimento das culturas um maior efeito (MIRANDA e colaboradores, 2017). Esse nutriente serve como constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo clorofila, aminoácidos e ácidos nucleicos; com isso, a deficiência de nitrogênio inibe rapidamente o crescimento vegetal (TAIZ e colaboradores, 2017). Existem no mercado muitos fertilizantes químicos nitrogenados com diferentes concentrações e forma de N, entre eles, ureia, sulfato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio (RIBEIRO e colaboradores, 1999).

O fósforo é um componente integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo os açúcares fosfato, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como os fosfolipídeos, que compõem as membranas vegetais, ele é também um componente de nucleotídeos utilizado no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA. O potássio desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais, ele também ativa muitas enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (TAIZ e colaboradores, 2017). Alguns fertilizantes químicos fosfatados são superfosfato simples, superfosfato triplo, hiperfosfato, fosfato natural; e os fertilizantes

potássicos mais conhecidos são o cloreto de potássio, sulfato de potássio, sulfato de potássio e magnésio e nitrato de potássio (RIBEIRO e colaboradores, 1999).

#### ***4.2.2 Adubação orgânica***

A utilização de resíduos orgânicos pode ser uma forma de reduzir os custos com adubação, além de criar um descarte apropriado para aqueles (CASTRO e colaboradores, 2016). Para Oliveira e colaboradores (2010), o benefício da utilização do esterco bovino pode estar relacionado com o fato de que, fornecido em quantidades apropriadas, pode ser capaz de prover as necessidades das plantas devido à ascensão dos teores de N, P e K disponíveis, sendo o K o elemento cujo teor atinge valores mais elevados no solo. Independente da origem dos estercos, quando aplicados em doses adequadas, que pode variar com a textura do solo, apresentam efeitos positivos sobre o rendimento das culturas por causa da sua ação favorável aos fatores físicos, químicos e biológicos do solo (CAVALCANTE, I. J. A. e colaboradores, 2010).

Em estudo avaliando o rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino nas dosagens de 0 até 40 t ha<sup>-1</sup>, Oliveira e colaboradores (2001) observaram que 25 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino apresentou melhor rendimento de grãos secos de feijão-caupi; assim, dosagem acima dessa não resultou em aumento da produtividade de grãos secos.

Assim, a utilização do esterco bovino como fonte de fertilização do solo pode proporcionar regularização na disponibilidade dos nutrientes e favorecer maior produtividade das culturas, além de ele ser amplamente utilizado em propriedades agrícolas familiares (MELO e colaboradores, 2011; SILVA, T. O. e colaboradores, 2011).

#### 4.2.3 Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

As bactérias coletivamente conhecidas como rizóbios formam uma parte importante da microbiota do solo e realizam a fixação biológica de nitrogênio (FBN), por meio da atividade da nitrogenase quando em simbiose com plantas leguminosas (LEITE, J. e colaboradores, 2017). A incorporação de N<sup>2</sup> via FBN aos diferentes agroecossistemas tem-se mostrado indispensável para a sustentabilidade da agricultura brasileira, em especial, devido à economia no uso de fertilizantes nitrogenados industrializados (COSTA e colaboradores, 2011; FERREIRA e colaboradores, 2013), resultando em menor custo de produção e redução dos impactos ambientais provenientes do manejo inadequado desses fertilizantes (COSTA e colaboradores, 2014).

Os rizóbios têm grande valor agrícola devido, principalmente, à necessidade da redução do uso de fertilizantes nitrogenados, além de desempenharem papel importante na melhoria da fertilidade do solo em sistemas agrícolas (MARTINS e colaboradores, 2017). Segundo Binotti e colaboradores (2007), embora a associação com bactérias do gênero *Rhizobium* atenda parte da exigência do feijoeiro por nitrogênio (N), normalmente, há necessidade de complementação com adubação mineral, pois a quantidade fornecida por esse processo, geralmente, não é suficiente.

Segundo Figueiredo (2012), a utilização da adubação nitrogenada é onerosa, tem pouca resposta às demandas da planta e, ainda, pode causar danos ecológicos, devido à contaminação dos solos e lençóis freáticos por sua lixiviação e escoamento superficial. Assim, de acordo com Araújo e Gualter (2017), a FBN é uma das alternativas de baixo valor econômico que pode substituir total ou parcialmente a adubação nitrogenada.

Embora se observe a capacidade do feijão-caupi de nodular facilmente com bactérias do grupo rizóbio no solo, estas podem apresentar baixa eficiência,

sendo necessária a inoculação para o eficiente uso do processo de FBN (ZILLI e colaboradores, 2009a). O uso de inoculantes com bactérias eficientes na FBN em condições de campo tem se mostrado uma estratégia importante para o aumento da produtividade do feijão-caupi (ZILLI e colaboradores, 2008).

Atualmente, são autorizadas e recomendadas para a cultura do feijão-caupi no Brasil quatro estirpes de *Bradyrhizobium*: UFLA3-84 (SEMIA 6461), BR 3267 (SEMIA 6462), INPA3-11B (SEMIA 6463) e BR 3262 (SEMIA 6464) (BRASIL, 2011). A estirpe BR 3262 (SEMIA 6464) foi isolada originalmente em uma área de mata atlântica em Seropédica – RJ, utilizando-se plantas de feijão-caupi como armadilha (ZILLI e colaboradores, 1998), e, posteriormente, mostrou-se como potencial inoculante para o feijão-caupi, em razão do bom desempenho quanto à eficiência simbiótica e da ocupação nodular no estado do Piauí (ZILLI e colaboradores, 2006), e se revelou adequada para inoculação de sementes de feijão-caupi em Roraima (ZILLI e colaboradores, 2009b). Recentemente, foi identificada como *Bradyrhizobium pachyrhizi* (LEITE, J. e colaboradores, 2017).

### 4.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo, entre dezembro de 2019 e março de 2020, na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* de Vitória da Conquista – BA, sob as coordenadas 14° 53' 24" Sul, 40° 48' 01" Oeste e 863 metros de altitude. O clima dessa região é classificado como tropical de altitude (Cwb), segundo a classificação de Köppen. De acordo com a Tabela 4.1, o solo da área experimental apresentou as seguintes características físico-químicas:

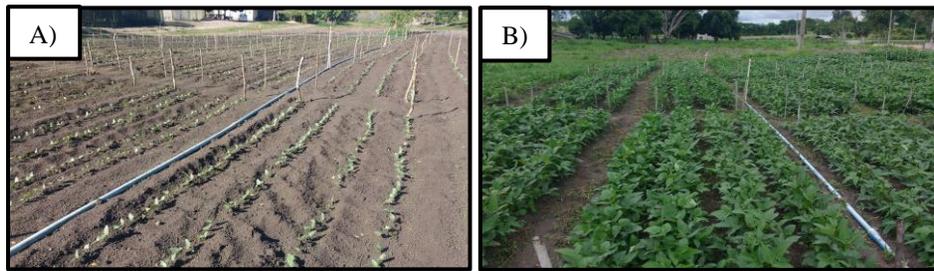
**Tabela 4.1** – Análise físico-química do solo utilizado no experimento em campo com diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Análise Física do solo													
FAT (%)		Composição granulométrica (tfsa g kg <sup>-1</sup> )					Classe textural						
Terra fina		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila								
100		630	130	40	200	Franco Argilo Arenosa							
Análise Química do solo													
pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	Na	SB	t	T	V	m	MO
(H <sub>2</sub> O)	mg dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----									%	g dm <sup>-3</sup>	
6,1	22	0,69	2,9	2,4	0,0	2,5	0,0	6,0	6,0	8,5	71	0	13

Extratores: P, K e Na (Mehlich-1); Ca, Mg e Al (KCl 1N); H (CaCl<sub>2</sub> 0,01M e SMP).

FAT: Frações da amostra total; SB: Soma das bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: Saturação de bases; m: Saturação por alumínio; MO: Matéria orgânica.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 4, com três repetições, em um total de 12 tratamentos, em 36 parcelas. Foram utilizadas para o experimento a cultivar BRS Guariba, que apresenta porte semiereto e as cultivares BRS Pujante e BRS Pajeú, com porte semiprostrado, submetidas a quatro diferentes tipos de adubação: Adubação química, adubação orgânica, adubação Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e sem adubação (controle).



**Figura 4.1** – Emergência (A) e estágio vegetativo (B) das plantas de feijão-caupi do experimento em campo em Vitória da Conquista – BA, 2020. (FONTE: GUIMARÃES, D. G., 2019(A)/2020(B)).

Tratamento com adubação química: foram utilizados adubos químicos à base de nitrogênio, fósforo e potássio. Na adubação de plantio, foram utilizados proporcionalmente: 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (4,37 mg dm<sup>-3</sup> de P), na forma de superfosfato simples, e 20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (8,33 mg dm<sup>-3</sup> de K), na forma de cloreto de potássio, e, após o desbaste (cerca de 15 dias após a emergência), foi realizada a adubação proporcional de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (15 mg dm<sup>-3</sup>), na forma de ureia, segundo recomendação para a cultura do feijão-caupi, baseada pela análise química do solo (MELO e CARDOSO, 2017).

Tratamento com adubação orgânica: foi utilizado como adubação orgânica esterco bovino curtido. Sete dias antes da semeadura, foram incorporados na linha de plantio, 25 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino. Essa dose utilizada de esterco é referente ao trabalho desenvolvido por Oliveira e colaboradores

(2001), que constataram que a dosagem de 25 t ha<sup>-1</sup> de esterco (sem adubação mineral); representou o rendimento máximo de grãos secos para a cultura.

Tratamento com Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN): foi utilizada para a FBN a cepa BR 3262 (*Bradyrhizobium pachyrhizi*). A inoculação das sementes foi realizada com, proporcionalmente, 100 g do inoculante para 100 kg de semente, homogeneizada com solução açucarada a 10%. Além da inoculação, foi realizada adubação de plantio, com proporcionalmente: 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (4,37 mg dm<sup>-3</sup> de P), na forma de superfosfato simples e 20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (8,33 mg dm<sup>-3</sup> de K), na forma de cloreto de potássio, conforme recomendado pela cultura (MELO e CARDOSO, 2017).

Tratamento sem adubação (controle): neste tratamento não foi utilizado nenhum tipo de adubação.

Cada parcela experimental possuía quatro linhas com cinco metros de comprimento, espaçadas 0,5 m entre elas. Para a área útil, foram consideradas as duas linhas centrais. A semeadura foi realizada em 05 dezembro de 2019 e consistiu na distribuição manual das sementes nas linhas de plantio, utilizando-se um total de 12 sementes por metro linear, e, após vinte dias, foi realizado o desbaste, deixando 8 plantas por metro linear, que resulta em um estande de 160 mil plantas por hectare, recomendado para a cultura. Foi utilizada irrigação suplementar sempre que necessária, com o intuito de manter o solo em capacidade de campo, e, eventualmente foram realizadas capinas manuais. A colheita foi realizada em 03 de março de 2020, 89 dias após a semeadura (DAS).

#### ***4.3.1 Avaliações morfofisiológicas e produtivas***

Em 30 de janeiro de 2020, com 56 dias após a semeadura (DAS), as plantas estavam encerrando o último estágio fenológico vegetativo (V<sub>9</sub>), e, um pouco antes de começarem a surgir os primórdios do botão floral no ramo

principal, período caracterizado como a primeira fase reprodutiva ( $R_1$ ) (CAMPOS e colaboradores, 2000), foram realizadas as seguintes avaliações, utilizando-se dez plantas da área útil da parcela:

- a) Altura de plantas – Mensurada utilizando-se fita métrica do colo da planta até a última folha, expressa em cm.
- b) Diâmetro do caule – Mensurado no colo da planta, a 5 cm de altura do nível do solo, utilizando-se paquímetro graduado, expresso em mm.
- c) Índices de clorofila Falker (ICF) *a*, *b* e Total – Determinados utilizando-se três folhas do terço médio de cada planta, com uso de um ClorofiLOG modelo CFL1030 da Falker e expressos em ICF.

No dia 03 de março de 2020, 89 DAS, foi realizada a colheita e as seguintes avaliações:

- a) Massa de vagem – Obtida pela relação da massa de todas as vagens de dez plantas da parcela pelo número total de vagens das dez plantas, expressa em g.
- b) Comprimento de vagem – Realizada com o auxílio de fita métrica, por meio da média da medida das vagens de dez plantas, expresso em cm.
- c) Número de grãos por vagem – Determinado pela relação do número total de grãos das vagens pelo número total de vagens, utilizando-se dez plantas por parcela.
- d) Índice de grãos – Relação entre a massa dos grãos pela massa total das vagens, expresso em porcentagem.
- e) Massa de 100 grãos – Realizado a partir da pesagem de cem grãos ao acaso de cada parcela útil, expresso em g.
- f) Número de vagens por planta – Obtida a partir da média pela contagem do número de vagens de dez plantas de cada parcela.
- g) Produtividade de grãos – Estimada a partir da produção de todas as plantas da parcela útil, corrigida por 13% de umidade e transformada para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade das variâncias (Cochran) e normalidade (Lilliefors), e, em seguida, foi realizada a análise de variância e teste “F”, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

#### **4.3.2 Avaliações de estimativas de parâmetros genéticos**

Os traços que apresentaram diferenças significativas entre as diferentes cultivares foram submetidos à obtenção de parâmetros genéticos e seus estimadores foram analisados, utilizando-se as seguintes expressões (CRUZ e colaboradores, 2012).

- a) Variância Fenotípica:  $VP = QMG / r$
- b) Variância Genotípica:  $VG = (QMG - QMR) / r$
- c) Variância Ambiental:  $VE = QMR / r$
- d) Herdabilidade em sentido amplo:  $h^2a = (VG / VP) \times 100$

As  $h^2a$  foram classificadas como: Baixa = 0% a 30%; Média = 31% a 60%; e Alta = acima de 60% (JOHNSON e colaboradores, 1955).

- e) Coeficiente de Variação Fenotípica:  $CVP = (\sqrt{VP} / \bar{X}) \times 100$
- f) Coeficiente de variação Genotípica:  $CVG = (\sqrt{VG} / \bar{X}) \times 100$
- g) Coeficiente de Variação Ambiental:  $CVE = (\sqrt{VE} / \bar{X}) \times 100$

CVP, CVG e CVE foram classificados como: Baixo = menor que 10%; Médio = 10% a 20%; e Alto = mais que 20% (SIVASUBRAMANIAN e MENON, 1973).

- h) Coeficiente de Variação Relativo (Coeficiente “b”) =  $CVG / CVE$ ,
- i) Ganho genético:  $GA = i \Delta p h^2$

$i$  = Intensidade de Seleção (5%) = 2,06 (Constante);

$\Delta p$  = Desvio Padrão da Variância Fenotípica:  $\sqrt{VP}$ ;

$h^2$  = Herdabilidade.

j) Ganho Genético em Porcentagem da Média:  $GAM = [(GA / \bar{X}) \times 100]$

Tem-se o ganho genético assumindo intensidade de seleção de 5% em um ciclo de avaliação.

O GAM foi classificado como: Baixo = menos de 10%; Médio = 10% a 20%; e Alto = mais que 20% (JOHNSON e colaboradores, 1955).

Para estimar as correlações, foram utilizadas as expressões citadas por Falconer (1987) e Ramalho e colaboradores (1993):

a) Correlação fenotípica ( $rP$ )

$$rP(xy) = \frac{COV_{P(XY)}}{\sqrt{\sigma^2_{PX} \cdot \sigma^2_{PY}}}$$

b) Correlação genotípica ( $rG$ )

$$rG(xy) = \frac{COV_{G(XY)}}{\sqrt{\sigma^2_{GX} \cdot \sigma^2_{GY}}}$$

c) Correlação ambiental ( $rE$ )

$$rE = \frac{COV_{E(XY)}}{\sqrt{\sigma^2_{EX} \cdot \sigma^2_{EY}}}$$

Em que:  $r_{xy}$  = correlação entre os caracteres X e Y;  $COV_{(XY)}$  = covariância entre os dois caracteres X e Y; e  $\sigma^2X$  e  $\sigma^2Y$  = variância dos caracteres X e Y, respectivamente.

As  $rP$ ,  $rG$  e  $rE$  foram classificadas como: Muito Fraca = 0,00 a 0,19; Fraca = 0,20 a 0,39; Moderada = 0,40 a 0,69; Forte = 0,70 a 0,89; e Muito Forte = 0,90 a 1,00 (SHIMAKURA e RIBEIRO JÚNIOR, 2012).

Para o cálculo das correlações, foi utilizado o software Genes (CRUZ, 2013), e, para verificar o nível de significância das correlações, utilizou-se o teste “t” a 1% e 5% de probabilidade.

## 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *4.4.1 Características morfofisiológicas e produtivas*

Com 56 DAS, as plantas estavam no final do período fenológico V<sub>9</sub>, e as primeiras avaliações foram realizadas. Na Tabela 4.2, é apresentada a análise de variância de altura de plantas, diâmetro de caule, índice de clorofila Falker *a*, índice de clorofila Falker *b* e índice de clorofila Falker Total. Observa-se que a característica altura de plantas apresentou diferença significativa apenas para cultivares, e, para a característica diâmetro de caule, foi observada diferença apenas para adubação.

**Tabela 4.2** – Análise de variância de altura de plantas (ALT), diâmetro de caule (DIÂ), índice de clorofila Falker *a* (ICF *a*), índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e índice de clorofila Falker total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios				
		ALT	DIÂ	ICF <i>a</i>	ICF <i>b</i>	ICF T
Cultivares (C)	2	988,41*	1,49	8,23*	70,96*	126,91*
Adubação (A)	3	136,53	5,46*	15,18*	41,71*	107,01*
C x A	6	122,93	0,78	1,04	10,56	17,01
Blocos	2	42,23	1,03	3,77	25,27*	45,32*
Resíduo	22	64,93	1,01	1,32	6,87	12,88
C.V. (%)		13,02	11,16	2,86	14,15	6,12

\*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 4.3, as cultivares BRS Pajeú e BRS Guariba, que apresentaram altura de plantas com 68,27 cm e 65,88 cm, respectivamente, foram significativamente mais altas que a cultivar BRS Pujante (51,49 cm). BRS Pajeú e BRS Guariba apresentaram alturas iguais, o que indica que o porte das plantas não foi limitante na formação da altura, visto que as cultivares BRS Pujante e BRS Pajeú são consideradas de porte semiprostrado, e, teoricamente teriam que apresentar menores alturas que a cultivar BRS Guariba, que possui porte semiereto.

**Tabela 4.3** – Altura de plantas de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Cultivares	Altura (cm)
BRS Guariba	65,88 a
BRS Pujante	51,49 b
BRS Pajeú	68,27 a
Média geral	61,88
DMS	8,27

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados para a característica altura de plantas foram semelhantes ao encontrados por Públio Júnior e colaboradores (2017), ao analisarem 20 genótipos em condições de campo para a cultivar BRS Guariba, e também semelhante aos resultados de Meira (2017), que avaliou diferentes fontes de nutrientes e não verificou diferenças para altura de plantas entre as cultivares.

Para diâmetro de caule, as cultivares não apresentaram diferença significativa, a diferença foi constatada apenas para diferentes adubações (Tabela 4.2). Na Tabela 4.4, é apresentado o diâmetro de caule das plantas de feijão-caupi quando submetidas a diferentes tipos de adubação. As adubações, orgânica (9,69 mm) e com FBN (9,42 mm) foram similares à adubação química (8,92 mm) e superiores ao tratamento sem adubação (7,92 mm). Os resultados indicaram que

a adubação não influenciou na altura, todavia, apresentou tendência de formar plantas com maiores diâmetros de caule.

**Tabela 4.4** – Diâmetro de caule de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Adubação	Diâmetro de caule (mm)
Adubação química	8,92 a b
Adubação orgânica	9,69 a
Com FBN	9,42 a
Sem adubação	7,92 b
Média geral	8,99
DMS	1,31

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Outras avaliações realizadas nesse mesmo período foram os índices de clorofila Falker (ICF), utilizando-se um clorofiLOG. Este é um medidor eletrônico de teor de clorofila não destrutivo, que mede a absorção de luz pela folha em comprimentos de onda específicos, e, assim, por meio das relações de absorção nas diferentes frequências, é determinado o Índice de Clorofila Falker (ICF), que apresenta grande correlação com medições de laboratório e considera a presença da clorofila dos tipos *a* e *b* (FALKER, 2009). Barbieri Junior e colaboradores (2012), estudando o capim-Tifton 85, observaram correlações positivas para as clorofilas *a*, *b* e Total comparando o método laboratorial de espectrofotometria, utilizando acetona 80%, com o aparelho clorofiLOG, que evidenciou a utilidade desse clorofilômetro na determinação indireta dos teores de clorofila foliar.

Para os índices de clorofila Falker *a* (ICF *a*), *b* (ICF *b*) e Total (ICF T), a análise de variação indicou diferença significativa pelo teste “F” para ambos os tratamentos, cultivares e adubação (Tabela 4.2). Considerando os valores de ICF *a*, *b* e Total para diferentes cultivares, observa-se pela Tabela 4.5 que a cultivar

BRS Guariba apresentou maiores valores quando comparada às cultivares BRS Pujante e BRS Pajeú. Os resultados indicam que a cultivar BRS Guariba, possivelmente, possui uma tendência fisiológica de acumular em suas folhas concentrações maiores de clorofilas, quando comparada às outras cultivares.

**Tabela 4.5** – Índice de clorofila Falker *a* (ICF *a*), índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e índice de clorofila Falker total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Cultivares	ICF <i>a</i>	ICF <i>b</i>	ICF T
BRS Guariba	41,08 a	21,28 a	62,36 a
BRS Pujante	39,72 b	16,91 b	56,62 b
BRS Pajeú	39,58 b	17,27 b	56,84 b
Média geral	40,12	18,48	58,61
DMS	1,18	2,69	3,68

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.6, são apresentados os valores de ICF *a*, *b* e Total das cultivares de feijão-caupi avaliadas quando submetidas a diferentes tipos de adubação. Observa-se que os tratamentos com adubações química, orgânica e com FBN foram significativamente superiores ao tratamento sem adubação para os três ICF.

**Tabela 4.6** – Índice de clorofila Falker *a* (ICF *a*), índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*) e índice de clorofila Falker total (ICF T) de cultivares de feijão-caupi ao final do estágio fenológico V<sub>9</sub> submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Adubação	ICF <i>a</i>	ICF <i>b</i>	ICF T
Adubação química	40,95 a	19,62 a	60,58 a
Adubação orgânica	40,57 a	19,47 a	60,03 a
Com FBN	40,78 a	19,58 a	60,37 a
Sem adubação	38,19 b	15,26 b	53,44 b
Média geral	40,12	18,48	58,61
DMS	1,51	3,43	4,71

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados sugerem que as adubações forneceram nitrogênio suplementar para as plantas, aumentando a formação de clorofilas, quando comparadas ao tratamento sem adubação. Índices indiretos de clorofila, como o índice de clorofila Falker, apresentam alta correlação com a concentração de nitrogênio presente na planta (SCHLICHTING e colaboradores, 2015). Haim e colaboradores (2012), estudando o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), confirmaram essa informação ao concluírem que o teor foliar de nitrogênio correlacionou-se ao índice de clorofila Falker.

Aos 89 DAS, foi realizada a colheita do experimento e efetivada as demais avaliações. A análise de variância da massa de vagem, comprimento de vagem, número de grãos por vagem, índice de grãos, massa de 100 grãos, número de vagens por planta e produtividade de grãos está apresentada na Tabela 4.7. As características massa de vagem, comprimento de vagem e número de grãos por vagem apresentaram diferença significativa apenas para cultivares, enquanto o índice de grãos não apresentou diferença para nenhum dos tratamentos.

**Tabela 4.7** – Análise de variância de massa de vagem (MV), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), índice de grãos (IG), massa de 100 grãos (M100G), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						
		MV	COMPV	NGV	IG	M100G	NVP	PROD
Cultivares (C)	2	10,76*	119,79*	44,16*	3,19	85,66*	16,56*	680530,13*
Adubação (A)	3	0,08	0,83	0,95	2,64	0,56	7,13*	600422,48*
C x A	6	0,03	0,16	0,71	6,64	0,22	1,01	30840,68
Blocos	2	0,26	3,07*	1,11	2,75	0,55	2,48*	120650,68
Resíduo	22	0,11	0,59	0,76	3,99	1,14	0,61	84721,51
C.V. (%)		9,29	3,70	6,68	2,66	5,14	11,17	13,70

\*Significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

A maior massa de vagem foi observada na cultivar BRS Pujante (2,96 g), que foi superior às cultivares BRS Pajeú (3,29 g) e BRS Guariba (2,96 g), as quais foram estatisticamente iguais. A cultivar BRS Pujante, além de apresentar as vagens com maior massa, também apresentou as vagens com maior comprimento, com média de 24,39 cm; foi superior às vagens das cultivares BRS Pajeú e BRS Guariba, que com comprimento médio de vagem de 19,07 cm e 18,78 cm, respectivamente, foram novamente similares (Tabela 4.8).

**Tabela 4.8** – Massa de vagem (MV), comprimento de vagem (COMPV) e número de grãos por vagem (NGV) de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Cultivares	MV (g)	COMPV (cm)	NGV (unid)
BRS Guariba	2,96 b	18,78 b	10,91 c
BRS Pujante	4,74 a	24,39 a	14,63 a
BRS Pajeú	3,29 b	19,07 b	13,60 b
Média geral	3,67	20,75	13,05
DMS	0,35	0,79	0,89

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As vagens com maiores comprimentos da cultivar BRS Pujante também interferiram na quantidade de grãos por vagem. Com 14,63 grãos por vagem, essa cultivar foi novamente superior às demais, seguida da cultivar BRS Pajeú, com 13,60 grãos por vagem e a cultivar que apresentou o menor número de grãos foi a BRS Guariba, com 10,91 grãos por vagem.

Para índice de grãos, como foi informado na Tabela 4.7, não foi observada diferença significativa para nenhum dos tratamentos avaliados (cultivares e adubação); a média geral de índice de grãos do estudo foi de 75%.

Massa de 100 grãos apresentou diferença apenas para cultivares, e as características número de vagens por planta e produtividade de grãos apresentaram diferenças para cultivares e adubações, indicando que são influenciadas por ambos os tratamentos (Tabela 4.7). Almeida e colaboradores

(2010) também não observaram diferenças significativas entre os tratamentos com FBN e com ou sem adubação nitrogenada para comprimento de vagem e massa de 100 grãos, semelhante ao encontrado neste trabalho; todavia, os autores constataram que a adubação também não interferiu no número de vagens por planta, diferentemente do presente estudo, em esse foi influenciado.

Comparando a massa de 100 grãos entre as diferentes cultivares, foi observado que a cultivar BRS Pujante, com massa de grãos de 23,64 g, foi significativamente superior às demais. A cultivar BRS Guariba, com massa de 100 grãos de 20,46 g foi significativamente inferior à BRS Pujante, todavia, superior à cultivar BRS Pajeú, que apresentou 18,33 g (Tabela 4.9).

**Tabela 4.9** – Massa de 100 grãos (M100G), número de vagens por planta (NVP), e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes níveis de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Cultivares	M100G (g)	NVP (unid)	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )
BRS Guariba	20,46 b	8,32 a	2.027,89 b
BRS Pujante	23,64 a	6,53 b	2.395,78 a
BRS Pajeú	18,33 c	6,10 b	1.949,87 b
Média geral	20,81	6,98	2.124,51
DMS	1,09	0,80	298,63

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

BRS Pujante é uma cultivar que forma vagens e sementes maiores que a maioria das demais; Santos e colaboradores (2007a) caracterizaram essa cultivar com comprimento médio de vagem de 18,4 cm, massa de 100 sementes de 24,8 g e 9 sementes por vagem. No presente estudo, foram observados comprimento de vagem de 24,38 cm, massa de 100 grãos de 23,64 g e 14,63 grãos por vagem. Apenas para massa de 100 grãos, o presente estudo apresentou valores levemente menores que os citados pelos autores; as demais características indicaram valores consideravelmente superiores.

Para número de vagens por planta, a cultivar BRS Guariba destacou-se com 8,32 vagens por planta, valor maior que os apresentados pelas cultivares BRS Pujante e BRS Pajeú, com 6,53 e 6,10 vagens por planta, respectivamente. Analisando os resultados da principal característica da cultura, a produtividade de grãos, a cultivar BRS Pujante foi superior, com produtividade média de 2.395,78 kg ha<sup>-1</sup>, 18,14% maior que a cultivar BRS Guariba, que apresentou 2.027,89 kg ha<sup>-1</sup>, e 22,87% maior que a cultivar BRS Pajeú, com 1.949,87 kg ha<sup>-1</sup>. BRS Guariba e BRS Pajeú foram significativamente iguais.

Para Bezerra e colaboradores (2018), o principal componente de produção do feijão-caupi é o número de vagens por planta, todavia, a cultivar BRS Pujante, apesar de ter apresentado menor número de vagens por planta que a cultivar BRS Guariba, foi superior em produtividade de grãos, possivelmente devido ao maior número de grãos por vagem e à maior massa de 100 grãos (Tabelas 4.8 e 4.9).

Vale destacar que na escolha da cultivar, a cor da semente pode ser um fator preponderante. A cor do tegumento da semente da cultivar BRS Pujante é marrom (SANTOS e colaboradores, 2007a); a cor da BRS Pajeú é marrom clara (FREIRE FILHO e colaboradores, 2009b); e a cultivar BRS Guariba apresenta semente da cor branca (FREIRE FILHO e colaboradores, 2004) (Figura 2.1). Essa disparidade da coloração da semente poderá fazer diferença na preferência do consumidor final e, interferir consequentemente na escolha pelo produtor. Entretanto, todas as três cultivares avaliadas apresentaram valores de produtividade de grãos satisfatórios e bem superiores às médias nacionais (IBGE, 2020).

As únicas características realizadas após a colheita que foram influenciadas pelos diferentes tipos de adubação foram número de vagens por planta e produtividade de grãos, entretanto; essas são características de grande importância para a condução da cultura.

Para número de vagens por planta, observa-se na Tabela 4.10 que todos os tratamentos que foram submetidos a algum tipo de adubação foram similares e superiores ao tratamento sem adubação, indicando que a adubação interfere positivamente na formação de novas vagens nas plantas de feijão-caupi. O mesmo comportamento foi observado para produtividade de grãos, com os tratamentos com adubação apresentando resultados semelhantes e superiores aos do tratamento sem adubação.

**Tabela 4.10** – Número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PROD) de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes tipos de adubação em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Adubação	NVP (unidade)	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )
Adubação química	7,38 a	2.240,78 a
Adubação orgânica	7,84 a	2.331,27 a
Com FBN	6,94 a	2.177,15 a
Sem adubação	5,77 b	1.748,87 b
Média geral	6,98	2.124, 51
DMS	1,02	381,14

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Guimarães e colaboradores (2020), também observaram diferença entre tratamento com NPK (químico) e sem adubação para número de vagens por planta e produtividade de grãos, todavia, a diferença foi consideravelmente maior, com o tratamento com NPK produzindo 105,5% a mais de vagens por planta e 135,7% a mais de produtividade de grãos. No presente estudo, para número de vagens por planta, o tratamento com adubação química (com NPK) foi maior 28,77% que o tratamento sem adubo e maior 28,13% para produtividade de grãos.

Foi observado que o tratamento com adubação orgânica (25 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino) apresentou produtividade de grãos 33,3% maior que o tratamento sem adubação. Maior incremento de produtividade com adição de adubação orgânica foi observado por Oliveira e colaboradores (2001), que, com a dose de

25 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino (dose essa que resultou em maior produtividade), observaram 2.008 kg ha<sup>-1</sup> de grãos secos, 150,7% a mais que o tratamento sem esterco, que produziu 801 kg ha<sup>-1</sup>.

Segundo Magalhães e colaboradores (2018), o uso de fertilizante orgânico no feijão é eficiente, pois, devido ao ciclo curto, a cultura apresenta uma resposta satisfatória a esse tipo de fertilização. Os resultados evidenciaram a importância desse tipo de adubação para a produção de feijão-caupi, indicando que o uso de esterco bovino, que, muitas vezes é produzido na própria propriedade, pode substituir a adubação química e gerar maior economia e renda ao produtor.

Os resultados de produtividade de grãos para o tratamento com FBN foram promissores, com produtividade de 2.177,15 kg ha<sup>-1</sup>, estatisticamente similares aos do tratamento com adubação química e superiores aos do tratamento sem adubação, produzindo 24,5% a mais de grãos. Os resultados corroboram os observados por Almeida e colaboradores (2010), que, avaliando diferentes estipes na cultivar de feijão-caupi BR 17 Gurguéia, observaram que a estipe BR 3262 (avaliada no presente estudo), com produtividade de 1.823,92 kg ha<sup>-1</sup>, foi significativamente similar ao tratamento com 50 kg de N ha<sup>-1</sup> (1.884,61 kg ha<sup>-1</sup>) e superior 38,86% ao tratamento sem adubação, que produziu 1.313,45 kg ha<sup>-1</sup>.

Segundo Tampakaki e colaboradores (2017), o feijão-caupi apresenta uma alta promiscuidade, capaz de estabelecer simbiose eficiente com diversas bactérias simbióticas, principalmente, pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium*. Em virtude dessa promiscuidade em ser nodulada, por muitos anos a ideia de seleção de estirpes eficientes para a cultura foi desacreditada (SILVA JÚNIOR, 2015). Todavia, resultados como os apresentados no presente estudo indicam a importância da inoculação com FBN na cultura do feijão-caupi, que no futuro pode ser substituída pelo adubo químico nitrogenado, a exemplo da cultura da soja, que estima-se que, no Brasil, com a inoculação de *Bradyrhizobium* no lugar

de fertilizantes químicos, resulte em economia de mais de US\$ 10 bilhões anualmente (HUNGRIA e MENDES, 2015).

De acordo com Gama e colaboradores (2007), no Brasil, a maioria dos solos são ácidos, apresentam os elementos químicos tóxicos  $Al^{3+}$  e  $H^+$ , possuem baixa capacidade de troca de cátions, baixa saturação por bases, baixa capacidade de retenção de água e baixos teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , o que influencia na baixa produtividade das culturas. Diante disso, vale salientar que, de acordo com a Tabela 4.1, observa-se que o solo utilizado no presente estudo não apresentou baixa fertilidade, como, geralmente, acontece na região; a saturação de bases, por exemplo, que é um dos parâmetros mais importantes, apresentou 71%, superior ao recomendado pela cultura de acordo com Melo e Cardoso (2017).

Esse solo, considerado fértil, pode explicar o alto valor de produtividade do tratamento sem adubação ( $1.748,87 \text{ kg ha}^{-1}$ ), comparado com a média nacional de produtividade de feijão-caupi, que, em 2017, foi de apenas  $493,24 \text{ kg ha}^{-1}$  (IBGE, 2020). Caso o solo do presente estudo fosse menos fértil, a diferença de produtividade dos tratamentos com algum tipo de adubação, comparados ao tratamento sem adubação, possivelmente seria maior.

#### ***4.4.2 Estimativas de parâmetros genéticos***

Na Tabela 4.11, são apresentados os parâmetros genéticos das características avaliadas. Segundo Atta e colaboradores (2008), um levantamento da existência da variabilidade genética com o auxílio de parâmetros adequados, como coeficiente de variação genética, estimativas de herdabilidade e avanço genético, é necessário para iniciar a melhoria genética da cultura trabalhada. De acordo com El-Nahrawy (2018), o sucesso de um adequado programa de melhoramento genético e seleção de culturas depende principalmente da

existência da variabilidade genética presente nos materiais selecionados para o melhoramento.

**Tabela 4.11** – Parâmetros genéticos para altura de plantas (ALT), índice de clorofila Falker *a* (ICF *a*), índice de clorofila Falker *b* (ICF *b*), índice de clorofila Falker Total (ICF T), massa de vagem (MV), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PROD) de três cultivares de feijão-caupi em Vitória da Conquista – BA, 2020.

Fator de Variação	Parâmetros Genéticos									
	ALT	ICF <i>a</i>	ICF <i>b</i>	ICF T	MV	COMPV	NGV	M100G	NVP	PROD
VP	329,47	2,74	23,65	42,30	3,59	39,93	14,72	28,55	5,52	226843,38
VG	307,83	2,30	21,36	38,01	3,55	39,73	14,47	28,17	5,32	198602,87
VE	21,64	0,440	2,29	4,29	0,04	0,19	0,25	0,38	0,20	28240,50
CVP (%)	29,33	4,13	26,32	11,09	51,60	30,45	29,40	25,68	33,66	22,42
CVG (%)	28,35	3,78	25,01	10,52	51,34	30,38	29,15	25,51	33,03	20,98
CVE (%)	7,52	1,65	8,19	3,54	5,22	2,14	3,86	2,96	6,46	7,91
h <sup>2</sup> a (%)	93,43	83,96	90,32	89,85	98,98	99,51	98,28	98,67	96,3	87,6
GA	34,94	2,86	9,05	12,04	3,86	12,95	7,77	10,86	4,66	858,99
GAM	56,5	7,1	49,0	20,5	105,2	62,4	59,5	52,2	66,8	40,4
CVG/CVE	3,77	2,29	3,05	2,98	9,84	14,21	7,56	8,61	5,11	2,65

Variação fenotípica (VP), variação genotípica (VG), variação ambiental (VE), coeficiente de variação fenotípica (CVP), coeficiente de variação genotípica (CVG), coeficiente de variação ambiental (CVE), herdabilidade em sentido amplo (h<sup>2</sup>a), ganho genético (GA), ganho genético em porcentagem da média (GAM).

Conforme classificação proposta por Sivasubramanian e Menon (1973) os coeficientes de variação fenotípica (CVP) e genotípica (CVG) foram considerados altos para a grande maioria dos traços, exceto para ICF T, que foi considerado médio, e ICF *a*, que foi considerado como baixo.

Os resultados indicando valores próximos de CVP e CVG foram satisfatórios, o que significa que o componente genético destaca-se sobre seu equivalente ambiental. Pela mesma classificação, todos os coeficientes de variação ambiental (CVE) foram considerados baixos, sempre com valores inferiores a seus respectivos CVP e CVG.

Segundo El-Nahrawy (2018), a magnitude e o tipo de variabilidade genética são importantes para determinar os critérios de seleção e os esquemas de melhoramento a serem utilizados para fins de melhoria. Com isso, foi observado que todos os traços apresentaram valores do coeficiente *b* (CVG / CVE) maiores que 1, variando de 2,65 para PROD até 14,21 para COMPV, sugerindo que a variação genética sobressai em relação ao ambiental, sendo recomendado nesse caso o uso de seleção. Trabalhos como os de Ubi e colaboradores (2001) e Omoigui e colaboradores (2006) calcularam diferentes componentes de variância, herdabilidade e avanço genético para diferentes características do feijão-caupi e mencionaram que a seleção também foi eficaz.

Os valores de herdabilidade neste estudo foram considerados altos para todos os traços (JOHNSON e colaboradores, 1955), com o menor valor de 87,6% para PROD e o maior valor de 99,51% observado na característica COMPV. El-Fattah e colaboradores (2019) e Ameen e colaboradores (2014) também encontraram valores altos de herdabilidade em sentido amplo em trabalhos com feijão-caupi. Segundo El-Nahrawy (2018), altos valores de herdabilidade indicam que a predominância da ação do gene aditivo na expressão das características pode ser melhorada e, assim, obtêm-se resultados significativos a partir do primeiro ciclo de seleção.

Para ganho genético em porcentagem da média (GAM), segundo classificação de Johnson e colaboradores (1955), o ICF *a*, com valor de apenas 7,1%, foi classificado como baixo, e os demais traços foram classificados como altos, variando de 20,5% em ICF T, até 105,2% para MV.

Neste trabalho, PROD, que é a característica mais importante da cultura, com herdabilidade de 87,6% e GAM de 40,4%, tem uma estimativa de ganho genético (GA) na próxima geração de 858,99 kg ha<sup>-1</sup>.

Na Tabela 4.12, são apresentados os resultados das correlações fenotípicas (*r*P), genotípicas (*r*G) e ambientais (*r*E) entre todos os traços avaliados. Observa-se que, em todas as situações, a correlação genotípica foi maior ou igual à sua respectiva correlação fenotípica.

**Tabela 4.12** – Correlações fenotípicas ( $rP$ ), correlações genotípicas ( $rG$ ) e correlações ambientais ( $rE$ ) de altura de plantas (ALT), índice de clorofila Falker  $a$  (ICF  $a$ ), índice de clorofila Falker  $b$  (ICF  $b$ ), índice de clorofila Falker Total (ICF T), massa de vagem (MV), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PROD) de três cultivares de feijão-caupi em Vitória da Conquista – BA, 2020.

		ICF $a$	ICF $b$	ICF T	MV	COMPV	NGV	M100G	NVP	PROD
ALT	$rP$	0,30	0,45**	0,41*	-0,95**	-0,97**	-0,62**	-0,96**	0,21	-0,97**
	$rG$	0,41*	0,61**	0,56**	-0,99**	-0,99**	-0,69**	-0,99**	0,21	-0,99**
	$rE$	-0,24	-0,08	-0,14	-0,12	-0,34	0,09	-0,45**	-0,33	-0,03
ICF $a$	$rP$		0,97**	0,98**	-0,58**	-0,46**	-0,94**	-0,30	0,98**	-0,27
	$rG$		0,99**	0,99**	-0,61**	-0,49**	-0,99**	-0,25	0,99**	-0,26
	$rE$		0,78**	0,89**	-0,10	-0,05	-0,38*	0,28	-0,02	-0,17
ICF $b$	$rP$			0,98**	-0,70**	-0,60**	-0,98**	-0,19	0,96**	-0,42*
	$rG$			0,99**	-0,74**	-0,65**	-0,99**	-0,19	0,99**	-0,42*
	$rE$			0,98**	0,01	-0,11	-0,29	0,33	-0,59**	-0,35*
ICF T	$rP$				-0,64**	-0,57**	-0,97**	-0,15	0,97**	-0,38*
	$rG$				-0,71**	-0,61**	-0,99**	-0,15	0,99**	-0,38*
	$rE$				-0,02	-0,09	-0,34*	0,33	-0,05	-0,31
MV	$rP$					0,99**	0,83**	0,83**	-0,49**	0,94**
	$rG$					0,99**	0,83**	0,83**	-0,50**	0,96**
	$rE$					0,66**	0,70**	0,42*	-0,17	-0,41*
COMPV	$rP$						0,75**	0,89**	-0,37*	0,98**
	$rG$						0,75**	0,90**	-0,39*	0,99**
	$rE$						0,62**	0,19	0,06	-0,09
NGV	$rP$							0,38*	-0,89**	0,59**
	$rG$							0,38*	-0,92**	0,61**
	$rE$							-0,23	-0,11	-0,12

**Tabela 4.12 (continuação)** – Correlações fenotípicas ( $rP$ ), correlações genotípicas ( $rG$ ) e correlações ambientais ( $rE$ ) de altura de plantas (ALT), índice de clorofila Falker  $a$  (ICF  $a$ ), índice de clorofila Falker  $b$  (ICF  $b$ ), índice de clorofila Falker Total (ICF T), massa de vagem (MV), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PROD) de três cultivares de feijão-caupi em Vitória da Conquista – BA, 2020.

		ICF $a$	ICF $b$	ICF T	MV	COMPV	NGV	M100G	NVP	PROD
M100G	$rP$								0,07	0,97**
	$rG$								0,07	0,99**
	$rE$								0,05	-0,42*
NVP	$rP$									-0,17
	$rG$									-0,22
	$rE$									0,20

\*, \*\* Significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste t.

Em geral, as correlações genotípicas e ambientais apresentaram os mesmos sinais, o que indica que as causas das variações genotípica e ambientais são influenciadas pelos mesmos mecanismos fisiológicos e bioquímicos. As correlações ambientais apresentaram valores consideravelmente inferiores às suas respectivas variações genotípicas; isso, demonstra a importância do fator genético para a seleção e manipulação genética.

Os índices de clorofila Falker (ICF) *a*, *b* e Total, por estarem relacionados entre si, apresentaram correlações fenotípicas e genotípicas de magnitude muito forte entre eles, segundo Shimakura e Ribeiro Júnior (2012). Os três ICF apresentaram correlações genotípicas e fenotípicas muito fortes e negativas com número de grãos por vagem e positiva com número de vagens por planta, o que sugere fazer seleção específica para uma e depois para outra característica.

A produtividade de grãos é o traço de maior importância da cultura; essa característica apresentou correlações fenotípicas e genotípicas muito fortes e negativas com altura de plantas (ALT) ( $r_P = -0,97^{**}$  e  $r_G = -0,99^{**}$ ) e muitas fortes positivas com as características massa de vagem (MV) ( $r_P = 0,94^{**}$  e  $r_G = 0,96^{**}$ ), comprimento de vagem (COMPV) ( $r_P = 0,98^{**}$  e  $r_G = 0,99^{**}$ ) e massa de 100 grãos (M100G) ( $r_P = 0,97^{**}$  e  $r_G = 0,99^{**}$ ) e obteve correlação positiva de magnitude moderada com número de grãos por vagem (NGV) ( $r_P = 0,59^{**}$  e  $r_G = 0,61^{**}$ ). Essa situação, aliada à alta herdabilidade apresentada por esses traços (Tabela 4.11), indica que o aumento da produtividade de grãos pode ser obtida por meio de seleção indireta, selecionando plantas com menor altura, com vagens de maior massa, comprimento e com maior número de grãos e com massa de grãos superior, traços estes de fácil mensuração.

Resultados similares foram observados por Públio Junior e colaboradores (2018), que, avaliando 20 genótipos de feijão-caupi observaram correlações genotípicas de produtividade de grãos com altura de plantas ( $r_G = -0,70^{**}$ ), massa de vagem ( $r_G = 0,69^{**}$ ) e número de grãos por vagem ( $r_G = 0,59^{**}$ ) e obtiveram

conclusões semelhantes, informando que o aumento da produtividade pode ser alcançado por meio da seleção indireta das características número de vagens por planta, peso da vagem e número de grãos por vagem.

Andrade e colaboradores (2010), também observaram correlações positivas de produtividade de grãos frescos de feijão-caupi com peso de 100 grãos frescos ( $rP= 0,77^{**}$  e  $rG= 0,84^{**}$ ), porém, analisando as correlações de produtividade de grãos frescos com número de grãos por vagem fresca ( $rP= -0,27^{**}$  e  $rG= -0,29^{**}$ ), observaram correlação negativa significativa fraca, o que difere deste estudo.

El-Fattah e colaboradores (2019), observaram correlações altamente significativas entre produção total de sementes secas e número de vagens por planta, peso de vagens por planta e peso de sementes por planta.

O estudo apresentou várias correlações significativas, todavia, algumas se destacaram, apresentando magnitude muito forte. Altura de plantas (ALT) apresentou correlações fenotípicas e genotípicas muito fortes e negativas com massa de vagem (MV) ( $rP= -0,95^{**}$  e  $rG= -0,99^{**}$ ), comprimento de vagem (COMPV) ( $rP= -0,97^{**}$  e  $rG= -0,99^{**}$ ) e massa de 100 grãos (M100G) ( $rP= -0,96^{**}$  e  $rG= -0,99^{**}$ ), isso sugere que plantas com porte mais baixo formam vagens com menos massa, menor comprimento e menor massa de grãos.

Comprimento de vagem (COMPV) apresentou correlações genotípicas e fenotípicas muito fortes com massa de vagem (MV) ( $rP= 0,99^{**}$  e  $rG= 0,99^{**}$ ) e genotípica muito fortes com massa de 100 grãos (M100G) ( $rG= 0,90^{**}$ ). Também foi observada correlação genotípica negativa muito forte entre NGV x NVP ( $rG= -0,92^{**}$ ).

As correlações de COMPV x NGV ( $rP= 0,75^{**}$ ,  $rG= 0,75^{**}$  e  $rG= 0,62^{**}$ ) foram similares às observadas por Andrade e colaboradores (2010) para comprimento de vagem fresca x número de grãos por vagem fresca ( $rP= 0,77^{**}$ ,

$rG= 0,78^{**}$  e  $rG= 0,59^{**}$ ), o que sugere que vagens com maior comprimento possuem um maior número de grãos.

Os resultados deste estudo demonstraram alta diversidade fenotípica; segundo El-Fattah e colaboradores (2019), essa diversidade entre genótipos de feijão-caupi é o passo inicial para que programas de desenvolvimento de plantas liberem novas variedades. Resultados com alta diversidade fenotípica também foram observados por Mafakheri e colaboradores (2017), Lazaridi e colaboradores (2017) e Bozokalfa e colaboradores (2017).

## 4.5 CONCLUSÕES

Nas condições em campo, em que foi realizado o experimento, conclui-se:

- ✓ A cultivar BRS Pujante foi superior para massa de vagem, número de grãos por vagem, comprimento de vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos.
- ✓ A cultivar BRS Guariba destaca-se positivamente para índice de clorofila Falker *a*, *b* e Total e para número de vagens por planta.
- ✓ As adubações química, orgânica e com FBN foram superiores ao tratamento sem adubação para número de vagens por planta e produtividade de grãos, que são as mais importantes características da cultura.
- ✓ Os resultados do tratamento com FBN foram equivalentes ao tratamento com adubação química, o que indica que a inoculação com *Bradyrhizobium* supre a necessidade de N de 30 kg ha<sup>-1</sup> (15 mg dm<sup>-3</sup>).
- ✓ Os traços avaliados apresentam grande variabilidade genética, com alta herdabilidade e alto ganho genético; e, por apresentar forte correlação, o aumento de produtividade de grãos pode ser obtido por meio da seleção indireta das características massa e comprimento de vagem e massa de 100 grãos.

## REFERÊNCIAS

- ABAYOMI, Y. A.; ABIDOYE, T. O. Evaluation of cowpea genotypes for soil moisture stress tolerance under screen house conditions. **African Journal of Plant Science**, v. 3, n. 10, p. 229-237, 2009.
- ALCÂNTARA, J. dos P.; ROCHA, E. M. M.; MARQUES, H. S.; N. NETO, J. G.; VASCONCELOS, O. L.; DOURADO, V. V.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, E. P. da; LIMA, J. G.; ALVES, J. R.; LOPES, P. V. L.; AMORIM, R.; E SILVA, W. P. da. **BRS Rouxinol: Nova cultivar de feijão-caupi**. Teresina: EBDA e Embrapa Meio-Norte, 2002. (Folder).
- ALMEIDA, W. S.; BELÉM, F. R. F.; BERTINI, C. H. C. M.; PINHEIRO, M. S.; TEÓFILO, E. M. Identificação de genótipos de feijão-caupi tolerantes a salinidade avaliado por meio de método multivariado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1884-1889, 2011.
- ALMEIDA, A. L. G.; ALCÂNTARA, R. M. C. M.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; LEITE, L. F. C.; SILVA, J. A. L. Produtividade do feijão caupi cv BR 17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 364-369, 2010.
- AL-TABBAL, J. A.; AL-FRAIHAT, A. H. Genetic variation, heritability, phenotypic and genotypic correlation studies for yield and yield components in promising barley genotypes. **Journal of Agricultural Science**, p. 193-210, v. 4, n. 3. 2011.
- AMARAL, C. L. F.; SANTOS, B. M.; BARRETO, V. M.; LEMOS, E. F.; SANTOS, N. S.; LYRA, D. H.; BRITO, F. F.; ALMEIDA, L. A. da H.; BRASILEIRO, B. P.; ALMEIDA, O. da S.; SANTANA, T. M.; AMORIM, Y. F.; MEIRA, A. L. **Melhoramento Genético Vegetal: Resistência a Fatores Estressantes Bióticos e Abióticos**. 1. ed. Ibicará: Via Litterarum, 2015. v. 01. 101p.
- AMEEN, E. A.; RAMADAN, W. A.; ELSAYED, A. Y. Genetic variance revealed in cowpea by partial diallel and factorial mating designs. **Journal of Plant Production**, v. 5, n. 12, p. 2093-2103, 2014.
- ANDRADE, J. R.; MAIA JÚNIOR, S. D. O.; SILVA BARBOSA, J. W.; ALENCAR, A. E. V.; JOVINO, R. S.; NASCIMENTO, R. Chlorophyll

fluorescence as a tool to select salinity-tolerant cowpea genotypes. **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 2, p. 319-324, 2019.

ANDRADE, J. R.; MAIA JÚNIOR, S. O.; SILVA, R. F. B.; BARBOSA, J. W. S.; NASCIMENTO, R.; ALENCAR, A. E. V. Trocas gasosas em genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 3, p. 2653 - 2660, 2018.

ANDRADE, J. R. de; MAIA JUNIOR, S. D. O.; SILVA, P. F. da; BARBOSA, J. W. da S.; NASCIMENTO, R. do; SOUSA, J. da S. Crescimento inicial de genótipos de feijão caupi submetidos à diferentes níveis de água salina. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 9, n. 4, p. 36-40, 2013.

ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. de M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 253-258, 2010.

APAEZ, B. P.; ESCALANTE, J. A. S.; RODRÍGUEZ, G. M. T.; OLALDE, G. V. M.; RAMÍREZ, V. P. Frijol chino (*Vigna unguiculata* L. (Walp)) su cultivo, importância económica y medicinal. **Alternativa**, v. 19, p 21-26, 2009.

AQUINO, J. P. A.; BEZERRA, A. A. C.; ALCÂNTARA NETO, F.; LIMA, C. J. G. S.; SOUSA, R. R. Morphophysiological responses of cowpea genotypes to irrigation water salinity. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 1001-1008, 2017.

ARAÚJO, C. L. de; GUALTER, R. M. R. Caracterização morfofisiológica de bactérias nativas de solos do Cerrado isoladas de nódulos de feijão-caupi. **Revista Biotemas**, v. 30, n. 1, p. 25-35, 2017.

ARAÚJO, E. D.; MELO, A. S.; ROCHA, M. S.; CARNEIRO, R. F.; ROCHA, M. M. Genotypic variation on the antioxidative response of cowpea cultivars exposed to osmotic stress. **Revista Caatinga**, v. 30, n.4, p. 928-937, 2017.

ASSOULINE, S.; RUSSO, D.; SILBER, A.; OR, D. Balancing water scarcity and quality for sustainable irrigated agriculture. **Water Resources Research** Washington, v. 51, n. 5, p. 3419-3436, 2015.

ATTA, B. M.; HAQ, M. A.; SHAH, T. M. Variation and inter relationships of quantitative traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 40, n. 2, p. 637-647, 2008.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

BARBIERI JUNIOR, É.; ROSSIELLO, R. O. P.; SILVA, R. V. M. M.; RIBEIRO, R. C.; MORENZ, M. J. F. Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2242-2245, 2012.

BASHANDY, T.; EL-SHAIENY, A. A. Screening of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) genotypes for salinity tolerance using field evaluation molecular analysis. **Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology**, Mansoura Univ., v. 7, n. 9, p. 249-255, 2016.

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.; FERREIRA, V. M.; SILVA, C. R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no vale do Gurgueia, PI. **Irriga**, v. 13, p. 182-190, 2008.

BENVINDO, R. N. **Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semi-prostrado em cultivo de sequeiro e irrigado**. 2007. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

BEZERRA, A. A. de C.; COSTA FILHO, R. S. da; OLIVEIRA, S. R. M. de; FREIRE FILHO, F. R. Morphophysiological biometry and grain production in cowpea under different phosphorus levels. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 2, p. 275-281, 2018.

BEZERRA, M. A. F.; OLIVEIRA, F. A. de; BEZERRA, F. T. C.; PEREIRA, W. E.; DA 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. **Ciência Agronômica**, v. 34, p. 5-10, 2003.

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

**porte ereto e semi-ereto.** 1997. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; ROMANINI JÚNIOR, A.; FERNANDES, F. A.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura de feijão de inverno e irrigado. **Bragantia**, v. 66, n. 1, p. 121-129, 2007.

BOUSLAMA, M.; SCHAPAUGH, W. T. Stress tolerance in soybean. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. **Crop Science Journal**, v. 24, p. 933-937, 1984.

BOYER, J. S. Water deficits and photosynthesis. In: KOZLOWSKI, T. T. (ed.) **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1978. v. 4, p.154-191.

BOZOKALFA, M. K.; KAYGISIZ, A. T.; EŞIYOK, D. Genetic diversity of farmer-preferred cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) landraces in Turkey and evaluation of their relationships based on agromorphological traits. **Genetika**, v. 49, n. 3, p. 935-957, 2017.

BRASIL. Instrução Normativa SDA nº 13, de 24 de março de 2011. Aprova as normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura, bem como as relações dos micro-organismos autorizados e recomendados para produção de inoculantes no Brasil, na forma dos Anexos I, II e III, desta Instrução Normativa. **Diário Oficial da União**, 25 mar. 2011. Seção 1, p. 3.

BRITO, K. Q. D.; NASCIMENTO, R. do; SANTOS, J. E. A. dos; SILVA, I. A. C.; DANTAS JUNIOR, G. J. Componentes de produção de genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 01-05, 2015a.

BRITO, K. Q. D.; NASCIMENTO, R.; SILVA, I. A. C.; SANTOS, J. E. A.; SOUZA, F. G. Crescimento de genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 10, n. 5, p. 16-22, 2015b.

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. de 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**, Bagé, v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000.

CASAROLI, D.; JONG VAN LIER, Q. de. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 59-66, 2008.

CASTRO, C. S.; LOBO, U. G. M.; RODRIGUES, L. M.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M. Eficiência de utilização de adubação orgânica em forrageiras tropicais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, n. 4, p. 48-54, out./dez. 2016.

CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010.

CAVALCANTE, I. J. A.; ROCHA, L. F.; SILVA, JÚNIOR. G. B.; AMARAL, F. H. C.; FALCÃO NETO. R.; NÓBREGA, J. C. A. Fertilizantes orgânicos para o cultivo da melancia em Bom Jesus-PI. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, p. 518-524, 2010.

CAVALCANTE, E. da S.; FREIRE FILHO, F. R. **BRS Tumucumaque: Cultivar de feijão-caupi para o Estado do Amapá**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. (Folder).

CHAUHAN, C. P. S.; SINGH, R. B. Supplemental irrigation of wheat with saline water. **Agricultural Water Management**, v. 95, n. 3, p. 253-258, 2008.

COBBINAH, F. A.; ADDO-QUAYE, M.O.; ASANTE, I. K. Characterization, evaluation and selection of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) accessions with desirable traits from eight regions of Ghana. **Journal of Agriculture and Biological Science**, v. 6, n. 7, p. 21-31, 2011.

COHEN, J. I.; WILLIAMS, J. T.; PLUCKNETT, D. L.; SHANDS, H. Ex situ conservation of plant genetic resources: global development and environmental concerns. **Science**, v. 253, n. 5022, p. 866-872, 1991.

COSTA, E. M. da; NÓBREGA, R. S.; DA SILVA, A. F.; DE VM FERREIRA, L.; NÓBREGA, J. C.; MOREIRA, F. M. D. S. Resposta de duas cultivares de

feijão-caupi à inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 489-494, 2014.

CORREA, A. M.; CECCON, G.; CORREA, C. M. A.; DELBEN, D.S. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres fenológicos e morfoagronômicos em feijão-caupi. **Revista Ceres**, v. 59, n. 1, p. 88-94, 2012.

COSTA, E. M. da; NÓBREGA, R. S. A.; MARTINS, L. V.; AMARAL, F. H. C.; MOREIRA, F. M. S. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. por cepas de rizóbio em Bom Jesus, PI. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 1-7, 2011.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4.ed. Viçosa: UFV, 2012, 514 p.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CULTIVARWEB, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Registro Nacional de Cultivares**. 2020. Disponível em: <[http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php)>. Acesso em: 28/01/2020.

DANTAS, J. P.; MARINHO, F. J. L.; FERREIRA, M. M. M.; AMORIM, S. N.; ANDRADE, S. I. O.; SALES, A. L. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 425-430, 2002.

DASTAGER, S. G.; DEEPA, C. K.; PANDEY, A. Plant growth promoting potential of *Pontibacter niistensis* in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 49, p. 250-255, 2011.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora LTDA, 2010. cap. 9, p. 129-140.

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.

EGBE, O. M.; ALIBO, S. E.; NWUEZE, I. Evaluation of some extra-early-and early-maturing cowpea varieties for intercropping with maize in southern Guinea Savanna of Nigeria. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 1, n. 5, p. 845–858, 2010.

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

EIVAZI, A. R.; MOHAMMADI, S.; REZAEI, M.; ASHORI, S.; POUR, F. H. Effective selection criteria for assessing drought tolerance indices in barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 4, p. 813-821, 2013.

EL-FATTAH, A.; HARIDY, A.; EL-RAWY, M. Relationships between Hybrid Performance and Genetic Distance Revealed by Morphological and Molecular Markers in Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology**, v. 10, n. 4, p. 89-101, 2019.

EL-HEFNY, E. M. Effect of saline irrigation water and humic acid application on growth and productivity of two cultivars of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 4, n. 12, p. 6154-6168, 2010.

EL-NAHRAWY, S. M. Agro-morphological and genetic parameters of some cowpea genotypes. **Alexandria Science Exchange Journal**, v. 39, n. 1, p. 56-64, 2018.

ESPITIA, M.; MURILLO, O.; CASTILLO, C.; ARAMÉNDIZ, H.; PATERNINA, N. Ganancia genética esperada en la selección de acacia (*Acacia mangium* Willd.) en Córdoba (Colombia). **Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica**, Bogotá, v. 13, n. 2, p. 99-107, 2010.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: Imprensa Universitária, 1987. 279p.

FALKER, Automoção Agrícola. **ClorofiLOG CFL1030 (Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila)**. Porto Alegre – RS, 2009, 6 p. Disponível em: <<http://www.falker.com.br/download.php>>. Acesso em: 06/02/2019.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Faostat Database Gateway**. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 22/01/2020.

FARSHADFAR, E.; MOHAMMADI, R.; FARSHADFAR, M.; DABIRI, S. Relationships and repeatability of drought tolerance indices in wheat-rye disomic addition lines. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 1, p. 130-138, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agroecologia**. v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, L. V. M.; NOBREGA, R. S. A.; NOBREGA, J. C. A.; AGUIAR, F. L.; MOREIRA, F. M. S.; PACHECO, L. P. Biological nitrogen fixation in production of *Vigna unguiculata* (L.) Walp, family farming in Piauí, Brazil. **Journal of Agricultural Science**; v.5, n.4, p. 153-160, 2013.

FIGUEIREDO, M. A. **Inoculação com *Rhizobium* spp. e adubações nitrogenada e molíbdica no feijoeiro-comum**. 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FISCHER, R. A.; MAURER, R. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 29, n. 5, p. 897-912, 1978.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. de 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.

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

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, K. J. D. e; CARVALHO, H. W. L. de; CRAVO, M. da S; LOPES, A. de M.; VILARINHO, A. A.; SABOYA, R. de C. C.; CAVALCANTE, E. da S.; COSTA, A. F. da; ALCÂNTARA, J. dos P.; SITTOLIN, I. M. **BRS Itaim: Cultivar de feijão-caupi com grãos tipo fradinho**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009a. (Folder).

FREIRE FILHO, F. R.; RAPOSO, J. A. A.; COSTA, A. F. da; ROCHA, M. da M.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, K. J. D. e; CARVALHO, H. W. da; CRAVO, M. da S.; LOPES, A. de M.; VILARINHO, A. A.; CAVALCANTE, E. da S.;

FERNANDES, J. B.; LIMA, J. M. P. de; SAGRILO, E.; SITTOLIN, I. M.; SOUZA, F. da F.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; GONÇALVES, J. R. P. **BRS Pajeú: Cultivar de feijão-caupi com grão mulato-claro**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009b. (Folder).

FREIRE FILHO, F. R.; CRAVO, M. da S.; VILARINHO, A. A.; CAVALCANTE, E. da S.; FERNANDES, J. B.; SAGRILO, E.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SOUZA, F. de F.; LOPES, A de M.; GONÇALVES, J. R. P.; CARVALHO, H. L. de; RAPOSO, J. A. A.; SAMPAIO, L. S. **BRS Novaera: Cultivar de feijão caupi de porte semi-ereto**. Belém: Embrapa, 2008. 4 p. (Comunicado técnico, 215).

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Org.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, 519 p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, S. M. de S.; SITTOLIN, I. M. **BRS Guariba: Nova cultivar de feijão-caupi para a Região Meio-Norte**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004. (Folder).

FURTADO, G. de F.; SOUSA JÚNIOR, J. R. de; XAVIER, D. A.; ANDRADE, E. M. G.; SOUSA, J. R. M. de. Pigmentos fotossintéticos e produção de feijão *Vigna unguiculata* L. Walp. sob salinidade e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 291-299, 2014.

GAMA, J. F. F. N.; CARVALHO, E. J. M.; RODRIGUES, T. E.; VALENTE, M. A. Solos do estado do Pará. In: CRAVON, M. S.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. p. 19-29.

GAVUZZI, P.; RIZZA, F.; PALUMBO, M.; CAMPANILE, R. G.; RICCIARDI, G. L.; BORGHI, B. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 77, n. 4, p. 523-531, 1997.

GERRANO, A. S.; ADEBOLA, P. O.; JANSEN VAN RENSBURG, W. S.; LAURIE, S. M. Genetic variability in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 32, n. 3, p. 165-174, 2015.

GUIMARÃES, D. G.; OLIVEIRA, L. M.; GUEDES, M. O.; FERREIRA, G. F. P.; PRADO, T. R.; AMARAL, C. L. F. Desempenho da cultivar de feijão-caupi

BRS Novaera sob níveis de irrigação e adubação em ambiente protegido. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 29, n. 1, p. 61-75, 2020.

HAIM, P. G.; ZOFFOLI, B. C.; ZONTA, E.; ARAÚJO, A. P. Diagnose nutricional de nitrogênio em folhas de feijoeiro pela análise digital de imagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1546-1549, 2012.

HUNGRIA, M; MENDES, I. C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? In: DE BRUIJN, F. (ed.) **Biological nitrogen fixation**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2015. Cap. 99. v. 2. p. 1005-1019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22/01/2020.

IDAHOSA, D. O.; ALIKA, J. E.; OMOREGIE, A. U. Genetic variability, heritability and expected genetic advance as indices for yield and yield components selection in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Academia Arena**, v. 2, n. 5, p. 22–26, 2010.

JAMAL, I. H.; KHALIL, H.; BARI, A.; KHAN, S.; ZADA, I. Genetic variation for yield and yield components in rice. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 4, n. 6, p. 60-64, 2009.

JESUS, C. M. de. **Estirpes de rizóbio eficientes na promoção do desenvolvimento do feijão-caupi**. 2018. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de concentração em Fitotecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

JOHNSON, H. W.; ROBINSON, H. F.; COMSTOCK, R. E. Estimation of genetic and environmental variability in soybeans. **Agronomy Journal**, v. 47, p. 314–318, 1955.

KHAN, H.; VISWANATHA, K. P.; SOWMYA, H. C. Study of genetic variability parameters in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) germplasm lines. **The bioscan**, v. 10, n. 2, p. 747-750, 2015.

LAZARIDI, E.; NTATSI, G.; SAVVAS, D.; BEBELI, P. J. Diversity in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) local populations from Greece. **Genetic resources and crop evolution**, v. 64, n. 7, p. 1529-1551, 2017.

LEITE, J. V. Q.; FERNANDES, P. D.; OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; SANTOS, D. P.; SANTOS, C. S. Efeito do estresse salino e da composição iônica da água de irrigação sobre variáveis morfofisiológicas do feijão caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 6, p. 1825-1833, 2017.

LEITE, J.; PASSOS, S. R.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; ZILLI, J. É. Genomic identification and characterization of the elite strains *Bradyrhizobium yuanmingense* BR 3267 and *Bradyrhizobium pachyrhizi* BR 3262 recommended for cowpea inoculation in Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 49, n. 4, p. 703-713, 2017.

LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-21, 2010.

LÔBBE, H. **Estudo sobre doze variedades de caupi**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, 1925. 10 p.

LOCATELLI, V. E. R.; MEDEIROS, R. D.; SMIDERLE, O. J.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; ARAÚJO, W. F. Desenvolvimento vegetativo de cultivares de feijão-caupi sob lâminas de irrigação no cerrado roraimense. **Irriga**, v. 1, p. 28-39, 2016.

LOPES, K. V.; TEODORO, P. E.; SILVA, F. A.; SILVA, M. T.; FERNANDES, R. L.; RODRIGUES, T. C.; FARIA, T. V.; CORRÊA, A. M. Genetic parameters and path analysis in cowpea genotypes grown in the Cerrado/Pantanal ecotone. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 2, p. 1-11, 2017.

MAAS, E. V.; POSS, J. A. Salt sensitivity of cowpea at various growth stages. **Irrigation Science**, v. 10, n. 4, p. 313-320, 1989.

MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. **Applied Agricultural Research**, v. 1, p. 12-25, 1986.

MACHADO, C. D. F.; TEIXEIRA, N. J. P.; ROCHA, M. D. M.; GOMES, R. L. F. Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p. 114-123, jan-mar, 2008.

MACHADO, C. D. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; COSTA, D. S. S.; AMORIM, A. F. D. Herança da inflorescência composta da cultivar de

feijão-caupi Cacheado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1347-1350. 2007.

MAFAKHERI, K.; BIHAMTA, M. R.; ABBASI, A. R. Assessment of genetic diversity in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) germplasm using morphological and molecular characterisation. **Cogent Food & Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 1-20, 2017.

MAGALHÃES, A. C. M. de; BLUM, J.; LOPES, F. B.; TORNQUIST, C. G. Production components of the cowpea under different doses of organic fertiliser. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 26, n. 5, p. 1-9, 2018.

MALASH, N.; FLOWERS, T. J.; RAGAB R. Effect of irrigation systems and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. **Agricultural Water Management**, v. 78, n. 1, p. 25-38, 2005.

MARTINS, C. M.; MARTINS, S. C. S.; BORGES, W. L. Correção da acidez, adubação e fixação biológica. In: VALE, J. C. do; BERTINI, C.; BORÉM, A. (eds.). **Feijão-caupi: do plantio a colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2017. cap. 5, p. 89-112.

MARTINS, J. D. L.; DE MOURA, M. F.; DE OLIVEIRA, J. P. F.; DE OLIVEIRA, M.; GALINDO, C. A. F. Esterco bovino, biofertilizante, inoculante e combinações no desempenho produtivo do feijão comum. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 4, p. 369-376, 2015.

MEIRA, A. L. **Parâmetros genéticos em feijão-caupi sob déficit hídrico, bactérias fixadoras de nitrogênio e microrganismos eficazes**. 2017. 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de concentração em Fitotecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J. Solos e adubação. In: BASTOS, E. A. (ed.). **Cultivo de feijão-caupi**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2017. (Sistema de Produção, 2). Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados>>. Acesso em: 28/02/2018.

MELO, A. V. de; GALVÃO, J. C. C.; BRAUN, H.; SANTOS, M. M. dos; COIMBRA, R. R.; SILVA, R. R. da; REIS, W. F. dos. Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, p.

411-420, 2011.

MINI, M. L.; SATHYA, M.; ARULVADIVOOKARASI, K.; JAYACHANDRAN, K. S.; ANUSUYADEVI, M. Selection of salt tolerant cowpea genotypes based on salt tolerant indices of morpho-biochemical traits. **Current Trends in Biotechnology & Pharmacy**, v. 9, n. 4, p. 306-316, 2015.

MIRANDA, R. S.; SUDÉRIO, F. B.; MARQUES, E. C.; GOMES-FILHO, E. Accumulation and partition of Fe, Zn, Cu, Mn and Na in macro and micronutrient-deficient cowpea plants. **Journal of Advances in Agriculture**, Punjab, v. 7, n. 2, p. 1036-1043, 2017.

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.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 239-250, 2002.

MURTAZA, G.; GHAFOR, A.; QADIR, M. Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton-wheat rotation. **Agricultural Water Management**, v. 81, n. 1, p. 98-114, 2006.

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

NASCIMENTO, S. P. do. **Efeito do déficit hídrico em feijão-caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca**. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; LIMA NETO, A. J.; REBEQUI, A. M.; DINIZ, B. L. M. T.; GHEYI, H. R. Comportamento de mudas de nim à salinidade da água em solo não salino com biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 11, p. 1152–1158, 2012.

OLIVEIRA, E. D. E.; MATTAR, E. P. L.; ARAÚJO, M. L. de; JESUS, J. C. S. de; NAGY, A. C. G.; SANTOS, V. B. dos. Descrição de cultivares locais de feijão-caupi coletados na microrregião Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus-AM, v. 45, n. 3, p. 243-254, 2015.

OLIVEIRA, F. de A. de; MEDEIROS, J. F. de; ALVES, R. de C.; LIMA, L. A.; SANTOS, S. T. dos; RÉGIS, L. R. de L. Produção de feijão caupi em função da salinidade e regulador de crescimento. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 19, n. 11, p. 1049-1056, 2015.

OLIVEIRA, A. P.; SANTOS, J. F.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; SANTOS, M. C. C. A.; OLIVEIRA, A. N. P.; SILVA, N. V. Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 277-281, 2010.

OLIVEIRA, A. P.; ARAÚJO, J. S.; ALVES, E. U.; NORONHA, M. A. S.; CASSIMIRO, C. M.; MENDONÇA, F. G. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 81-84, 2001.

OMOIGUI, L. O.; ISHIYAKU, M. F.; KAMARA, A. Y.; ALABI, S. O.; MOHAMMED, S. G. Genetic variability and heritability studies of some reproductive traits in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 13, 2006.

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

PAIVA, T. S. dos S. **Tolerância à salinidade em cultivares de feijão-caupi**. 2014. 132 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de concentração em Fitotecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

PEJIĆ, B.; MAČKIĆ, K.; MIKIĆ, A.; ČUPINA, B.; PEKSEN, E., KRSTIĆ, D.; ANTANASOVIĆ, S. Effect of water stress on the yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) in temperate climatic conditions. **Contemporary Agriculture**, Novi Sad, v. 62, n. 3-4, p. 160-168, 2013.

PEKSEN, E.; PEKSEN, A.; GULUMSER, A. Leaf and stomata characteristics and tolerance of cowpea cultivars to drought stress based on drought tolerance indices under rainfed and irrigated conditions. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 3, n. 2, p. 626-34, 2014.

PRAZERES, S. da S.; DE LACERDA, C. F. de; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, I. C. da S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015.

PÚBLIO JÚNIOR, E.; GUIMARÃES, D. G.; PÚBLIO, A. P. P.; SOUZA, U. O.; AMARAL, C. L. F. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-frade. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 231-240, 2018.

PÚBLIO JÚNIOR, E.; MORAIS, O. M.; ROCHA, M. de M.; PÚBLIO, A. P. P. B.; BANDEIRA, A. da S. Características agrônomicas de genótipos de feijão-caupi cultivados no sudoeste da Bahia. **Científica**, v. 45, n. 3, p. 223-230, 2017.

PÚBLIO JÚNIOR, E. **Qualidade de sementes e características agrônomicas de genótipos de feijão-caupi cultivados em Vitória da Conquista – BA**. 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de concentração em Fitotecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

QADIR, M.; TUBEILEH, A.; AKHTAR, J.; LARBI, A.; MINHAS, P. S.; KHAN, M. A. Productivity enhancement of salt-affected environments through crop diversification. **Land Degradation and Development**, v. 19, n. 4, p. 429-453, 2008.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 3 ed. rev., Lavras: UFLA, 2004. 472 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

REGIS, J. A. V. B.; MOLINAS, V. da S.; SANTOS, A. dos; CORREA, A. M.; CECCON, G. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi de porte ereto e semiereto. **Revista Agrarian**, v. 7, n. 23, p. 11-19, 2014.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RICHARDS, L.A. (ed.) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. USDA. Reprint in India. New Delhi: Scientific Publishers, 2012, 160 p.

ROCHA, M. de 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.

ROCHA, M. M.; CAMPELO, J. E. G.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. R.; LOPES, Â. C. A. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi de tegumento branco. **Revista Científica Rural**, v. 8, n. 1, p.135-141, 2003.

ROSIELLE, A. A.; HAMBLIN, J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment 1. **Crop science**, v. 21, n. 6, p. 943-946, 1981.

SANTOS, E. R.; SPEHAR, C. R.; CAPONE, A.; PEREIRA, P. R. Estimativa de parâmetros de variação genética em progênies F2 de soja e genitores com presença e ausência de lipoxigenases. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 61-70, 2018.

SANTOS, J. B.; GHEYI, H. R.; DE LIMA, G. S.; XAVIER, D. A.; CAVALCANTE, L. F.; CENTENO, C. R. M. Morfofisiologia e produção do algodoeiro herbáceo irrigado com águas salinas e adubado com nitrogênio. **Comunicata Scientiae**, v. 7, p. 86-96, 2016.

SANTOS, J. D. S.; SOARES, C. M. G.; CORRÊA, A. M.; TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; ABREU, H. D. Agronomic performance and genetic dissimilarity among cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes. **Global Advanced Research Journal of Agricultural Science**, v. 3, p. 271-277, 2014.

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

SANTOS, A. dos; CECCON, G.; CORREA, A. M.; DURANTE, L. G. Y.; REGIS, J. A. V. B. Análise genética e de desempenho de genótipos de feijão-caupi cultivados na transição do cerrado-pantanal. **Cultivando o Saber**, v. 5, n. 4, p. 87-102, 2012.

SANTOS, C. A. F.; SILVA NETO, M. F. da; BEZERRA, J. C. **Feijão-caupi BRS Pujante: Cultivar para áreas irrigadas e de sequeiro do Vale do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007a. (Folder).

SANTOS, C. A. F.; SANTOS, I. C. N.; RODRIGUES, M. A. **Melhoramento Genético do Feijão-Caupi na Embrapa Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007b, 24 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 204).

SANTOS, C. V. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 103, p. 93–99, 2004.

SCHLICHTING, A. F.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, M. D. C.; PIETRO-SOUZA, W.; da SILVA, T. J.; FARIAS, L. D. N. Efficiency of portable chlorophyll meters in assessing the nutritional status of wheat plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n.12, p. 1148-1151, 2015.

SHARMA, M.; SHARMA, P. P.; SHARMA, H.; MEGHAWAL, D. R. Genetic variability in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Germplasm lines. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 6, n. 4, p. 1384-1387, 2017.

SHIMAKURA, S.E.; RIBEIRO JÚNIOR, P.J. Departamento de Estatística da UFPR. **Estatística descritiva: interpretação do coeficiente de correlação**. 2012. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~paulojus/CE003/ce003/node8.html>>. Acesso em: 08/05/2018.

SHUKLA, S.; BHARGAVA, A.; CHATTERJEE, A.; SRIVASTAVA, A.; SINGH, S.P. Genotypic variability in vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) for foliage yield and its ontributing traits over successive cuttings and years. **Euphytica**, v. 151, p. 103-110, 2006.

SILVA, G. C.; MAGALHÃES, R. C.; SOBREIRA, A. C.; SCHMITZ, R.; SILVA, L. C. da. Rendimento de grãos secos e componentes de produção de genótipos de feijão-caupi em cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Agro@mbiente**, v. 10, n. 4, p. 342-350, 2016.

SILVA JÚNIOR, E. B. da. **Eficiência simbiótica de estirpes de rizóbio inoculadas na cultura do feijão-caupi com ênfase na região Centro-Oeste do Brasil**. 2015. 126 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SILVA, A. C. da; MORAIS, O. M.; SANTOS, J. L.; D'ARÊDE, L. O.; SILVA, P. B. da. Componentes de produção, produtividade e qualidade de sementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 327-335, 2014a.

SILVA, A. C.; MORAIS, O. M.; SANTOS, J. L.; D'AREDE, L. O.; SILVA, C. J.; ROCHA, M. M. Estimativa de parâmetros genéticos em *Vigna unguiculata*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n.4, p. 399-407, 2014b.

SILVA, F. L. B. da; LACERDA, C. F. de; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C. de; FERREIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 304-317, 2013.

SILVA, A. L. J.; NEVES, J. Produção de feijão-caupi semiprostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v. 6, n.1, p. 29-36, 2011.

SILVA, I. N.; FONTES, L. de O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B. de; OLIVEIRA, A. C. de. Qualidade de água na irrigação. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 7, n. 3, p. 1-15, 2011.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C.; ALVES, R. N.; PRIMO, D. C.; SILVA, G. B. M. dos S. Produtividade de grãos e frações nitrogenadas do milho submetido a manejo de adubos orgânicos na região semiárida. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, s. 1, p. 1735–1744, 2011.

SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; LEITE, J.; ROUWS, L. F. A. M.; PASSOS, S. R.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; ZILLI, J. É. Draft genome sequence of *Bradyrhizobium* sp. strain BR 3262, an effective microsymbiont recommended for cowpea inoculation in Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, n. 4, p. 783-784, 2016.

SIVASUBRAMANIAM, P.; MENON, P. M. Inheritance of short statute in rice. **Madras Agricultural Journal**. v. 60, p. 1129-1133, 1973.

SOUZA, T. M. A. de S.; SOUZA, T. A.; SOUTO, L. S.; SÁ, F. V. das; PAIVA, E. P. de; MESQUITA, E. F. de. Água disponível e cobertura do solo sob o crescimento inicial do feijão-caupi cv. BRS Pujante. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 3, p. 598 – 604, 2016.

SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; LACERDA, C. F.; AZEVEDO, B. M.; SILVA, G. L.; COSTA, F. R. B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 359-367, 2014.

STEELE, W. M, MEHRA, K. L. Structure, evolution and adaptation to farming system and inveronment in Vigna. In: SUMMERFIELD, D. R; BUNTING, A. H., (eds.). **Advances in legume science**. England: Royal Botanic Gardens, 1980. p. 459-468.

STOILOVA, T.; PEREIRA, G. Assessment of the genetic diversity in a germplasm collection of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) using morphological traits. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 2, p. 208-215, 2013.

TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, T. J.; SANTOS, L. da C.; SANTOS NETO, I. J. dos; ROCHA, F. A.; PAULA, A. de. Características agronômicas do feijão caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 242- 248, mar.-abr., 2013.

TAÏBI, K.; TAÏBI, F.; ABDERRAHIM, L. A.; ENNAJAH, A.; BELKHODJA, M.; MULET, J. M. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. **South African Journal of Botany**, v. 105, p. 306-312, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**, 6ª Edição, Porto Alegre: Artmet, 2017. 888 p.

TAMPAKAKI, A. P.; FOTIADIS, C. T.; NTATSI, G.; SAVVAS D. Phylogenetic multilocus sequence analysis of indigenous slow-growing rhizobia nodulating cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in Greece. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 40, n. 3, p. 179 – 189, 2017.

TESFAYE, A.; PETROS Y.; ZELEKE H. Effect of Salinity on Yield and Yield Related traits of some Accessions of Ethiopian Lentil (*Lens culinaris* M.) under Greenhouse Conditions. **International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research**, v. 2, n. 10, p. 10-17, 2014.

UBI, E. B.; MIGNOUNA, H.; OBIGBESAN, G. Segregation for seed weight, pod length and days to flowering following cowpea cross. **African Crop Science Journal**, v. 9, n. 3, p. 463-470, 2001.

VASCONCELOS, E. S. de; REIS, M. S.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D. Produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja de ciclos precoce e médio. **Semina**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1203-1214, 2015.

VERAS, M. L. M.; MELO FILHO, J. S. de; ALVES, L. de S.; SOUZA, L. de M. C.; DIAS, T. J. Morphophysiological responses of cowpea to irrigation with saline water and application of bovine biofertilizer. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 3, p. 509-518, 2018.

VILARINHO, A. A.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V. Q. **BRS Xiquexique: Cultivar de Feijão Caupi Rica em Ferro e Zinco para Cultivo em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 5 p. (Comunicado Técnico, 16).

WETZEL, M. M. V. S.; FREIRE, M. S.; FAIAD, M. G. R.; FREIRE, A. de B. Recursos genéticos: coleção ativa e de base. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. p. 29-92.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11; p. 1-23. 2010.

XAVIER, D. A.; FURTADO, G. F.; SOUSA JÚNIOR, J. R.; SOUSA, J. R. M.; SOARES, L. A. A. Irrigação com água salina e adubação com nitrogênio no cultivo do feijão-caupi. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 9, n. 3, p. 131-136, 2014.

ZHANG, L.; ZHANG, G.; WANG, Y.; ZHOU, Z.; MENG, Y.; CHEN, B. Effect of soil salinity on physiological characteristics of functional leaves of cotton plants. **Journal of Plant Research**, Tokyo, v. 126, n. 2, p. 293-304, 2013.

ZILLI, J. E.; XAVIER, G. R.; MOREIRA, F. M. S.; FREITAS, A. C. R.; OLIVEIRA, L. A. Fixação biológica de nitrogênio. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009a. cap. 5, p. 185-221.

ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; RUMJANEK, N. R.; XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 749-758, 2009b.

ZILLI, J. É.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. **BR 3262: nova estirpe de *Bradyrhizobium* para a inoculação de feijão-caupi em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 7 p. (Comunicado técnico, 10).

ZILLI, J. E.; VALICHESKI, R. R.; RUMJANEK, N. G.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; FREIRE FILHO, F. R.; NEVES, M. C. P. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 811-818, 2006.

ZILLI, J. E.; NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. Signalling specificity of rhizobia isolated from nodules of Phaseoleae and Indigofereae tribes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro-RJ, v. 70, N. 4, p. 743-750, 1998.