



**TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM  
CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI**

**TALITTA SILVA DOS SANTOS PAIVA**

**2014**

**TALITTA SILVA DOS SANTOS PAIVA**

**TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM  
CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Cláudio Lúcio Fernandes Amaral

**VITÓRIA DA CONQUISTA**

**BAHIA – BRASIL**

**2014**

P171t Paiva, Talitta Silva dos Santos.  
Tolerância à salinidade em cultivares de feijão-  
caupi / Talitta Silva dos Santos Paiva, 2014.  
129.: il.; algumas color.  
Orientador (a): Cláudio Lúcio Fernandes  
Amaral.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade  
Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-  
Graduação de Mestrado em Agronomia, Vitória da  
Conquista, 2014.  
Inclui referências.  
1. Feijão-Caupi – Cultivo - Salinidade. 2.  
*Vigna unguiculata* (L) Walp. I. Amaral. Cláudio Lúcio  
Fernandes. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Programa de Pós-Graduação Mestrado em Agronomia. III. T.  
CDD: 635.652

Catálogo na fonte: Elinei Carvalho Santana - CRB 5/1026  
UESB – Campus Vitória da Conquista-BA

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

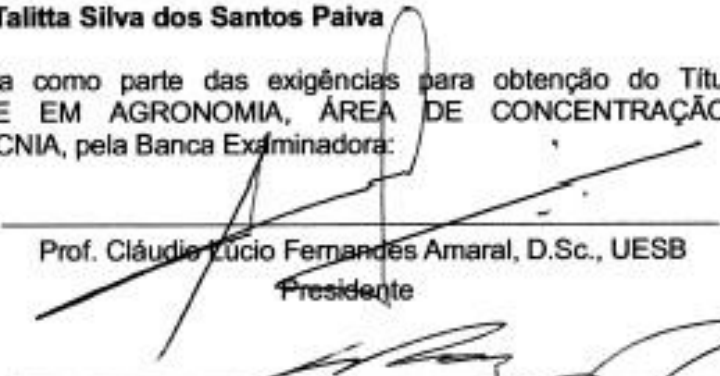
*Campus de Vitória da Conquista - BA*

**DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

**Título: "TOLERÂNCIA À SALINIDADE EM CULTIVARES DE FEIJÃO CAUPI"**

**Autor: Talitta Silva dos Santos Paiva**

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

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Cláudio Lúcio Fernandes Amaral, D.Sc., UESB  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Tiyoko Nair Hojo Rebouças, D.Sc., UESB

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Cintia Armond D.Sc., UFRB

Data de realização: 28 de Fevereiro de 2014.

Estrada do Rem Querer, Km 4 – Caixa Postal 95 – Telefone: (77) 3425-9383 – Fax: (77) 3424-1059 – Vitória da Conquista – BA – CEP: 45031-900

e-mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

“Não a nós, Senhor, nenhuma glória para nós, mas sim ao teu nome,  
por teu amor e por tua fidelidade!”

Salmos 115:1

À minha mãe Gildete e ao meu esposo Tiago,  
como fruto do meu trabalho,

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, o autor e consumidor da minha fé, por toda bondade, fidelidade e sustento a mim concedidos;

Ao meu esposo Tiago, pela paciência, apoio e pelas palavras de conforto, encorajamento e, muitas vezes, de consolo, desde a escolha da minha carreira como pesquisadora até nos momentos de dificuldade em que a tristeza me abatia;

À minha mãe Gildete, pela força e orações;

A todos os familiares e amigos, de perto e de longe, que torceram por mim e acreditam no meu potencial, em especial, à Ariana, Helienay, Helena, Sara, Juciele, Ana Paula, que sempre torceram de forma especial por mim;

Aos amigos de caminhada, Juliana, Raelly, Cristina, John, Jackeline, Olívia, que tanto me apoiaram durante essa jornada e com os quais compartilhamos momentos de alegria, tristeza, certeza e incertezas, certos de que o melhor sempre está por vir. E aos demais colegas da pós, que tornaram, com o nosso convívio, os dias mais leves e prazerosos;

Ao professor DSc. Cláudio Lúcio Fernandes Amaral, pela disponibilidade de orientação e por compartilhar seus conhecimentos comigo;

Aos meninos da IC: Bruna, Thiago e Yuri, por serem meu braço direito durante essa caminhada e sem os quais esse trabalho seria impossível de ser realizado;

À professora DSc. Tiyoko Nair Hojo Rebouças, pelo apoio e acolhimento na Biofábrica;

Aos colegas adquiridos na Biofábrica, pelo logo tempo em que passamos juntos;

À professora DSc. Roseane Figueredo, por disponibilizar o Laboratório de Qualidade de Água para realização do trabalho, e à professora DSc. Luciana Castro, por me ajudar nas avaliações primárias deste trabalho;

À coordenação do Mestrado em Agronomia, pela disponibilidade durante as atividades;

Aos funcionários da Diretoria de Campo Agropecuário (DICAP), pelo auxílio ao trabalho, em especial, a Carlos (Dui), pela disponibilidade;

A Tiago, funcionário da Casa de Vegetação, pela ajuda durante todo o trabalho na estufa;

Aos membros da banca examinadora: professoras Tiyoko Nair Hojo Rebouças e Cíntia Armond, por contribuírem para a melhoria deste trabalho;

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

## RESUMO GERAL

PAIVA, T.S.S. **Tolerância à salinidade em cultivares de feijão-caupi**. Vitória da Conquista – BA: UESB, 2014. 132p. (Dissertação Mestrado em Agronomia: Área de Concentração em Fitotecnia)\*.

Este trabalho teve dois objetivos: (1) avaliar cultivares de feijão-caupi quanto à resistência à salinidade em função da produção; e (2) avaliar a tolerância ao estresse salino por meio da germinação polínica. Os estudos foram conduzidos em casa de vegetação, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) e na Biofábrica. O primeiro experimento foi realizado na casa de vegetação e os tratamentos consistiram de quatro cultivares (T1 - BRS Maratoã, T2- BRS Pujante, T3 - BRS Guariba, T4 - BRS Xique-xique), submetidas a cinco níveis de salinidade da água de irrigação (1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dS m<sup>-1</sup>, a 25°C) no delineamento experimental em blocos casualizados, com 3 repetições, compondo um fatorial 5 x 4. Foram realizadas avaliações de desenvolvimento das plantas aos 90 dias após a germinação, quando foi realizado o estudo da altura de planta (cm); do número de folhas, frutos e grãos; do diâmetro de caule (cm); do comprimento das raízes (cm) e da massa fresca e seca do caule, folhas, frutos, grãos e raízes (g); ainda foi calculado o Índice de Eficiência de Produção (EFP) e a Eficiência do Uso da Água (EUA). O segundo experimento foi realizado na Biofábrica e ocorreu em duas etapas: (I) verificar o melhor tempo e temperatura para germinação *in vitro* do grão de pólen das cultivares de feijão-caupi, que consistiu na retirada das anteras de cada cultivar para retirada do pólen; estes foram colocados em de petri com papel de filtro contendo nas soluções Agar, 5,0 %; Boro, 400 ppm de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, Cálcio, 400 ppm de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O e 700ppm de MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O. O pH foi fixado em 6,5, acrescidos de sacarose 5% (p/v). O pólen foi incubado em estufa tipo B.O.D., adotando os seguintes tratamentos: T1- 20°C; T2- 25°C e T3 - 30°C, durante o período de 1, 2 e 3 horas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3, com 10 repetições. (II) Após resultados do melhor tempo e temperatura, as mesmas cultivares foram testadas com diferentes concentrações de NaCl: 0, 25, 50, 75 e 100 mM em meios de cultivo contendo os nutrientes outrora citados, com temperatura controlada de 20°C e período de incubação de 3h. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x4, com 5 repetições. No primeiro experimento, as plantas foram submetidas à concentração de 1dS.m<sup>-1</sup>, e obtiveram melhor desenvolvimentos em praticamente todos os parâmetros analisados, com exceção da altura e comprimento de raiz; e todas as cultivares apresentaram bom desempenho produtivo, sendo as mesmas classificadas como tolerantes à salinidade. No segundo experimento, a temperatura de 20° C foi a que obteve maior porcentagem de germinação para o período de 3 horas de incubação e as

cv. BRS Maratã e BRS Xique-xique foram classificadas como tolerantes; a BRS Pujante como moderadamente tolerante e a BRS Guariba como sensível à salinidade. De maneira geral, correlacionando os resultados obtidos, as cv. BRS Maratã e BRS Xique-xique são as cultivares tolerantes, tanto na fase germinativa quanto na produtiva, quando submetida ao estresse salino.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata* (L) Walp; cloreto de sódio; estresse abiótico; tubo polínico.



## ABSTRACT

PAIVA, T.S.S. **Salinity tolerance in cultivars of cowpea**. Vitória da Conquista - BA: UESB, 2014. 132p. (Dissertation – Master's Agronomy)\*.

This study had two aims: (1) review of cowpea cultivars for resistance to salinity based on production, and (2) evaluate the salt tolerance by pollen germination. The studies were conducted in a greenhouse at the Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) and Biofábrica. The first experiment was conducted in the greenhouse and the treatments consisted of four cultivars (T1 - BRS Maratoã, T2 -BRS Pujante, T3- BRS Guariba, T4 - BRS Xique- xique) received five salinity levels of irrigation water (1.0, 2.0, 3.0, 4.0 and 5.0 dS m<sup>-1</sup> at 25°C) in a randomized block design with three replications, making up a 5 x 4 factorial. The number of leaves, fruits and grains; stem diameter (cm), root length (cm) reviews of plant development at 90 days after germination in which the study of plant height (cm) was performed were performed and fresh and dry stem, leaves, fruits, grains and roots mass (g), also calculated the Index of Production Efficiency and Water Use Efficiency. The second experiment was conducted in Biofactory and occurred in two stages: (I) determine the best time and temperature for in vitro germination of pollen of cultivars of cowpea, which consisted in removing the anthers of each cultivar to remove the pollen, these were placed in petri with filter paper containing the agar solution, 5.0 %, Boron, 400 ppm H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, Calcium, 400 ppm Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. 4H<sub>2</sub>O and 700ppm of MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O. The pH was set at 6.5 plus 5 % sucrose (w/v). Pollen was incubated in a greenhouse type B.O.D. adopting the following treatments: (T1- 20°C, T2- 25°C and T3- 30°C) for period of 1, 2 and 3 hours. The experimental design was completely randomized in a 3x3 factorial design with 10 replications; (II) after results of the best time and temperature the same cultivars were tested at different NaCl concentrations: 0, 25, 50, 75 and 100 mM in culture media containing nutrients heretofore cited controlled temperature of 20 ° C, incubation period of 3h. The experiment was conducted in completely randomized 5x4 factorial design with 5 replications. In the first experiment plants subjected to concentration 1dS.m<sup>-1</sup> had better developments in virtually all analyzed parameters except height and root length, and all cultivars showed good growth performance being the same classified as tolerant to salinity. In the second experiment the temperature of 20°C was the one with higher germination rates for the period of 3 hours of incubation and cv. BRS Maratoã and BRS Xique- xique were classified as tolerant; BRS Pujante as moderately tolerant and BRS Guariba as sensitive to salinity. Overall, the results correlating the cv. BRS Maratoã and BRS Xique- xique tolerant cultivars are both in the germinal

---

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

stage and in production when subjected to salt stress correlating the cv. BRS Maratoã and BRS Xique- xique tolerant cultivars are both in the germinal stage and in production when subjected to salt stress.

**KeyWords:** *Vigna unguiculata (L) Walp*; *sodium chloride*; *abiotic stress*; *pollen tube*.

---

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

## LISTA DE TABELAS

### **Capítulo 1: Produção de cultivares de feijão-caupi para tolerância à salinidade**

Tabela 1: Resultado da análise química do solo antes da instalação do experimento. Vitória da Conquista- BA, 2013 .....39

Tabela 2: Massa fresca (MF), massa seca (MS) e diâmetro (D) do caule de feijão-caupi submetido a estresse salino. Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 47

Tabela 3: Massa fresca (MF), massa seca (MS) e número de folhas (NF) de feijão-caupi submetido a estresse salino em Vitória da Conquista – BA, 2013..... 52

Tabela 4: Massa fresca (MF), massa seca (MS) e número de vagens (NV) de feijão-caupi submetido a estresse salino em Vitória da Conquista – BA, 2013..... 53

Tabela 5: Influência da salinidade no peso da matéria seca de grãos de feijão-caupi e sua classificação para tolerância à salinidade, conforme Índice de Eficiência de Produção. Vitória da Conquista- BA, 2013 ..... 65

Tabela 6: Massa fresca (MF), massa seca (MS) de raízes de feijão-caupi submetido a estresse salino. Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 66

Tabela 7: Eficiência do uso da água (EUA) de plantas de feijão-caupi submetido a estresse salino. Vitória da Conquista – BA, 2013 .....70

### **Capítulo 2: Potencial de utilização do pólen de cultivares do feijão-caupi em programas de fitomelhoramento via seleção *in vitro***

Tabela 1: Resultado da análise química do solo antes da instalação do experimento. Vitória da Conquista- BA, 2013 .....104

Tabela 2: Germinação *in vitro* de polens de feijão-caupi em função da temperatura e do tempo. Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 109

Tabela 3: Germinação *in vitro* de pólen de feijão-caupi submetidos a diferentes concentrações salinas. Vitória da Conquista – BA, 2013..... 114

## Apêndice

Tabela A: Resumo da análise de variância e do coeficiente de variação para altura de plantas (AP), massa fresca do caule (MFC), massa seca do caule (MSC), diâmetro do caule (D), massa fresca da folha (MFF), massa seca da folha (MSF), número de folhas por planta (NF), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), comprimento de raiz (CR), massa fresca de vagens (MFV), massa seca da vagem (MSV), número de vagens por planta (NV), massa fresca do grão (MFG), massa seca do grão (MSG) e eficiência do uso da água (EUA) de cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA .....130

Tabela B: Resumo do desdobramento da interação da salinidade dentro de cada tratamento de cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista- BA, 2013.....132

Tabela C: Resumo da análise estatística da germinação *in vitro* dos grãos de pólen do feijão-caupi em função do tempo e temperatura. Vitória da Conquista – BA, 2013 .....132

Tabela D: Resumo da análise estatística da germinação *in vitro* dos grãos de pólen do feijão-caupi em solução salina. Vitória da Conquista – BA, 2013 ....133

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1: Produção de cultivares de feijão-caupi para tolerância à salinidade

- Figura 1 – Vista da área experimental, em casa de vegetação, com cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 39
- Figura 2- Pesagem de plantas de feijão-caupi, em vaso, antes da irrigação. Vitória da Conquista- BA, 2013 ..... 41
- Figura 3- Plantas de feijão-caupi em vasos com garrafas pets para reter a água drenada em casa de vegetação. Vitória da Conquista- BA, 2013 ..... 42
- Figura 4: Altura de planta de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{dS.m}^{-1}$ ). Vitória da Conquista – BA, 2013..... 45
- Figura 5: A- Massa fresca de caule (g); B – Massa seca de caule (g) do feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{dS.m}^{-1}$ ). Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 49
- Figura 6: Diâmetro do caule (g) do feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{dS.m}^{-1}$ ). Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 50
- Figura 7: A- Massa fresca de folhas; B- Masa seca de folhas (g) do feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{dS.m}^{-1}$ ). Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 54
- Figura 8: Número de folhas do feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{dS.m}^{-1}$ ). Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 55
- Figura 9: Número de folhas de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade da água de irrigação ( $\text{dS.m}^{-1}$ ). Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 56
- Figura 10: Número de vagens de plantas de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{dS.m}^{-1}$ ). Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 59

Figura 11: A- Massa fresca de vagens; B- Massa seca de vagens (g) do feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{dS.m}^{-1}$ ). Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 61

Figura 12: A- Massa fresca de grãos; B – Massa seca de grãos (g) de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{dS.m}^{-1}$ ). Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 62

Figura 13: A- Massa fresca de raiz; B- Massa seca de raiz de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{dS.m}^{-1}$ ). Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 67

Figura 14: Comprimento das raízes de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{dS.m}^{-1}$ ). Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 68

Figura 15: Eficiência do uso da água em plantas de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{dS.m}^{-1}$ ). Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 71

## **Capítulo 2: Potencial de utilização do pólen de cultivares do feijão-caupi em programas de fitomelhoramento, via seleção *in vitro***

Figura 1: Detalhe da inflorescência de feijão-caupi. Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 104

Figura 2: Preparo das lâminas escavadas em câmara úmida simulada em feijão-caupi. Vitória da Conquista- BA, 2013 ..... 105

Figura 3: Aplicação do Carmim Acético, em pólen de feijão-caupi, para contagem dos polens germinados. Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 106

Figura 4: Germinação *in vitro* dos grãos de pólen de feijão-cupi em função do tempo. Vitória da Conquista – BA, 2013 ..... 111

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| ABA  | Ácido abscísico                  |
| AP   | Altura da planta                 |
| $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | Nitrato de calico                |
| CEa  | Condutividade elétrica da água   |
| Cm   | Centímetros                      |
| CR   | Comprimento da raiz              |
| Cv   | Cultivar                         |
| D  | Diâmetro                         |
| DAS  | Dias após semeadura              |
| $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$                      | Decisiemens por metro            |
| EUA  | Eficiência do uso da água        |
| IEP  | Índice de Eficiência de Produção |
| g  | Gramas                           |
| $\text{H}_3\text{BO}_3$                              | Ácido Bórico                     |
| $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$                      | Miligramas por litro             |
| MF   | Massa fresco                     |
| MFC  | Massa fresca do caule            |
| MFF  | Massa fresca de folhas           |
| MFG  | Massa fresca de grãos            |
| MFV  | Massa fresca de vagens           |
| mM   | Milimoles                        |
| $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$             | Sulfato de Manganês              |
| MS   | Massa seca                       |
| MSC  | Massa seca do caule              |
| MSF  | Massa seca de folhas             |

|      |                      |
|------|----------------------|
| MSG  | Massa seca de grãos  |
| MSV  | Massa seca de vagens |
| NaCl | Cloreto de sódio     |
| NF   | Número de folhas     |
| NV   | Número de vagens     |
| PPM  | Parte por milhão     |
| p/v  | Peso por volume      |



## SUMÁRIO

|  |            |
|--|------------|
| INTRODUÇÃO GERAL.....  | 17         |
| REFERÊNCIAS.....   | 20         |
| <b>CAPÍTULO 1: Produção de cultivares de feijão-caupi para tolerância à salinidade .....</b>   | <b>23</b>  |
| INTRODUÇÃO.....  | 24         |
| REFERENCIAL TEÓRICO .....  | 26         |
| MATERIAL E MÉTODOS .....   | 37         |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 43         |
| CONCLUSÃO .....  | 72         |
| REFERÊNCIAS.....   | 73         |
| <b>CAPÍTULO 2: Potencial de utilização do pólen de cultivares do feijão-caupi em programas de fitomelhoramento via seleção <i>in vitro</i> .....</b> | <b>92</b>  |
| INTRODUÇÃO.....  | 93         |
| REFERENCIAL TEÓRICO .....  | 94         |
| MATERIAL E MÉTODOS .....   | 102        |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 108        |
| CONCLUSÃO .....  | 116        |
| REFERÊNCIAS.....   | 119        |
| <b>APÊNDICE .....</b>  | <b>129</b> |

## INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi é uma leguminosa que apresenta fundamental importância social e econômica para o Nordeste do Brasil, constituindo-se em uma das principais fontes proteicas na alimentação da população de baixa renda. O consumo na forma de grãos secos ou verdes, como hortaliça e vagens, tem aumentado nos últimos anos, tornando-se uma excelente alternativa, não apenas de sobrevivência, mas de comercialização para os agricultores (OLIVEIRA e colaboradores, 2001).

É classificada como uma planta autógama, sendo possível afirmar que alguns genótipos podem realizar a polinização cruzada (ROCHA e colaboradores, 2007), uma vez que foi averiguada a presença de visitantes florais como maribondos, vespas e abelhas realizando estas atividades (SOUSA e colaboradores, 2006; MALHEIRO e colaboradores, 2008).

Apesar de ser uma cultura rústica, um dos fatores limitantes, que reduz a produtividade, é a salinidade, pois a mesma afeta o desenvolvimento da planta por meio do desequilíbrio nutricional, déficit hídrico e também pela toxidez provocada por íons (PENNINGG e CALLAWAY, 1992). Ela ainda prejudica alguns processos como o de fotossíntese, síntese de proteínas e metabólitos de lipídios, levando a planta à redução da área foliar e, conseqüentemente ao estresse, à redução nas concentrações de carboidrato, que são de extrema importância para o desenvolvimento celular (ESTEVEES e SUZUKI, 2008).

Na cultura do feijão-caupi, diferentes genótipos já foram classificados como: tolerantes, moderadamente tolerantes e sensíveis à salinidade. De maneira geral, o caupi é classificado como moderadamente tolerante por possuir um limiar de saturação do solo em torno de  $4,9 \text{ dS m}^{-1}$  (MAAS, 1986), no entanto, Ayers e Westcot (1999) afirmam que o feijão de corda tolera condutividade

elétrica da água (CE) de até 3,3 dS. m<sup>-1</sup>, indicando que este limiar varia de acordo com a cultivar (DANTAS e colaboradores, 2002).

A salinidade altera a anatomia radicial e foliar do feijão-caupi (GARZÓN e GARCÍA, 2011), quando analisados em meio de cultivo com NaCl. Ainda pode ocorrer redução da matéria seca total e da nodulação, que é justificada pelos efeitos tóxicos e nutricionais na zona radicular, afetando a assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, inibindo a expansão foliar, reduzindo a área fotossintética e, por fim, a produção de fotoassimilados (LIMA e colaboradores, 2007; NEVES e colaboradores, 2009); redução do teor de proteína nos grãos (DANTAS e colaboradores, 2002); redução da área foliar com o objetivo de manter elevado o potencial hídrico na planta, uma vez que esta planta é sensível ao déficit hídrico na zona radicular, e devido a isso, promove a senescência e abscisão foliar (DANTAS e colaboradores, 2003); aumento de Na<sup>+</sup> e redução da extração de N, K, Ca, P, Fe, Mn, Zn e Cu, à medida que se torna contínua a irrigação com água salina (NEVES e colaboradores, 2009).

Entretanto, existem diferenças genotípicas para a tolerância aos sais com relação às variedades de *Vigna unguiculata* (L.) Walp, sendo necessário, portanto, realizar testes *in vivo* e/ou *in vitro* a fim de verificar a expressão do potencial desse genótipo em meio estressante.

Os testes *in vitro* podem ser realizados por meio da germinação do tubo polínico, sob condições que serão semelhantes ao meio em que a planta será exposta. Para tanto, a temperatura e umidade devem ser favoráveis para a emissão do tubo polínico.

O pólen tido como germinado é aquele que apresenta tubo polínico de comprimento igual ao diâmetro do próprio pólen (PIO, 2004), no entanto, os tipos de meio, o tempo, pH e as concentrações de sacarose, boro, NaCl, dentre outros, são fatores primordiais para a germinação do pólen, pois este é capaz de

determinar a velocidade da emissão do tubo, tornando-se informação importante para os programas de melhoramento, sobretudo, aqueles que visam à seleção de genótipos resistentes à salinidade, o qual visam a seleção gametofítica em gerar materiais de características superiores (SALLES e colaboradores, 2006; ANTONIO, 2004).

A obtenção de genótipos com genes de tolerância à salinidade e sua utilização nos programas de melhoramento genético vegetal tem possibilitado melhores rendimentos em produtividade, permitindo a utilização de técnicas modernas de agricultura e incremento na produção (FAGERIA e GHEYI 1997). Além disso, a manipulação deste caráter tem gerado o surgimento de diferentes classes genotípicas, favorecendo a seleção dos mais adaptados para o cultivo nos diferentes ambientes agrícolas existentes (YOKOI e colaboradores, 2002).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar cultivares de feijão-caupi tolerantes à salinidade, em função da produção e com base no potencial de germinabilidade polínica.

## REFERÊNCIAS

ANTONIO, I.C. Germinação in vitro do pólen de *Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Sprengel) Schumann. **Científica, Jaboticabal**, v.32, n.2, p.101-106, 2004.

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

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.

DANTAS, J.P.; FERREIRA, M.M.M.; MARINHO, F.J.L.; NUNES, M.S.A., QUEIROZ, M. F.; SANTOS, P.T.A. Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de caupi. **Agropecuária Técnica**, v.24, n.2, p.119-130, 2003.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, n. 12, v. 4, p. 662-679, 2008.

FAGERIA, N.K.; GHEYI, H.R. **Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares**. In: Gehyi, H.R.; Queiroz, J.E., Medeiros, J.F. Eds. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada, UFPB, Campina Grande, Brasil, 1997, 383p.

GARZÓN, P.; GARCÍA, M. Efecto del estrés por NaCl sobre La anatomia radical y foliar em dos genótipos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Bioagro**, v.23, n.3, p.153-160, 2011.

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

MAAS, E.V. Salt tolerance of plants. **Applied Agricultural Research**, v.1, p.12-25, 1986.

MALHEIRO, M.G.; MORGADO, L.B.; KIILL, L.H.P. Ecologia da polinização do feijão-caupi (*Vigna Unguiculata* (L.) walp.) em área de sequeiro no município de Petrolina-PE. In: 59º Congresso Nacional de Botânica, 2008, Natal – RN, **Anais...** Disponível em: <  
<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/161512> >. Acesso em 30 de dez de 2013.

NEVES, A.L.R.; LACERDA, C.F.; GUIMARÃES, F.V.A.; HERNANDEZ, F.F.F.; SILVA, F.B.; PRISCO, J.T.; GHEJI, H.R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estágios de desenvolvimentos. **Ciência Rural**, v.39, n.3, mai-jun 2009.

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**, Brasília, v.19, n.1, p.81-84, 2001.

PENNINGS, S.C.; CALLAWAY, R.M. Salt Marsh plant zonation: the relative importance of competition and physical factors. *Ecology*, v. 73, n.2, p. 681-690, 1992.

PIO, L.A.S.; SANTOS, F.C.; RUFINI, J.C.M.; RAMOS, J.D.; ARAÚJO, AG. Germinação *in vitro* de pólen de citros sob diferentes concentrações de cálcio e boro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n. 3, p. 293-296, jul-set, 2004.

ROCHA, M.M.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, K.J.D.; RIBEIRO, V.Q. **Feijão –caupi**: Biologia Floral. Teresina – PI: EMBRAPA Meio-Norte, 2007 (Folder).

SALLES, L.A.; RAMOS, J.D.; PASQUAL, M.; JUNQUEIRA, K.P.; SILVA, A.B. Sacarose e pH na germinação *in vitro* de grãos de pólen de citros. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 170-174, jan-fev, 2006.

SOUSA, I.da S.; FREIRE FILHO, F.R.; LOPES, AC.de A.; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V.Q.; GOMES, F. RÊGO, M.de S.C. Determinação da taxa de fecundação cruzada em feijão-caupi (*vigna unguiculata* (l.) walp.). In: CONAC – Congresso Nacional de Feijão- Caupi, 2006, Teresina - PI. **Anais...** Disponível em: < <http://www.cpamn.embrapa.br/anaisconac2006/resumos/GM30.pdf> >. Acesso em 06 de Jan de 2014.

YOKOI, S.; BRESSAN, R.A.; HASEGAWA, P.M. Salt stress tolerance of plants. **Jircas Working Report**, v. 23, n. 1, p. 25-33, 2002.

**CAPÍTULO 1:**  
**PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI PARA**  
**TOLERÂNCIA À SALINIDADE**



## 1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma leguminosa tipicamente produzida na região Norte e Nordeste, com grande valor alimentar e ampla adaptação ambiental. Seu cultivo ocorre no período de maior índice pluviométrico em função da baixa infraestrutura dos pequenos produtores para realizar a irrigação nos meses mais secos.

A irrigação é uma das técnicas de grande relevância no aumento da produção de alimentos no Brasil, no entanto, essa atividade deve ser realizada de maneira racional, principalmente, em regiões onde se verificam altas temperaturas e baixa pluviosidade, pois o uso de água com altos teores de sais tem contribuído para o aumento da salinização e sodicidade dos solos no Brasil.

A salinidade afeta diretamente as plantas, comprometendo seu desempenho por meio do déficit hídrico, toxidez promovida pelos íons e desbalanço nutricional. Em resposta ao excesso de sal, muitas plantas desenvolvem mecanismos que as tornam capazes de se desenvolverem neste ambiente.

Os mecanismos de tolerância aos sais envolvem processos moleculares, bioquímicos e fisiológicos, dos quais é possível citar: acúmulo ou exclusão de íons, controle e transporte de íons das raízes à parte aérea, síntese de osmólitos, indução de enzimas antioxidantes e hormônios, proteção do sistema respiratório e fotossintético, manutenção do turgor, uso eficiente da água (SILVA e colaboradores, 2011; ESTEVES e SUZUKI, 2008; MUNNS, 2002).

Alguns métodos como a condutividade elétrica da água (CEa), por meio da saturação do solo, pode classificar a planta quanto a sua tolerância, bem como o método que averigua o índice de eficiência de produção (IES), sendo possível verificar diferentes respostas da planta em função da sua espécie (FAGERIA, 1985).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar cultivares de feijão-caupi quanto à tolerância e à salinidade em função da produção.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Características gerais do feijão-caupi

O feijão-caupi, também conhecido por feijão-de-corda e, em algumas regiões, como feijão macassar, feijão catador, feijão fradinho ou feijão da colônia, é uma planta Dicotiledônea, da ordem *Fabales*, originado da família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseolineae*, gênero *Vigna* e espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Assim, o caupi foi classificado inicialmente nos gêneros *Phaseolus* e *Dolichos*, sendo hoje pertencente ao gênero *Vigna* (SELLCHOP, 1962).

O feijão-caupi é originário do continente Africano, havendo controvérsias quanto ao centro de origem. Alguns autores como Steele e Mehra (1980) afirmam que o caupi é originário do Oeste Africano, já Padulosi e NG (1997) asseguram que a África do Sul é o centro de origem desta leguminosa. No entanto, o caupi é amplamente cultivado nas regiões tropicais e subtropicais e, no Brasil, a leguminosa foi introduzida no século XVI pelos colonizadores portugueses na Bahia, expandindo-se, posteriormente, para outros Estados (FREIRE FILHO e outros, 2005).

O caupi é uma leguminosa anual, herbácea, produz frutos do tipo vagem e apresenta porte ereto, semiereto, prostrado ou semiprostrado e hábito de crescimento determinado ou indeterminado (DAVIS e colaboradores, 2003). Possui raízes que atingem profundidades de até 2 metros, o que classifica a planta como resistente à seca. Possui folhas compostas, trifolioladas, longopeciadas, com folíolos ovalados. As flores são hermafroditas e autoférteis, cálice tubiforme, corola com estandarte redondo e grande e coloração branca, roxa ou amarela (PURSEGLOVE, 1974). Propaga-se por sementes e a semeadura é realizada diretamente no campo.

A inflorescência ocorre no ápice do pedúnculo e em cada um duas ou três flores se convertem em frutos e as demais abortam. Os frutos são do tipo vagem de formato cilíndrico, retos ou curvados, de comprimento entre 18-30 cm, no qual pode ser visto a posição interna das sementes. A forma das sementes também varia com a cultivar quanto à forma (arredondada, ovalada, elíptica, reniforme, losangular, quadrangular e comprimido), coloração (classe: branco, preto, cores e misturado) e tamanho, os quais constituem características importantes de valor comercial, podendo implicar no valor do produto (FREIRE FILHO e colaboradores, 2011).

O cultivo do feijão-caupi possui grande destaque na região Norte e Nordeste. A valorização deste produto tem aproximado sua produção à do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), e está relacionado às grandes transformações tecnológicas nas demais culturas, que exigem cada vez mais a utilização de insumos, visando o aumento da produtividade, levando produtores a buscarem novas cultivares para produzir.

Por ser uma excelente fonte de fibras e proteínas, o feijão-caupi compõe a dieta da população Norte e Nordeste e destaca-se como uma cultura de importância socioeconômica, geradora de emprego e renda, cultivada, em grande parte, por pequenos produtores (KHAUTOUNIAN, 1991; PEREIRA e colaboradores, 2013).

No entanto, o nível tecnológico utilizado pela cultura é baixo, pois ainda é pequena a utilização de implementos e insumos agrícolas como maquinários, adubos e fertilizantes, impossibilitando o aumento na produção de grãos e caracterizando esta como de subsistência.

A expansão da produção de caupi torna-se nítida, também, em outros Estados, no qual a produção deste feijão não está voltada apenas para o consumo humano, mas para a alimentação de bovinos, por apresentar folhas com boa

palatabilidade e digestibilidade, a exemplo de propriedades no Rio Grande do Sul (BEVILAQUA e colaboradores, 2007).

O caupi também é cultivado em consórcio com outras culturas, como o milho, sorgo e milheto, oferecendo ao agricultor maior incremento na sua renda.

Atualmente, a produção expande-se para as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil e para outros países, como: Índia, Turquia, Canadá, Portugal, Israel e Egito, nos quais tem apresentado grande aceitação (SINIMBU, 2007).

## **2.4. Efeito da Salinidade**

### **2.4.1. Efeito da Salinidade sobre o solo**

A salinidade do solo é um dos fatores que mais afetam a germinação das sementes, a formação de mudas, o crescimento e desenvolvimento das plantas e a produção quantitativa e qualitativa das culturas.

Dois tipos de salinização são identificados, sendo estas de origem primária ou secundária (WILLIAMS, 1987). A primária está relacionada com processos naturais oriundos de locais com poucas chuvas e alta evaporação; e a secundária está relacionada à ação antrópica de salinização de rios, lagos e córregos de água doce, tornando essa ação de longo alcance e, muitas vezes, assumem caráter irreversível (WILLIAMS, 2001).

Regiões áridas e semiáridas são mais sujeitas aos problemas de salinidade, devido à deficiência hídrica e às condições de alta evaporação, durante a maior parte do ano, fazendo-se necessário o uso da irrigação a fim de tornar as áreas economicamente viáveis (TESTER e DAVENPORT, 2003).

Locais mal drenados, com topografia desfavorável e irrigação má conduzida, utilizando-se água com alta concentração de sódio ou baixa

concentração de sais solúveis, favorecem o acúmulo de sais ao longo do perfil do solo (AGUIAR – NETTO e colaboradores, 2007).

Além da baixa qualidade da água utilizada na irrigação, o uso excessivo de fertilizantes via água de irrigação, com pequeno intervalo de aplicação no ciclo da cultura, promove o acúmulo de sais no solo (DIAS e outros, 2007; OLIVEIRA e colaboradores, 2010).

Os solos que possuem grande quantidade de sal são denominados salinos, salinos-sódicos ou sódicos. Esses solos são afetados de forma que suas características são alteradas, dentre elas, pode-se citar:

#### **2.4.1.1. Estrutura**

Os solos salinos-sódicos possuem grande quantidade de sódio trocável, desencadeando problemas quanto à permeabilidade. Esse fator pode ser justificado devido à atração das cargas positivas dos sais ( $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ) às cargas negativas da argila que compõe o solo. Nesse caso, quanto maior a carga maior atração dessas partículas ao solo, formando uma dupla camada de íons, que pode ou não possibilitar a passagem de água (DIAS e BLANCO, 2010).

O aumento da concentração de sais solúveis não compromete a estrutura do solo, desde que esses sais não promovam a expansão da argila, no entanto, a baixa concentração de sais com condutividade elétrica ( $\text{CE} < 0,2 \text{ Ds.m}^{-1}$ ) e/ou o aumento da concentração de  $\text{Na}^+$  compromete a estrutura, uma vez que o aumento no teor de cátions monovalentes promove a expansão das argilas (FASSBENDER e BORNEMISZA, 1987), acarretando na dispersão da mesma e diminuindo a circulação de água e ar no solo.

A perda d'água em solos salinos forma camadas de solos truncadas com efeito de rachaduras, diminuindo a condutividade hidráulica do solo e reduzindo, por fim, a permeabilidade.

#### **2.4.1.2. pH e condutividade elétrica**

O aumento da salinidade promove a diminuição do pH do solo. O pH é influenciado pela concentração e composição dos sais solúveis e dos cátions trocáveis e também pela presença ou não de carbonato de cálcio, magnésio e, ainda, do gesso (LIMA JÚNIOR E SILVA, 2010).

Além disso, o pH revela a qualidade do solo quanto ao desenvolvimento das plantas (SILVA e colaboradores, 2012) e este influencia a solubilidade e a forma iônica dos nutrientes existentes no solo, tendo, por consequência, a baixa absorção destes pelas plantas (MCBRIDE e BLASIAK, 1979).

A salinidade do solo e da água de irrigação é medida quanto a sua condutividade elétrica, já que a água normal é muito pobre em conduzir energia. Nesse caso, quanto maior a concentração salina, maior a condutividade elétrica no extrato de saturação do solo.

Segundo o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, um solo é considerado salino quando pH é inferior a 8,5 e a condutividade elétrica (CE) do extrato de saturação inferior a 4,0 dS.m<sup>-1</sup> e percentagem de sódio trocável (PST) inferior a 15%. Já solos salinos-sódicos possuem pH próximo de 8,5, CE acima de 4,0 dS. m<sup>-1</sup> e PST superior a 15%; e os solos classificados como sódicos possuem pH entre 8,5 – 10, CE inferior a 4,0 dS. m<sup>-1</sup> e PST acima de 15% (RICHARDS, 1954). No entanto, Holanda e colaboradores (2010) afirmam que, para a maioria das culturas, o solo é considerado salino quando a CE do extrato de saturação é igual ou superior a 2,0 dS.m<sup>-1</sup>, causando risco eminente à produção das culturas. Porém, algumas culturas se destacam para além da CE

citada sem que altos teores de sais comprometam a qualidade da produção (COSTA e colaboradores, 2001).

Aguiar-Netto e colaboradores (2007), ao avaliar o perímetro irrigado de uma região no Estado de Sergipe, observaram que, na profundidade de 0 – 20 cm do solo, houve um aumento na PST e, por consequência, no pH, de forma que este chegou a 9,5 e o PST a 5,7, aumentando a floculação do solo, reduzindo a permeabilidade e a disponibilidade de nutrientes do mesmo.

#### **2.4.2. Classificação das plantas quanto à tolerância ao sal**

A tolerância à salinidade varia entre espécies e está relacionada à resistência do genótipo a esse fator abiótico. De acordo com essa tolerância ao estresse salino, a planta pode ser classificada como halófito, que são plantas que desenvolvem todo seu ciclo em ambiente salino, ou glicófito ou não-halófito, plantas de água doce que não possuem resistência à salinidade na mesma proporção que as halófitas (TAIZ e ZEIR, 2004).

A maioria das plantas é classificada como glicófitas, com exceção da tamareira e do coqueiro (WILLADINO e CAMARA, 2010). A maioria das glicófitas possui um limiar de desenvolvimento no ambiente salino, no qual estas se classificam como altamente tolerantes (*Suaeda marítima* e *Atriplex nummularia*), moderadamente tolerantes (beterraba) e sensíveis (Feijão comum, árvores frutíferas como abacateiro e as cítricas) (GREENWAY e MUNNS, 1980). O feijão-caupi é classificado como moderadamente tolerante por possuir um limiar de saturação em torno de  $4,9 \text{ dS m}^{-1}$  (MAAS, 1986), no entanto, Ayers e Westcot (1999) afirmam que o feijão-de-corda tolera condutividade elétrica (CE) de até  $3,3 \text{ dS. m}^{-1}$ , indicando que este limiar varia de acordo com a cultivar (DANTAS e colaboradores, 2002).



Além das vantagens de alta tolerância, as plantas halófitas podem ser utilizadas para fitorremediação em solos com alto teor de sal, por meio da fitoextração desses íons. A *Atriplex numulária* Lindl é uma forrageira que tem sido amplamente utilizada para a recuperação de solos com grande quantidade de sal, principalmente sódio e cloro, sendo seu plantio agregado a gessagem, contribuindo favoravelmente para a redução dos íons citados anteriormente (SANTOS e colaboradores, 2013; LEAL e colaboradores, 2008), assim como a extração de outros sais como o potássio, cálcio e magnésio, indicando que é possível fazer o uso de plantas halófitas para a recuperação de solos degradados pelo sal (SOUZA e colaboradores, 2011).

#### **2.4.3. Efeito da salinidade sobre as plantas**

A resistência à salinidade caracteriza-se como um caráter quantitativo, envolvendo diversas redes metabólicas com alta interação com o ambiente ao qual a planta está exposta (SILVEIRA e colaboradores, 2010). Segundo o mesmo autor, o estresse salino é dividido em duas fases:

a) fase osmótica: ocorre na fase inicial, quando a planta é exposta às condições salinas, nas quais a mesma está aclimatando-se ao ambiente. Os sintomas são basicamente de natureza bioquímica, destacando o efeito osmótico e a restrição no transporte de água, seguindo de reações hormonais, fechamento estomático e assimilação de CO<sub>2</sub>.

b) fase iônica: ocorrem efeitos diretos e indiretos na planta em decorrência do acúmulo de íons no citosol, no qual a planta manifesta efeitos de toxicidade, destacando a senescência foliar e a morte celular. Pode-se ainda citar outros sintomas referentes a esta fase, como clorose foliar, necrose no limbo foliar e redução da turgescência.

Segundo Taiz e Zeir (2004), o ambiente salino, diferente do ambiente submetido à dessecação, possui grande quantidade de água disponível a um potencial hídrico baixo e constante. Por esse ambiente possuir potencial hídrico muito baixo, exige-se que a planta reduza o seu potencial hídrico para que ocorra a translocação de solutos das raízes para as folhas. Dessa forma, plantas que crescem em solos salinos, e que são moderadamente tolerantes, ajustam-se osmoticamente, evitando a perda do turgor e, por consequência, o retardamento do crescimento.

Plantas sensíveis ao sal manifestam sintomas, quando altas concentrações de íons de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  ou  $\text{SO}_4^{2-}$  acumulam-se nas células, de forma que estes inibam a ação de outros íons, como o de  $\text{K}^+$  que, por sua vez, quebra o balanço iônico nas raízes, pois o  $\text{Na}^+$  além de competir com o  $\text{K}^+$  na absorção pelas raízes inativam enzimas e inibem a síntese proteica. O incremento de concentrações de  $\text{Na}^+$  também reduz teores de Ca que, por sua vez, altera a permeabilidade da membrana plasmática, evitando a passagem de nutrientes (QUEIROGA e colaboradores, 2006). Entretanto, as espécies variam quanto à resistência à salinidade de modo que essa resistência está associada, principalmente, com a capacidade de compartimentação dos íons salinos no vacúolo e com o balanço de  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  no citosol (DELBONE e colaboradores, 2009).

O excesso de  $\text{Na}^+$  no citosol causa efeitos diretos de toxicidade sob a atividade das enzimas e estrutura funcional das proteínas, que pode afetar o transporte de água e minerais para a planta, devido ao aumento do potencial osmótico do solo. Além dessas ações, o acúmulo de Na e/ou Cl, quando acumulado no cloroplasto, inibem a fotossíntese.

A inibição da fotossíntese acarreta diversos fatores, podendo citar a queda da produção das culturas, pois aquela influencia diretamente no

rendimento de grãos, devido à taxa de acumulação de carboidratos (CRAFTS - BRANDNER e PONELEIT, 1992; SANTOS e CARLESSO, 1998).

No nível bioquímico, Silveira e colaboradores (2010) afirmam que não há modelos teóricos capazes de explicar a ação dos sais sob o desenvolvimento das plantas, porém, há sinalizações moleculares agindo juntamente com alguns genes e hormônios que são capazes de influenciar no desenvolvimento mais lento, quando as plantas são submetidas à salinidade moderada, podendo, no primeiro momento de estresse, não apresentar sintomas de toxidez ou injúria. Como exemplo, tem-se o feijão-caupi que, em ambiente salino, reduz o crescimento, mas não exibem toxicidade iônica nas folhas.

O estresse oxidativo, decorrente da salinidade, manifesta-se nas folhas devido ao desarranjo metabólico, desfavorecendo processos chaves como a fotossíntese, fotorrespiração, metabolismo e respiração. Por isso, a sobrevivência e desenvolvimento desta planta dependerão do genótipo de cada espécie e da interação deste com o ambiente.

Assim, as plantas capazes de tolerar altos níveis de salinidade possuem capacidade de minimizar os danos por meio da exclusão do sal dos meristemas, principalmente da parte aérea, utilizando folhas que estão expandindo e fotossintetizando. Outros mecanismos utilizados pelas halófitas são o de exclusão de sais pelas raízes, a fim de que não ocorra a passagem de sais para frutos e folhas jovens; eliminação de sais por meio da exsudação pelas glândulas e pêlos e abscisão de partes, com excesso de sais, sobretudo, das folhas mais velhas (TAIZ e ZEIR, 2004; DELBONE e colaboradores, 2009).

Além dos mecanismos desenvolvidos pelas plantas, quanto à resistência à salinidade, autores relatam que as espécies tornam-se resistentes quando desenvolvidas neste meio (QUEIROGA e colaboradores, 2006). Assim, a capacidade germinativa, bem como o desenvolvimento da plântula, torna-se um

fator de grande relevância, pois o mesmo pode garantir a sobrevivência de espécies em condições adversas.

De maneira geral, o excesso de sais, na planta, reduz a produção de matéria seca em raízes, folhas e caule, como é o caso da goiabeira submetida ao estresse salino com NaCl, de plântulas de arroz e do cajueiro anão (SILVA JÚNIOR e colaboradores, 2002; LIMA e colaboradores, 2005; MORAIS e colaboradores, 2007; ); reduz a área foliar do coqueiro (FERREIRA e colaboradores, 2001); compromete a germinação e o vigor das sementes de *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis* e do feijão comum (PEREIRA e colaboradores, 2012; COKKIZGIN, 2012); reduz a altura e o número de folhas em plantas de amendoim e arroz (GRACIANO e colaboradores, 2011; LIMA e colaboradores, 2005); redução da percentagem de emergência de sementes de feijão e de todas as variáveis de crescimento determinadas (CAMPOS e colaboradores, 2011).

#### **2.4.4. Efeito da salinidade sob o caupi**

O caupi é uma leguminosa moderadamente tolerante ao estresse salino, no entanto, os efeitos da salinidade também são observados nessa planta. Dentre eles é possível citar a redução da matéria seca total e da nodulação, que é justificada pelos efeitos tóxicos e nutricionais na zona radicular, afetando a assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, inibindo a expansão foliar, reduzindo a área fotossintética e, por fim, a produção de fotoassimilados e também, no caso da nodulação, pela menor quantidade de N, que é o nutriente essencial para a realização da fixação biológica associada a bactérias (LIMA e colaboradores, 2007; NEVES e colaboradores, 2009); redução do teor de proteína nos grãos (DANTAS e colaboradores, 2002); redução da área foliar com o objetivo de manter elevado o potencial hídrico na planta, uma vez que esta planta é sensível

ao déficit hídrico na zona radicular e, devido a isso, promove a senescência e abscisão foliar (DANTAS e colaboradores, 2003); aumento de Na<sup>+</sup> e redução da extração de N, K, Ca, P, Fe, Mn, Zn e Cu, à medida que se torna contínua a irrigação com água salina (NEVES e colaboradores, 2009).

A salinidade ainda altera a anatomia radicial e foliar do feijão-caupi. Segundo Garzón e García (2011), a anatomia radicial de genótipos de caupi foi alterada ao utilizar meio de cultivo com NaCl, aumentando a epiderme, o tamanho da célula com relação às células não estressadas, mudanças no xilema com relação ao número de vasos. Ainda foi observado que, positivamente, a salinidade aumentou a suculência na raiz em resposta ao efeito osmótico dos sais, que permite maior diluição do conteúdo iônico das células com o objetivo de contrastar o efeito tóxico na planta. Com relação às folhas, houve o aumento da espessura dos tecidos, com exceção da parte abaxial e um arranjo solto do parênquima. Resultados similares também foram descritos por Lacerda e colaboradores (2006) para anatomia foliar.

Entretanto, existem diferenças genotípicas para a tolerância aos sais com relação às cultivares de *Vigna unguiculata* (L) Walp.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização, material vegetal e delineamento

##### experimental

As investigações foram conduzidas, entre os meses de abril a junho de 2013, em casa de vegetação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), localizada no Campus de Vitória da Conquista - BA, Brasil, a 850 m de altitude, coordenadas geográficas de 14°51' de latitude Sul e 40°50' de longitude Oeste. O clima regional é classificado como tropical de altitude (Cwa), de acordo com Köppen, com pluviosidade média anual em torno de 735 mm (Figura 1).

Foi coletado germoplasma de feijão-caupi com base em sua produtividade loco - regional, selecionando genótipos mais adaptados e produtivos, os quais foram obtidos no Banco de Sementes da UESB.

Os tratamentos consistiram de quatro cultivares (T1 - BRS Maratão, T2- BRS Pujante, T3 - BRS Guariba, T4 - BRS Xique-xique), submetidas a cinco níveis de salinidade da água de irrigação (1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dS m<sup>-1</sup>, a 25°C) no delineamento experimental em blocos casualizados, com 3 repetições, compondo um fatorial 5 x 4, totalizando 20 tratamentos e 60 parcelas. Cada unidade experimental foi formada por um vaso (uma planta por vaso), com avaliação do crescimento e desenvolvimento das plantas aos 90 dias, após a germinação.

Foram utilizados vasos plásticos com capacidade para 15L (Figura 2) e 25 recipientes fechados, com capacidade para 50L, para armazenamento das águas de cada tratamento. O substrato para o enchimento dos vasos foi material edáfico não salino (Latossolo Amarelo Distrófico/ Textura Argilo Arenosa), cujas características físico-químicas foram obtidas por análise do solo. A

correção do solo não foi realizada devido ao baixo teor de alumínio no solo, conforme demonstrado na tabela 1.

**Tabela 1: Resultado da análise química do solo antes da instalação do experimento. Vitória da Conquista – BA, 2013.**

| Identificação | pH                 | mg/dm | cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> de solo |                  |                  |                  |                |                 |      |     |     |    | % |     |      | g/dm <sup>3</sup> |
|---------------|--------------------|-------|--|------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|------|-----|-----|----|---|-----|------|-------------------|
|               | (H <sub>2</sub> O) | P     | K <sup>+</sup>                             | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | H <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | S.B. | T   | T   | V  | M | PST | M.O. |                   |
| Amostra 1     | 5,5                | 1     | 0,13                                       | 2,1              | 0,9              | 0,1              | 2,1            | -               | 3,1  | 3,2 | 5,3 | 59 | 3 | -   | 8    |                   |



FONTE: PAIVA, T.S.S., 2013

**Figura 1 – Vista da área experimental, em casa de vegetação, com cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista – BA, 2013**

### 3.2. Obtenção da condutividade elétrica

As águas para irrigação foram preparadas a partir dos sais NaCl, tomando-se como base a água fornecida por poço artesiano na UESB, diluída com água destilada e acrescida dos sais, de acordo com os tratamentos.

A quantidade de cada componente utilizado no preparo das águas (NaCl, água de poço e água destilada) foi determinada de forma a se obter a condutividade elétrica da água de irrigação do respectivo nível salino.

A concentração do sal foi determinada levando-se em consideração a Condutividade Elétrica da Água ( $CE_a$ ) em  $dS.m^{-1}$ , a 25 °C, de acordo com o tratamento, por meio da equação  $mg.L^{-1} = CE_a \times 640$ , na qual a  $CE_a$  representa o valor desejado. A condutividade de cada solução foi averiguada utilizando o condutivímetro digital portátil, tipo caneta, modelo CD-880, da marca Instrutherm.

### **3.3. Semeadura e irrigação**

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno com substrato, em virtude do baixo vigor das sementes, e a irrigação foi realizada com água destilada, durante 10 dias. Transcorridos 10 dias após a semeadura (DAS), o solo de cada vaso foi previamente irrigado com 1,8L de água, com a condutividade elétrica correspondente ao respectivo tratamento salino. A capacidade de vaso foi determinada mediante a metodologia descrita por Casaroli e Jong van Lier (2008). Assim, foram transplantadas três mudas por vaso de forma equidistante, para posterior desbaste, quando foram deixadas duas plantas, as mais vigorosas, até o momento da floração plena e, a cada dois dias, foi aplicado uma lâmina d'água com valor em torno de  $1,8 L.planta^{-1}$ , a fim de manter o vaso próximo à capacidade de vaso, utilizando-se o método das pesagens (Figura 2).





FONTE: PAIVA, T.S.S., 2013

**Figura 2- Pesagem de plantas de feijão-caupi em vaso antes da irrigação. Vitória da Conquista- BA, 2013.**

Os vasos plásticos foram perfurados e envolvidos com sacos plásticos de 50 cm de diâmetro, nos quais foi realizado, em uma das extremidades inferiores, um corte, colocando-se uma garrafa plástica transparente com capacidade de 2L, para quantificar a água drenada, a qual foi incorporada na irrigação subsequente, mediante uso da proveta graduada (Figura 3).



FONTE: PAIVA, T.S.S., 2013

**Figura 3- Plantas de feijão-caupi em vasos com garrafas pets para reter a água drenada em casa de vegetação. Vitória da Conquista- BA, 2013.**

#### **3.4. Avaliação das características fitotécnicas**

As cinco cultivares foram colhidas aos 90 dias e realizou-se o estudo da altura de planta (cm), mensurada do colo da planta até a base da última folha emitida; do número de folhas, frutos e grãos por contagem simples; do diâmetro de caule (cm), mensurado no colo da planta por meio de um paquímetro; do comprimento das raízes (cm) e da massa fresca e seca do caule, folhas, frutos, grãos e raízes (g), esta última foi obtida após secagem do material, acondicionado em saco de papel colocados em estufa, com ventilação forçada de ar a 60 °C, até obter peso constante.

### **3.5. Índice de eficiência de produção**

Foi calculado o índice de eficiência de produção (IEP), utilizando como base a massa da matéria seca dos grãos de cada cultivar e a massa média da matéria seca total do baixo e alto nível salino, empregando-se a fórmula:  $IEP = (PANS/PMANS) \times (PBNS/PMBNS)$ , na qual:

PANS: produção com alto nível de salinidade; PAMNS: produção média do experimento com alto nível de salinidade; PBNS: produção com baixo nível de salinidade; PMBNS: produção média do experimento com baixo nível de salinidade.

A classificação com base nesse índice foi feita da seguinte maneira: índice de eficiência maior que 1: genótipos tolerantes; entre 1 e 0,5: genótipos moderadamente tolerantes; entre 0,5 e 0: genótipos suscetíveis, conforme sugerido por Fageria (1985).

### **3.6. Eficiência do uso da água**

Foi calculado o consumo de água total por unidade experimental, estimando-se também a eficiência de uso da água ( $EUA = \text{peso de massa seca total produzida (g)} / \text{quantidade de água consumida (L)}$ ).

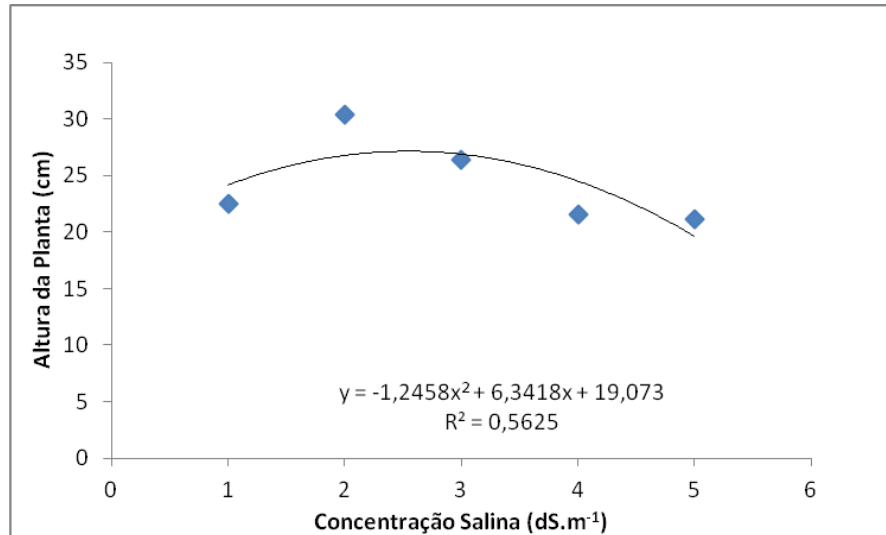
### **3.7. Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade e normalidade das variâncias. Em seguida, foi realizada a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SISVAR, versão 5.1 (FERREIRA, 2007).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificado efeito significativo da salinidade para altura da planta (AP), massa fresca do caule (MFC), massa seca do caule (MSC), diâmetro (D), massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhas (MSF), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), massa fresca de vagens (MFV), massa seca de vagens (MSV), número de vagens (NV), eficiência do uso da água (EUA), massa fresca de grãos (MFG), massa seca de grãos (MSG) e eficiência do uso da água (EUA), por meio da massa seca de folhas, raiz, caule, vagens e grãos da planta. Também foi verificado efeito significativo da cultivar para as características citadas acima, com exceção da AP CR, MSG e MFG. A interação cultivar x salinidade foi significativa apenas para o número de folhas, conforme descrito no apêndice A.

A altura da planta foi influenciada, apenas, pelas concentrações salinas. O modelo que melhor se ajustou foi o quadrático ( $p \leq 0,05$ ), no qual se nota maior altura para plantas irrigadas com  $2 \text{ dS.m}^{-1}$  do que para a testemunha seguida de decréscimo na altura da plantas, conforme aumento da salinidade (Figura 4).



**Figura 4: Altura de planta de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação (dS.m<sup>-1</sup>). Vitória da Conquista – BA, 2013.**

Efeitos semelhantes para a CEa, a partir de 3,0 dS.m<sup>-1</sup>, foram observados para outras culturas como a do amendoim, feijão comum, melão (GRACIANO e colaboradores, 2011; ARAÚJO e colaboradores, 2010; QUEIROGA e colaboradores, 2006), submetidas a estresse salino e no feijão-caupi, submetido ao estresse hídrico e salino (COELHO e colaboradores, 2013; LEITE e VIRGENS FILHO, 2004). Segundo esses autores, a redução da altura é um mecanismo de resistência ao fator abiótico estressante, que tornará a planta capaz de se desenvolver no ambiente, apesar das condições adversas.

O crescimento da planta até a concentração de 2dS.m<sup>-1</sup> pode ser justificado pela capacidade de absorção de água e íons pela planta até essa CEa, sem, contudo, diminuir o potencial osmótico na solução do solo com efeitos de

toxicidade iônica, levando a planta a produzir normalmente, mesmo sob condições salinas superiores à testemunha. Relação contrária pode ser verificada para as concentrações posteriores a essa outrora citada.

É possível observar, ainda, que a redução da altura entre o nível de maior e menor média foi de 30,2%. Esse fator pode ser justificado, principalmente, porque as plantas submetidas à concentração de  $5\text{dS.m}^{-1}$  apresentaram crescimento lento, comparando com as plantas de feijão-caupi sob menor CEa, devido à maior quantidade de íons existentes na solução, implicando em redução do potencial osmótico.

A seca fisiológica também é um dos fatores que reduz a altura das plantas, uma vez que plantas com déficit hídrico/salino reduzem ou paralisam completamente seu crescimento na fase reprodutiva, pois é nessa fase que a planta necessita de uma maior quantidade de fotoassimilados para favorecer a formação de grãos (ARAÚJO e colaboradores, 2010).

Conforme descrito para a altura, foi possível observar efeito da salinidade sobre a massa seca e fresca do caule, assim como verificou-se comportamento diferenciado entre as cultivares (Apêndice A). Para tanto, foi observado que o Tratamento 1 – BRS Maratão - obteve maior peso, e as demais cultivares não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 2).

**Tabela 2: Massa fresca (MF), massa seca (MS) e diâmetro (D) do caule de feijão-caupi submetido a estresse salino. Vitória da Conquista – BA, 2013.**

| Tratamentos/<br>Cultivar    | Médias    |           |          |
|-----------------------------|-----------|-----------|----------|
|                             | MF (g)    | MS (g)    | D (mm)   |
| <b>T1 - BRS Maratoã</b>     | 53,2100 a | 10,1133 a | 8,2057 a |
| <b>T2 - BRS Pujante</b>     | 39,5100 b | 8,2467 b  | 7,1590 b |
| <b>T3 - BRS Guariba</b>     | 31,4667 b | 6,9800 b  | 7,2350 b |
| <b>T4 - BRS Xique-xique</b> | 38,3200 b | 7,0867 b  | 7,1720 b |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

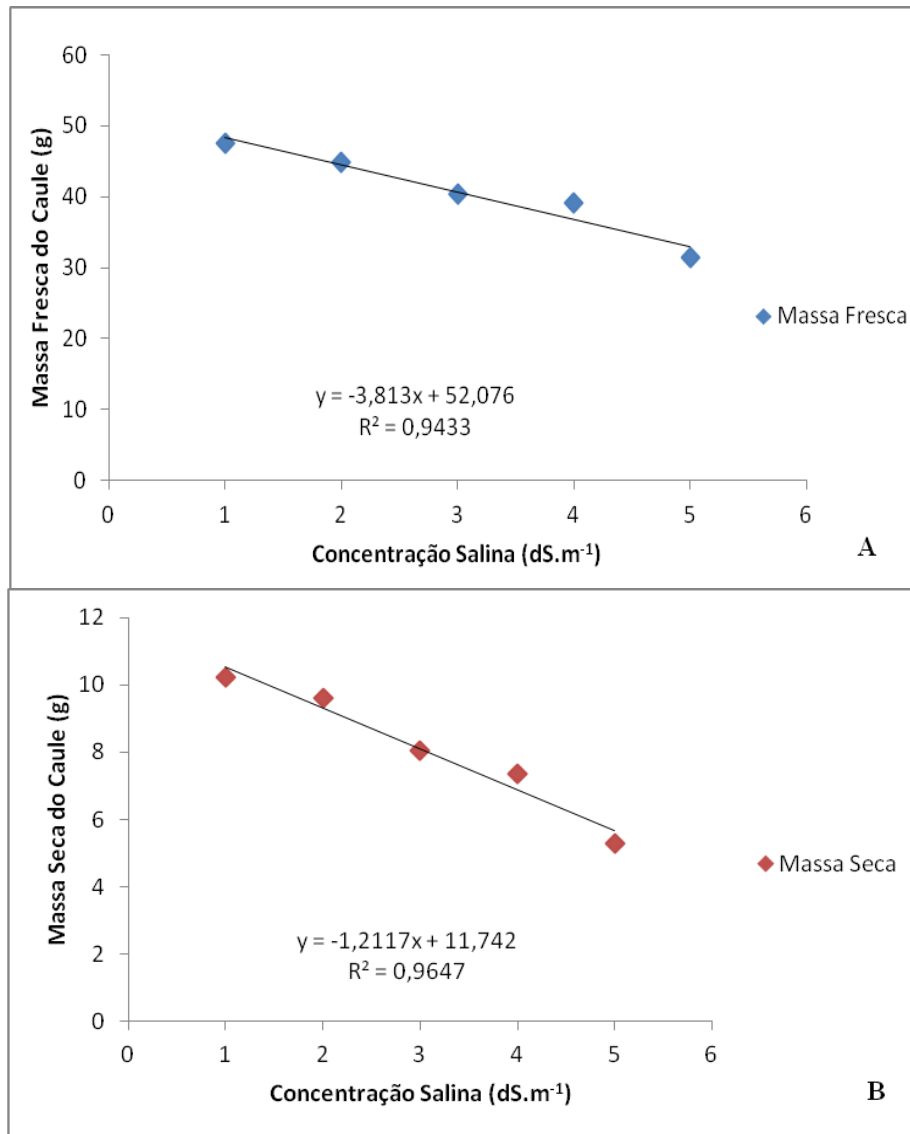
Santos e colaboradores (2013), ao avaliar a massa da matéria fresca de plântulas de feijão-caupi e fava-branca, verificaram que a MF do caule de caupi aumentou com o incremento de íons de NaCl e o da fava-branca foi reduzido. Incrementos na MF e MS de caupi, em condições salinas, também foram observados por Sudério e colaboradores (2011), quando avaliados em função dos dias após a semeadura (DAS) quanto do estágio fenológico, no entanto, estes obtiveram resultados inferiores, quando comparados às plantas controle. Os autores justificam tal fato devido à expansão celular, seguida do espessamento do caule.

Tais resultados contradizem aqueles encontrados nesse experimento, bem como com os resultados obtidos por Shalhevet e colaboradores (1995), os quais afirmam que, durante o estágio vegetativo, as plantas de caupi são muito

sensíveis ao sal. Comportamento semelhante ao deste trabalho foi verificado por Araújo e colaboradores (2010), ao verificar que o peso seco do caule diminuiu a partir de  $2,0 \text{ dS.m}^{-1}$  para cultivares de feijoeiro tolerantes à salinidade.

Para os níveis salinos, foi verificada, mediante análise de regressão, uma relação linear decrescente, à medida que se aumentava a concentração salina nas águas de irrigação diminuía-se o peso do caule. Para tanto, observa-se que a condutividade elétrica  $1 \text{ dS.m}^{-1}$  produziu maiores médias (10,22 g) com redução de 48,14% no peso de caule para a maior concentração de NaCl, conforme observado na figura 5B.

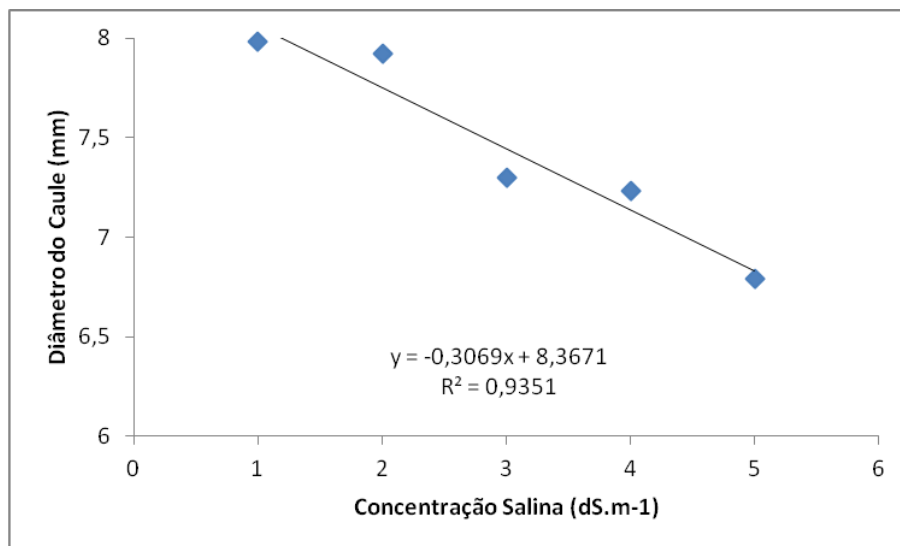




**Figura 5: A- Massa fresca de caule (g); B – Massa seca de caule (g) do feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação (dS.m<sup>-1</sup>). Vitória da Conquista – BA, 2013.**

Da mesma maneira que para massa seca do caule, para a variável diâmetro, foram observados resultados significativos apenas para as cultivares e os níveis salinos. Assim, notou-se que o tratamento 1 – BRS Maratã obteve maior diâmetro (D) e as demais cultivares não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 2).

Avaliando o efeito dos níveis salinos sob o diâmetro do caule, foi verificado efeito linear decrescente sobre o comportamento de plantas de caupi (Figura 6). Assim, a testemunha (1 dS.m<sup>-1</sup>) obteve maiores médias para a variável analisada, com pequena variação entre os níveis 1 – 4 ds.m<sup>-1</sup> (7,98; 7,90; 7,30; 7,23 mm, respectivamente). Menor média foi encontrada para 5 dS.m<sup>-1</sup>, com 6,79 mm de diâmetro e redução de 14,91% com relação ao tratamento de menor CEa.



**Figura 6: Diâmetro do caule (g) do feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação (dS.m<sup>-1</sup>). Vitória da Conquista – BA, 2013.**

Resultados contrastantes foram observados por Almeida e colaboradores (2012), quando o diâmetro de plantas de caupi aumentaram sob aumento do nível salino. No entanto, resultados como este são incomuns sendo, portanto, verificado comportamento semelhante para o decréscimo do diâmetro por Silva e colaboradores (2009), quando submeteram a cv. Quarentinha ao nível de salinidade 3,5, e por Alencar e colaboradores (2013), ao avaliar diferentes genótipos de caupi. Assim como para o caupi, diversas culturas apresentam redução do diâmetro sob efeito do estresse salino, dentre estes estão: o girassol (TRAVASSO e colaboradores, 2012) e a mamona (SOARES e colaboradores, 2013; SILVA e colaboradores, 2008).

A redução do diâmetro implica na inibição ou retardamento do crescimento, uma vez que esse é influenciado pela redução da água disponível no solo, levando a planta a requerer maior energia para absorver água e desenvolver-se (LEONARDO e colaboradores, 2007).

Além do crescimento, alguns autores relacionam o diâmetro com a produtividade, pois estes afirmam que há correlação fenotípica e genotípica positiva e significativa entre diâmetro e altura da planta, implicando em maior produtividade para plantas que possuem maiores valores para estas variáveis de crescimento (CARVALHO e colaboradores, 2010). Dessa forma, Ganga e colaboradores (2009), ao avaliarem progênies de *Hancornia speciosa*, afirmam que a correlação positiva, em apenas um parâmetro, é possível obter ganhos indiretos no outro, pelo menos para o desenvolvimento inicial da planta.

As correlações positivas e significativas, para as características citadas anteriormente, podem auxiliar nos programas de melhoramento, visto que tornam-se capazes de selecionar genótipos com melhor produção.

A produção de folhas foi influenciada pelos níveis salinos e pelo comportamento das cultivares em relação ao ambiente exposto (Tabela A).

Dessa forma, foi encontrado maior peso de massa fresca para a cultivar BRS Maratoã, sem diferir estatisticamente da BRS Xique-xique. Menor peso de MS e NF foi verificado na BRS Guariba que, por sua vez, produziu maior número de vagens (NV) (Tabela 3).

**Tabela 3: Massa fresca (MF), massa seca (MS) e número de folhas (NF) de feijão-caupi submetido a estresse salino. Vitória da Conquista – BA, 2013.**

| Tratamento/<br>Cultivar     | Médias (g) |          |           |
|-----------------------------|------------|----------|-----------|
|                             | MF         | MS       | NF        |
| <b>T1- BRS Maratoã</b>      | 35,1667 a  | 0,8867 a | 24,867 a  |
| <b>T2 - BRS Pujante</b>     | 24,8333 b  | 0,7420 a | 20,7667 a |
| <b>T3- BRS Guariba</b>      | 14,9667 c  | 0,5113 b | 12,7333 b |
| <b>T4- BRS Xique- xique</b> | 28,2000 ab | 0,7273 a | 22,8667 a |

Médias seguidas da mesma na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Assim, pode-se dizer que a redução do número de folhas da cv. BRS Guariba foi em função da maior produção de vagens. Resultados inversamente proporcionais podem ser verificados para a cv. BRS Maratoã, que produziu maior número de folhas e menor número de vagens. Nascimento e colaboradores (2004) verificaram efeito semelhante, quando submeteram plantas de caupi ao

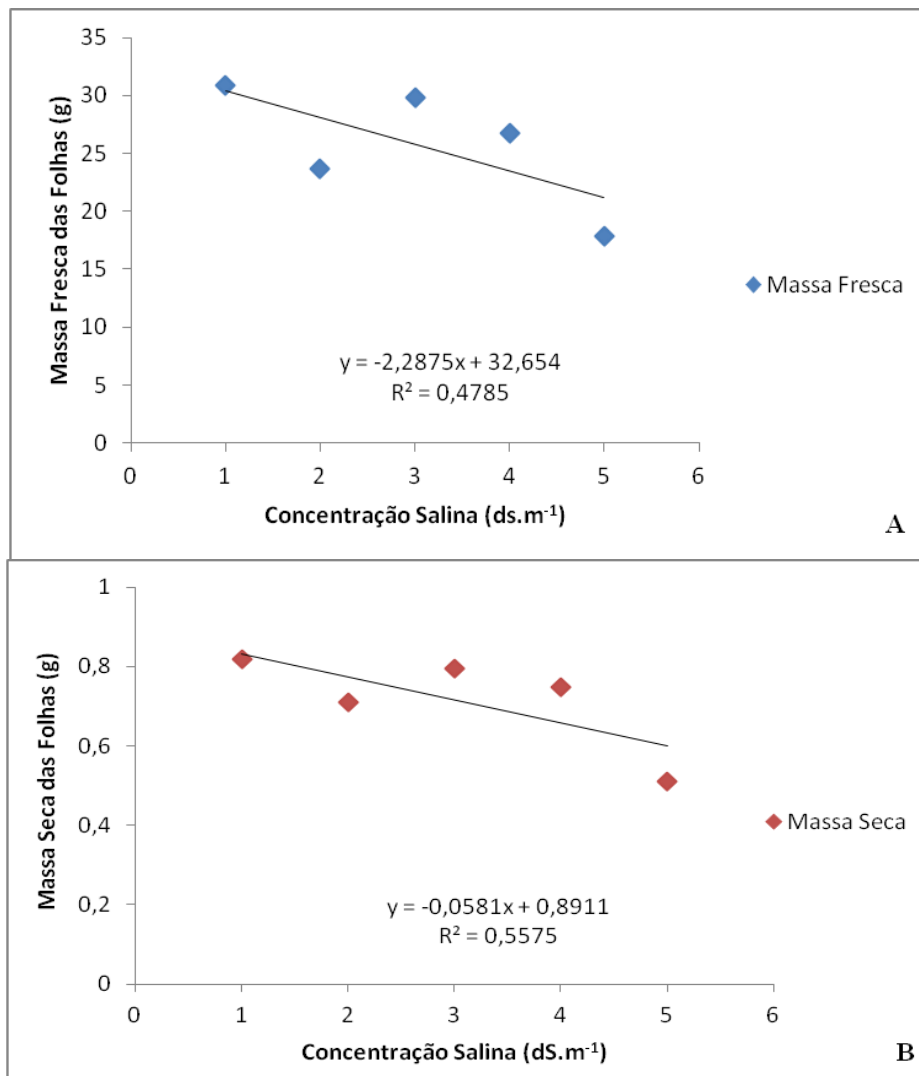
déficit hídrico, assim como Oliveira e colaboradores (2013) e Andrade e colaboradores (2013), analisando plantas de caupi sob estresse salino (Tabela 4).

**Tabela 4: Massa fresca (MF), massa seca (MS) e número de vagens (NV) de feijão-caupi submetido a estresse salino. Vitória da Conquista – BA, 2013.**

| Tratamento/<br>Cultivar     | Médias (g) |          |           |
|-----------------------------|------------|----------|-----------|
|                             | MF         | MS       | NV        |
| <b>T1 - BRS Maratoã</b>     | 4,3233 ab  | 1,2046 a | 5,4333 b  |
| <b>T2 - BRS Pujante</b>     | 4,6900 a   | 0,9907 b | 5,1333 b  |
| <b>T3 - BRS Guariba</b>     | 3,4467 b   | 0,9107 b | 7,4333 a  |
| <b>T4 - BRS Xique-xique</b> | 3,5267 ab  | 0,9513 b | 5,9000 ab |

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste TuKey ( $P < 0,05$ ).

Verificando o efeito da salinidade sobre o peso de folhas, observa-se comportamento linear decrescente (Figura 7). Maiores valores foram encontrados para MS da testemunha (0,82 g), seguida de decréscimo sob folhas irrigadas com água salina. Menor MS foi encontrada em plantas submetidas a 5 dS.m<sup>-1</sup>; este fato pode ser justificado pela alta concentração salina, levando as folhas a abscisão e senescência. É possível observar essa resposta na maioria das plantas submetidas ao estresse salino, seguida de redução da área foliar e, por consequência, redução do peso das folhas, como observado, sobretudo, para a maior concentração salina (5dS.m<sup>-1</sup>). A redução do peso seco entre a maior e a menor concentração salina foi de 37,8%, enquanto Oliveira e colaboradores (2013) verificaram redução de 76%.



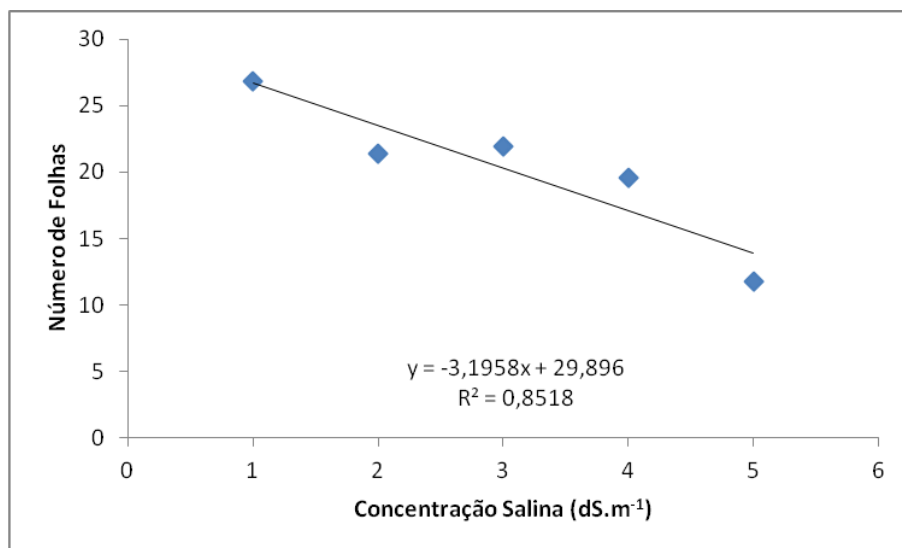
**Figura 7: A- Massa fresca de folhas; B - Massa seca de folhas (g) do feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação (ds.m<sup>-1</sup>). Vitória da Conquista – BA, 2013.**

A salinidade também pode acarretar em incremento no peso seco das folhas, à medida que se aumenta a concentração salina, devido ao espessamento

das folhas sob altas doses de NaCl (ARAÚJO e colaboradores, 2010). Tal fator foi evidenciado em folhas de caupi, devido ao aumento da espessura do parênquima esponjoso ou do parênquima paliçádico em plantas estressadas com 48 e 90 mM de NaCl, respectivamente, evidenciando que a tolerância varia com a cultivar e a idade da planta (BRAY e REID, 2002; WIGNARAJAH e colaboradores 1975).

A redução no peso seco das folhas associa-se aos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais nas raízes da planta, reduzindo a assimilação de CO<sub>2</sub>, a expansão foliar e promovendo a aceleração da senescência das folhas maduras (NEVES e colaboradores, 2009; WILSON, 2006).

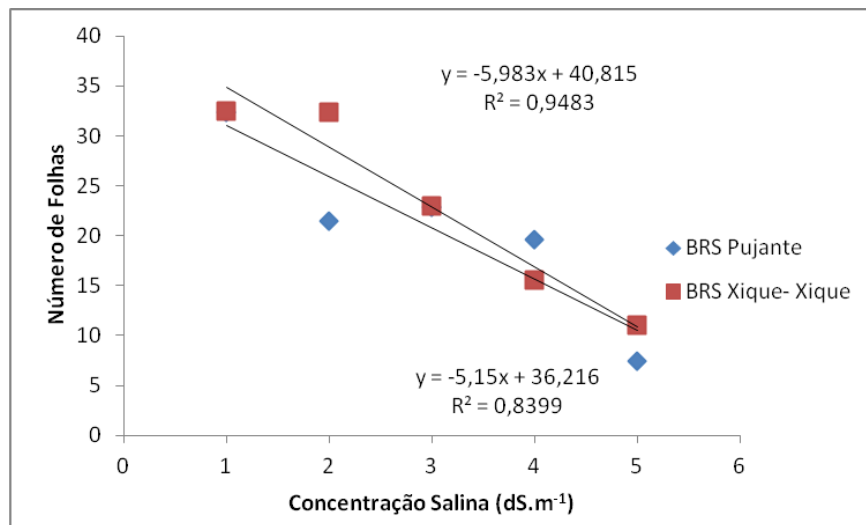
Adotou-se o modelo linear para o efeito da salinidade sobre o número de folhas, concluindo-se que houve redução do número de folhas, conforme aumento da salinidade (Figura 8).



**Figura 8: Número de folhas do feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação (dS.m<sup>-1</sup>). Vitória da Conquista – BA, 2013.**

Quanto ao número de folhas, verificou-se interação significativa entre as cultivares e as concentrações salinas nos tratamentos 2 (BRS Pujante) e 4 (BRS Xique-xique), sendo possível realizar o desdobramento da interação, conforme descrito no apêndice B.

As cv. BRS Pujante e Xique-xique obtiveram maior produção de folhas, quando submetidas ao tratamento com  $1\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  (32,33 e 32,5, respectivamente) seguida de redução com o aumento da salinidade. A redução do menor para o maior índice de NaCl foi de 76,8% e 66,15%, para a BRS Pujante e Xique-xique, respectivamente. Todavia, ao comparar as cultivares, maior produção de folhas ocorreu para a BRS Xique-xique sob mesma condição em que a BRS Pujante foi exposta (Figura 9).



**Figura 9:** Número de folhas de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade da água de irrigação ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ). Vitória da Conquista – BA, 2013.



A redução no número de folhas é um fator de resposta ao estresse salino, pois este mecanismo torna a planta mais adaptada às condições adversas, uma vez que a abscisão foliar diminuirá a superfície transpirante e favorecerá a manutenção do alto potencial hídrico na planta (DANTAS e colaboradores, 2003; TESTER e DAVENPORT, 2003). Outro fator relevante, com relação à perda de folhas, é que essas são um parâmetro indicativo da produtividade, pois somente através delas é possível realizar a fotossíntese, que transformará energia luminosa em energia química, resultando na formação de carboidratos, os quais serão translocados para órgãos vegetativos e de reservas, visando o desenvolvimento e produção de frutos, do contrário ocorrerá redução da produção (LIMA e colaboradores, 2007).

Para número de vagens, houve efeito significativo para as cultivares e as concentrações salinas (Apêndice A). Foi verificado que o tratamento 3 (BRS Guariba) obteve maior número de vagens, não diferindo, entretanto, do Tratamento 4 (BRS Xique-xique), conforme demonstrado na tabela 4.

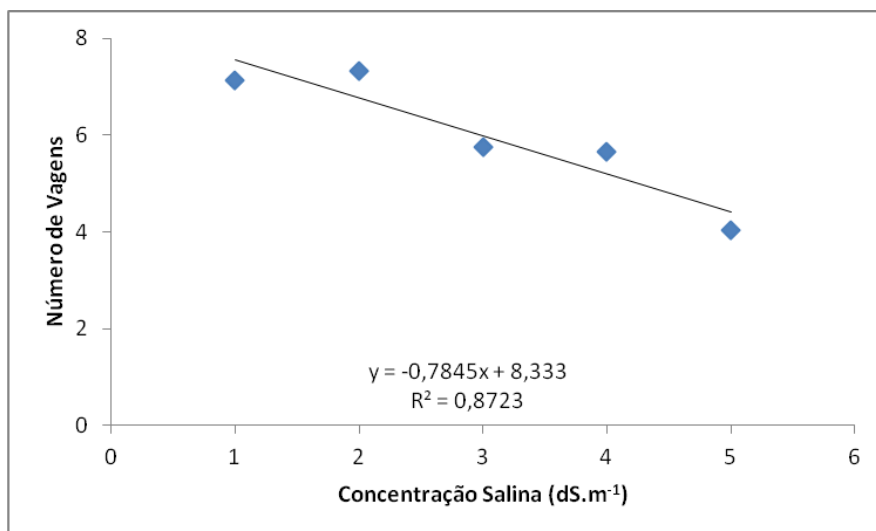
Na tabela 4, a maior produção de vagens para a BRS Guariba pode ser explicado pelo fato da planta reduzir o número de folhas em função do transporte de fotoassimilados aos órgãos reprodutivos ao invés do vegetativo, promovendo a senescência das folhas mais velhas. Oliveira (2012) afirma que maior produção de vagens está associada ao maior número de ramos, durante o ciclo da cultura, associada ao porte da planta. Resultado de melhor desempenho produtivo para a BRS Guariba foi verificado por Bastos e colaboradores (2012), comparando-se com a BRS Paraguaçu, sob déficit hídrico.

Silva (2011) verificou, em experimento na região de Vitória da Conquista, que a cv. BRS Guariba produziu 11,7 vagens por planta, sob condições favoráveis para o desenvolvimento desta. Assim, comparando com o resultado obtido neste trabalho, verifica-se, mais uma vez, a redução da

produção, quando essa cultivar é exposta ao estresse salino. Já Oliveira (2012), verificou, em condições de cultivo em Vitória da Conquista, que a cv. BRS Maratoã produziu maior número de vagens em todas as colheitas, 14 vagens.planta<sup>-1</sup>, assemelhando-se a BRS Guariba na 3ª colheita, que produziu em torno de 13 vagens.planta<sup>-1</sup>.

Oliveira (2012) ainda afirma que apesar do número de vagens e grãos ser importante componente do rendimento, essa é a característica mais afetada pelas mudanças ambientais, pois possuem baixa variabilidade genética, de modo que não deve ser tomado como parâmetro único na avaliação à tolerância às adversidades ambientais.

Com relação ao efeito do sal sobre os tratamentos, verificou-se que maior número de vagens foi encontrado em plantas submetidas à irrigação com 2ds.m<sup>-1</sup> de NaCl, com média superior à menor concentração adotada (1 dS.m<sup>-1</sup>), seguida de decréscimo a partir de 3,0 dS.m<sup>-1</sup>. A redução da produção de vagens nas plantas irrigadas com 2dS.m<sup>-1</sup> e 5dS.m<sup>-1</sup> foi de 44,88%, enquanto que Nascimento e colaboradores (2004) obtiveram redução de 49% na produção, quando as plantas de caupi foram submetidas a 40% de água disponível no solo (Figura 10).



**Figura 10: Número de vagens de plantas de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação (dS.m<sup>-1</sup>). Vitória da Conquista – BA, 2013.**

A redução do número de vagens foi verificado por Nascimento e colaboradores (2004), sob maior supressão de água em plantas de caupi. Como diversas reações, que ocorrem na planta sob estresse hídrico, são semelhantes às que ocorrem na planta sob estresse salino, torna-se válido realizar estas comparações. Assim, Ritchie (1981) afirma que o déficit hídrico pode causar, além da redução da expansão foliar, enrolamento e abscisão de folhas, redução da brotação, polinização, translocação, abortamento das vagens e, por fim, redução do enchimento dos grãos. Nesse caso, é válido ressaltar que as cv. de feijão-caupi, submetidas às concentrações de 5dS.m<sup>-1</sup>, produziram vagens mais lentamente que as plantas irrigadas com água de menor CE.

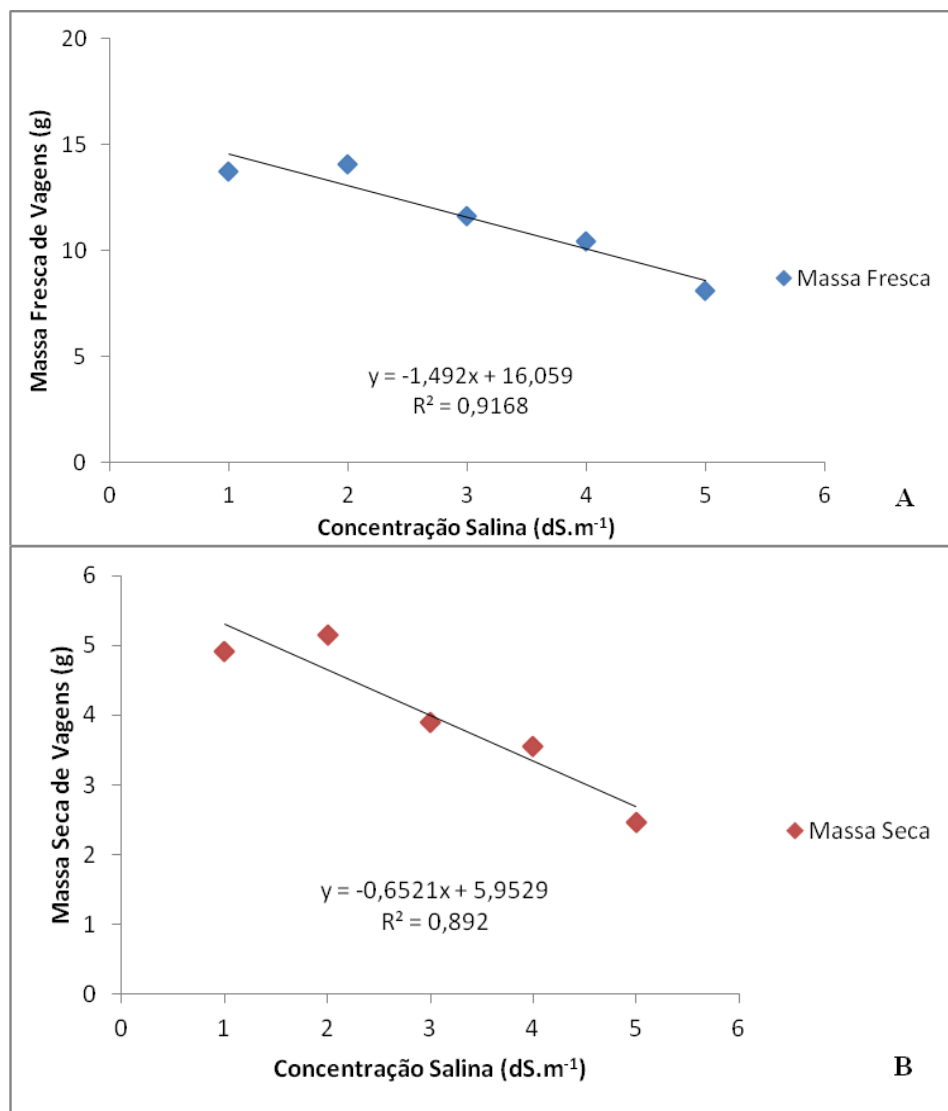
De acordo com os resultados obtidos para número de vagens, é possível afirmar que as plantas de feijão caupi desenvolvem-se normalmente sem reduzir sua capacidade produtiva, quando submetidas a CE de 2 dS.m<sup>-1</sup> (Figura 10).

Além disso, é possível confirmar a afirmação de Carvalho e colaboradores (2010), citado anteriormente, quando o mesmo afirma que a altura da planta, que neste caso desenvolveu até  $2 \text{ dS.m}^{-1}$ , possui correlação positiva e significativa para a produção.

Para peso de massa fresca de vagens, nota-se que a cultivar BRS Pujante obteve maior média, diferindo apenas da BRS Guariba. No entanto, para MS, foi observado que a BRS Maratã possuiu maior média, com menor perda de água para as vagens, as demais cultivares não diferiram estatisticamente entre si. A média para a redução do teor de água para cada tratamento foi 3,6993; 3,1187; 2,5754; 2,5360 g, para os tratamentos 2,1,4,3, respectivamente (Tabela 4).

A análise de regressão para verificar o efeito do sal sobre a MS e MF mostra que, para resultados de massa fresca, as plantas irrigadas com  $2 \text{ dS.m}^{-1}$  obtiveram maior peso de MF do que a testemunha ( $1 \text{ ds.m}^{-1}$ ). Para os demais níveis, observa-se que à medida que aumentava a concentração salina, a massa fresca foi diminuída. Para a MS, houve uma pequena diferença entre a média dos pesos das vagens com destaque para a concentração com  $2 \text{ dS.m}^{-1}$ , que da mesma forma, obteve maior média que a testemunha (5,1541 e 4,9167, respectivamente). Este resultado pode ser justificado pelo maior número de vagens produzidas nas plantas de caupi, submetidas a essa concentração salina (Figura 11).

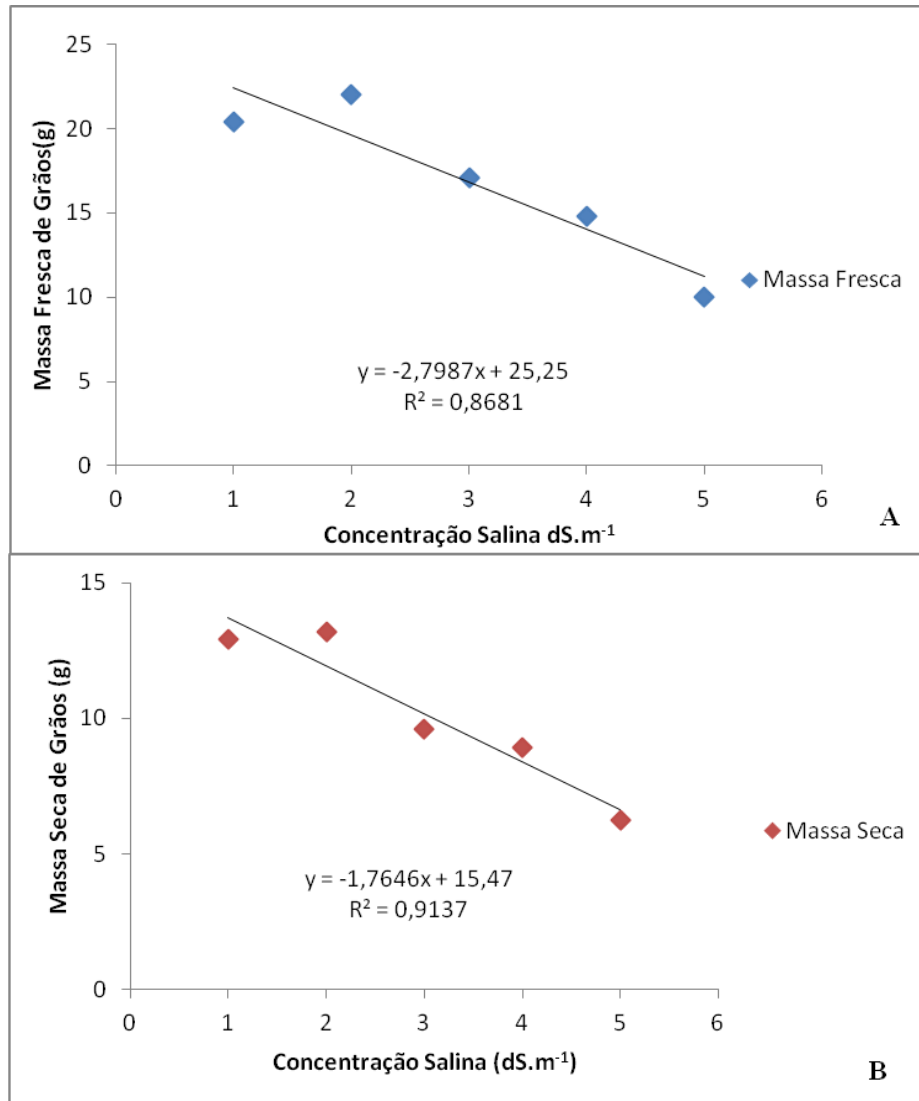
Apesar de menor número de vagens, a BRS Pujante alcançou maior peso de vagem verde, fator bastante positivo, quando o feijão-caupi é comercializado como hortaliça.



**Figura 11: A- Massa fresca de vagens; B- Massa seca de vagens (g) do feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação (dS.m<sup>-1</sup>). Vitória da Conquista – BA, 2013.**

O efeito da salinidade sobre a massa de grãos é observado na figura 12. Nota-se que o comportamento verificado para o peso foi linear decrescente e

corresponde ao mesmo encontrado para MS e MF de vagens, de modo que à medida que aumentou-se a concentração salina, o peso dos grãos foi diminuído.



**Figura 12: A- Massa fresca de grãos; B – Massa seca de grãos (g) de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação (dS.m<sup>-1</sup>). Vitória da Conquista – BA, 2013.**

Os tratamentos submetidos à concentração salina de 2 dS.m<sup>-1</sup> obtiveram maiores médias com pequeno incremento de 0,3 g acima da concentração de 1dS.m<sup>-1</sup> para MS. A partir de 3 dS.m<sup>-1</sup>, o aumento da salinidade proporcionou decréscimo do peso dos grãos, levando à conclusão que, a partir dessa CEa, as plantas de feijão-caupi decrescem sua produção por efeito da toxidez dos íons. A redução do peso seco entre 2 e 5 dS.m<sup>-1</sup> foi de 51,74% (Figura 12 B).

O aumento da salinidade é um fator limitante de grande relevância para a produtividade das culturas (ASSIS JÚNIOR e colaboradores, 2007) e sua redução está relacionada com a aplicação, a longo prazo, de água salina durante o ciclo da cultura. Em feijão caupi é possível verificar a redução no crescimento vegetativo e na produção de grãos, sob condições de estresse salino (BEZERRA e colaboradores, 2010; WILSON e colaboradores, 2006; DANTAS e colaboradores, 2003), corroborando o comportamento das plantas avaliadas neste experimento.

A redução no peso de grãos, assim como na produção de vagens, está relacionada com a exigência de água na fase produtiva, pois a supressão hídrica na fase de floração e enchimento de grãos ocasiona o abortamento das flores e vagens jovens, mediante aumento na síntese do ácido abscísico (ABA) e etileno (PRISCO e GOMES FILHO, 2010; TAIZ e ZEIR, 2004). A seca ainda produz vagens chochas nas pontas, considerando que o enchimento das vagens ocorre da base para as pontas (SOUSA e colaboradores, 2009), levando à menor produção de grãos e, por consequência, redução do peso dos mesmos. Os autores ainda afirmam que a supressão hídrica em todas as fases fenológicas do feijoeiro cv. Carioca comum, Rudá e Pérola afetou o desenvolvimento das estruturas vegetativas, reduzindo a produção de grãos e vagens na proporção em que se prolongou o tempo de estresse hídrico.

A redução na produção de grãos/sementes também foi observada em diversas culturas, como descrito por Santos Júnior e colaboradores (2011) e Nobre e colaboradores (2011), para a cultura do girassol; por Garcia e colaboradores (2007), para a cultura do milho; por Ferreira e colaboradores (2012), para o quiabeiro; por Correia e colaboradores (2009), em amendoim.

Resultados contrários àqueles encontrados nesta pesquisa foram verificados para cv. de caupi Epace 10, apontando que a salinidade não influenciou no peso dos grãos (NEVES e colaboradores, 2008), de forma que o efeito desses íons é variável sobre cada cultivar. Também foi verificado por Bezerra e colaboradores (2003) que o déficit hídrico não afetou o peso das sementes, bem como o comprimento das vagens da cv. Epace 11, no entanto, os autores afirmam que a redução do aporte hídrico nos estádios vegetativo e de enchimento de grãos, em diferentes estádios fenológicos, provocou baixa produção de grãos em relação ao tratamento sem déficit. Dessa forma, verifica-se que a seca, seja ela por redução do nível de água ou em virtude da salinidade, na fase de enchimento de grãos, é crucial para garantir o transporte de carboidratos, garantindo maior peso de grãos (SOUSA e colaboradores, 2009).

Apesar da redução do peso de grãos, com o aumento de salinidade, o índice de eficiência de produção (IES) classifica todas as cultivares avaliadas como tolerantes à salinidade, por apresentar IES superior a 1, conforme descrito na tabela 5.



**Tabela 5: Influência da salinidade no peso da matéria seca de grãos de feijão-caupi e sua classificação para tolerância à salinidade, conforme Índice de Eficiência de Produção. Vitória da Conquista- BA, 2013.**

| Tratamento/<br>Cultivar      | Níveis de Salinidade<br>(dS.m <sup>-1</sup> ) |      | IEP e<br>Classificação <sup>1</sup> |
|------------------------------|---|------|-------------------------------------|
|                              | 1   | 5    |                                     |
| <b>T1 - BRS Maratoã</b>      | 61,6  | 38,7 | 2,1 (T)                             |
| <b>T2 - BRS Pujante</b>      | 95,9  | 47,3 | 4,9 (T)                             |
| <b>T3 - BRS Guariba</b>      | 74,8  | 40,5 | 5,43 (T)                            |
| <b>T4 - BRS Xique- xique</b> | 77,7  | 23,2 | 2,54 (T)                            |

<sup>1</sup>T = Tolerante

Os resultados são bastante significativos para a região Sudoeste, pois o Estado da Bahia corresponde à maior região brasileira, em termos de área, com 44% do solo afetado pela salinidade (RIBEIRO e colaboradores, 2003).

Estes resultados confirmam a classificação de Maas (1986), quando este afirma que a cultura é muito tolerante à salinidade e o limiar de saturação para feijão-caupi é de 4,9 dS.m<sup>-1</sup>. Como este trabalho foi executado com o máximo de CEa de 5,0 dS.m<sup>-1</sup>, sugere que se utilize CEa superior a este valor para verificar o comportamento dessa cultivares.

Verificou efeito significativo da salinidade para MF e MS das raízes (Tabela A). A BRS Maratoã obteve maior média, diferindo, apenas, da cv. BRS Guariba, conforme observado para as variáveis MFF, MSF e NF para MF. Já

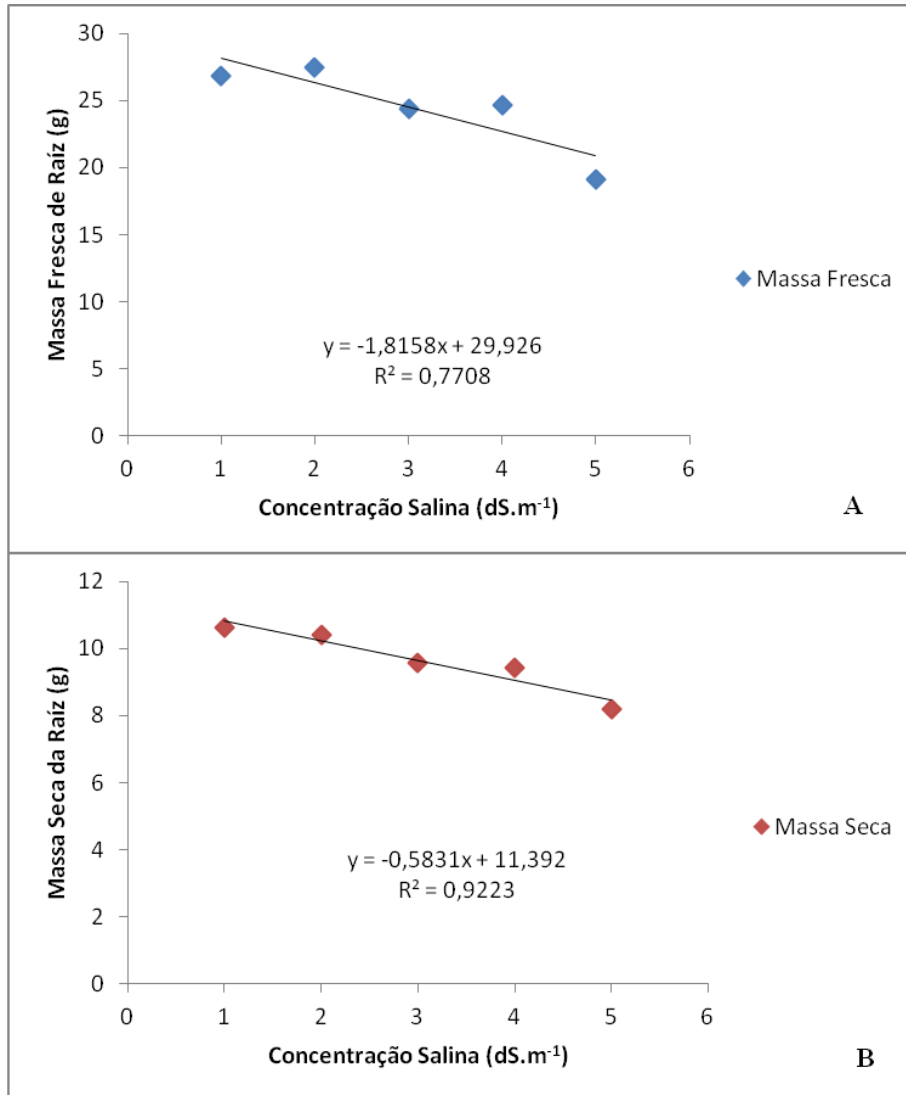
para MS, diferenças significativas foram encontradas entre a cv. BRS Maratoã e as cv. BRS Guariba e Xique-xique (Tabela 6).

**Tabela 6: Médias de massa fresca (MF), massa seca (MS) de raízes de feijão-caupi submetido a estresse salino. Vitória da Conquista – BA, 2013.**

| Tratamento/<br>Cultivar      | Médias (g) |           |
|------------------------------|------------|-----------|
|                              | MF         | MS        |
| <b>T1 - BRS Maratoã</b>      | 1,4693 a   | 1,0117 a  |
| <b>T2 - BRS Pujante</b>      | 1,3770 ab  | 0,9263 ab |
| <b>T3 - BRS Guariba</b>      | 1,2657 b   | 0,8750 b  |
| <b>T4 - BRS Xique- xique</b> | 1,3610 a   | 0,9247 b  |

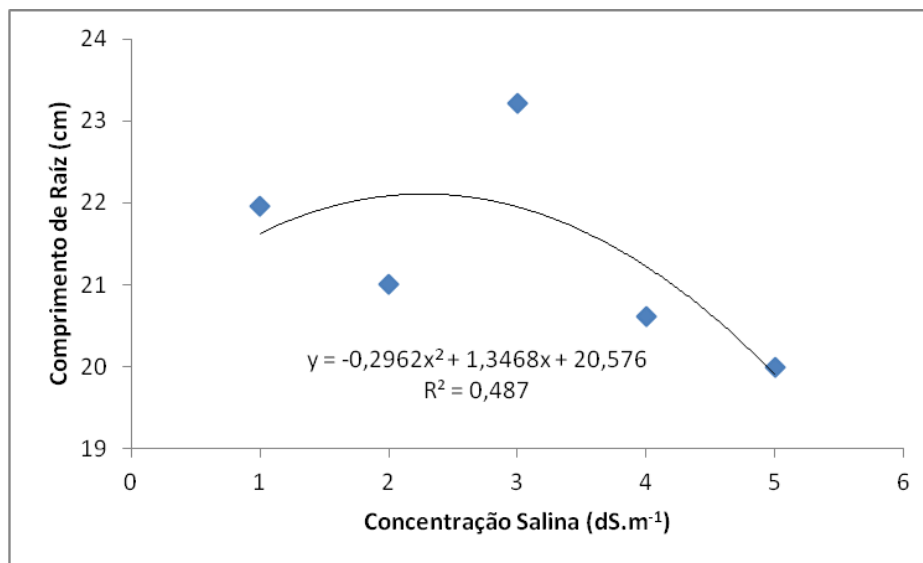
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

De forma geral, o aumento da salinidade promoveu queda na massa das raízes, (Figura 13). A redução na massa fresca e seca da raiz foi verificada por outros autores, em trabalhos com solução salina, como descrito por Oliveira e colaboradores (2012), em plantas de rabanete; Costa e colaboradores (2003), em feijão-caupi; Lopes e Klar (2009) também verificaram efeito redutivo da matéria seca das raízes em mudas *Eucalyptus urograndis*, principalmente, quando submetidos a doses de NaCl de  $4,5 \text{ dS.m}^{-1}$ ; Lopes e Silva (2010), em plântulas de algodão; Garcia e colaboradores (2010), em feijoeiro, no entanto, estes autores ressaltam que o decréscimo da matéria seca ocorreu até  $5 \text{ dS.m}^{-1}$  com valores crescentes após essa CEa, devido ao maior investimento dos genótipos em raiz.



**Figura 13: A- Massa fresca de raiz; B- Massa seca de raiz de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação (dS.m<sup>-1</sup>). Vitória da Conquista – BA, 2013.**

Também foi verificado efeito da salinidade no comprimento das raízes, sendo adotado, neste caso, o modelo quadrático, por melhor explicar efeitos agrônômicos (Figura 14). Foi observado decréscimo na curva a partir de 3 dS.m<sup>-1</sup>, com alta redução para a concentração de 5dS.m<sup>-1</sup>.



**Figura 14: Comprimento das raízes de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação (dS.m<sup>-1</sup>). Vitória da Conquista – BA, 2013.**

Martins e colaboradores (2012), em experimento com cunhã (*Clitoria ternatea* L.), afirmam que menor concentração salina promove maior equilíbrio entre a parte aérea e as raízes, caso contrário, ocorrerá desequilíbrio entre as partes com maior comprimento para as raízes em função do efeito do ABA sobre as folhas.

A salinidade reduz o crescimento radicular em função do aumento do potencial osmótico do solo, dessa forma, há a redução da permeabilidade do

solo, promovendo a redução do porte da planta. Além desses fatores, o acúmulo de sais no tecido vegetal inibe os processos fisiológicos e metabólicos na planta.

Maia e colaboradores (2012), em experimento com as cv. Pitiúba e Pérola, afirmam que a redução do comprimento das raízes nem sempre compromete o estado hídrico dos tecidos radiculares, levando em consideração o conteúdo relativo de água dessas plantas. Assim, os autores afirmam que o crescimento radicular é reduzido por maior influência da toxicidade iônica do que pelo déficit hídrico induzido pela salinidade.

Freitas e colaboradores (2003) verificaram redução do crescimento de feijão guandu com o aumento da salinidade. Resultados semelhantes foram encontrados no presente trabalho, no qual verificou que as plantas de feijão-caupi cresceram até a concentração de  $2\text{dS.m}^{-1}$  (Figura 4), enquanto as raízes obtiveram crescimento até  $3\text{dS.m}^{-1}$ , indicando que o desenvolvimento radicular apresenta resposta significativa ao estresse salino, que é considerado limiar para esta cultura (PEREIRA e LOPES, 2011). Godoy e colaboradores (2008) afirmam que as raízes crescem lentamente nas camadas superficiais e mais rapidamente nas camadas profundas e úmidas, quando submetidas a estresse hídrico, no entanto, neste experimento verificou-se que as raízes obtiveram menor comprimento em camadas profundas e maior quantidade das mesmas foi encontrada na camada superficial.

Segundo Echer e colaboradores (2010), a taxa de crescimento relativo pode ser verificada através do comprimento das raízes, no qual estes verificaram que, para plântulas de algodão, à medida que se aumentou a concentração de solutos essa taxa era diminuída. Efeito semelhante foi encontrado neste trabalho, cujo efeito negativo ocorre a partir de  $3\text{dS.m}^{-1}$ .

Os processos de crescimento são sensíveis à salinidade, de modo que a taxa de crescimento, por meio do comprimento da raiz e da produção de

biomassa, são critérios para avaliação da resistência ao estresse salino e à capacidade de superá-lo (LANCHER, 2000). Dessa forma, ainda, é possível inferir sobre diversos processos fisiológicos no comportamento das plantas (BENINCASA, 2003).

Para eficiência do uso da água (EUA), verificou que o T1- BRS Maratoã, BRS Pujante e BRS Xique-xique realizaram maior proveito da água disponível nas condições de estresse, diferindo apenas do T3- BRS Guariba. No entanto, as cv. BRS Pujante e Xique-xique não diferiram estatisticamente dos tratamentos 3 (Tabela 7).

**Tabela 7: Eficiência do uso da água (EUA) de plantas de feijão-caupi submetido a estresse salino. Vitória da Conquista – BA, 2013.**

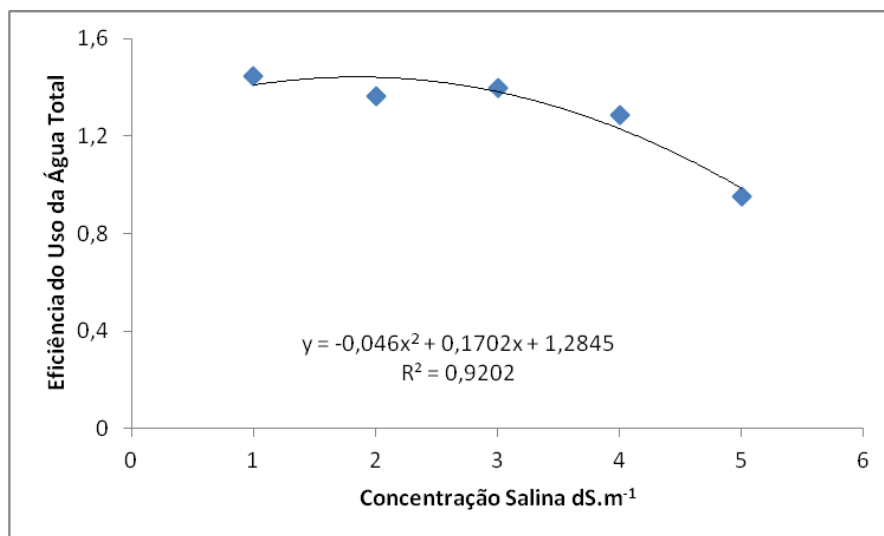
| <b>Tratamento/Cultivar</b>   | <b>EUA</b> |
|------------------------------|------------|
| <b>T1- BRS Maratoã</b>       | 1,4310 a   |
| <b>T2 - BRS Pujante</b>      | 1,3820 ab  |
| <b>T3 - BRS Guariba</b>      | 1,1553 b   |
| <b>T4 - BRS Xique- xique</b> | 1,1883 ab  |

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

Justifica-se menor EUA para a BRS Guariba em função do menor número de folhas. Porém, para esta cultivar, verificou-se maior produção de vagens, fator que também o diferiu, para as variáveis supracitadas, da BRS Maratoã (Tabelas 3 e 4). Não foi encontrado na literatura resultados que se

assemelhassem a este, encontrado neste trabalho, no entanto, pode-se inferir que a BRS Guariba produziu folhas de maior tamanho em função das demais.

A EUA foi afetada negativamente pela salinidade da água de irrigação (Figura 15). Para a análise de regressão, foi adotado o modelo quadrático, apontando que as plantas irrigadas com a água de CEa de  $1,0 \text{ dS.m}^{-1}$  obtiveram maiores médias 1,44 L enquanto que a menor eficiência ocorreu para plantas com maior CEa  $0,95 \text{ L (5,0 dS.m}^{-1})$ . Dessa forma, é possível verificar que, para as cv. avaliadas, o incremento de sais na água de irrigação reduziu em 34,0% a absorção de água pelas plantas (Figura 13). Resultados semelhantes em feijão caupi cv. Pajeú foram encontrados por Soares e colaboradores (2013) e por Lacerda e colaboradores (2009), utilizando água de irrigação com  $5,0 \text{ dS.m}^{-1}$  na cv. Epace 10. No entanto, ao utilizar a água salina, apenas no estágio inicial da planta, houve retardamento do crescimento, com menor EUA; e nas fases de intenso crescimento e reprodutiva, a EUA não foi alterada. Resultados semelhantes também foram encontrados por Oliveira e colaboradores (2005), em feijoeiro.



**Figura 15: Eficiência do uso da água em plantas de feijão-caupi em função dos níveis de salinidade dado pela condutividade elétrica da água de irrigação (dS.m<sup>-1</sup>). Vitória da Conquista – BA, 2013.**

A EUA é diminuída na proporção em que se aumenta a salinidade da água de irrigação. Este comportamento pode ser justificado pela capacidade de redução do potencial osmótico celular em função do acúmulo de solutos na planta, uma vez que a planta é capaz de aclimatar-se às condições oferecidas, a fim de permanecer absorvendo água e mantendo-se túrgida, de forma que o processos fisiológicos de abertura estomatal não sejam interrompidos para que ocorra a fotossíntese e expansão celular (SERRAJ e SINCLAIR, 2002).

Furtado e colaboradores (2013) asseguram que o processo de abertura e fechamento estomatal inclui perda de água em função da entrada de CO<sub>2</sub>, de forma que maior EUA garante maior absorção de CO<sub>2</sub> com menor perda de água. Da Matta e colaboradores (2000) ainda afirmam que a redução na EUA acarreta em redução na taxa líquida de carbono sem, entretanto, afetar a taxa de transpiração da planta.



## CONCLUSÃO

Houve redução da biomassa, tanto seca quanto fresca, com o aumento da concentração salina;

As plantas submetidas ao tratamento de menor concentração ( $1\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) obtiveram melhor desenvolvimento em praticamente todos os parâmetros analisados, com exceção da altura e comprimento de raiz;

Nas condições experimentais, todas as cultivares apresentaram bom desempenho produtivo, sendo as mesmas classificadas como tolerantes à salinidade;

A cultivar BRS Maratã obteve melhor desempenho na maioria das variáveis avaliadas, com exceção do peso e número de vagens.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR – NETTO, A.O.; GOMES, C. C. S.; LINS, C. C. V.; BARROS, A. C.; CAMPECHE, L.F.S.; BLACO, F.F. Características químicas e salino sodicidade dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia, SE, Brasil. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p. 1640- 1645, nov-dez, 2007.

ALENCAR, A.E.V.; MAIA JÚNIOR, S.O.; ANDRADE, J.R.; NASCIMENTO, R. GOMES, A.H.S. Parâmetros de crescimento de genótipos de caupi submetido a diferentes níveis de salinidade. In: III CONAC – Congresso Nacional de Feijão- Caupi, 2013, Recife. **Anais...** Disponível em: <<http://www.conac2012.org/resumos/pdf/339b.pdf>>. Acesso em 01 de Dez de 2013.

ALMEIDA, W.S.de; FERNANDES, F.R.B.; BERTINI, C.H.C.M.; PINHEIRO, M.S.; TEÓFILO, E.M. Emergência e vigor de plântulas de genótipos de feijão-caupi sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, p.1047–1054, 2012.

ANDRADE, E.M.G.; SOUSA, J.R.M.; SOARES, L.A.A.; FURTADO, G.F.; SILVA, S.S. Crescimento de feijão caupi ‘brs pajeú’ irrigado com água salina e adubação nitrogenada. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 3, p. 188-194, jul – set, 2013.

ARAÚJO, C.A.S.; RUIZ, H.A.; CAMBRAIA, J.; NEVES, J.C.L.; FREIRE, M.B.G.S.; FREIRE, F.J. Seleção varietal de *Phaseolus vulgaris* quanto à tolerância ao estresse salino com base em variáveis de crescimento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p. 132-139, jan-fev, 2010.

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

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

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

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

BEVILAQUA, G. A. P. et al. **Manejo de sistemas de produção de sementes e forragem de feijão-miúdo para a agricultura familiar**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 23 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 204).

BEZERRA, F.M.L.; ARARIPE, M.A.E., TEÓFILO, E.M.; CORDEIRO, L.G.; SANTOS, J.A. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n.1, x – y, 2003.

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

BRAY, S.; REID, D. The effect of salinity and CO<sub>2</sub> enrichment on the growth and anatomy of second trifoliate leaf of *Phaseolus vulgaris*. **Can.J.Bot.** v.80, n.4, p.349-359, 2002.

CAMPOS, G.; GARCIA, M.; PÉREZ, D.; RAMIS, C. Repuesta de 20 variedades de carota (*Phaseolus vulgaris* L.) ante El estrés por NaCl durante La germinación y em fase plantular. **Bioagro**, v.23, n.3, p.-215-224, 2011.

CARVALHO, A.M.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, G.R.; BOTELHO, C.E.; GONÇALVES, F.M.A.; FERREIRA, A.D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.45, n.3, p.269-275, mar. 2010.

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

COELHO, J. B.M.; BARROS, M de F. C.; BEZERRA NETO, E.; CORREA, M. M. Comportamento hídrico e crescimento do feijão vigna cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.4, p. 379-385, 2013.

COKKIZGIN, A. Salinity stress in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed germination. **Not Bot Horti Agrobo**, v.40, n.1, p. 177-182, 2012.

COSTA, P.H.A.; SILVA, J.V.; BEZERRA, M.A.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v.26, n.3, jul- set. 2003.

COSTA, J.R.M.; LIMA, C.A.A., LIMA, E.D.P.A.; CAVALCANTE, L.F.; OLIVEIRA, F.K.D. Caracterização dos frutos de maracujá amarelo irrigados com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5; n.1; p. 143-146, 2001.

CORREIA, K.G.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; NOBRE, R.G.; SANTOS, T.S.S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 514-521, out-dez, 2009.

CRAFTS – BRANDNER, S.J.; PONELEIT, C.G. Selection for seed growth characteristics: effect on leaf senescence in maize. **Crop Science**, Madison, n.62, p.127-131, 1992.

DA MATTA, F.M.; SILVEIRA, J.S.M.; DUCATTI, C.; LOUREIRO, M.E. Eficiência do uso da água e tolerância à seca em *Coffea canephora*. In: I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2000, Poços de Caldas. **Anais...**  
Disponível em: <

[http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/10820/180/155537\\_Art238f.pdf?sequence=1](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/10820/180/155537_Art238f.pdf?sequence=1)>. Acesso em 20 de Jan de 2014.

DANTAS, J.P.; FERREIRA, M.M.M.; MARINHO, F.J.L.; NUNES, M.S.A., QUEIROZ, M. F.; SANTOS, P.T.A. Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de caupi. **Agropecuária Técnica**, v.24, n.2, p.119-130, 2003.

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.

DAVIS, D.W.; OELKE, E.A.; OPLINGER, E.S.; DOLL, J.D.; HANSON, C.V.; PUTNAM, D.H. Cowpea. In: **Alternative Field Crops Manual**. Last updated, 2003. Disponível em: <[www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/cowpea.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/cowpea.html) >. Acesso em: 18 dez 2013.

DELBONE, C.A.C.; SILVA, H.R.; LANDO, R.L. Respostas morfo-fisiológicas das plantas ao estresse salino. In: IX Congresso de Educação do Norte Pioneiro, 2009, Jacarezinho. **Anais...** Disponível em: <<http://200.201.18.3/ch/congresso/2009/artigos/59.pdf>>. Acesso em 16 de Nov de 2013.

DIAS, N.D.; DUARTE, S.N.; TELES FILHO, J.F.; YOSHINAGA, R.T. Salinização do solo por aplicação de fertilizantes em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v.12, n.1, p.135-143, jan - mar, 2007.

DIAS, N.S.; BLANCO, F.F. **Efeito dos sais no solo e na planta**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 43-61, 2010.

ECHER, F.R.; CUSTÓDIO, C.C.; HOSSOMI, S.T.; DOMINATO, J.C.; MACHADO NETO, N.B. Estresse hídrico induzido por manitol em cultivares de algodão. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 638-645, out-dez, 2010.

ESTEVES, B.S.; SUZUKI, M.S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis.**, v. 12, n.4,p.662-679, 2008.

FAGERIA, N. K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, v.88, n.2, p.237-243, 1985.

FASSBENDER, H. W.; BORNEMISZA, E. **Química dos suelos com énfasis em suelos de América Latina**, 2. ed., San José: IICA, 1987. 420p.

FERREIRA, D. F. **Sistemas para análise de variância para dados balanceados**. SISVAR versão 5.1. Lavras: UFLA, 2007. (Software).

FERREIRA, L.E.; MEDEIROS, J.F.; SILVA, N.K.C.; LINHARES, P.S.F.; ALVES, R.C. Salinidade e seu efeito sobre a produção de grãos do quiabeiro Santa Cruz 47. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 4, p. 108-113, out-dez, 2012.

FERREIRA, R.G.; TÁVORA, F.J.A.F.; HERNANDEZ, F.F.F. Distribuição da matéria seca e composição química de raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, Brasília, v.36, n.1, p.79-88, jan, 2001.

FREIRE FILHO, F.R.; BANDEIRA, L.M.R.; TELES, E.R.; MAIA, O.S.; FERREIRA, J.M. **Feijão-caupi no Brasil:** produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 2011.84 p.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 28-92.

FREITAS, A. D. S.; MEDEIROS, P. J. C.; SANTOS, C. E. R. S.; STANFORD, N. P. Fixação do N<sub>2</sub> e desenvolvimento do Guandu inoculado com rizóbio em um cambissolo salinizado do Semi-árido. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 24, n. 2, p.87-95, 2003.

FURTADO, G.F.; SOARES, L.A.A.; SOUSA, J.R.M.; ANDRADE, E.M.G.; GUERRA, H.O.C. Alterações fisiológicas em feijão-caupi irrigado com água salina e adubação nitrogenada. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 3, p. 175-181, jul – set, 2013.

GANGA, R.M.D.; CHAVES, L.J.; NAVES, R.V. Parâmetros genéticos em progênies de *Hancornia speciosa* Gomes do Cerrado. **Sci. For.** Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 395-404, dez. 2009.



GARCIA, G.O.; NAZÁRIO, A.A.; MORAES, W.B.; GONÇALVES, I.Z.; MADALÃO, J.C. Respostas de genótipos de feijoeiro à salinidade. **Reveng: Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n.4, jul- ag, 2010.

GARCIA, G.O.; FERREIRA, P.A.; MIRANDA, G.V.; OLIVEIRA, F.G.; SANTOS, D.B. Índices fisiológicos, crescimento e produção do milho irrigada com água salina. **Irriga**, Botucatu, v.12, n.3, p.307-325, jul-set, 2007.

GARZÓN, P.; GARCÍA, M. Efecto del estrés por NaCl sobre La anatomia radical y foliar em dos genótipos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Bioagro**, v.23, n.3, p.153-160, 2011.

GODOY, L. J. G.; SANTOS, T. S.; VILLAS BOAS, R. L.; JÚNIOR, J .B. L. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 217-226, 2008.

GRACIANO, E.S.A.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; LIMA, D.R.M.; PACHECO, C.M.; SANTOS, R.C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar amendoim BR 1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p. 794-800, 2011.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant. Mol. Bio.** v.31, p. 149-190, 1980.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. **Qualidade da água para irrigação**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.;

LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 43-61, 2010.

KHAUTOUNIAN, C.A. Sementes de adubos verdes como alimento para o homem, suínos e aves. Londrina: **IAPAR**, 1991. 44 p. (IAPAR. Circular, 69).

LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 43-61, 2010.

LACERDA, C.F.; NEVES, A.L.R.; GUIMARÃES, F.V.A.; SILVA, F.L.B.; PRISCO, J.T.; GHEYI, H.R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.2, p.221-230, abr-jun, 2009.

LACERDA, C. F.; ASSIS JÚNIOR, J.O.; LEMOS FILHO, L.C.A.; OLIVEIRA, T.S.; GUIMARÃES, F.V.A.; GOMES-FILHO, E.; PRISCO, J.T.; BEZERRA, M.A. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. **Braz. J. Plant Physiol**, Londrina, vol.18, n.4, out – dez, 2006.

LACHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.

LEAL, I.G., ACCIOLY, A.M.A.; NASCIMENTO, C.W.A. do, FREIRE, M.B.G.S., MONTENEGRO, A.A.A., FERREIRA, F.L. Fitorremediação de solo

salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1065-1072, 2008.

LEITE, M. de L.; VIRGENS FILHO, J.S. das. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas a déficits hídricos. **Publ. UEPG Exact Soil Sci., Agr. Sci. Eng.**, Ponta Grossa, v.10, n.1, p. 43-51, abr. 2004.

LEONARDO, M. BROETTO, F. BÔAS, R. L. V. ALMEIDA, R. S. MARHCESE, J. A. Produção de frutos de pimentão em diferentes condições salinas. **Irriga**, v. 12, n. 1, p.73-82, 2007.

LIMA JÚNIOR, J.A., SILVA, A.L.P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, n.11; 2010.

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

LIMA, M.G.S.; LOPES, N.F.; MORAES, D.M.; ABREU, C.M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p. 54-61, 2005.

LOPES, K.P.; SILVA, M. Salinidade na germinação de sementes de algodão colorido. **Revista Verde**, Mossoró, Brasil, v.5, n.3, p. 274 – 279, jul-set, 2010.

LOPES, T.C.; KLAR, A.E. Influência de diferentes níveis de salinidade sobre aspectos morfofisiológicos de mudas de *Eucalyptus urograndis*. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.1, p.68-75, jan-mar, 2009.

MAAS, E.V. Salt tolerance of plants. **Applied Agricultural Research**, v.1, p.12-25, 1986.

MAIA, J.M.; FERREIRA-SILVA, S.L.; VOIGT, E.L.; MACÊDO, C.E.C.; PONTE, L.F.A.; SILVEIRA, J.A.G. Atividade de enzimas antioxidantes e inibição do crescimento radicular de feijão caupi sob diferentes níveis de salinidade. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v.26, n.2, abr-jun, 2012.

MARTINS, S.S.; PEREIRA, M.C.; LIMA, M.A.G.; QUEIROZ, A.A.; SILVA, S.A.B.; MISTURA, C.; RODRIGUES, J.D.; ORIKA ONO, E. Morfofisiologia da cunhã cultivada sob estresse salino. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.1, p.13-24, jan - mar, 2012.

MCBRIDE, M. B.; BLASIAK, J. J. Zinc and copper solubility as a function of pH in an acid soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.43, p.866-870, 1979.

MORAIS, D.L.; VIÉGAS R.A.; SILVA, L.M.M.; LIMA JUNIOR, A.R.; COSTA, R.C.L.; ROCHA, I.M.A.; SILVEIRA, J.A.G. Acumulação de íons e metabolismos de N em cajueiro anão em meio salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.11, n.2, p.125-133, 2007.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell & Environment**, v. 25, n.2, p. 239-250, fev, 2002.

NASCIMENTO, J.T.; PEDROSA, M.B.; SOBRINHO, J.T. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**; v. 22, n.2, abr-jun, 2004.

NEVES, A.L.R.; LACERDA, C.F.; GUIMARÃES, F.V.A.; HERNANDEZ, F.F.F.; SILVA, F.B.; PRISCO, J.T.; GHEJI, H.R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estágios de desenvolvimentos. **Ciência Rural**, v.39, n.3, mai-jun 2009.

NEVES, A.L.R.; LACERDA, C.F.; GUIMARÃES, F.V.A.; LACERDA, C.F.; SILVA, F.B.; SILVA, F.L.B. Tamanho e composição mineral de sementes de feijão-de-corda irrigado com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, p. 569-574, out-dez, 2008.

NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; CARDOSO, J.A.F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:929-937, 2011.

OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; OLIVEIRA, M.K.T.; SOUZA, A.A.T.; FERREIRA, J.A.; SOUZA, M.S. Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.465–471, 2013.

OLIVEIRA, A.M.; OLVEIRA, A.M.; DIAS, N.S.; MOURA, K.K.C.F.; SILVA, K.B. Cultivo de rabanete irrigado com água salina. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 4, p. 01-05, out-dez, 2012.

OLIVEIRA, G. P. de. **Maturação e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** 2012. 99 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Vitória da Conquista – BA, 2012.

OLIVEIRA, A.B.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, n.11; 2010.

OLIVEIRA, F.G.; FERREIRA, P.A; SANTOS, D.B. GARCIA, G.O. Índice diário de estresse hídrico do feijoeiro irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4 (Suplemento), p.6-10, 2005.

PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SING, B, B.; MOHAN, R.; DASHIELL, K. E.; JACKAL, L. E. N. (Ed.). **Advences in Cowpea Reseach**. Tsukuba:IITA:JIRCAS, p. 1-12, 1997.

PEREIRA, R. F et al. Valor nutricional de diferentes genótipos de feijão-caupi. IN: III CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO CAUPI, 2013, Recife. . **Anais...** Recife: SNA, 2013. Disponível em:< <http://www.conac2012.org/resumos/pdf/066a.pdf>>. Acesso em 15 de dez de

2013.

PEREIRA, M.R.R.; MARTINS, C.C.; SOUZA, G.S.F.; MARTINS, D. Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n.4, p. 537-545, jul-ago, 2012.

PEREIRA, M.D.; LOPES, J.C. Germinação e desenvolvimento de plântulas de pinhão manso sob condições de estresse hídrico simulado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1837-1842, 2011.

PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**: INCTSal, Fortaleza, 2010, cap. 10, p. 149- 164.

PURSEGLOVE, J.W. Tropical crops dicotyledons. **Longman**, London, 3.ed., p.321-329, 1974.

QUEIROGA, R.C.F.; ANDRADE NETO, R.C.; NUNES, G.H.S.; MEDEIROS, J.F.; ARAÚJO, W.B.M. Germinação e crescimento inicial de híbridos de meloeiro em função da salinidade. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.3, jul-set, 2006.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. **Solos halomórficos no Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável**. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERMES, L. R. G. G.; LIMA, J. M.; LOPES A. S.; ALVAREZ, V. H. (ed) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 3, p. 165-208, 2003.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Agriculture Handbook, n.60, United States Department of Agriculture, Washington, fev., 1954. 160p.

RITCHIE, J.T. Water dynamics in the soil-plant-atmosphere system. **Plant and Soil**, v.58, p.81-96, 1981.

SANTOS, J.E.S.; MASCARENHAS, N.M.H.; COSTA, J.A.; FERREIRA, B.H.C.; ALVAREZ-PIZARRO, J.C. Crescimento inicial de feijão-caupi e fava-banca sob estresse salino. In: III CONAC – Congresso Nacional de Feijão-Caupi, 2013, Recife. **Anais...** Disponível em: <<http://www.conac2012.org/resumos/pdf/384a.pdf>>. Acesso em 01 de Dez de 2013.

SANTOS, M. A. dos, FREIRE, M.B.G.S., ALMEIDA, B.G.de, LINS, C.M.T., SILVA, E.M.da. Dinâmica de íons em solo salino-sódico sob fitorremediação com *Atriplex nummularia* e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.4, p.397–404, 2013.

SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEYI, H.R.; GUEDES FILHO, D.H.; DIAS, N.S.; SOARES, F.A.L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 842-849, out-dez, 2011.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p. 287- 294, 1998.



SELLSCHOP, J. P. F. Cowpeas. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Field Crop Abstract**, v.15, n.4, p.259-266, 1962.

SHALHEVET, J.; MORRIS, G.H.; SCROEDER, B.P.; Root and shoot growth response to salinity in maize and soybean. **Agronomy Journal**, v.87; n.3; p.512-516,1995.

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T.R. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? **Plant Cell and Environment**, v.25, n.2, p.333-341, 2002.

SILVA, J.B.G.; MARTINEZ, M.A.; PIRES, C.S.; ANDRADE, I.P.S.; SILVA, G.T.S. Avaliação da condutividade elétrica e ph da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 250 - 263, 2012.

SILVA, A. C. **Características agronômicas e qualidade de sementes de feijão caupi em Vitória da Conquista, Bahia**. 2011. 84 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Vitória da Conquista – BA, 2011.

SILVA, I.N.; FONTES, L.O.; TAVELLA, L.B.; OLIVEIRA, J.B.; OLIVEIRA, A.C. Qualidade de água na irrigação. **ACSA**, v.07, n. 03, jul-set, p. 01 – 15, 2011.

SILVA, F.E.O.; MACARAJÁ,P.B.; MEDEIROS, J.F.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA, M.K.T. Desenvolvimento vegetativo do feijão caupi irrigado com

água salina em casa de vegetação. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 156-159, jul-set, 2009.

SILVA, S.M.S. ALVES, A.N.; GHEYI, H.R.; BELTRÃO, N.E.M.; SEVERINO, L.S.; SOARES, F.A.L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.335–342, 2008.

SILVA JÚNIOR, C.; PASSOS, E.E.M.; GHEYI, H.R. Aplicação de água salina no desenvolvimento e comportamento fisiológico do coqueiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.39-44, 2002.

SILVEIRA, J.A.G.; SILVA, S.L.F.; SILVA, E.N.; VIEGAS, R.A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. IN: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**: INCTSal, Fortaleza, cap. 11, p. 165-185, 2010.

SINIMBU, F. **Feijão caupi é exportado para seis países**. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2007/dezembro/2a-semana/feijao-caupi-e-exportado-para-seis-paises/>>. Acesso em: 26 de Setembro de 2013.

SOARES, L.A.A.; FURTADO, G.F.; ANDRADE, E.M.G.; SOUSA, J.M.; GUERRA, H.O.C.; NASCIMENTO, R. Troca de CO<sub>2</sub> do feijão-caupi irrigado com água salina e fertilização nitrogenada. **ACSA**, v. 9, n. 3, p. 30-37, jul – set, 2013.

SOARES, L.A.A.; LIMA, G.S.; NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; LOURENÇO, G.S. Características morfológicas e produtivas da mamoneira em cultivo com águas salinas e adubação nitrogenada. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 2, p.59-67, abr-jun, 2013.

SOUSA, M.A.; LIMA, M.D.B.; SILVA, M.V.V.; ANDRADE, J.W.S. Estresse hídrico e profundidade de incorporação do adubo afetando os componentes de rendimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 175-182, abr- jun, 2009.

SOUZA, E.R. de; FREIRE, M.B.G. S.; NASCIMENTO, C.W.A.; MONTENEGRO, A.A.A.; FREIRE, F.J.; MELO, H.F. de. Fitoextração de sais pela *Atriplex nummularia* lindl.sob estresse hídrico em solo salino sódico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.477-483, 2011.

STEELE, W. M.; MEHRA, K. L. Structure, evolution and adaptation to farming system and inveronment in *Vigna*. In: Summerfield, D. R; Bunting, A. H. (Ed.) **Advances in legume science**. England: Royal Botanic Gardens, p. 459-468, 1980.

SUDÉRIO, F.B.; BARBOSA, G.K.C.; GOMES-FILHO, E. ENÉAS-FILHO, J. O estresse salino retarda o desenvolvimento morfofisiológico e a ativação de galactosidases de parede celular em caules de *Vigna unguiculata*. **Acta Botanica Brasílica**, Feira de Santana, v.25, n.1, jan.- mar, 2011.

TAIZ, L.; ZEIR, E. Fisiologia do estresse. In:\_\_\_\_\_. Fisiologia Vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2004. Cap. 24, p. 613-643.

TESTER, M., DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, n.5, p.503-527, 2003.

TRAVASSOS, K.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; BARROS, H.M.M.; DIAS, N.S.; UYEDA, C.A.; SILVA, F.V. Crescimento e desenvolvimento de variedades de girassol irrigado com água salina. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 324 - 339, 2012.

WIGNARAJAH, K.; JENNINGS, D.; HANDLEY, J. The Effect of Salinity on Growth of *Phaseolus vulgaris* L.I. Anatomical Changes in the First Trifoliolate Leaf. **Annals of Botany**, v. 39, n. 5, p. 1029-103, 1975.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R. tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11; 2010.

WILLIAMS, W.D. Anthropogenic salinisation of inland waters. IN: MELACK, J.M.; JELLISON, R.; HERBST, D.B. (Ed.). **Saline Lakes: developments in hydrobiology**: Springer Netherlands, v.162, p. 329-337, 2001.

WILLIAMS, W.D. Salinization of rivers and streams: an important environmental hazard. **Ambio**, v. 16, p. 180-185, 1987.

WILSON, C.; LIU, X.; LESCH, S.M.; SUAREZ, D.L. Growth response of major USA cowpea cultivars: Biomass accumulation and salt tolerance. **HortScience**,v.41,n.1, p.225-230, 2006.

**CAPÍTULO 2:**  
**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DO PÓLEN DE CULTIVARES DO**  
**FEIJÃO-CAUPI EM PROGRAMAS DE FITOMELHORAMENTO VIA**  
**SELEÇÃO *IN VITRO*.**

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é uma planta dicotiledônea, da família *Fabaceae*, autógama, sendo uma leguminosa anual, herbácea, que produz frutos do tipo vagem.

Suas flores são classificadas, de forma geral, como hermafroditas e autoférteis (PURSEGLOVE, 1974). Segundo Rocha e colaboradores (2007), a biologia floral do caupi mostra uma grande evolução da espécie, pois mesmo a cultura sendo autopolinizadora, esta mantém a capacidade de realizar a polinização cruzada e a taxa de cruzamento natural varia com o ambiente, o genótipo, a viabilidade e germinabilidade do pólen. Estes últimos são de grande relevância para os programas de melhoramento.

Sabe-se que, para garantir a viabilidade e a germinabilidade polínica, é necessário que o pólen se encontre em condições ideais de temperatura e umidade. Estas condições estão entre 26-29°C e umidade por volta de 60%, sendo variável com o genótipo (SANTOS NETO e colaboradores, 2006; SOUSA, 2005). Condições desfavoráveis, como o caso do estresse térmico e da salinidade, podem comprometer a germinação e a emissão do tubo polínico, bem como inviabilizar o pólen, reduzindo a taxa de fixação de novos frutos/vagens e, por consequência, a produção dos mesmos (SILVA e colaboradores, 2000; VEIGA e colaboradores, 2012; ALMEIDA e colaboradores, 2010; ESTEVES e SUZUKI, 2008).

A identificação de genótipos portadores dos genes tolerantes à salinidade pode ser efetuada *in vitro*, por meio da avaliação da sensibilidade ao NaCl, a fim de averiguar o comportamento dos grãos de pólen antes mesmo de levar a cultura a campo. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar quatro cultivares de feijão-caupi, quanto à tolerância ao estresse salino por meio da germinação polínica, a fim de que se possa selecionar a cultivar mais resistente.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Melhoramento genético do feijão- caupi**

O feijão-caupi foi introduzido no Brasil na segunda metade do século XVI (FREIRE FILHO, 1988) e as introduções continuam até hoje. Devido a isso, com o contínuo cultivo, os cruzamentos naturais, a seleção natural e a seleção dos produtores em busca de grãos de sua preferência surgiram diversos tipos de plantas e grãos. O germoplasma básico do Brasil é composto pelos materiais crioulos, os quais foram introduzidos no País e originaram as cultivares hoje existentes (FREIRE FILHO e colaboradores, 2011). Segundo os mesmo autores, os métodos de melhoramento utilizados no feijão-caupi têm sido os clássicos, aplicados às espécies autógamas, sendo estes: introdução de germoplasma; seleção massal em cultivares locais; seleção de planta individual com teste de progênie em cultivares locais; método genealógico; método da descendência de uma única semente (single seed descent); método da descendência de uma única vagem (single pod descent) e método dos retrocruzamentos.

Foram muitos os métodos de melhoramento utilizados entre os períodos de 1991 a 2010 para o caupi, no entanto, houve um direcionamento para métodos massais, predominando o método da descendência de uma única vagem (FREIRE FILHO e colaboradores, 2011).

Desde a introdução do feijão-caupi no País até agora, só foram lançadas 71 cultivares melhoradas, considerado um número muito pequeno comparado com as demais culturas cultivadas no Brasil. Algumas dessas já deixaram de ser cultivadas, reduzindo ainda mais a área ocupada com cultivares melhoradas.

A maior produção de caupi encontra-se na região Nordeste, tornando-se este um dos principais componentes da dieta alimentar do nordestino e uma fonte de emprego e renda. Hoje, o consumo desse feijão se expande para a

Região Norte e Centro Oeste (FREIRE FILHO e colaboradores, 2007). As pesquisas de melhoramento na Região Nordeste visam ao aumento da produtividade e à resistência a vírus (FREIRE FILHO e colaboradores, 1999) e é possível observar em recentes pesquisas a busca da tolerância à seca e à salinidade, não apenas nessa região, mas em todo o País (NASCIMENTO e colaboradores, 2011; SANTOS e colaboradores, 2010; XAVIER e colaboradores, 2007; DANTAS e colaboradores, 2002).

O feijão-caupi é um produto de grande valor econômico e social do País, possui grande valor nutritivo, adapta-se bem a diferentes ambientes, é uma cultura de potencial estratégico e neste pode-se encontrar uma oportunidade de agronegócio para os pequenos e grandes produtores da área, com potencial para se tornar uma grande commodity (FREIRE FILHO e colaboradores, 2011). No entanto, é necessário empenho em pesquisas e transferência de tecnologias para se alcançar esse estágio, do qual não se pode abrir mão do melhoramento genético vegetal.

## **2. 2. Biologia Floral do feijão-caupi**

A espécie *Vigna unguiculata* L. Walp possui inflorescência formada a partir de um eixo central, consistindo de apenas um racemo modificado com seis a oito pares de gemas florais. O racemo pode ser simples ou composto com uma ou mais de uma inflorescência, no qual compõem flores classificadas como perfeitas (pistilo e estame na mesma flor), zigomorfas, e distribuem-se aos pares no racemo, na extremidade do pedúnculo (ROCHA e colaboradores, 2007).

O cálice possui cinco sépalas (pentâmero), é persistente e gamossépalo, unidas ou soldados, podendo variar na sua coloração de verde a roxo. Corola pentâmera e dialipétala possui pétalas maiores que outras, na qual a maior localiza-se na parte posterior da flor, denominada de estandarte, sendo esta a



única pétala que se abre completamente no momento da antese. As pétalas laterais cobrem as pétalas inferiores e saco, denominadas de asas, podendo variar entre a coloração branca, roxa e creme (PURSEGLOVE, 1974). As pétalas inferiores são em número de duas, as quais são fundidas e formam a quilha, que é de coloração branca, independente da cor das demais pétalas.

O androceu é incluso, composto de dez estames, sendo um livre e nove unidos, diadelfos. A antera possui filete único com a antera na base, livre e com deiscência longitudinal. O gineceu possui ovário multilocular. O estilete é piloso e o estigma oblíquo.

O cruzamento artificial, ou seja, a emasculação deve ser realizada entre 14 e 20 horas antes da abertura da flor no parental feminino e o pólen pode ser conservado até 42 horas sob temperatura de 28° C e umidade relativa de 91% ou sob refrigeração em torno de 9°C e umidade relativa de 0%, para maior conservação (66 horas), a fim de manter a viabilidade do pólen (RÊGO e colaboradores, 2006). A receptividade do estigma varia de acordo com a temperatura e umidade relativa do ar.

Segundo Rocha e colaboradores (2007), a biologia floral do caupi mostra uma grande evolução da espécie, pois mesmo a cultura sendo autopolinizadora, esta mantém a capacidade de realizar a polinização cruzada. A taxa de cruzamento natural varia com o ambiente e o genótipo.

A biologia floral é um dos aspectos ponderados nos programas de melhoramento, no entanto, além de se avaliar a disponibilidade dos estigmas, a receptibilidade dos grãos de pólen deve ser levada em consideração, bem como a disponibilidade, viabilidade e a conservação dos grãos de pólen, a fim de poder realizar cruzamentos de relevância agronômica (SOUSA, 2005).

### 2.2.1. Viabilidade e Conservação Polínica

O pólen é o material básico utilizado nas técnicas de hibridação, portanto, é necessário disponibilizar a estas condições ambientais com temperatura e umidade relativa favorável a sua disponibilidade e viabilidade, a fim de promover melhor dispersão no meio. A faixa de temperatura considerada ideal, geralmente, está entre 26-29°C e umidade relativa em torno de 60%, podendo variar de acordo com o genótipo utilizado (SANTOS NETO e colaboradores, 2006; SOUSA, 2005).

O estresse térmico pode comprometer a germinação e a emissão do tubo polínico, bem como inviabilizar o pólen, reduzindo a taxa de fixação de novos frutos e, por consequência, a produção dos mesmos (SILVA e colaboradores, 2000), por isso, a viabilidade do pólen torna-se fator primordial nos processos de melhoramento, pois através desse é possível averiguar os fatores que envolvem a formação de flores e embriões. Além disso, a viabilidade e germinabilidade polínica são essenciais no melhoramento de plantas, uma vez que algumas espécies de plantas levam no seu grão de pólen materiais genéticos resultantes da recombinação, transmitindo, às próximas gerações, genótipos amplamente diversificados (SANTOS NETO e colaboradores, 2006).

Além dos fatores supracitados, a viabilidade polínica pode ser influenciada também por diferenças no estágio fisiológico da flor, por diferenças genotípicas e ainda pelo horário de coleta das flores (FONSECA, 2010; SOUZA e colaboradores, 2002). Autores como Vargas e colaboradores (2009) afirmam que a viabilidade dos grãos de pólen, da maioria das espécies, é reduzida com o tempo, diminuindo a fertilização, tornando necessário realizar testes que verifiquem a condição em que se encontra este pólen. Para isso, é possível adotar diversas técnicas, como o da coloração do citoplasma dos grãos, e ainda a germinação *in vitro* e *in vivo* empregada para monitorar o pólen vivo

armazenado (FONSECA e colaboradores, 2007; OLIVEIRA e colaboradores, 2001). A comprovação da viabilidade, por meio da coloração, é realizada fazendo-se a contagem dos polens corados (VEIGA e colaboradores, 2012).

Muitas culturas, como a da mamona, possui rápida duração da viabilidade polínica, quando fresco (VARGAS e colaboradores, 2009), ou ainda são sensíveis às variações de temperatura e umidade, como é o caso da pinheira (NIETSCHE, 2009), tornando necessário realizar a conservação dos grãos de pólen dessas culturas para efetuar possíveis cruzamentos e promover o melhoramento da espécie. Assim, torna-se necessário realizar o controle sobre a temperatura e a umidade, a fim de garantir maior viabilidade dos polens ao longo do tempo.

A conservação do pólen, segundo Tighe (2004), possibilita sincronia artificial entre a dispersão do pólen e a receptividade floral, pois o pólen pode ser aplicado a qualquer momento, complementando a ação dos agentes polinizadores.

A produção de sementes por meio da polinização controlada é bastante eficiente, desde que haja a manutenção da viabilidade do pólen. Dessa forma, o controle das condições de armazenamento é de total importância para a realização da hibridação, principalmente para espécies em que o florescimento não é constante e o pólen é de baixa longevidade (SOUSA e PINTO JÚNIOR, 1992), garantindo a eficiência no processo de cruzamento entre variedades ou cultivares, quando entre espécies (TECHIO e colaboradores, 2006).

### **2.2.2. Germinação *in vitro* dos grãos de pólen**

A germinação *in vitro* é o método comumente utilizado em programas de melhoramento para verificar a viabilidade do pólen. No entanto, a metodologia abordada pode variar com a cultivar/genótipo, como no caso do

feijão-caupi, que necessita de técnicas específicas para cada cultivar, uma vez que a espécie de *Vigna unguiculata* é genótipo-dependente (AZEVEDO e colaboradores, 2007).

O método baseia-se em germinar uma pequena amostra de pólen num determinado meio de cultura e observar, em microscópio, o potencial máximo de viabilidade deste sobre determinadas condições de temperatura, ambiente e substrato. O meio de cultura, segundo Sousa (1988), é constituído basicamente de carboidratos e elementos estimulantes como sacarose, ácido bórico, nitrato de cálcio e reguladores de crescimento (SANTOS e colaboradores, 2009; ANTONIO, 2004; MIRANDA e CLEMENT, 1990).

A sacarose, adicionada ao meio de cultura, tem objetivo de manter o equilíbrio osmótico entre o pólen e o meio de germinação, promovendo o desenvolvimento do tubo polínico (STANLEY e LINSKENS, 1974). O uso do boro é importante, porém, segundo Veiga e colaboradores (2012), o uso deste elemento pode variar conforme a espécie, agindo juntamente com o açúcar nas membranas celulares; o cálcio contribui para a formação das características fisiológicas do tubo polínico e do grão de pólen, tornando-o menos sensível às variações do meio. Além disso, Galletta (1983) afirma que o excesso ou deficiência do ácido bórico e do nitrato de cálcio pode promover o rompimento dos grãos de pólen, exigindo um equilíbrio na elaboração da solução.

O pólen tido como germinado é aquele que apresenta tubo polínico de comprimento igual ao diâmetro do próprio pólen (PIO, 2004), no entanto, os tipos de meio, o tempo, pH e as concentrações de sacarose, boro, NaCl, dentre outros, são fatores primordiais para a germinação do pólen, pois este é capaz de determinar a velocidade da emissão do tubo polínico, tornando-se informação importante para os programas de melhoramento, sobretudo, aqueles que visam à seleção de genótipos resistentes à salinidade, os quais visam a seleção

gametofítica, a fim de gerar materiais de características superiores (SALLES e colaboradores, 2006; ANTONIO, 2004) .

A tolerância à salinidade é variável entre espécies e diferentes estádios de desenvolvimento; é controlada por mais de um gene e influenciada pelos fatores ambientais (FLOWERS e FLOWERS, 2005; MUNNS, 2005). Assim, altos teores de sais no solo resultam em grande redução do número de polens e na diminuição da taxa de germinação e do crescimento do tubo polínico, resultando em baixa fertilidade do gametófito masculino e, por fim, menor produção de vagens e sementes, devido à formação de plantas anormais (VEIGA e colaboradores, 2012; ALMEIDA e colaboradores, 2010; ESTEVES e SUZUKI, 2008). No feijão estas são as partes de importância comercial.

A obtenção de genótipos com genes de tolerância à salinidade e sua utilização nos programas de melhoramento genético vegetal tem possibilitado melhores rendimentos em produtividade, permitindo a utilização de técnicas modernas de agricultura e incremento na produção (FAGERIA & GHEYI 1997). Além disso, a manipulação deste caráter tem gerado o surgimento de diferentes classes genotípicas, favorecendo a seleção dos mais adaptados para o cultivo nos diferentes ambientes agrícolas existentes (YOKOI e colaboradores, 2002).

A identificação de genótipos portadores desses genes pode ser efetuada através da avaliação da sensibilidade ao NaCl, devido a sua associação com o caráter alvo sob estudo, o que pode ser feito *in vitro* e *in vivo* pela aplicação exógena desta substância (VERSUALES e colaboradores, 2006).

### **2.2.3. Visitantes florais – contribuintes da fecundação cruzada**

O caupi é uma planta autógama, porém, apresenta baixa taxa de fecundação cruzada. Algumas cultivares, segundo Sousa e colaboradores (2006), podem sofrer alterações genéticas, sendo possível ocorrer uma pequena taxa de

fecundação cruzada e, por isso, o conhecimento da porcentagem de cruzamento natural é de suma importância.

Conhecer as taxas de fecundação cruzada é essencial para a escolha dos métodos de melhoramento, produção de sementes de valor comercial e manutenção do germoplasma, sendo possível, ainda, identificar a interferência do ambiente sobre os diferentes genótipos com o passar do tempo.

Alguns insetos da família Vespidae, o maribondo e a vespa, da subfamília Apidae (*Apis* sp.), da subfamília Meliponinae (*Trigona* sp.) e da subfamília Bombinae (*Bombus* sp) foram encontrados em trabalho realizado por Sousa e colaboradores (2006), nos cruzamentos naturais de BRS-Guariba x Vita; Vita 7 x BRS-Guariba; BRS-Guariba x CNC; CNC 0434 x BRS-Guariba; Vita 7 x CNC 0434. Insetos das mesmas famílias, outrora citadas, foram encontrados por Rocha e colaboradores (2001).

Malheiro e colaboradores (2008) registraram a presença das abelhas *Apis mellifera* (16%), *Trigona spinipis* (48%) e *Xylocopa frontalis* (36%); mediante observações, concluíram que a *X. frontalis* é a agente polinizadora, enquanto as demais espécies são empilhadoras.

No entanto, as taxas de fertilização são muito baixas, compreendendo entre 0,11 a 1,66% em distintos trabalhos (SOUSA e colaboradores, 2006; ROYER e colaboradores, 2002).

Apesar de baixas taxas de cruzamento entomófila, é possível, através do melhoramento genético vegetal, por meio da germinação *in vitro*, verificar quais espécies melhor se adaptam às condições oferecidas àquele genótipo, promovendo a seleção varietal e realizando o cruzamento de genótipos que possuem características de interesse agrônomo.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Este experimento foi realizado em duas etapas:

#### **ETAPA I – Influência do tempo e da temperatura na germinação polínica de cultivares de feijão-caupi:**

##### **3.1. Localização e coleta do material**

O trabalho foi realizado no laboratório Biofábrica, do Departamento de Fitotecnia e Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, localizada na cidade de Vitória da Conquista-BA, Brasil, a 850 m de altitude, coordenadas geográficas de 14°51' de latitude Sul e 40°50' de longitude Oeste. O clima regional é classificado como tropical de altitude (Cwa), de acordo com Köppen, com pluviosidade média anual em torno de 735 mm.

Foi feita a coleta de germoplasma de feijão-caupi baseado em sua produtividade loco-regional, sendo utilizadas quatro cultivares mais adaptadas e produtivas, cultivadas em casa de vegetação (BRS Maratoã, BRS Pujante, BRS Guariba, BRS Xique-xique), as quais foram obtidas no Banco de Sementes da UESB. Estas foram semeadas em vasos plásticos, com capacidade para 15L. O substrato para o enchimento dos vasos foi material edáfico não salino, cujas características físico-químicas foram obtidas por análise do solo (Tabela 1).

As plantas foram irrigadas com água de poço existente na casa de vegetação, com CEa de 1,0 dS.m<sup>-1</sup>, e a coleta das flores ocorreu no período de plena floração, no mês de junho, às 7 horas da manhã (Figura 1).

**Tabela 1: Resultado da análise química do solo antes da instalação do experimento. Vitória da Conquista- BA, 2013.**

| Identificação | pH                 | mg/DM | cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> de solo |                  |                  |                  |                |                 |      |     |     |    | % |     |      | g/dm <sup>3</sup> |
|---------------|--------------------|-------|--|------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|------|-----|-----|----|---|-----|------|-------------------|
|               | (H <sub>2</sub> O) | P     | K <sup>+</sup>                             | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | H <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | S.B. | T   | T   | V  | m | PST | M.O. |                   |
| Amostra 1     | 5,5                | 1     | 0,13                                       | 2,1              | 0,9              | 0,1              | 2,1            | -               | 3,1  | 3,2 | 5,3 | 59 | 3 | -   | 8    |                   |



**Figura 1: Detalhe da inflorescência de feijão-caupi. Vitória da Conquista – BA, 2013.**

### 3.2. Teste de germinação *in vitro*

As anteras de cada cultivar foram retiradas e colocadas em placa de petri, com papel de filtro contendo nas soluções Agar, 2,5 %; H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, Cálcio, 400 ppm de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O, além de 700ppm de MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O. O pH foi fixado em 6,5, acrescidos de sacarose 5% (p/v), conforme resultados obtidos em testes preliminares. O pH foi fixado em 6,5, acrescidos de sacarose 5% (p/v), conforme resultados obtidos em testes preliminares.



Os grãos de pólen de cada variedade foram distribuídos sobre a superfície do meio com o auxílio de uma agulha, de modo a promover uma distribuição uniforme do material. Estes foram vertidos em lâminas de vidro escavadas, cerca de 1 mL em cada uma delas. As lâminas foram colocadas em câmara úmida simulada (placas de Petri com papel absorvente umedecido) (Figura 2).



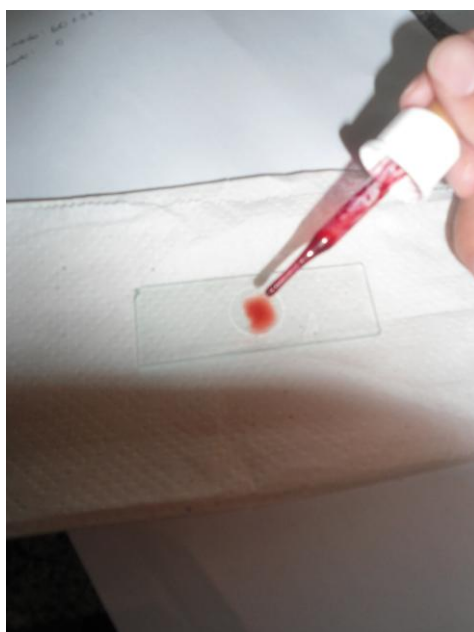
FONTE: PAIVA, T.S.S., 2013

**Figura 2: Preparo das lâminas escavadas em câmara úmida simulada em feijão-caupi. Vitória da Conquista- BA, 2013.**

Após inoculação, os tratamentos foram incubados em estufa tipo B.O.D. com o objetivo de adotar a melhor temperatura, mediante os seguintes tratamentos: T1- 20°C; T2- 25°C e T3 - 30°C, durante o período de 1, 2 e 3 horas, a fim de verificar quais variáveis apresentam melhor condição de germinação do pólen.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3, com 10 repetições. Foram analisados 100 gametófitos

masculinos por repetição e contabilizados os que germinaram. Para realizar a contagem e estimar a porcentagem de grãos de pólen germinados, utilizou-se microscópio óptico e foram considerados germinados os polens cujo tubo polínico atingiu comprimento igual ou maior que seu próprio diâmetro, após 3h de incubação (PASQUAL e colaboradores, 1982). Para melhor visualização, foi utilizado o corante Carmim Acético, o qual é específico para esta finalidade, permitindo uma maior eficácia na identificação dos tubos polínicos e mensuração destes (Figura 3).



FONTE: PAIVA, T.S.S., 2013

**Figura 3: Aplicação do Carmim Acético em polens de feijão-caupi para contagem dos polens germinados. Vitória da Conquista – BA, 2013.**

### **3.3. Análise Estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Os valores encontrados foram submetidos ao teste de Scheffé, a 5% de probabilidade, e à

análise de regressão. Os dados foram processados pelo Sisvar, versão 5.1 (Statistical Analysis System).

## **ETAPA II – Potencial de germinação polínica de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes níveis salinos:**

### **3.4. Localização e coleta do material**

Após obter resultados referentes ao melhor tempo e temperatura da primeira etapa, foram coletadas, no mesmo local, ao acaso, 10 flores aleatoriamente, obtidas de cada genótipo pré-selecionado. Em função da pouca quantidade e de sua durabilidade em casa de vegetação, visto que as variedades já não se encontravam em pleno florescimento, as flores foram retiradas dos indivíduos, no início da manhã, e posteriormente, levadas para câmara fria, por um período de 24 horas, para uma melhor conservação.

### **3.5. Teste de germinação *in vitro***

Foram testados cinco meios de cultivo com diferentes concentrações de NaCl: 0, 25, 50, 75 e 100 mM, sendo fixado 5,0% de sacarose (p/v), 5,0% de Agar (p/v), 2,5% de Boro (p/v), isto é, 400ppm de  $H_3BO_3$ , e 2,5% de Cálcio (p/v), ou seja, 400ppm de  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ . A cada um deles, foi adicionado 700ppm de  $MnSO_4 \cdot H_2O$ . O pH destes foi fixado em 6,5, com temperatura controlada (20°C) e período de incubação (3h) para as cultivares: BRS Maratã, BRS Pujante, BRS Guariba e BRS Xique-xique.

Os meios foram vertidos em lâminas de vidro escavadas, cerca de 1 mL em cada uma delas, e os grãos de pólen foram distribuídos sobre elas. As lâminas foram colocadas em câmara úmida simulada (placas de Petri com papel absorvente umedecido) e incubadas em B.O.D. Após 3 horas, as lâminas foram

retiradas e, imediatamente, observadas com auxílio de um microscópio óptico com objetiva de 10. Foram analisados 100 gametófitos masculinos por lâmina e contabilizados os que germinaram. O grão foi considerado germinado, quando o seu tubo polínico atingiu comprimento maior que o seu maior diâmetro, conforme a metodologia sugerida por Pasqual e colaboradores (1982). Para melhor visualização, foi utilizado o corante Carmim Acético.

### **3.6. Delineamento Experimental e Análise Estatística**

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x4, com 5 repetições, totalizando 100 parcelas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e foram transformados por  $10^{(x+1)}$ . Os valores encontrados foram submetidos ao teste Tukey, a 5% de probabilidade, e à análise de regressão. Os dados foram processados pelo Sisvar, versão 5.1 (Statistical Analysis System).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### ETAPA I – Influência do tempo e da temperatura na germinação polínica de cultivares de feijão-caupi:

Foi verificado efeito significativo para a interação tempo x temperatura, conforme exposto na tabela C.

Em função da temperatura ambiente em que foi realizada a contagem do pólen fresco, isto é, no tempo zero, a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , verificou-se, para este tempo, menor percentagem de germinação, indicando que se torna necessário que o pólen permaneça algumas horas sob a solução para obter maior percentagem de germinação polínica e para que o pólen sofra a ação da sacarose, pois a mesma é um dos principais componentes que auxilia na germinação polínica (SALLES e colaboradores, 2006) (Tabela 2).

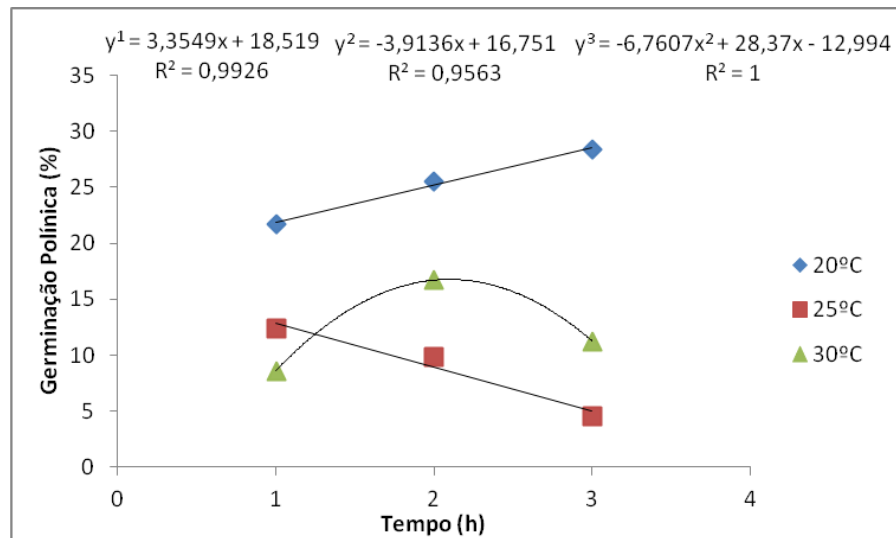
**Tabela 2: Germinação *in vitro* de polens de feijão-caupi em função da temperatura e do tempo. Vitória da Conquista – BA, 2013.**

| Médias      |               |       |        |
|-------------|---------------|-------|--------|
| Temperatura |               | Tempo |        |
| 20°C        | 22,40917835 a | 0h    | 4,92 b |
| 23°C        | 4,921931463 c | 1h    | 10,4 a |
| 25°C        | 5,387660336 c | 2h    | 11,2 a |
| 30°C        | 9,315722725 b | 3h    | 9,11 a |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scheffé ( $P < 0,05$ ).

Com o intuito de verificar a maior porcentagem de germinação *in vitro* do pólen de caupi, foi realizado o desdobramento do tempo dentro de cada temperatura (Figura 5). Foi observado que à medida que se aumentava o tempo, para a temperatura de 20°C, a porcentagem de germinação também era aumentada, resultando maior índice de geminação, às 3 horas de incubação. Para a temperatura de 25°C, foi verificada uma redução da porcentagem em função do tempo e, para a temperatura de 30°C, foi observado um aumento na germinação, às 2 horas, e um decréscimo às 3 horas, não tornando a escolha desse tempo interessante, visto que ocorre uma redução do percentual de germinação com o aumento do tempo.

Observando a temperatura em função do tempo, foi constatado que a temperatura de 20°C foi a que obteve maior porcentagem de germinação, com destaque para o período de 3 horas. Para os demais valores, houve comportamento reutivo da taxa de germinação, conforme incremento da temperatura.



**Figura 4: Germinação *in vitro* dos grãos de pólen de feijão-cupi em função do tempo. Vitória da Conquista – BA, 2013.**

Alguns estudos realizados em condições controladas indicam que altas temperaturas são mais nocivas, quando surgem os primórdios florais até o 10º – 15º dia (WAHID e colaboradores, 2007). Segundo Fooland (2005), as fases reprodutivas mais sensíveis às altas temperaturas, em várias plantas, são a gametogênese (8-9 dias ante da antese) e a fertilização (1-3 dias após a antese). Em plantas de caupi, altas temperaturas durante a fase de florescimento reduz a nodulação das raízes, o crescimento e a produtividade (FREITAS, 2012).

Ahmed e colaboradores (1992) afirmam que altas temperaturas, no período da noite, estimulam a macho-esterilidade e, por isso, ocorre a redução da capacidade de produção de vagens. Os mesmos autores observaram que plantas submetidas a temperaturas acima de 30°C apresentaram baixa viabilidade polínica e formação de anteras indeiscentes, além de não exibir a camada endotelial (que são células subepidérmicas que promovem a abertura das

anteras), comparadas com anteras submetidas à temperatura noturnas de 20°C. Apesar deste experimento não ter sido realizado no período noturno, os resultados outrora expostos corroboram os encontrados neste trabalho, nos quais temperaturas de 30° C reduziram a germinação do tubo polínico, o que, por hora, compromete também a viabilidade do pólen.

A literatura relata que a germinação polínica pode variar entre espécies e está em função da temperatura e do tempo, entretanto, diversas pesquisas demonstram que temperaturas na faixa de 25°C – 30° C são bastante comuns e promovem boa germinação polínica. A exemplo disso, é possível citar a germinação do pólen de cerejeira-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC), na qual a incubação na temperatura de 25°C, durante três horas, proporcionou 61% de germinação (FRANZON e RASEIRA, 2006). Utilizando temperaturas de 25 e 30°C, em acessos silvestres de abacaxi, Soares e colaboradores (2011) verificaram que, para as espécies de *A. macrodontes*, a maior porcentagem de germinação polínica ocorreu aos 25°C, enquanto que para as espécies de *A.comosus*, em 30°C; Silva e colaboradores (2000) afirmam que, de maneira geral, a germinação e o comprimento do tubo polínico do tomate diminuíram significativamente com o aumento da temperatura entre 25 a 45°C. Esses autores ainda afirmam que é possível, de acordo com a porcentagem de germinação, sob altas temperaturas, selecionar genótipos resistentes ao estresse térmico. Cisneros-López e colaboradores (2010) verificaram que, num cruzamento entre plantas de sorgo, a germinação do pólen e o crescimento do tubo polínico só aconteceram após 18 horas. Chagas e colaboradores (2010) verificaram que pólen de porta-enxerto de pereira obtiveram melhores condições de germinação aos 28°C, após oito horas de inoculação, e o aumento da temperatura reduziu a germinação polínica.



A germinação e emissão do tubo polínico averiguada em diferentes intervalos de tempo e temperatura torna possível selecionar e classificar genótipos como sensíveis, intermediários e tolerantes, a exemplo do experimento com soja, realizado por Salem e colaboradores (2007), sendo possível, após testes *in vitro*, relacionar os resultados com testes *in vivo*.

Para este experimento, pode-se afirmar que os genótipos avaliados, de forma geral, são considerados intermediários, pois a temperatura ótima, durante o florescimento do feijão-caupi, encontra-se entre 20-30°C; a temperatura abaixo ou acima da ideal promove a redução do pegamento floral e a produção final de vagens e grãos (CAMPOS e colaboradores, 2010).

#### **ETAPA II – Potencial de germinação polínica de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes níveis salinos:**

De acordo com o teste de média, a concentração de 50 mM foi a única concentração que desencadeou comportamento diferenciado nas cultivares, destacando apenas a BRS Guariba como a cultivar com menor índice de germinação polínica e as demais não diferiram entre si, apresentando taxas de germinação superior (Tabela 3). No entanto, ao avaliar, de maneira geral, é possível dizer que as cv. BRS Maratoã e BRS Xique-xique obtiveram comportamentos semelhantes em todas as soluções salinas, as quais foram submetidas, sendo possível classificá-las como tolerantes à salinidade; a BRS Pujante como moderadamente tolerante e a BRS Guariba como sensível, quando comparada com o desenvolvimento das demais cultivares avaliadas.

**Tabela 3: Germinação *in vitro* de pólen de feijão-caupi submetidos a diferentes concentrações salinas. Vitória da Conquista – BA, 2013.**

| Tratamentos  | Médias*     |             |             |                 |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
|              | BRS Maratão | BRS Pujante | BRS Guariba | BRS Xique-xique |
| <b>0mM</b>   | 41,73803 a  | 37,30781 a  | 24,98833 a  | 47,77351 a      |
| <b>25mM</b>  | 12,48154 a  | 8,079458 a  | 20,05461 a  | 12,22018 a      |
| <b>50mM</b>  | 47,77351 a  | 34,88442 ab | 12,48154 b  | 62,65955 a      |
| <b>75mM</b>  | 25,54709 a  | 34,11311 a  | 32,62278 a  | 25,54709 a      |
| <b>100mM</b> | 22,87762 a  | 16,84893 a  | 23,90868 a  | 23,90868 a      |

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

\*Dados originais transformados por  $10^{(x)+1}$

Um meio para ser considerado ideal possui uma taxa de germinação em torno de 50%, com tubo polínico bem desenvolvido. Neste caso, é possível afirmar que a concentração de 50mM de NaCl tanto quanto a testemunha obtiveram valores iguais a este para a BRS Xique-xique, sendo possível afirmar que ocorrerá moderada produção de vagens para esta cultivar, tendo em vista a produção de tubos polínicos vigorosos (SCORZA e SHERMAN, 1995).

Segundo Dantas e colaboradores (2003) e Zhu (2001), o grau de tolerância do feijão-caupi ao estresse salino varia entre os diferentes genótipos e cada espécie apresenta um grau de tolerância ao sal, que depende da

concentração e da natureza dos sais dissolvidos, de fatores climáticos, absorção de água e nutrição vegetal.

Resultados diferentes aos encontrados nesse experimento foram encontrados por Thiam e colaboradores (2013) e Rhoades e colaboradores (2000), nos quais, para plantas de caupi, a taxa de germinação de pólen foi maior no meio de cultura contendo 0mM de NaCl. Almeida e colaboradores (2010) descrevem comportamento semelhante para plantas de mamona. Porém, para os resultados encontrados neste trabalho, a taxa de germinação das cv. BRS Maratão e BRS Xique-xique foram maiores do que a testemunha, quando submetidas à concentração de 50 mM de NaCl, indicando que essas cultivares demonstram certa tolerância à salinidade. O feijão de corda é uma espécie considerada tolerante à seca e moderadamente tolerante à salinidade (AYERS E WESTCOT, 1999).

A germinação *in vitro* de grãos de pólen de caupi é pouco relatada na literatura, por esta ser uma planta autógama. No entanto, é válido salientar que a germinação polínica em solução salina é de grande valia, pois é possível, desde este momento, selecionar genótipos que toleram a fertilização em ambiente estressante. Queiroga e colaboradores (2006) afirmam que a exposição de um genótipo às condições adversas é extremamente positiva, pois a resistência desta planta é justificada pelo desenvolvimento da mesma neste meio estressante.

Outro ponto que deve ser destacado ao avaliar a germinação polínica em meio salino é a tolerância à dessecação, pois um dos maiores problemas que comprometem a viabilidade do pólen, tanto quanto sua germinação é a temperatura, umidade e o período de incubação. Para isso, em algumas espécies como o genipapo, berinjela e milho foram desenvolvidos trabalhos verificando a tolerância, a dessecação dos polens, utilizando diversos sais, dentre eles o NaCl, com o objetivo de reduzir o teor de água, aumentar a longevidade dos grãos de

pólen e promover a manutenção de banco de germoplasma por meio da produção de sementes ou conservação dos polens (MAGISTRALI e colaboradores, 2013; VEIGA e colaboradores, 2012; FRANÇA e colaboradores,2010). Nesses trabalhos, a dessecação garantiu a viabilidade dos polens e a produção de sementes com boas características fisiológicas, variando o teor de água conforme a espécie.

Sementes e pólen são classificados como organismos tolerantes à dessecação e são capazes de sobreviver à remoção da maior parte da água celular, tornando-se capazes de sobreviver por longos períodos no estado seco. A presença de mecanismos, como o de proteínas específicas e açúcares solúveis, está envolvida na manutenção da tolerância à dessecação, conferindo proteção à perda de água, em diferentes níveis de hidratação. A presença desses mecanismos, mesmo sendo determinada geneticamente, pode ser intensificada ou reduzida, de acordo com a taxa de secagem ou do meio no qual a semente ou o pólen se desenvolveu (JOSÉ e colaboradores, 2006). Experimentos nesse sentido não são encontrados com pólen de feijão, no entanto, pode ser levada em conta a proposta, a fim de expandir o conhecimento acerca dessa cultura.

## CONCLUSÃO

**ETAPA I – Influência do tempo e da temperatura na germinação polínica de cultivares de feijão-caupi:** A temperatura de 20°C foi a que obteve maior porcentagem de germinação para o período de 3 horas de incubação, para as cultivares BRS Maratã, BRS Guariba, BRS Pujante e BRS Xique-xique.

**ETAPA II – Potencial de germinação polínica de cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes níveis salinos:** O nível de salinidade de 50 mM de NaCl proporcionou comportamento diferente dos demais para as cultivares de feijão-caupi. Maiores médias foram encontradas para a cv. BRS Xique-xique, diferindo apenas da BRS Guariba, a qual obteve menor porcentagem de germinação.

A cv. BRS Maratã e BRS Xique-xique são tolerantes à salinidade; a BRS Pujante moderadamente tolerante e a BRS Guariba sensível, quando comparada com o desenvolvimento das demais cultivares avaliadas.

## REFERÊNCIAS

AHMED, F.B., HALL, A.E., DEMASON, D.A. Heat injury during floral development in cowpea (*Vigna unguiculata*). **American Journal of Botany**, v. 79, p. 784-791, 1992.

ALMEIDA, L.A.H.; SAMPAIO, L.S.; SANT'ANA, M.R.; AMARAL, C.L.F. Seleção in vitro de mamona para resistência a estresse salino: foco nas plantas espontâneas. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 414-421, out – dez, 2010.

ANTONIO, I.C. Germinação in vitro do pólen de *Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Sprengel) Schumann. **Científica, Jaboticabal**, v.32, n.2, p.101-106, 2004.

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

AZEVEDO, H.; HOULLOU-KIDO, L.; BENKO- ISEPPON, A.N. Análise do potencial regenerativo *in vitro* de diferentes cultivares de feijão-Caupi. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 528-530, jul, 2007.

CAMPOS, J.H.B.da C.; SILVA, M.T.; SILVA, V. de P.R.da. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.396–404, 2010.

CHAGAS, E.A.; PIO, R.; CHAGAS, P.C.; PASQUAL, M.; BETTIOL NETO, J.E. Composição do meio de cultura e condições ambientais para germinação de grãos de pólen de porta-enxertos de pereira. **Ciência Rural**, v.40, n.2, fev, 2010.

CISNEROS- LÓPEZ, M.E.; MENDOZA-ONOFRE, L.E.; ZAVALETA-MANCERA, H.A.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, V.A.; MORA-AGUILERA, G.; CÓRDOVA-TÉLLEZ, L; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M. Pollen–pistil interaction, pistil histology and seed production in ArB grain sorghum crosses under chilling field temperatures. **Journal of Agricultural Science**, v. 148, 73–82, 2010.

DANTAS, J.P.; FERREIRA, M.M.M.; MARINHO, F.J.L.; NUNES, M.S.A.; QUEIROZ, M.F.; SANTOS, P.T.A. Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de caupi. **Agropecuária Técnica**, Areia, v.24, n.2, p.119-130, 2003.

DANTAS, J.P; MARINHO,F.J.L.; FERREIRA, M.M.M.; AMORIM, M.S.N.; ANDRADE, S.I.de O; SALES, A.L.de. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, Campina Grande, set – dez, 2002.

ESTEVEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**.,n. 12, v. 4, p. 662-679, 2008.

FAGERIA, N.K.; GHEYI, H.R. **Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares**. In: Gehyi, H.R.; Queiroz, J.E., Medeiros, J.F. Eds. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada, UFPB, Campina Grande, Brasil, 1997, 383p.

FERREIRA, D. F. **Sistemas para análise de variância para dados balanceados**. SISVAR versão 5.1. Lavras: UFLA, 2007. (Software).

FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v.78, n.1, p.15-24, 2005.

FOOLAD, M.R. **Breeding for abiotic stress environmental in tomato**. In: ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. (Eds.). Abiotic stresses: Plant resistance through breeding and molecular approaches. The Haworth Press Inc., New York, USA, p. 613-684, 2005.

FONSECA, J.W. dos S. **Sistema reprodutivo de *Portulaca grandiflora* Hook com vistas ao melhoramento vegetal**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2010.

FONSECA, T.C.; CARMELLO, A.C. de C.; MORETI, A.C.C.C.; ALMEIDA, J.E.; OTSUK, I.P. Viabilidade do Pólen de Amoreira (*Morus alba* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, supl.2, p.405-407, jul, 2007.

FRANÇA, L.V.de; NASCIMENTO, W.M.; CARMONA, R.; FREITAS, R.A. de. Tolerância à dessecação de pólen de berinjela. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 053-059, 2010.

FRANZON, R.C.; RASEIRA, M. do C.B. Germinação *in vitro* e armazenamento do pólen de *Eugenia involucrata* DC (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, Jaboticabal, Abr, 2006.



FREIRE FILHO, F.R.; BANDEIRA, L.M.R.; TELES, E.R.; MAIA, O.S.; FERREIRA, J.M. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 2011.84 p.

FREIRE FILHO, F.R.; VILARINHO, A.A.; CRAVO, M.da S.; CAVALCANTE, E.S. **Panorama da cultura do feijão-caupi no Brasil**. Disponível em:<  
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63327/1/AP-2007-panorama-cultural-feijao-caupi.pdf> >. Acesso em 06 de Janeiro de 2014.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; BARRETO, P.D.; SANTOS, C.A.F. **Melhoramento genético de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região do Nordeste**. Disponível em:<  
<http://www.cptsa.embrapa.br/catalogo/livrorg/caupinordeste.pdf> >. Acesso em 06 de Janeiro de 2014.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org.). **O caupi no Brasil**. IITA: EMBRAPA, Brasília, 1988. p. 26-46.

FREITAS, R.M.O. de. **Crescimento e produção de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – RN, 2012.

GALLETTA, G.J. **Pollen and seed management**. In: MOORE, J.N.; JANICK, J. (Eds.). *Methods in fruits breeding*. Indiana: Purdue University Press, 1983. p.23-47.

JOSÉ, S.C.B.R.; VON PINHO, E.V.R.; DIAS, M.A.G.S. Açúcares e tolerância à alta temperatura de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.2, Pelotas, 2006.

MALHEIRO, M.G.; MORGADO, L.B.; KIILL, L.H.P. Ecologia da polinização do feijão-caupi (*Vigna Unguiculata* (L.) walp.) em área de sequeiro no município de Petrolina-PE. In: 59º Congresso Nacional de Botânica, 2008, Natal – RN, **Anais...** Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/161512>>. Acesso em 30 de dez de 2013.

MAGRISTRALI, P.R. **Efeito de taxas de secagem na tolerância a dessecação e o armazenamento de sementes de *Genipa americana* L.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG, 2013.

MIRANDA, P. A.; CLEMENT, C. R. Germination and storage of pejibaye (*Bactris gasipaes*) palmae pollen. **Revista de Biologia Tropical**, San José, v. 38, n. 1, p. 29-33, 1990.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bring them together. **New Phytologist**, v.143, p.645-663, 2005.

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

NIETSCHÉ, S.; PEREIRA, M.C.T.; OLIVEIRA, C.; DIAS, M.M.; REIS, S.T. dos. Viabilidade dos grãos de pólen de flores de pinheira (*Annona squamosa*) em diferentes horários. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 527-531, mar - abr., 2009.

OLIVEIRA, M. do S.; PADILHA, M.M.M.; KALUME, M.A. de A. Viabilidade de pólen *in vivo* e *in vitro* em genótipos de açaizeiro. **Acta Botanica Brasílica**, v.15, n.1, p.27-33, 2001.

PASQUAL, M.; PETRI, J. L.; MATTOS, C. S. POLINIZAÇÃO DA MACIEIRA III: CULTIVARES BR-1 E MOLLIES DELICIOUS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília/DF, v. 17, n. 10, p. 1477-1481, 1982.

PIO, L.A.S.; SANTOS, F.C.; RUFINI, J.C.M.; RAMOS, JD.; ARAÚJO, AG. Germinação *in vitro* de pólen de citros sob diferentes concentrações de cálcio e boro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n. 3, p. 293-296, jul-set, 2004.

PURSEGLOVE, J.W. Tropical crops dicotyledons. **Longman**, London, 3.ed., p.321-329, 1974.

QUEIROGA R.C.F.; ANDRADE NETO R.C.; NUNES G.H.S.; MEDEIROS J.F.; ARAÚJO W.B.M. Germinação e crescimento inicial de híbridos de

meloeiro em função da salinidade. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 3, jul.-set. 2006.

RÊGO, M.de S.C.; LOPES, A.C.de A.; ROCHA, M.de M; FREIRE FILHO, F.R.;

RIBEIRO, V.Q.; SOUSA, I.da S. Avaliação de métodos de cruzamentos artificiais em feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. In: CONAC – Congresso Nacional de Feijão- Caupi, 2006, Teresina - PI. **Anais...** Disponível em: < <http://www.cpmn.embrapa.br/anaisconac2006/resumos/GM32.pdf> >. Acesso em 02 de Jan de 2014.

RHOADES, J.P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas na produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p.

ROCHA, M.M.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, K.J.D.; RIBEIRO, V.Q. **Feijão-caupi: Biologia Floral**. Teresina – PI: EMBRAPA Meio-Norte, 2007 (Folder).

ROCHA, F. M. R. da; MOUSINHO, S. F.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, S. M. de S.; BEZERRA, A. A. de C. Aspectos da biologia Floral do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 2001, Teresina - PI. Avanços tecnológicos o feijão-caupi: **Anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. p. 27- 29. (Embrapa Meio-Norte. Documento, 56).

ROYER, M. R.; GONÇALVES VIDIGAL, M. C.; SCAPIM, C. A.; VIDIGAL FILHO, R. S.; TERADA, Y. (“in memoriam”). Outcross in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, n.1, p. 49-54.2002.

SALEM, M.A., KAKANI, V.G., KOTI, S., REDDY, K.R. Pollen-based screening of soybean genotypes for high temperatures. **Crop Science**, v. 47, p. 219-231, 2007.

SALLES, L.A.; RAMOS, J.D.; PASQUAL, M.; JUNQUEIRA, K.P.; SILVA, A.B. Sacarose e pH na germinação *in vitro* de grãos de pólen de citros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 170-174, jan-fev, 2006.

SANTOS, C.F.; LIMA, G.P.P.; MORGADO, L.B. Tolerância e caracterização bioquímica em feijão-caupi submetido a estresse hídrico na pré-floração. **Naturalia**, Rio Claro, v.33, p.34-44, 2010.

SANTOS, M.R.A.; RODRIGUES, M.G.; CORREA, F.A.O.; ROCHA, J.F. Indução da germinação *in vitro* de grãos de pólen de *Musa velutina*. Embrapa Rondônia, Porto Velho- RO, **Circular Técnica 106**, 2009.

SANTOS NETO, O.D.; KARSBURG, I.V.; YOSHITOME, M.Y. Viabilidade e germinabilidade polínica de populações de jurubeba (*solanum paniculatum* L.). **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.4, n.1, p.67-74, 2006.

SCORZA, R., SHERMAN, W.B. Peaches. In: Janik, J., Moore, J.N. (Ed.). **Fruit breeding**. New York: John, Sons, 325-440, 1995.

SILVA, A.C.T.F.; LEITE, I.C.; BRAZ, L.T. Avaliação da viabilidade do pólen como possível indicativo de tolerância a altas temperaturas em genótipos de tomateiro. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, n. 2, p.156-165, 2000.

SOARES, F.A.L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 842-849, out-dez, 2011.

SOUSA, S.A. **Cultura da Pinheira: caracterização de frutos, germinação e atributos de qualidade requeridos pelo sistema de comercialização**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas, 2005.

SOUSA, I.da S.; FREIRE FILHO, F.R.; LOPES, AC.de A.; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V.Q.; GOMES, F. RÊGO, M.de S.C. Determinação da taxa de fecundação cruzada em feijão-caupi (*vigna unguiculata* (l.) walp.). In: CONAC – Congresso Nacional de Feijão- Caupi, 2006, Teresina - PI. **Anais...** Disponível em: < <http://www.cpamn.embrapa.br/anaisconac2006/resumos/GM30.pdf> >. Acesso em 06 de Jan de 2014.

SOUSA, V.A.; PINTO JÚNIOR, J.E. Efeito de solventes orgânicos na viabilidade de pólen de *Eucalyptus* spp. Embrapa Florestas. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.24, v.25, p.9-17, jan - dez.1992.

SOUZA, M.M. PEREIRA, T.N.S.; MARTIN, E.R. Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e

viabilidade polínica em maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. V.26, n.6, p.1209-1217, nov - dez., 2002.

SOUSA, V.A. **Manejo e viabilidade do pólen de *Eucalyptus* spp.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1988.

STANLEY, R. G.; LINSKENS, H. F. **Pollen: biology, biochemistry and management.** New York: Springer – Verlag, 172p., 1974.

TECHIO, V.H.; et al. Viabilidade do Grão de pólen de acessos de capim elefante, milho e híbridos interespecíficos (capim elefante x milho). **Acta Scientiarum**, Maringá, v.28, p.7-12, 2006.

THIAM, M.; CHAMPION, A.; DIOUF, D.; SY, M.O. NaCl effects on in vitro germination and growth of some senegalese cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivars. **ISRN Biotechnology**, v. 2013, Article ID 382417, 11 pages, 2013. Disponível em:<  
<http://www.hindawi.com/isrn/biotechnology/2013/382417/>>. Acesso em: 05 de Jan de 2014.

TIGHE, M.E. **Manual de recolección y manejo de polen de pinus tropicales y subtropicales procedentes de rodales naturales.** 1.ed, Raleigh, NC, USA: NC State University 2004. 20p.

VARGAS, D.P.; SOUZA, S.A.M.; SILVA, S.D.A. e; BOBROWSKI, V.L. Análise dos grãos de pólen de diferentes cultivares de manona (*Ricinus communis* L., eufhorbiaceae): conservação e viabilidade. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.76, n.1, p.115-120, jan.- mar., 2009.

VEIGA, P.de O.A.; VON PINHO, R.G.; VON PINHO, E.V.R.; VEIGA, A.D.; OLIVEIRA, K.C.; DINIZ, R.P. Meios de cultura para germinação de grãos de pólen de milho. **Revista Agrarian**, Dourados, v.5, n.17, p.206-211, 2012.

VERSUALES, P. E., AGARWAL, M., AGARWAL, S. K., ZHU, J., ZHU, J. K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, v. 45, n.4, p. 523-539, 2006.

WAHID, A., GELANI, S., ASHRAF, M., FOOLAD, M.R. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental Experimental Botany**, v.61, v. 3, p.199-223, 2007.

XAVIER, G.R.; MARTINS, L.M.; RUMJANEK, N.G. NEVES, M.C.P. Tolerância de rizóbio de feijão-caupi à salinidade e à temperatura em condição *in vitro*. **Caatinga**, Mossoró, v.20, n.4, p.01-09, out – dez, 2007.

YOKOI, S.; BRESSAN, R.A.; HASEGAWA, P.M. Salt stress tolerance of plants. **Jircas Working Report**, p. 25-33, 2002.

ZHU, J. Plant salt tolerance. **Trends in Plant Science**, London, v.6, n.2, p.66 – 71, 2001.





## APÊNDICE

**Tabela A: Resumo da análise de variância e do coeficiente de variação para altura de plantas (AP), massa fresca do caule (MFC), massa seca do caule (MSC), diâmetro do caule (D), massa fresca da folha (MFF), massa seca da folha (MSF), número de folhas por planta (NF), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), comprimento de raiz (CR), massa fresca de vagens (MFV), massa seca da vagem (MSV), número de vagens por planta (NV), massa fresca do grão (MFG), massa seca do grão (MSG) e eficiência do uso da água (EUA) de cultivares de feijão-caupi em Vitória da Conquista-BA.**

| Fonte de<br>Variação | Bloco                    | Cultivar     | Salinidade  | Cultivar x<br>Salinidade | Erro       | CV(%) |
|----------------------|--------------------------|--------------|-------------|--------------------------|------------|-------|
|                      | -----Quadrado Médio----- |              |             |                          |            |       |
| <b>AP</b>            | 0,002835                 | 0,020971     | 0,058457*   | 0,010123                 | 0,008210   | 6,64  |
| <b>MFC</b>           | 54,417133                | 2498,214000* | 924,736958* | 85,821847                | 168,627379 | 31,96 |
| <b>MSC</b>           | 3,651133                 | 63,560889*   | 91,31533*   | 2,626722                 | 6,952151   | 32,52 |
| <b>D</b>             | 1,103183                 | 7,790214*    | 5,940469*   | 0,776129                 | 1,090380   | 14,03 |

|            |           |              |             |            |           |       |
|------------|-----------|--------------|-------------|------------|-----------|-------|
| <b>MF</b>  | 6,779167  | 1058,948611* | 328,052083* | 133,590972 | 86,195833 | 36,00 |
| <b>MS</b>  | 0,014712  | 0,359086*    | 0,181564*   | 0,051471   | 0,043008  | 28,93 |
| <b>NF</b>  | 33,329167 | 424, 570833* | 359,74583*  | 90,164583* | 35,232675 | 29,23 |
| <b>MR</b>  | 0,087887  | 0,208703*    | 0,104557*   | 0,036820   | 0,040231  | 14,66 |
| <b>MSR</b> | 0,046733* | 0,096583*    | 0,059960*   | 0,012632   | 0,016133  | 13,58 |
| <b>CR</b>  | 0,026455* | 0,013988     | 0,016872*   | 0,006552   | 0,006026  | 5,93  |
| <b>MFV</b> | 0,181952  | 0,257513*    | 0,141002*   | 0,038449   | 0,035117  | 18,47 |
| <b>MSV</b> | 0,909292  | 5,55411*     | 14,300979*  | 0,434562   | 1,499467  | 30,64 |
| <b>NV</b>  | 9,712500  | 15,670833*   | 21,235417*  | 1,368750   | 3,497588  | 31,30 |
| <b>MFG</b> | 85,310683 | 91,353639    | 541,413490* | 25,941573  | 67,937745 | 48,90 |
| <b>MSG</b> | 24,678933 | 46,632222    | 204,461375* | 8,885486   | 19,59626  | 43,50 |
| <b>EUA</b> | 0,133707  | 0,568134*    | 0,922790*   | 0,082330   | 0,146906  | 29,73 |

---

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (P < 0,05)

**Tabela B: Resumo do desdobramento da interação da salinidade dentro de cada tratamento de cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista – BA, 2013.**

| <b>Fonte de Variação</b> | <b>GL</b> | <b>Quadrado Médio</b> |
|--------------------------|-----------|-----------------------|
| Salinidade/T1            | 4         | 46,225000             |
| Salinidade/T2            | 4         | 236,858333*           |
| Salinidade/T3            | 4         | 63,983333             |
| Salinidade/T4            | 4         | 283,141667*           |
| Erro                     | 38        | 35,232675             |

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

**Tabela C: Resumo da análise estatística da germinação *in vitro* dos grãos de pólen do feijão-caupi em função do tempo e temperatura. Vitória da Conquista-BA, 2013.**

| <b>Fonte de Variação</b>   | <b>GL</b> | <b>Quadrado Médio</b> |
|----------------------------|-----------|-----------------------|
| <b>Temperatura</b>         | 2         | 35,981097*            |
| <b>Tempo</b>               | 2         | 0,770078*             |
| <b>Temperatura x Tempo</b> | 4         | 2,067937*             |
| <b>Erro</b>                | 891       | 0,198545              |
| <b>CV (%)</b>              | 46,21     |                       |

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ( $P < 0,05$ )

**Tabela D: Resumo da análise estatística da germinação *in vitro* dos grãos de pólen do feijão caupi em solução salina. Vitória da Conquista-BA, 2013.**

| <b>Fonte de Variação</b>     | <b>GL</b> | <b>Quadrado Médio</b> |
|------------------------------|-----------|-----------------------|
| <b>Salinidade</b>            | 4         | 7,25393*              |
| <b>Cultivar</b>              | 3         | 2,276033              |
| <b>Salinidade x Cultivar</b> | 12        | 2,491266*             |
| <b>Erro</b>                  | 80        | 2,228126              |
| <b>CV (%)</b>                | 21,61     |                       |

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ( $P < 0,05$ )