



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
AGRÍCOLA**



**TOLERÂNCIA DE *Vigna unguiculata* À SALINIDADE SOB  
ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO EM DOIS CICLOS DE CULTIVO**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

**2021**

Rômulo Carantino Lucena Moreira

**TOLERÂNCIA DO *Vigna unguiculata* À SALINIDADE SOB  
ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO EM DOIS CICLOS DE CULTIVO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola na área de concentração em Irrigação e Drenagem.

**Orientadores:** Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

**2021**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DE DOUTORADO

RÔMULO CARANTINO LUCENA MOREIRA

**TOLERÂNCIA DE *Vigna unguiculata* À SALINIDADE SOB  
ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO EM DOIS CICLOS DE CULTIVO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola na área de concentração em Irrigação e Drenagem.

BANCA EXAMINADORA

PARECER

\_\_\_\_\_  
Dr. Pedro Dantas Fernandes – Orientador

\_\_\_\_\_  
Dr<sup>a</sup>. Lauriane Almeida dos Anjos Soares – Orientadora

\_\_\_\_\_  
Dr. José Dantas Neto – Examinador interno

\_\_\_\_\_  
Dr<sup>a</sup>. Vera Lúcia Antunes de Lima – Examinadora interna

\_\_\_\_\_  
Dr. Francisco Vanies da Silva Sá

\_\_\_\_\_  
Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**

**2021**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA  
Rua Aprígio Veloso, 882, - Bairro Universitário, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

## **REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS**

**ATA DE DEFESA DE TESE PARA CONCESSÃO DO  
GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA AGRÍCOLA,  
REALIZADA EM 26 DE FEVEREIRO DE 2021.**

**(Nº 273)**

**CANDIDATO(A): Rômulo Carantino Lucena Moreira**

**COMISSÃO EXAMINADORA:** Pedro Dantas Fernandes – Orientador – PPGEA/CTRN/UFCG, Lauriane Almeida dos Anjos Soares - Orientadora - CCTA/UFCG, Vera Lucia Antunes de Lima – Examinadora Interna - UAEEA/CTRN/UFCG, José Dantas Neto – Examinador Interno - UAEEA/CTRN/UFCG, Claudivan Feitosa de Lacerda - Examinador Externo - UFC e Francisco Vanies da Silva Sá - Examinador Externo - UFERSA (PORTARIAPPGEA - DT 03/2021 - 1299773)

**TÍTULO: TOLERÂNCIA DE *Vigna Unguiculata* À SALINIDADE SOB  
ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO EM DOISCICLOS DE CULTIVO**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:** Irrigação e Drenagem

**LOCAL:** Por Videoconferência (plataforma Google Meet) em virtude da suspensão de atividades na UFCG decorrente do corona vírus (COVID-19)

**HORÁRIO:** 14h

Em sessão pública, após exposição de cerca de 50 minutos, o(a) candidato(a) foi arguido(a) oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Tese, sendo **APROVADO(A)**, com modificações no texto, de acordo com as exigências da Comissão Examinadora, que deverão ser cumpridas no prazo máximo de 30 (trinta) dias. Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é assinada por ROBERTO ROMAN DOS SANTOS e demais membros da Comissão Examinadora presentes. Campina Grande/PB, 26 de fevereiro de 2021.

Roberto Roman dos Santos - Secretário  
do PPGEA/UFCG Pedro Dantas  
Fernandes – Orientador –  
PPGEA/CTRN/UFCG

Lauriane Almeida dos Anjos Soares - Orientadora - CCTA/UFCG

Vera Lucia Antunes de Lima – Examinadora  
Interna - UAEA/CTRN/UFCG José Dantas Neto –  
Examinador Interno - UAEA/CTRN/UFCG

Claudivan Feitosa de Lacerda - Examinador Externo – UFC

Francisco Vanies da Silva Sá - Examinador Externo – UFERSA

Rômulo Carantino Lucena Moreira - Discente

1. Segue a presente Ata de Defesa de Tese do(a) candidato(a) **Rômulo Carantino Lucena Moreira**, assinada eletronicamente pela Comissão Examinadora acima identificada.
2. No caso de examinadores externos que não possuam credenciamento de usuário externo ativo no SEI, para igual assinatura eletrônica, os examinadores internos signatários certificam que os examinadores externos acima identificados participaram da defesa da tese e tomaram conhecimento do teor deste documento.

---

## FEVEREIRO DE 2021



Documento assinado eletronicamente por **FRANCISCO VANIES DA SILVA SÁ, Usuário Externo**, em 01/03/2021, às 21:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ROBERTO ROMAN DOS SANTOS, SECRETARIO**, em 02/03/2021, às 09:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **RÔMULO CARANTINO LUCENA MOREIRA, Usuário Externo**, em 02/03/2021, às 19:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **VERA LUCIA ANTUNES DE LIMA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 12/03/2021, às 11:44,



conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

Documento assinado eletronicamente por **JOSE DANTAS NETO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/03/2021, às 17:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/03/2021, às 09:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da

[Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **PEDRO DANTAS FERNANDES, Usuário Externo**, em 16/06/2021, às 10:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **1299780** e o código CRC **F5C2017E**.

---

**Referência:** Processo nº 23096.004061/2021-62 SEI nº

M383t      Moreira, Rômulo Carantino Lucena.  
Tolerância de *Vigna unguiculata* à salinidade sob estratégias de irrigação em dois ciclos cultivos / Rômulo Carantino Lucena Moreira. – Campina Grande, 2021.  
97 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2021.  
"Orientação: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes, Profa. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares".

Referências.

1. Feijão Macassar – Cultura. 2. Fisiologia – Feijão Macassar. 3. Feijão Macassar – Produção – Semiárido. 4. Irrigação e Drenagem. 5. Salinidade. 6. Epigenética. I. Fernandes, Pedro Dantas. II. Soares, Lauriane Almeida dos Anjos. III. Título.

CDU 633.33/.35(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA SEVERINA SUELI DA SILVA OLIVEIRA CRB-15/225

## DEDICATÓRIA

### DEDICO

As quatro mulheres mais importante em minha vida,  
Kênia (mãe), minha vó Socorro, vó Santinha (*in memorian*) e tia Kainha.

*“Seja a mudança que você quer ver no mundo.”*

**Mahatma Gandhi**



## AGRADECIMENTOS

À minha mãe Kênia Carantino, pelo amor dedicado e por ser minha fortaleza e apoio sempre que preciso.

Aos meus avós Socorro e Valdeci, por todo o amor cultivado, pelos incentivos e por serem exemplos de vida, em que me inspiro.

À tia (mãe) Kainha pela força e por todos os esforços que fizeste por mim.

Ao meu pai Ronaldo (*in memorian*), que pelos poucos anos que tive de estar ao seu lado, contribuiu imensamente para quem sou hoje.

À vó Santinha (*in memorian*), que me mostrou ensinamentos e pela fé contagiante que transcrevia em suas palavras de apoio.

Aos meus tios pelas palavras de incentivo e por força que me deram.

À minha noiva Thaís Batista, pelo apoio, compreensão e o amor dedicado.

Ao meu orientador e professor Pedro Dantas, por toda paciência, pelos ensinamentos dia a dia e por ser um exemplo de profissional.

À minha orientadora prof<sup>a</sup>. Lauriane Almeida, por todos ensinamentos, paciência e confiança nesta jornada.

Ao prof. Geovani Soares, por toda dedicação e conselhos durante o doutorado.

Ao meu primo Yury Carantino, pela confiança e apoio.

Aos professores e técnicos da pós-graduação em Engenharia Agrícola, em especial, a prof<sup>a</sup>. Vera Lúcia, prof. Carlos Azevedo, prof<sup>a</sup>. Josivanda, prof. Ronaldo Nascimento, prof. Zé Dantas e, aos técnicos Roberto, Michelle, Jacqueline e Wilson, meu muito obrigado!

À Idelvan José, por estar ao longo desta jornada, tendo minha consideração como um verdadeiro irmão. Sempre muito dedicado e muito trabalhador. Muitas aventuras nestes dois experimentos, ficaram muitas histórias de recordação.

Aos funcionários da fazenda experimental, especialmente, a Adriano, Cema, Cleilson e Elinaldo. Foram muito mais que amigos durante este período de convivência, repassando histórias de vidas inspiradoras.

A todos os meus amigos, em especial a Luderlândio Andrade, Vanies Sá, André Rodrigues, Leandro de Pádua, Saulo Soares, Wesley Pinheiro, Adaan Sudário, Elysson Marques, Jardel Andrade, Macelo, Jailson Batista e Karol Dias.

A todas as pessoas que se propuseram a me auxiliar nas análises realizadas durante o experimento.

## **Tolerância de *Vigna unguiculata* à salinidade sob estratégias de irrigação em dois ciclos de cultivo**

RESUMO - A água é um dos principais fatores limitantes para o crescimento e desenvolvimento das culturas, podendo afetar o rendimento das plantas, notadamente do feijão *Vigna*, justificando-se o uso da irrigação. Quando cultivado em áreas da região semiárida, caracterizada por águas com elevados teores de sais, deve-se atentar para o uso de genótipos mais tolerantes ao estresse salino, além de estratégias adequadas de irrigação, caso sejam com águas salinas, visando a garantir a sustentabilidade do sistema de produção. Neste trabalho, objetivou-se avaliar, em dois ciclos consecutivos de cultivo, a tolerância de dois genótipos de feijão *Vigna* ao estresse salino aplicado em diferentes fases fenológicas, analisando a existência de regulações epigenéticas na segunda geração das plantas. O trabalho foi realizado em campo, sendo dois experimentos, o primeiro entre setembro e dezembro de 2018 e o segundo experimento foi conduzido entre agosto e novembro de 2019 na fazenda experimental Rolando Rivas, pertencente à Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campus de Pombal, PB, localizada no município de São Domingos, PB. No primeiro experimento, os fatores foram constituídos por três genótipos de feijão *Vigna* submetidos a sete estratégias de manejo da salinidade, variando os estádios de desenvolvimento das plantas. Combinados esses fatores resultaram em 21 tratamentos onde, o delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 7 x 3, com quatro repetições, totalizando 84 parcelas experimentais, cuja unidade experimental foi composta por 60 plantas. No segundo experimento, as estratégias de manejo da irrigação resultaram da combinação de fases fenológicas entre os dois ciclos, sendo usada água com alta salinidade, em alternância com água de baixa concentração de sais. Foram estudados dois genótipos de feijão *Vigna* submetidos a dez estratégias de manejo da salinidade, resultando em um fatorial 10 x 2, com quatro repetições, totalizando 80 parcelas experimentais, cada unidade experimental era composta por 60 plantas. Foram analisadas variáveis de crescimento, fisiológicas e de produção dos genótipos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, teste 'F' ( $p < 0,05$ ) e teste de agrupamento de médias, Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) para o fator estratégias de manejo da irrigação e teste de Tukey, ( $p < 0,05$ ) para os genótipos de feijão *Vigna*. As plantas foram mais sensíveis à salinidade na fase vegetativa, refletindo-se na formação de fitomassa nos dois ciclos de cultivo. A aclimatação se refletiu nas trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*. O comprimento das vagens do feijão *Vigna* não foi afetado pelo estresse salino em plantas oriundas de sementes formadas com água salinizada no ciclo anterior.

As plantas se aclimataram à salinidade, pois quando se originaram de sementes formadas sob estresse salino, mesmo quando irrigadas com alta salinidade nas fases de floração e frutificação, mantiveram níveis altos de produção. Os genótipos de feijão *Vigna* foram classificados como tolerantes e moderadamente tolerantes à salinidade, no primeiro ciclo de produção. O genótipo Costela de Vaca foi tolerante nas estratégias B-SE, C-SE e BC-SE, no segundo experimento. A produção do genótipo BRS Marataoã é tolerante à água de alta salinidade na estratégia C-EFR e sensível ao estresse salino nas estratégias B-EV e BC-EFF.

**Palavras-chave:** feijão macassar., fisiologia, semiárido, produção, salinidade, epigenética

## **Tolerância de *Vigna unguiculata* à salinidade sob estratégias de irrigação em dois ciclos de cultivo**

### **Tolerance of *Vigna unguiculata* to salinity under irrigation strategies in two crop cycles**

**ABSTRACT** - Water is one of the main limiting factors for the growth and development of crops, which may affect the yield of plants, notably Vigna beans, justifying the use of irrigation. When cultivated in areas of the semi-arid region, characterized by waters with high levels of salts, attention should be paid to the use of genotypes that are more tolerant to salt stress, in addition to adequate irrigation strategies, if they are with saline waters, in order to ensure sustainability of the production system. In this work, the objective was to evaluate, in two consecutive cultivation cycles, the tolerance of two genotypes of Vigna beans to saline stress applied in different phenological phases, analyzing the existence of epigenetic regulations in the second generation of the plants. The work was carried out in the field, with two experiments, the first one between September and December 2018 and the second experiment was conducted between August and November 2019, at the Rolando Rivas Experimental Farm, belonging to the Federal University of Campina Grande, UFCG, Campus de Pombal, PB, located in the city of São Domingos, PB. In the first experiment, the factors consisted of three genotypes of Vigna beans submitted to seven salinity management strategies, varying the development stages of the plants. Combined these factors resulted in 21 treatments where the experimental design was in randomized blocks in a 7 x 3 factorial scheme, with four replications, totaling 84 experimental plots, whose experimental unit was composed of 60 plants. In the second experiment, irrigation management strategies resulted from the combination of phenological phases between the two cycles, using water with high salinity, alternating with water with low salt concentration. Two genotypes of Vigna beans were studied, submitted to ten salinity management strategies, resulting in a 10 x 2 factorial, with four replications, totaling 80 experimental plots, each experimental unit was composed of 60 plants. Growth, physiological and genotype production variables were analyzed. The data obtained were subjected to analysis of variance, 'F' test ( $p < 0.05$ ) and grouping test of means, Scott-Knott ( $p < 0.05$ ) for the factor of irrigation management strategies and Tukey test, ( $p < 0.05$ ) for Vigna bean genotypes. The plants were more sensitive to salinity in the vegetative phase, reflected in the formation of phytomass in both cultivation cycles. The acclimatization was reflected in the gas exchange and fluorescence of chlorophyll *a*.

Keywords: macassar beans, plant physiology, semiarid, productivity, salinity, epigenetics.

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
<b>Figura 1.</b> Mapa de localização do município de São Domingos – PB.	19
<b>Figura 2.</b> Variações de temperaturas máximas e mínimas e dados de precipitações entre os meses de setembro e dezembro de 2018 (A) e agosto a dezembro de 2019 (B). São Domingos, 2020.	20
<b>Figura 3.</b> Caracterização da área experimental, gradagem na área de plantio (A) e coleta da amostra de solo (B). Fonte: Autor, 2020.	24
<b>Figura 4.</b> Adubação com superfosfato simples na linha de plantio. Fonte: Autor, 2020.	24
<b>Figura 5.</b> Instalação do sistema de irrigação localizado por gotejamento (A e B), teste de uniformidade do sistema de irrigação (C) e vista da área experimental com 10 dias após a semeadura (D).	26
<b>Figura 6.</b> Figura 6. Teste de médias referente ao número de folhas (NF) entre os genótipos de feijão <i>Vigna</i> aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura, no Experimentos I, e aos 60 DAS no Experimento II. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Teste de Tukey, $p < 0,05$ .	34
<b>Figura 7.</b> Figura 7. Teste de média referente à área foliar do feijoeiro <i>Vigna</i> , sobre a interação entre as diferentes estratégias de manejo de salinidade e os genótipos de feijoeiro no primeiro experimento, Costela de Vaca aos 45 e 60 DAS (A) e BRS Marataoã 45 e 60 DAS (B) dias após a semeadura.	36
<b>Figura 8.</b> Teste de agrupamentos de médias referente área foliar (AF) do feijoeiro <i>Vigna</i> aos 43 e 65 dias após a semeadura no segundo experimento. Letras minúsculas iguais indicam não haver diferença significativa entre estratégias de manejos da salinidade (Scott-Knott, $p < 0,05$ ).	36
<b>Figura 9.</b> Figura 9. Teste de médias referente à área foliar (AF) entre os genótipos de feijão <i>Vigna</i> , no segundo experimento aos 43 DAS. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Teste de Tukey, $p < 0,05$ .	37
<b>Figura 10.</b> Teste de médias referente ao diâmetro do caule (DC) entre os genótipos de feijão <i>Vigna</i> aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura. Genótipos	40

com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

- Figura 11.** Teste de médias referente ao comprimento do ramo principal (CRP) entre os genótipos de feijoeiro *Vigna*, em análise aos 15, 30 e 45 DAS. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Teste de Tukey,  $p < 0,05$ . 43
- Figura 12.** Teste de médias referente à condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), eficiência instantânea do uso da água, concentração interna de carbono (Ci) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) em função dos genótipos de feijão *Vigna* aos 60 dias após a semeadura no primeiro experimento. Letras minúsculas iguais indicam não haver diferença significativa entre os genótipos de feijoeiro (Tukey,  $p < 0,05$ ). 51
- Figura 13.** Teste de médias para a fluorescência inicial (Fo) aos 60 DAS no primeiro experimento (A) e fluorescência inicial aos 65 DAS no segundo experimento (B) em função dos genótipos de feijão *Vigna*. Letras minúsculas iguais indicam não haver diferença significativa entre os genótipos de feijoeiro (Tukey,  $p < 0,05$ ). 59
- Figura 14.** Teste de agrupamento de médias para a fluorescência antes do pulso de saturação (Fs) (A) e fluorescência após adaptação à luz saturada (Fms) (B) aos 43 DAS, no experimento II; taxa de transporte de elétrons (ETR) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) aos 45 e 60 DAS (C e E), no Experimento I e, no segundo aos 43 DAS (D e F), respectivamente; e eficiência quântica do fotossistema II aos 45 DAS no primeiro experimento (G) e, aos 43 DAS segundo experimento (H). Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott ( $P < 0,05$ ). 63
- Figura 15.** Teste de médias referente à fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo') (A e B) e o rendimento quântico de dissipação regulada (Y<sub>npq</sub>) (C e D), do feijoeiro *Vigna* aos 45 e 60 DAS no primeiro experimento, e aos 43, 65 DAS no segundo experimento. Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott ( $P < 0,05$ ). 66

- Figura 16.** Teste de médias referente fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fms) (A) e à fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo') (B) do feijoeiro *Vigna* aos 43 DAS no segundo experimento. Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). 67
- Figura 17.** Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para fitomassa seca da parte aérea em g (FSPA), aos 45 DAS (A) e 60 DAS (B) do experimento I. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ . 69
- Figura 18.** Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para fitomassa seca da parte aérea em g (FSPA), aos 45 DAS (A) e 60 DAS (B) do experimento I. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ . 70
- Figura 19.** Teste de agrupamento de médias para fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em função das estratégias de manejo (A) e genótipos de feijão *Vigna* (B) aos 65 DAS do experimento II. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ). Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Teste de Tukey,  $p < 0,05$ . 71
- Figura 20.** Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para o comprimento das vagens - CVA no primeiro experimento. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ . 73



- Figura 21.** Teste de agrupamento para o comprimento das vagens - CV em função das estratégias de manejo da salinidade (A) e genótipos de feijão *Vigna* (B) do segundo experimento. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ . 74
- Figura 22.** Figura 21. Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para o número médio de vagens (NMV) do primeiro experimento (A e B) e do segundo experimento (C e D). Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ . 75
- Figura 23.** Figura 22. Teste de agrupamento de médias das estratégias de manejo para o índice de grãos (%) do primeiro experimento. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ). 76
- Figura 24.** Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para o índice de grãos (IG) no segundo experimento. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ . 77
- Figura 25.** Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para o número médio de vagens (NMG) no primeiro experimento. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ . 78

**Figura 26.** Teste de agrupamento de médias para o número médio de grãos por vagem – NMG em função das estratégias de manejo da salinidade no segundo experimento. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ).

79

**Figura 27.** Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para a produtividade de grãos secos do primeiro experimento (A e B) e do segundo experimento (C e D). Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

81

## LISTA DE TABELAS

	Pag.
<b>Tabela 1.</b> Estratégias de manejo de aplicação de água salina nas fases fenológicas de feijão <i>Vigna</i> .	21
<b>Tabela 2.</b> Estratégias de manejo da salinidade em diferentes estádios fenológicos do feijoeiro <i>Vigna</i> estudados no segundo experimento.	22
<b>Tabela 3.</b> Tabela 3. Atributos químicos dos solos utilizados no experimento I e II	23
<b>Tabela 4.</b> Resumo das análises de variância para o número de folhas (NF) em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e genótipos de feijoeiro <i>Vigna</i> aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura nos experimentos I e II.	31
<b>Tabela 5.</b> Teste de médias referente ao número de folhas (NF) do feijoeiro <i>Vigna</i> aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura nos experimentos I e II.	33
<b>Tabela 6.</b> Resumo da análise de variância para a área foliar (AF) em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e genótipos de feijoeiro <i>Vigna</i> , no Experimento I aos 45 e 60 dias após a semeadura e aos 43 e 65 DAS no Experimento II.	35
<b>Tabela 7.</b> Resumo das análises de variância para o diâmetro caulinar (DC) em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e genótipos de feijoeiro <i>Vigna</i> aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura nos experimentos I e II.	38
<b>Tabela 8.</b> Teste de agrupamentos de médias referente ao diâmetro de caule (DC) do feijoeiro <i>Vigna</i> aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura nos experimentos I e II.	39
<b>Tabela 9.</b> Resumo das análises de variância para o comprimento do ramo principal em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e genótipos de feijoeiro <i>Vigna</i> aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura nos experimentos I e II.	41
<b>Tabela 10.</b> Teste de médias referente ao comprimento do ramo principal (CRP) do feijoeiro <i>Vigna</i> aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura nos experimentos I e II.	42

<b>Tabela 11.</b>	Teste de médias referente à altura de plantas do feijoeiro <i>Vigna</i> , sobre a interação entre as diferentes estratégias de manejo de salinidade e os genótipos de feijoeiro no experimento II aos 60 dias após a semeadura.	44
<b>Tabela 12.</b>	Resumo da análise de variância para condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), taxa de assimilação de $CO_2$ ( $A$ ), eficiência instantânea no uso da água (EiUA), concentração interna de $CO_2$ e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) ( $A/C_i$ ) em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e os genótipos de feijão <i>Vigna</i> aos 45 e 60 DAS no primeiro experimento, e aos 43 e 65 DAS no segundo experimento.	45
<b>Tabela 13.</b>	Teste de médias referente à condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), taxa de assimilação de $CO_2$ ( $A$ ), eficiência instantânea do uso da água (EiUA), concentração interna de carbono ( $C_i$ ) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) do feijoeiro <i>Vigna</i> aos 60 dias após a semeadura no Experimento I.	46
<b>Tabela 14.</b>	Teste de médias referente à condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), taxa de assimilação de $CO_2$ ( $A$ ), eficiência instantânea do uso da água, concentração interna de carbono ( $C_i$ ) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) do feijoeiro <i>Vigna</i> aos 42 e 65 dias após a semeadura no experimento II.	49
<b>Tabela 15.</b>	Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), taxa de assimilação de $CO_2$ ( $A$ ) e eficiência instantânea da carboxilação aos 60 DAS no Experimento I.	53
<b>Tabela 16.</b>	Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para a taxa de assimilação de $CO_2$ ( $A$ ), eficiência instantânea do uso da água (EiUA) e eficiência instantânea da carboxilação aos 65 DAS no Experimento II.	55
<b>Tabela 17.</b>	Resumo dos valores da análise de variância para fluorescência inicial ( $F_o$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ) e eficiência quântica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e os genótipos de feijão <i>Vigna</i> aos	57

45 e 60 DAS no primeiro experimento, e aos 43 e 65 DAS no segundo experimento.

- Tabela 18.** Teste de agrupamentos de médias referente as estratégias de manejo da salinidade para a fluorescência inicial ( $F_o$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ) e eficiência quântica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), no Experimento II aos 43 e 65 DAS. 58
- Tabela 19.** Resumo da análise de variância referente a fluorescência inicial antes do pulso de saturação ( $F_s$ ), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante ( $F_{ms}$ ), eficiência quântica do fotossistema II (YII), taxa de transporte de elétrons (ETR) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e genótipos de feijão *Vigna* aos 45 e 60 DAS no primeiro experimento, e aos 43, 65 DAS no segundo experimento. 60
- Tabela 20.** Resumo da análise de variância referente ao protocolo Yield para a fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado ( $F_o'$ ); O coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake ( $q_L$ ); o rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (YNPQ), e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (YNO), em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e os genótipos de feijão *Vigna* aos 45 e 60 DAS no primeiro experimento, e aos 43, 65 DAS no segundo experimento. 65
- Tabela 21.** Resumo da análise de variância para a fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e genótipos de feijão *Vigna* aos 45 e 60 DAS no primeiro experimento, e aos 43 e 65 DAS no segundo experimento. 68
- Tabela 22.** Resumo da análise de variância para o comprimento de vagem (CVA), número médio de vagens (NMV), índice de grãos (IG), número médio de grãos (NMG) e produção (PROD) em função das estratégias de manejo da salinidade e dos genótipos de feijoeiro *Vigna* no primeiro e segundo ciclo de produção. 72
- Tabela 23.** Classificação de genótipos de feijão *Vigna* quanto à tolerância à salinidade mediante o critério de redução relativa produção das plantas, em análise conjunta, dos Experimentos I e II 82



## Sumário

RESUMO .....	9
ABSTRACT - .....	iv
1. INTRODUÇÃO .....	9
2. OBJETIVOS .....	11
2.1. Objetivo geral .....	11
2.2. Objetivos específicos .....	11
3. REEFERENCIAL TEÓRICO .....	12
3.1. Água no semiárido .....	12
3.2. Características gerais do feijão <i>Vigna</i> .....	13
3.3. Qualidade da água na irrigação .....	14
3.6. Estratégias de manejo da salinidade .....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
4.1. Localização .....	20
4.2. Dados meteorológicos .....	20
4.3. Experimento I .....	21
4.4. Experimento II .....	22
4.5. Preparo da área e instalação dos experimentos I e II .....	24
4.5.1. Gradagem e coleta da amostra de solo .....	24
4.5.2. Adubação .....	25
4.5.3. Semeadura e tratos culturais .....	26
4.5.4. Manejo de irrigação .....	27
4.6. Variáveis analisadas .....	28
4.6.1. Avaliações de crescimento .....	28
4.6.2. Variáveis fisiológicas .....	28
4.6.3. Fitomassa .....	30
4.6.4. Componentes de produção .....	30
4.7. Classificação dos genótipos quanto a tolerância à salinidade .....	31
4.8. Análise estatística .....	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.1. Variáveis de crescimento .....	i
5.1.1. Número de Folhas .....	31
5.1.2. Área Foliar .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.1.3. Diâmetro Caulinar .....	37
5.1.4. Parâmetros Fisiológicos .....	44
5.1.5. Fitomassas .....	66
5.1.6. Componentes de Produção .....	71
6. CONCLUSÕES .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão *Vigna* possui grande importância socioeconômica e alimentar, notadamente no Semiárido brasileiro, por seu valor nutritivo, sua adaptação climática e potencial produtivo, tanto para agricultura familiar, quanto para o setor empresarial (NASCIMENTO et al., 2011). Pela preferência da população, é considerado uma das principais fontes de proteínas e vitaminas hidrossolúveis, como riboflavina, piridoxina e ácido fólico, além de minerais como ferro, zinco, potássio e fósforo (FREIRE FILHO et al., 2011). A produção total de feijão *Vigna* no Brasil na safra 2019/20, foi de 545 mil toneladas, representando incremento de 12,4% em comparação a 2018/19. No estado da Paraíba, em 2020, foram estimadas uma área de plantio com feijão *Vigna* de 76,5 mil ha, 8% a mais que na safra passada (CONAB, 2020).

Esse rendimento é considerado baixo, pois o potencial produtivo da espécie pode chegar a 3000 kg ha<sup>-1</sup>, dependendo da cultivar e de tecnologias adequadas (SALGADO et al., 2011). Tal fato pode estar associado às características agroclimáticas do Semiárido brasileiro, com chuvas irregulares e mal distribuídas, além de altas taxas de evapotranspiração potencial (média de 2.500 mm ano<sup>-1</sup>), gerando elevados períodos de déficit hídrico, limitando os cultivos agrícolas de sequeiro na região (MONTENEGRO e MONTENEGRO, 2012). Em tais condições, o uso de irrigação é uma necessidade, por garantir êxito dos cultivos e rendimentos satisfatórios das colheitas; entretanto, as águas disponíveis para a prática da irrigação em muitas áreas da região, principalmente em pequenas propriedades agrícolas, contêm teores relativamente elevados de sais.

A salinidade da água de irrigação pode ocasionar limitações no crescimento e na produção das plantas, devido à redução do potencial osmótico na solução do solo, podendo, também, ocasionar efeitos iônicos, como toxicidade e desequilíbrio nutricional (AREF e RAD, 2012; MGUIS et al., 2012). Águas salinas podem ser utilizadas na irrigação de culturas em fase(s) do desenvolvimento em que seja menor o seu efeito na redução da produção (ASHRAF e HARRIS, 2004), dependendo do grau de tolerância do genótipo à salinidade e de práticas de manejo da irrigação, que diminuam os danos ambientais (impactos negativos ao solo) e danos às plantas (JIANG et al., 2012; ALMEIDA e COSTA, 2014; LIMA et al., 2015; SOARES et al., 2020).

Mesmo sendo o feijão *Vigna* considerado moderadamente tolerante à salinidade, podem existir variações genéticas quanto à tolerância ao estresse salino (AYERS e WESTCOT, 1999; PRAXEDES, 2008). A sobrevivência das plantas, em tais condições, dependerá, em grande parte, da regulação de genes responsivos ao estresse, isto é, da ativação de mecanismos



epigenéticos durante o desenvolvimento dos indivíduos, em resposta a estímulos ambientais, sem que ocorram alterações na sequência de DNA dos indivíduos (LUKENS e ZHAN, 2007; TAN, 2010). Tais informações representam a memória transcricional, podendo ser desencadeada no genoma em qualquer fase de desenvolvimento da planta (ZHANG e HSIEH, 2013). Ou seja, se os parentais forem expostos a variações ambientais, quando o indivíduo descendente for submetido, diretamente, a fatores de mesma natureza, pode ocorrer ativação de determinados genes e, conseqüentemente, variação dos efeitos do estresse sobre a nova geração descendente (BLOEDNER et al., 2007).

Nesse sentido, Soares (2020), ao estudar os efeitos do estresse salino em genótipos de algodoeiro de fibra colorida, repetindo os estudos em um segundo ciclo, com plantas oriundas de sementes formadas sob alta salinidade no primeiro ciclo, verificou diferenças na tolerância ao estresse salino, entre genótipos, no segundo ciclo de cultivo, com aumento em produção de capulhos, qualidade da fibra e teor de óleo; possivelmente, por terem sido as sementes formadas sob alta salinidade, ocorreu expressão de genes (antes silenciados) que permaneceram ativos nos novos indivíduos do segundo ciclo, resultando em melhoria na tolerância ao estresse salino.

É importante a adoção de estratégias agronômicas para a produção em solos salinos, ou em locais onde estejam disponíveis águas com maiores teores de sais (LAUCHLI e EPSTEIN, 1990; SUBBARAO e JOHANSEN, 1999). Os valores referenciais da tolerância à salinidade, em cada fase de desenvolvimento e a recuperação das plantas nas fases fenológicas seguintes à fase em que ocorreu estresse salino, bem como, os reflexos do efeito cumulativo do estresse salino na variação e herança epigenética, em ciclos sucessivos de cultivo, também precisam ser convenientemente pesquisados.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar, em dois ciclos consecutivos de cultivo, a tolerância de dois genótipos de feijão *Vigna* ao estresse salino aplicado em diferentes fases fenológicas, analisando a existência de regulações epigenéticas na segunda geração das plantas.

Avaliar, em dois ciclos consecutivos de cultivo, as respostas fisiológicas, biométricas e produtivas de dois genótipos de feijão *Vigna* ao estresse salino aplicado em diferentes fases fenológicas, buscando-se identificar incremento na tolerância à salinidade decorrente de possíveis alterações epigenéticas na segunda geração das plantas.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Registrar as alterações no crescimento, na fisiologia e na produção ocasionadas às plantas de feijão *Vigna* pelo estresse salino em diferentes fases fenológicas, em dois ciclos de cultivo;
- Definir a fase fenológica da planta em que os genótipos de feijoeiro são mais tolerantes ao estresse salino, viabilizando a utilização de água com condutividade elétrica mais alta;
- Estudar o grau de recuperação das plantas de cada genótipo, na fase fenológica seguinte, após o período de estresse na fase anterior;
- Avaliar a existência de regulações epigenéticas na segunda geração dos genótipos de feijão *Vigna* submetidos ao estresse salino, por meio de características morfofisiológicas e de produção.

### **3. REEFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. Água no semiárido**

As regiões semiáridas são caracterizadas por escassez de água, com distribuição de chuvas irregulares, resultando em longos períodos de estiagem. É também nessas regiões onde ocorrem fluxos elevados de evapotranspiração, acentuando os efeitos do déficit hídrico nos períodos sem chuvas (GHEYI et al., 2012).

O Brasil está incluído entre os países com maior reserva de água doce, porém, devido a sua grande extensão territorial, apresenta elevada heterogeneidade em relação às suas características demográficas, climáticas e sociais. A Região Norte, a menos populosa do país, possui praticamente 70% dos recursos hídricos disponíveis no Brasil. Já as outras regiões, que englobam a maior parte da população brasileira apresentam 15% no Centro-Oeste 12% no Sudeste e Sul e apenas 3% na Região Nordeste (GONDIM, 2001).

Ressalta-se que em regiões áridas e semiáridas a disponibilidade hídrica se torna fator limitante para o desenvolvimento da agricultura. Nesse panorama, a agricultura irrigada surge como alternativa para a sustentabilidade econômica da atividade agrícola. No Nordeste Brasileiro são irrigados, aproximadamente, 1.216.061 hectares (ANA, 2017). Tal fato está relacionado ao regime pluviométrico anual irregular e escasso (400-900 mm), aliado à forte evaporação causada pelos altos níveis de radiação, o que acarreta deficiência hídrica para as plantas.

Ressalte-se que, entre os tipos de uso que possuem maior demanda hídrica, tem-se a irrigação como maior contribuinte, com vazão retirada de  $950 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , equivalente a 46,2% do total consumido; desse total, apenas 67,2% são realmente consumidos, equivalentes a  $726 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (ANA, 2017). Na irrigação um grande problema é o baixo índice de eficiência do sistema, devido a diversos fatores técnicos, climatológicos, de manejo do solo e dos cultivos, além de perdas por evaporação e lixiviação. Assim, deve-se pensar em maximizar a eficiência de utilização de água (VADEZ et al., 2012) e aumentar o seu rendimento, pois num cenário de maior pressão por águas de boa qualidade, o setor a ser mais prejudicado pela escassez hídrica, em quantidade e qualidade, será o agrícola (BRITO, GOMES, LUDWIG, 2012).

As condições que predominam no semiárido do Brasil podem dificultar a vida humana, exigindo maior empenho e racionalidade na gestão dos seus recursos naturais. Um dos maiores desafios a serem enfrentados consiste em minimizar os efeitos da escassez da água (sazonal ou não) e da poluição dos rios e dos mananciais, bem como, evitar o consumo irresponsável e sem

fundamentação sustentável no desenvolvimento econômico (TAVARES, 2009). Ressalte-se que em regiões áridas e semiáridas em que a disponibilidade hídrica se torna fator limitante para o desenvolvimento da agricultura, o uso de irrigação surge como alternativa para a sustentabilidade econômica da atividade agrícola.

### **3.2. Características gerais do feijão *Vigna***

O feijão *Vigna* é originário da África e foi domesticado em regiões semiáridas daquele continente, onde se encontram as áreas de maior produção. A cultura se desenvolve em ampla faixa geográfica, deste a latitude 40° N até 30° S, adaptando-se tanto em terras altas como baixas, no oeste da África, na Ásia, América Latina e na América do Norte (MACHADO et al., 2008; FREIRE FILHO et al., 2011).

Além disso, possui diversas denominações, as quais variam em cada Estado ou Região, como por exemplo: feijão miúdo na Região Sul, feijão de praia, feijão da colônia, feijão de estrada e manteiguinha na Região Norte, assim como, feijão de corda, feijão macassar e feijão macaça no Nordeste (RIBEIRO et al., 2013).

O feijão *Vigna* é uma planta herbácea, anual, de estações quentes, com adequação em condições de temperatura mínima de 18 °C para se desenvolver bem, mas com crescimento ótimo à temperatura de 28 °C. A estrutura da planta madura varia dependendo do genótipo, de temperatura durante o crescimento e de fotoperíodo em que a planta cresce. O porte da planta se distribui em tipo ereto, semiereto, semiprostrado e prostrado, enquanto o hábito de crescimento é indeterminado. Todavia, em algumas das novas variedades com maturação precoce, o fenótipo é de crescimento determinado (FREIRE FILHO, 2011).

As primeiras duas folhas verdadeiras são opostas, sésseis e inteiras, ao passo que as folhas restantes são alternadas, pecioladas e trifolioladas (TIMKO et al., 2007). O caule produz um número limitado de nós e para de crescer quando emite uma inflorescência; o tipo indeterminado possui gemas apicais que não se diferenciam em inflorescências e a planta continua a produzir novos ramos secundários e flores por um período mais longo, sendo que as flores partem das axilas (DONÇA et al, 2012). O sistema radicular é formado por uma raiz principal, pivoltante, com ramificações laterais, que podem atingir mais de 2 m de profundidade, sendo essa, provavelmente, a razão da notável resistência do feijão *Vigna* à seca (TIMKO et al., 2007). A planta é rústica, ciclo curto, com diferenças entre genótipos, sendo encontrados materiais genéticos com floração precoce, produção de vagens secas em até 60 dias, ao passo que outros genótipos têm floração tardia, podendo requerer mais de 90 dias para a colheita, dependendo ainda do fotoperíodo (MEENA et al., 2015). A fenologia de *V.*

*unguiculata* é relativamente bem estudada, mundialmente, entretanto em relação às suas fases de desenvolvimento fenológico há poucas informações disponíveis (MOURA et al., 2012). De acordo com a classificação de Campos (2000) (Figura 1), as fases fenológicas do feijão *Vigna* são divididos em duas fases: vegetativa e reprodutiva, abaixo descritas:

Fase Vegetativa: V0 - Semeadura; V1 - Os cotilédones encontram-se emergidos na superfície do solo; V2 - As folhas unifoliadas encontram-se completamente abertas, suas duas margens estão completamente separadas; V3 - A primeira folha trifoliada está com os folíolos separados e completamente abertos; V4 - Na segunda folha trifoliada, os folíolos estão separados e completamente abertos; V5 - A terceira folha trifoliada tem os folíolos separados e completamente abertos; V6 - Os primórdios do ramo secundário surgem na axila das folhas unifoliadas e podem, também, ser observados na axila das primeiras folhas trifoliadas; V7 - A primeira folha do ramo secundário se encontra completamente aberta; V8 - A segunda folha do ramo secundário está completamente aberta; V9 - A terceira folha do ramo secundário se encontra completamente aberta.

Fase reprodutiva: R1 - Surgem os primórdios do primeiro botão floral no ramo principal; R2 - Antese da primeira flor, geralmente oriunda do primeiro botão floral; R3 - Início da maturidade da primeira vagem, geralmente oriunda da primeira flor. Esse estágio é caracterizado pelo início de mudança da coloração das vagens devido ao início de sua secagem; R4 - Maturidade de 50% das vagens; R5 - Maturidade de 90% das vagens.

A produtividade do feijão *Vigna* no Nordeste brasileiro é considerada baixa, já que o potencial produtivo pode chegar a 3000 kg ha<sup>-1</sup>, dependendo da cultivar (SALGADO et al., 2011). Tal fato pode ser reflexo do baixo nível tecnológico usado pelos agricultores da região, sendo, ainda, um dos principais entraves para se alcançar uma produção satisfatória (FREIRE FILHO, 2011). Salienta-se, ainda, que o feijão *Vigna* vem passando por diversas transformações, tanto no setor produtivo, quanto na expansão do cultivo para outras regiões para fins comerciais, decorrente do início de processamento industrial e entrada do produto em novos mercados do país e do exterior, o que tem tornado o seu cultivo cada vez mais empresarial (FREIRE FILHO, 2011).

### **3.3. Qualidade da água de irrigação**

As águas utilizadas para irrigação geralmente são de origem superficial ou subterrânea, Em regiões semiáridas e áridas, devido a fatores edafoclimáticos, ocorre escassez de recursos

hídricos limitando a disponibilidade de água, tornando-se imprescindível o emprego de outras fontes hídricas disponíveis, como as águas residuárias de procedência urbana e as águas salobras de origem subterrânea (ALMEIDA, 2010; SILVA et al. 2011). Em estudos realizados por Medeiros (1992), avaliando a qualidade da água de mananciais da região semiárida do Nordeste brasileiro, foi observada a proporção 7:2:1 entre os cátions sódio, cálcio e magnésio, respectivamente, a que melhor explica a concentração de cátions presente nas águas da região.

De acordo com Almeida (2010), a qualidade da água se define em função de três critérios básicos: salinidade em sentido restrito, sodicidade e toxicidade. Sendo a água o principal insumo necessário para a agricultura, é importante destacar que seu uso de forma racional e qualitativa na irrigação, promove o incremento da produtividade, ponto essencial para a sociedade (VASCONSELOS et al., 2009).

Vale salientar que a avaliação da qualidade da água para fins de irrigação é baseada em três fatores: salinidade, avaliada por meio da condutividade elétrica da água; sodicidade, caracterizada pela relação de adsorção de sódio - RAS e pelo grau de toxicidade, determinado por meio da avaliação da concentração de íons que causem toxidez nas plantas, com destaque para sódio, cloro e boro (HOLANDA et al., 2016).

### **3.4. Efeito dos sais no solo e na planta**

O aumento da salinidade em solos agrícolas vem sendo ocasionado, principalmente, por irrigações ineficientes e falta de sistemas de drenagem, principalmente em regiões semiáridas, onde a evaporação é superior à pluviosidade, ocasionando o acúmulo desses sais solúveis e/ou sódio trocável na superfície dos solos. O acúmulo excessivo de sais promove alterações na estrutura, diminuição da permeabilidade, condutividade hidráulica e da aeração do solo, além de causar acréscimo dos teores de carbonato e bicarbonato, aumentando com isso a sua alcalinidade (MEDEIROS et al., 2003; BARROS et al., 2004; SILVA et al., 2011).

As principais consequências deletérias do estresse salino nas plantas estão associadas ao efeito osmótico, com redução da absorção de água pelas plantas, ao efeito tóxico de íons específicos, como os íons de  $\text{Na}^+$   $\text{Cl}^-$  e ao efeito de natureza nutricional, que interfere na absorção de outros elementos essenciais (OLIVEIRA et al., 2013; SÁ et al., 2013). Como consequência imediata desse déficit hídrico, induzido pela salinidade, o crescimento das plantas se torna mais lento; em adição, os sais também podem ser absorvidos no fluxo transpiratório e atingir níveis tóxicos dentro das plantas, normalmente provocados pelos íons cloreto, sódio e boro (AYERS e WESTCOT, 1999).

O efeito dos sais sobre a estrutura do solo ocorre, basicamente, pela interação eletroquímica existente entre os cátions em excesso e a argila, devido aos processos de contração e expansão de suas micelas (DIAS e BLANCO, 2010; SANTOS et al., 2016). A dispersão das argilas acarreta problemas de permeabilidade por obstruírem os poros do solo; assim, qualquer excesso de água causará encharcamento na superfície do solo e falta de aeração, impedindo a germinação de sementes e o crescimento das raízes. Os efeitos sobre a porosidade de solo refletem-se nos seus parâmetros físico-hídricos, acarretando diminuição da condutividade hidráulica e de infiltração da água no solo (DIAS e BLANCO, 2010). A ação da salinidade sobre o solo pode ir além de uma simples diminuição no potencial hídrico, pois pode também atingir a fertilidade do solo, modificando a solubilidade e disponibilidade de certos nutrientes, com reflexos na nutrição e toxicidade de íons para as plantas (MEDEIROS et al., 2016).

Nas plantas os sais exercem efeitos complexos, como efeitos osmóticos, reflexos sobre as relações hídricas, efeitos por toxicidade específica dos íons, desequilíbrios nutricionais e balanço de energia (CAVALCANTE et al., 2010; ALVES et al., 2011). Concentrações excessivas de sais na solução do solo diminuem a energia livre da água, reduzindo sua absorção pelas plantas, denominando-se efeito osmótico. Nas células vegetais há uma membrana de permeabilidade seletiva que permite a passagem de água, mas seleciona a passagem de sais; quanto maior a condutividade elétrica da solução do solo, mais difícil será a absorção da água (BARROS JUNIOR et al., 2008).

Em condições salinas, verifica-se redução do potencial osmótico das células, sem redução de volume, o que é denominado de ajustamento osmótico, ficando a plasmólise restrita a condições de severa salinidade ou quando a raiz é submetida a um choque osmótico (SANTOS et al., 2016). A redução no potencial hídrico dos tecidos, causada pelo excesso de sais, provoca restrições no crescimento, pois as taxas de alongação e de divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular ocasionando injúrias semelhantes aos do estresse hídrico, com plantas atrofiadas, desidratadas, com consequente morte celular (ASHRAF e HARRIS, 2004).

Esse aumento da pressão osmótica, provocado pela salinidade, poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção para superá-la e, conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo de um solo aparentemente úmido. Dependendo do grau de salinidade, a planta em vez de absorver, poderá até perder a água que se encontra em suas células (MEDEIROS, 1992; PARIDA e DAS, 2005).

Os processos mais diretamente associados com a toxicidade iônica são a senescência e a morte celular, ambas induzidas por salinidade. Esses dois processos são complexos e interligados e são respostas comuns das plantas a estresses abióticos (SILVEIRA et al., 2010). Os efeitos causados pelos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , predominantes em ambientes salinos, estão associados a distúrbios no balanço iônico ( $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{+2}$  em relação ao  $\text{Na}^+$ ) e à absorção desbalanceada de elementos essenciais (MEDEIROS e GHEYI, 1997), bem como à ação específica desses íons sobre o funcionamento de enzimas e membranas (FLORES, 1990).

### **3.5.1. Estresse salino em feijão *Vigna***

A cultura de feijão *Vigna*, apesar de ter uma boa rusticidade, tem seu potencial produtivo reduzido quando submetida a fatores estressantes de origem biótica e abiótica. No semiárido nordestino, a escassez hídrica associada à elevada quantidade de sais presentes nas águas disponíveis da região, limitam a produção da cultura. O feijão *Vigna* é considerado moderadamente tolerante à salinidade, tolerando água salina com condutividade elétrica de até  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  e salinidade limiar do solo (CEes) em torno de  $4,9 \text{ dS m}^{-1}$  (AYERS e WESTCOT, 1999). Ainda assim, resultados de pesquisas apontam o comprometimento dos parâmetros morfofisiológicos e de rendimento da cultura, em função da condutividade elétrica até  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  (HADI et al., 2012; CALVET, et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015).

Diversos estudos apontam que o estresse salino tem efeito em processos fisiológicos das plantas de feijão *Vigna* (ALMEIDA et al., 2011; SILVA et al., 2013; SOARES et al., 2013; FURTADO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2015), com reduções significativas no crescimento, potencial osmótico foliar, condutância estomática e transpiração foliar, com consequente aumento na temperatura da folha (ALVES et al., 2011; COELHO et al., 2013; PRAZERES et al., 2015).

Dentre as estratégias que podem ser utilizadas para reduzir os impactos negativos causados pelo auto teor de sais da água de irrigação, podemos citar, dentre outras: a mistura da água salina com outra de baixa condutividade elétrica; espécies mais tolerantes a salinidade (SILVA et al., 2014; LACERDA et al., 2009). O uso alternado dessas águas ao longo do ciclo da cultura, variando as fases fenológicas da cultura, possibilita um menor acúmulo de sais no solo, consequentemente menores danos provocados a cultura e ao solo (TERCEIRO NETO et al., 2013).

Silva (2020), observaram reduções nas trocas gasosas e no crescimento de plantas de feijão *Vigna* quando submetidas a aplicação de águas salinas nas fases fenológicas vegetativa e



de floração. Ao avaliarem o efeito da salinidade em função da aplicação crescente dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação em feijão *Vigna*, Oliveira et al. (2018), ao avaliarem o efeito da salinidade em função da aplicação crescente dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação em feijão *Vigna*, observaram reduções na fluorescência da clorofila e nos pigmentos fotossintéticos. Em trabalho desenvolvido por Furtado et al. (2014), foram observados efeitos negativos na fase de floração do feijoeiro *Vigna*, com retardo da floração e elevação da taxa de abortamento de flores, refletindo-se diretamente no rendimento final da cultura. Outros autores apontam alterações ocasionadas pelo estresse salino em processos de crescimento, fisiológicos e produção do feijão *Vigna* (ALMEIDA et al., 2011; SILVA et al., 2013; FURTADO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2015).

### **3.6. Estratégias de manejo da salinidade**

Várias alternativas de manejo vêm sendo utilizadas buscando minimizar os efeitos causados pelo excesso de sais nas plantas, dentre elas, a mistura de águas com diferentes condutividades elétricas, espécies tolerantes a salinidade, uso cíclico da água, dentre outras (SILVA et al., 2014; LACERDA et al., 2009). Mesmo com a utilização de águas com teores de sais elevados, o emprego de práticas adequadas de manejo de água salina pode proporcionar melhores desempenhos das culturas.

A aplicação de água salina variando os estágios fenológicos das plantas é uma alternativa eficiente em cultivos sob condições de salinidade (TERCEIRO NETO et al., 2014). Lima et al. (2020), ao estudarem a aplicação de água salina em dois genótipos de gergelim, variando os estádios fenológicos, observaram não ser comprometida a produção, quando as plantas foram irrigadas com água de 2,7 dS m<sup>-1</sup> nas fases vegetativa, de floração e de frutificação. Em estudo sobre estratégias de manejo da salinidade na cultura da melancia cv. Sugar Baby, Silva et al. (2019) registraram redução do tamanho dos frutos quando o estresse salino ocorreu na fase vegetativa da cultura, indicativo de maior sensibilidade da cultivar. Em tomateiro, Guedes et al. (2015) avaliaram os componentes de produção da cultivar cereja Carolina, variando as estratégias de manejo da água salina, e concluíram ser viável o uso de misturas de água de baixa e alta condutividade elétrica, com garantia de rendimentos satisfatórios.

Soares et al. (2018), ao trabalharem com estratégias de manejo de água salina em genótipos de algodoeiros, variando as fases fenológicas da cultura, verificaram menores perdas em crescimento, acúmulo de fitomassa e na qualidade de fibra com uso de irrigação com água

salina nas fases vegetativa e de floração. Em mamoneira, Costa et al. (2013) avaliaram estratégias de manejo de água salina, com diferentes níveis de condutividade elétrica e verificaram que ao iniciar o estresse salino, aos 45 DAS, não foram afetadas as variáveis de crescimento e produção, além de serem minimizados os efeitos desfavoráveis da salinidade e da sodicidade do solo ao final do cultivo.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada entre agosto de 2018 e dezembro de 2019, sendo desenvolvidos dois experimentos. No primeiro, foi analisado o uso de água com alta salinidade, em alternância com água de baixa concentração de sais, variando as fases do ciclo fenológico do feijoeiro *Vigna*. Com as sementes formadas em plantas cultivadas sob condições de alta e baixa salinidade no primeiro ciclo, foi realizado um segundo experimento, para se avaliar a influência da salinidade em que foram formadas as sementes, sobre as plantas de um novo ciclo, com variações das fases fenológicas em que foram aplicadas as águas contendo concentrações diferentes de sais.

### 4.1. Localização

Os experimentos foram conduzidos em condições de campo, na Fazenda Experimental “Rolando Enrique Rivas Castellón” pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA, da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizada no município de São Domingos, PB (06°48'50" de latitude S e 37°56'31" de longitude W), com precipitação média anual de 700 mm e altitude de 190 m. A região, segundo Köppen, possui clima do tipo BSh (semiárido quente) (Figura 1).



Figura 1. Mapa de localização do município de São Domingos – PB.

Fonte: google.com

### 4.2. Dados meteorológicos

Durante o período experimental, foi realizado o monitoramento da temperatura e pluviosidade nos dois ciclos de cultivos, com dados foram obtidos na estação meteorológica do INMET, instalada no distrito de São Gonçalo, pertencente ao município de Sousa, PB. Na Figura 2A, estão os dados meteorológicos do experimento I entre 09 de setembro a 09 dezembro de 2018 onde, a temperatura máxima variou entre 30,1 e 37,4

°C e a temperatura mínima oscilou entre 21,9 a 25,6 °C. As médias de temperaturas máxima e mínima foram  $33,6 \pm 1,6$  °C e  $23,8 \pm 0,91$  °C. No segundo experimento, o período de condução foi de 31 de agosto a 01 dezembro de 2019, e a temperatura máxima nesse período variou entre 31 a 37,9 °C, com média de  $34,3 \pm 1,5$  °C. Os valores de temperatura mínima e máxima variaram entre 21 e 25,4 °C, com média de  $23,5 \pm 1,2$  °C (Figura 2B).

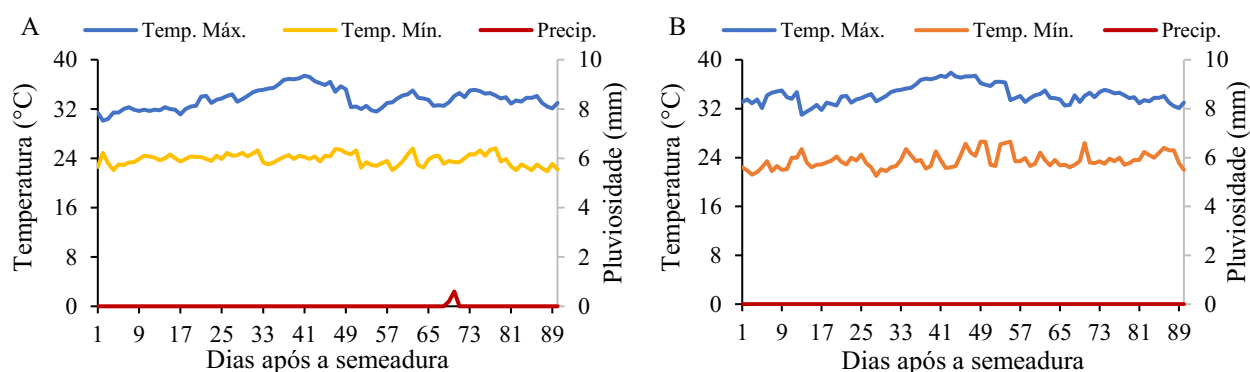


Figura 2. Variações de temperaturas máximas e mínimas e dados de pluviosidade entre os meses de setembro e dezembro de 2018 (A) e agosto a dezembro de 2019 (B). São Domingos, 2020.

Quanto à precipitação pluviométrica, no primeiro experimento (Figura 3A) aos 69 e 70 dias após a semeadura, ocorreram leves chuvas de 0,2 e 0,6 mm, respectivamente. No segundo experimento, não houve chuva durante o período de condução da cultura (Figura 3B).

### 4.3. Experimento I

Foram analisados dois genótipos de feijoeiro *Vigna* (G1- Costela de vaca e G2- BRS Marataoã) submetidos a sete estratégias de manejo da salinidade variando os estádios de desenvolvimento das plantas (Tabela 1). Foram utilizados dois níveis de salinidade da água de irrigação, com baixa ( $CEa = 1,2 \text{ dS m}^{-1}$ ) e alta condutividade elétrica ( $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), acima do nível de salinidade limiar ( $3,3 \text{ dS m}^{-1}$ ), conforme classificação de Ayers e Westcot (1999). Para aplicação do estresse salino nos estádios de desenvolvimento foram adotados os seguintes critérios: fase vegetativa (A) – início do estresse salino quando foi emitida a primeira folha trifoliada, com os folíolos separados e completamente abertos (V3) até o início de formação do primeiro botão floral (R1); floração (B) – emissão do primeiro botão floral no ramo principal (R1) e se estendendo até o enchimento da primeira vagem (R3); formação da produção (C) – estresse salino aplicado a partir do enchimento da primeira

vagem (R3) até a colheita final das vagens do primeiro ciclo de produção. O início de cada fase se deu ao término da anterior.

As sete estratégias de manejo da salinidade estudadas foram: T1-  $A_1B_1C_1$ : plantas irrigadas com baixa condutividade elétrica da água de irrigação de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ , durante todo o ciclo da planta; T2-  $A_2B_1C_1$ : plantas sob estresse salino na fase vegetativa (irrigação com água de  $CEa = 5,0 \text{ dS m}^{-1}$  a partir dos 15 dias após a semeadura (DAS) até o início do estágio R1; T3-  $A_1B_2C_1$ : plantas submetidas a estresse salino na fase de floração (irrigação com água salinizada a partir dos 45 DAS até o início da formação da produção, aos 60 DAS); T4-  $A_1B_1C_2$ : irrigação com água de alta condutividade elétrica a partir dos 60 DAS até o final do ciclo (90 DAS), correspondendo à fase de formação da produção; T5-  $A_2B_1C_2$ : plantas irrigadas com águas salinizadas ( $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) nas fases vegetativa e de formação da produção, recebendo água não salinizada na fase de floração ( $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ ); T6-  $A_2B_2C_1$ : irrigação com água salinizada nas fases vegetativa e de floração; T7-  $A_1B_2C_2$ : plantas sob estresse salino nas fases de floração e formação da produção (Tabela 1).

Tabela 1. Estratégias de manejo de aplicação de água salina nas fases fenológicas de feijão *Vigna*.

Estratégias de Manejo	Vegetativa	Floração	Produção
T1	$A_1$	$B_1$	$C_1$
T2	$A_2$	$B_1$	$C_1$
T3	$A_1$	$B_2$	$C_1$
T4	$A_1$	$B_1$	$C_2$
T5	$A_2$	$B_1$	$C_2$
T6	$A_2$	$B_2$	$C_1$
T7	$A_1$	$B_2$	$C_2$

$A_1, B_1, C_1$ : Baixa salinidade ( $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ );  $A_2, B_2, C_2$ : Alta salinidade ( $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) nas respectivas fases

Combinados os fatores, resultaram em 14 tratamentos distribuídos em quatro blocos, totalizando 56 parcelas experimentais com dimensões de  $9,0 \text{ m}^2$  ( $3,0 \text{ m} \times 3,0 \text{ m}$ ). As sementes foram semeadas em fileiras duplas ( $1,0 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$ ), resultando em 60 plantas por parcela. A área útil da parcela foi de  $1,08 \text{ m}^2$  com um total de 12 plantas úteis.

#### 4.4. Experimento II

Foram avaliados os efeitos do uso de água com alta salinidade, em alternância com água de baixa concentração de sais, em plantas de feijoeiro *Vigna* oriundas de

sementes formadas em condições de baixa e alta salinidade no primeiro ciclo de produção, sendo no segundo ciclo de produção, novamente irrigadas com água salinizada, variando a fase de desenvolvimento, caracterizando-se, portanto, como estresse salino cumulativo entre ciclos. As estratégias de manejo da irrigação resultaram da combinação de fases fenológicas entre os dois ciclos, sendo usada água com alta salinidade, em alternância com água de baixa concentração de sais. Foram identificadas por: A – as plantas oriundas de sementes formadas com água de baixa salinidade ( $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), em todo o ciclo anterior (T1-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>); B – plantas obtidas de sementes formadas no primeiro ciclo com água salinizada ( $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) durante a fase de floração (T3-A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>) e água de boa qualidade nas outras fases; C - plantas oriundas de sementes formadas com água salinizada apenas na frutificação (T4-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>); BC - plantas oriundas de sementes formadas no ciclo anterior com alta salinidade na floração e na formação da produção (T7-A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>) (Tabela 2). Os tratamentos compondo as dez estratégias de irrigação no experimento foram detalhados na Tabela 2.

Tabela 2. Estratégias de manejo da salinidade em diferentes estádios fenológicos do feijoeiro *Vigna*, com sementes originadas do Experimento I e distribuição dos tratamentos no Experimento II.

Origem das sementes no Experimento I	Experimento II	
1. A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	A	SE
	B	SE
3. A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	B	EV
	B	EFL
4. A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	C	SE
	C	EV
	C	EFR
7. A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	BC	SE
	BC	EV
	BC	EFF

Experimento I - A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>: baixa salinidade nas fases vegetativa, floração, frutificação e A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>: alta salinidade nas fases vegetativa, floração, frutificação, respectivamente.

Experimento II: A- sementes oriundas de plantas irrigadas no primeiro experimento com água de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ ; B- sementes de plantas irrigadas no ciclo anterior com água salinizada na floração; C- sementes oriundas de plantas irrigadas com água salinizada na frutificação e BC- sementes produzidas no primeiro experimento sob alta salinidade na floração e formação da produção; SE: baixa salinidade; EV, EFL, EFR, EFF: com salinidade nas fases vegetativa, floração, frutificação e floração/frutificação, respectivamente, no Experimento II.

No segundo experimento, a fase vegetativa correspondeu ao início do estresse salino quando surgiu a primeira folha trifoliada, estando os folíolos separados e completamente abertos até o início da R1, o que aconteceu no período entre 15 e 43 DAS; a fase de floração foi referente à irrigação com alta CEa, iniciando-se com os primórdios do primeiro botão floral no ramo principal e se estendendo até o enchimento da primeira vagem, duração entre 43 e 65 DAS; formação da produção: estresse salino aplicado a partir do enchimento da primeira vagem (R3) até a colheita final das vagens do ciclo de produção, período entre 65 e 90 DAS. O início de cada fase se deu ao término da anterior.

Combinados os fatores, resultaram em 20 tratamentos distribuídos em quatro blocos, totalizando 80 parcelas experimentais com dimensões de 9,0 m<sup>2</sup> (3,0 m x 3,0 m). As plantas foram semeadas usando o espaçamento de fileiras duplas (1,0 m x 0,3 m x 0,3 m), resultando em 60 plantas por parcela. A área útil era de 1,08 m<sup>2</sup> com um total de 12 plantas úteis.

#### 4.5. Preparo da área e instalação dos experimentos I e II

##### 4.5.1. Gradagem e coleta da amostra de solo

O preparo do solo iniciou-se com uma gradagem, para destorroamento e nivelamento do de sua superfície, seguido da coletada duas amostras, antes dos dois ciclos de cultivos (Figura 3A), na profundidade de 0 a 30 cm, formando uma amostra homogênea de 500 gramas de solo (Figura 3B), sendo encaminhada ao Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS CTRN/UFCG, para determinação das características químicas, conforme metodologia proposta por Teixeira et al. (2017); os resultados estão na Tabela 3. Vale ressaltar que os experimentos foram conduzidos em áreas distintas, sendo realizados os mesmos manejos nas áreas.

Tabela 3. Atributos químicos dos solos utilizados no experimento I e II.

Experimento I											
pH (H <sub>2</sub> O)	C.E.	M.O.	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	PST
1:2,5	dS/m	g/kg	-----g/dm <sup>3</sup> -----			-----cmolc/dm <sup>3</sup> -----					%
6,4	0,08	2,05	39,79	0,363	0,14	9,9	2,7	0	0,66	13,59	2,41
Experimento II											
pH (H <sub>2</sub> O)	C.E.	M.O.	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	PST
1:2,5	dS/m	g/kg	-----g/dm <sup>3</sup> -----			-----cmolc/dm <sup>3</sup> -----					%
6,9	0,06	2,77	41,11	0,49	0,68	5,3	2,9	0	0,81	9,13	6,67

Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se de NH<sub>4</sub>OAc 1 mol L<sup>-1</sup>; P – extrator de Mehlich1; pH<sub>ps</sub> – pH da pasta de saturação e CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação.



Figura 3. Visão da área experimental e gradagem na área de plantio (A); coleta da amostra de solo (B). Fonte: Autor, 2020.

#### 4.5.2 Adubação

No primeiro experimento, a recomendação da adubação foi realizada em cobertura, distribuída nas linhas de plantio. A adubação com fósforo foi parcelada em duas vezes aos 15 e 23 DAS, utilizando quantidade de 20 kg de MAP. Enquanto, adubação com cloreto de potássio e ureia foram parceladas em três vezes aos 15, 23 e 30 DAS, com aplicação total de 15 kg de KCl e 3,5 kg de ureia (fonte de N), respectivamente. Todas as adubações foram aplicadas via fertirrigação.

A adubação no segundo experimento, foi dividida em duas etapas: de fundação com a utilização de 64 g de superfosfato simples por metro linear, sendo realizado na linha de plantio 15 dias antes da semeadura; e de cobertura, via fertirrigação, com a aplicação de ureia e cloreto de potássio como fonte de nitrogênio e potássio, respectivamente, em intervalo de 7 dias, começando aos 15 DAS. As quantidades aplicadas foram de 4 kg de ureia e 15 kg de KCl. A recomendação de adubação seguiu a necessidade da cultura de acordo com a análise de solo (FREIRE FILHO, 2011) (Figura 4).





Figura 4. Adubação com superfosfato simples na linha de plantio no segundo ciclo de produção do feijão *Vigna*. Fonte: Autor, 2020.

#### 4.5.3. Semeadura e tratos culturais

No primeiro experimento, as sementes do genótipo Costela de Vaca foram adquiridas com produtores locais, por se tratar de um genótipo bastante cultivado na região. Enquanto o genótipo BRS Marataoã foi proveniente do programa de melhoramento genético de feijão da Embrapa Meio Norte, conhecido também como sempre verde e possui uma boa aceitação no mercado local. As sementes produzidas no primeiro ciclo foram utilizadas no segundo experimento, baseando-se nas informações já descritas em subitens anteriores.

A semeadura foi em fileiras duplas com espaçamento de 1,0 x 0,3 x 0,3 m, semeando-se duas sementes por cova a uma profundidade de 3 cm, em seguida, procedeu o desbaste permitindo a retirada de uma planta por cova. Umidade do solo foi mantida no nível equivalente ao da capacidade de campo (CC), em todas as parcelas experimentais, com água de baixa salinidade ( $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ ) até o início da aplicação dos tratamentos aos 15 DAS em ambos os experimentos. Foi adotada uma densidade de plantio de 133.333 plantas por ha.

Nos dois experimentos, foram realizados o controle de plantas daninhas com capinas manuais e aplicação de herbicidas seletivos para a cultura do feijão, assim, controlando a competição por água e nutrientes, favorecendo o desenvolvimento da cultura. Quando necessário, para aplicação do herbicida utilizou-se de um pulverizador manual de compressão prévia com capacidade para 20 L. Previamente à semeadura, as sementes foram tratadas com inseticida sistêmico, como medida profilática contra a incidência de patógenos.

#### 4.5.4. Manejo de irrigação

Nos dois ciclos de cultivos foram utilizados sistemas de irrigação localizada, composto por fita gotejadora, com emissores espaçados a cada 0,3 m, diâmetro de 16 mm e vazão de 1,9 L por hora (Figuras 5A e 5B). A água de baixa salinidade ( $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ ) provinha do poço tubular e bombeada até área do experimental através de um motor bomba de 1,5 cv. A água salinizada usada na irrigação era conduzida a um reservatório (caixa d'água tipo polietileno) com capacidade para 5000 L, suspensa a 2,10 m do nível do solo, de onde partia a tubulação principal que alimentava o restante do sistema de irrigação.



Figura 5. Instalação do sistema de irrigação localizado por gotejamento (A e B), teste de uniformidade do sistema de irrigação (C) e vista da área experimental com 10 dias após a semeadura (D).

Após a implantação do sistema de irrigação na área, realizaram-se os testes de uniformidade de aplicação de água (Figuras 5C), em ambos os experimentos, de acordo com a metodologia apresentada por Bernardo (2008). Nos testes de uniformidade, a eficiência de aplicação ( $E_a$ ) ficou em torno de 90% para água de baixa salinidade e de 86% para água com alta condutividade elétrica. A fim de propiciar a redução de parte dos

sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação, foi aplicada uma fração de lixiviação estimada em 15%, a cada 15 dias.

As irrigações foram realizadas diariamente, seguindo o modelo de Blaney-Criddle modificado pela FAO (BC-FAO) para determinação da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), de acordo com a temperatura, pelo método proposto pela FAO 56 (ALLEN et al., 2006). As lâminas de água foram estimadas com base na evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>). Os valores de K<sub>c</sub> variaram entre as fases fenológicas: na fase vegetativa foi de 0,82, na fase de floração até o início da maturação das vagens o K<sub>c</sub> foi de 1,6, e no período compreendido entre maturação das vagens até a colheita final, o K<sub>c</sub> foi de 0,79 (MURGA-ORRILLO, et al. 2016).

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots\dots\dots(\text{Eq. 1})$$

#### **4.6. Variáveis analisadas**

##### **4.6.1. Avaliações de crescimento**

Para avaliação de crescimento do feijoeiro *Vigna*, foram realizadas medições em quatro plantas por parcela quanto a: altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC) e número de folhas (NF), aos 15, 30, 45 e 60 dias após semeadura (DAS). O comprimento do ramo principal foi mensurado com uma régua graduada, medindo o comprimento entre a base e o ápice da planta. O diâmetro no colo da planta foi mensurado a 2 cm da superfície do solo, com uso de paquímetro digital. Na contagem das folhas, foram consideradas aquelas com comprimento superior a 3 cm.

A área foliar foi mensurada aos 45 e 60 DAS no Experimento I e aos 43 e 65 DAS no Experimento II, conforme metodologia proposta por Toebe (2012), medindo-se a largura da folha das plantas, para se obter o valor da AF através da equação 2, considerando-se, na medição, as folhas completamente expandidas e com comprimento superior a 3 cm.

$$AF = 2,5806 \times L^{1,9565} \dots\dots\dots(2)$$

Em que: AF é a área foliar de cada trifólio do feijão *Vigna* (cm<sup>2</sup>), sendo a área foliar da planta determinada pelo somatório da área foliar (AF) de todas as folhas.

##### **4.6.2. Variáveis fisiológicas**

###### **4.6.2.1. Trocas gasosas**

As trocas gasosas das plantas de feijão *Vigna*, nos dois experimentos, foram avaliadas em duas épocas, na transição da fase vegetativa para a floração e na mudança

da fase de floração para frutificação. No primeiro experimento, as avaliações foram aos 45 e 60 DAS, enquanto, no segundo experimento foram aos 43 e 65 DAS. Nas avaliações, foram determinadas a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> ( $A$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) na primeira folha madura contada a partir do ápice, utilizando uma fonte de luz artificial com intensidade de 1200 fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e fonte natural de CO<sub>2</sub> (sem suplementação), com uso do equipamento portátil de análise de gases por infravermelho (IRGA), modelo “LCPro<sup>+</sup>” da ADC BioScientific Ltda. De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência no uso da água (EUA) ( $A/E$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ ] e a eficiência instantânea da carboxilação ( $A/C_i$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ] (KONRAD *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2014).

#### 4.6.2.2. Fluorescência da clorofila a

A fluorescência da clorofila a foi determinada usando-se um Fluorômetro de pulso modulado, modelo OS5p da Opti Science; a priori, usou-se o protocolo Fv/Fm, afim de determinar as variáveis: Fluorescência inicial ( $F_o$ ), Fluorescência máxima ( $F_m$ ), Fluorescência variável ( $F_v = F_m - F_o$ ) e máxima eficiência quântica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) tal protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período de 30 min, usando-se de um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores estivessem oxidados, ou seja, com os centros de reação abertos. As avaliações foram realizadas nos períodos 45 e 60 DAS no experimento I e aos 43 e 65 DAS no segundo experimento.

Nos mesmos períodos descritos, foram determinadas a fluorescência da clorofila a, usando-se um fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science onde, com avaliações em condições de claro, usando o protocolo ‘Yield’, aplicando-se uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip), a fim de determinar as variáveis: fluorescência inicial antes do pulso de saturação ( $F'$ ), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante ( $F_m'$ ), taxa de transporte de elétrons (ETR) e eficiência quântica do fotossistema II ( $Y(II)$ ). De posse desses dados, foram determinados: fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado ( $F_o'$ ) (equação 3); coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (qL) (equação 4); rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada ( $Y(NPQ)$ ) (equação 5) e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y(NO)$ ) (equação 6).

$$F_o' = [F_o/(F_m - F_o)/F_m + (F_o/F_m)'] \text{ ----- Oxborough e Baker (1997)}$$

(eq. 3)

$$qL = (F_m' - F')/(F_m' - F_o') * (F_o')/(F') \text{ ----- Kramer et al. (2004)}$$

(eq. 4)

$$Y (NPQ) = (F'/F_m') - (F'/F_m) \text{ ----- Kramer et al. (2004)}$$

(eq. 5)

$$Y (NO) = F'/F_m \text{ ----- Kramer et al. (2004)}$$

(eq. 6)

#### 4.6.3. Fitomassa

As variáveis de fitomassa das plantas de feijão *Vigna* foram determinadas aos 45 e 60 DAS, no Experimento I e aos 42 e 65 DAS, no Experimento II. Foram coletadas duas plantas por parcela experimental, retirada da parcela útil de cada tratamento, foi determinada fitomassa seca da parte aérea (FSPA), somatório das fitomassa de folhas e caules. As partes foram acondicionadas em sacos de papel e levados para secagem em estufa de circulação forçada de ar, mantida a 65 °C, até peso constante; posteriormente, o material foi pesado em balança de precisão de 0,0001 g.

#### 4.6.4. Componentes de produção

Em 12 plantas pertencentes à área útil de cada parcela, foram avaliados os seguintes componentes de produção, em ambos os experimentos:

1. Número de vagens por planta (NVP), relação entre número total de vagens e o número total de plantas estudada obtendo-se as médias das plantas da parcela útil;
2. Número médio de grãos por vagem (NGV), relação entre número total de grãos e o número total de vagens por planta.
3. Comprimento de vagens (CV): comprimento médio de vagens por planta, coletadas na área útil da parcela (cm);
4. Índice de grãos (IG), obtido a partir da relação entre a massa seca de vagens e de grãos por planta (%);
5. Massa de 100 sementes (MGV), obtido pela média da massa de cem grãos colhidos aleatoriamente das parcelas, utilizando balança de precisão (g);
6. Produção (PROD) estimada considerando a massa dos grãos colhidos nas doze plantas de cada área útil da parcela experimental (kg ha<sup>-1</sup>).

#### 4.7. Classificação dos genótipos para tolerância à salinidade

Para a classificação dos genótipos, foi adotado o critério de redução no rendimento relativo para os dois experimentos segundo Fageria e Gheyi (1997), com quatro níveis de classificação: T (tolerante; 0 - 20%), MT (moderadamente tolerante; 20 - 40%), MS (moderadamente sensível; 40 - 60%) e S (Sensível; > 60%). Baseou-se no percentual de perda da produção das plantas de feijoeiro sob alta condutividade elétrica (5,0 dS m<sup>-1</sup>), comparado à condição de baixa salinidade (1,2 dS m<sup>-1</sup>) nas estratégias de manejo envolvendo as fases vegetativa, floração, frutificação e floração/frutificação. As perdas percentuais foram utilizadas como indexadores para comparar a tolerância dos diferentes materiais genéticos.

#### 4.8. Análise estatística

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, foi realizada análise de agrupamento de médias (Scott e Knott) para o fator estratégias de manejo da salinidade e teste de médias (Tukey p < 0,05) para os genótipos de feijão *Vigna* (FERREIRA, 2019).

### 5.1. Variáveis de crescimento

#### 5.1.1 Número de Folhas

Pelos dados da análise de variância para número de folhas, resumidos na Tabela 4, houve efeitos isolados de estratégias de manejo (EM), nas duas avaliações, em ambos os experimentos. O fator Genótipos (G) foi significativo, nas quatro épocas, apenas no Experimento I e, no segundo ciclo, o efeito foi apenas na última avaliação. A interação entre os fatores só foi significativa aos 45 DAS, no segundo experimento. Portanto, com exceção da citada interação, a discussão se baseará em efeitos isolados dos fatores.

Tabela 4. Resumo das análises de variância para o número de folhas (NF) em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e genótipos de feijoeiro *Vigna* aos 45 e 60 dias após a semeadura nos experimentos I e II.

Dias após a Semeadura	Quadrados Médios					CV (%)	Média Geral
	Estratégias de Manejo	Genótipos	EM x G	Bloco	Resíduo		
Experimento I							
45	535,29**	693,02**	60,33 <sup>ns</sup>	44,80 <sup>ns</sup>	80,50	18,63	32,25

60	542,09**	705,40**	157,96 <sup>ns</sup>	392,87 <sup>ns</sup>	119,06	17,59	41,85
GL	6	1	6	3	39	-	-
Experimento II							
45	56,99*	58,37 <sup>ns</sup>	37,85*	64,80*	19,11	25,76	16,97
60	199,08**	80,00*	24,33 <sup>ns</sup>	51,97*	12,76	11,22	31,85
GL	9	1	9	3	57	-	-

<sup>ns</sup>, \*\*, \*: não significativo e significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; respectivamente, pelo teste 'F' e DAS = dias após a semeadura

Os efeitos das estratégias de manejo da salinidade foram similares entre os experimentos, com efeitos significativos nas duas avaliações (45 e 60 DAS), uma evidência do efeito crescente do estresse salino, com o crescimento das plantas. Ao se analisar as médias (Tabela 5), constata-se que, aos 45 DAS do primeiro experimento, as maiores reduções da emissão foliar ocorreram, geralmente, quando a irrigação com água salina aconteceu na fase vegetativa ou em duas fases fenológicas sucessivas, com algumas exceções. Na última avaliação (60 DAS), ainda no experimento I, o efeito maior da salinidade ocorreu com aplicação de água salina na fase vegetativa, coincidindo ou não, com irrigação (água salina) em uma segunda fase fenológica e, também, com maior salinidade nas fases de reprodução (florescimento e frutificação). Portanto, com o crescimento das plantas, fica evidente a menor tolerância do feijoeiro *Vigna* ao estresse salino na fase vegetativa, afetando o número de folhas. Como o feijoeiro, outras espécies têm, também, maior sensibilidade à salinidade na fase vegetativa, como exemplo, o abacaxizeiro (BARREIRO NETO, 2008), gergelim (LACERDA et al., 2019) e a melancia (SILVA, et al. 2020).

Em relação aos genótipos (G) nos dois experimentos (Tabela 4), apenas aos 45 DAS foi significativa a interação EM x G, no experimento II, isto é, o efeito da salinidade variou entre os genótipos, apenas nessa avaliação e, mesmo assim, em apenas dois tratamentos (Tabela 5). No contexto mais amplo da pesquisa, tal efeito interativo é de baixa relevância, considerando os efeitos registrados na avaliação aos 60 DAS (Tabela 5). Mesmo assim, as informações sobre o seu desdobramento estão na Tabela 6. Constatou-se diferença entre as estratégias de manejo da salinidade apenas no genótipo 'Costela de vaca', em duas situações do experimento II. A primeira, quando as sementes foram produzidas com uso de água salinizada (CEa 5 dS m<sup>-1</sup>) na fase de frutificação do experimento I (A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>) e, no novo ciclo (experimento II), as plantas foram irrigadas com alta CEa na fase vegetativa; na outra situação, as sementes se originaram de plantas do experimento I, submetidas ao estresse salino nas fases de florescimento + frutificação e

no novo experimento, a irrigação foi com alta CEA também na fase reprodutiva (florescimento + frutificação).

O estresse salino sucessivo nas fases de floração e frutificação no primeiro ciclo de produção, possivelmente, comprometeu a qualidade das sementes devido à duração do período de exposição ao fator de estresse, com reflexos no desenvolvimento das progênes do segundo ciclo de produção. Muitos estudos têm demonstrado que a elevação da salinidade pode inibir o desenvolvimento das plantas de feijão *Vigna*, em consequência de alterações nos parâmetros fisiológicos e de crescimento (OLIVEIRA et al., 2015). Contudo, vale ressaltar que o grau de sensibilidade do feijoeiro *Vigna* ao estresse salino pode variar entre os genótipos (COELHO et al., 2013), já que outros autores, ao analisarem diferentes genótipos de feijão *Vigna*, verificaram comportamento diverso entre eles, principalmente entre materiais genéticos de procedência distinta.

Tabela 5. Teste de médias referente ao número de folhas (NF) do feijoeiro *Vigna* aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura nos experimentos I e II.

Estratégias de Manejo	Experimento I			
	45 DAS		60 DAS	
T1- A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	47,06 a	±1,01	44,44 a	±1,56
T2- A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	23,00 c	±1,23	36,84 b	±1,43
T3- A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	36,19 b	±1,46	48,00 a	±1,61
T4- A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	34,75 b	±1,61	47,25 a	±1,72
T5- A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	32,44 b	±1,26	34,41 b	±1,34
T6- A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	26,63 c	±1,41	29,81 b	±1,47
T7- A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	25,69 c	±1,03	32,22 b	±1,41
Estratégias de Manejo	Experimento II			
	45 DAS		60 DAS	
T1- A- SE	19,50 a	±1,16	33,63 b	±1,37
T2- B- SE	16,88 a	±1,31	31,25 c	±1,17
T3- B- EV	19,96 a	±0,88	30,88 c	±0,78
T4- B- EFL	17,75 a	±0,98	30,50 c	±0,92
T5- C- SE	18,75 a	±1,17	37,25 a	±0,92
T6- C- EV	12,25 b	±0,54	25,75 d	±0,83
T7- C – EFR	17,63 a	±1,07	34,63 b	±0,97
T8- BC – SE	18,00 a	±1,24	40,38 a	±1,02
T9- BC – EV	16,63 a	±1,27	30,75 c	±0,81
T10- BC – EFF	12,38 b	±0,87	23,50 d	±0,84

Estudando de forma isolada os genótipos de feijoeiro, no primeiro ciclo de produção, Figura 6A, observa que o genótipo Costela de Vaca se destacou em maior número de folhas nas duas épocas de analisadas, diferindo estatisticamente do genótipo BRS Marataoã. Os valores médios do genótipo Costela de Vaca foram, 35,77 e 45,40 folhas, para as épocas de 45 e 60 DAS, enquanto, o BRS Marataoã emitira 28,73 e 38,30 folhas, respectivamente. No segundo experimento (Figura 6B), constata-se diferença



significativa para o número de folhas apenas aos 60 DAS, onde o genótipo Costela de Vaca teve superioridade na emissão de folhas em relação ao BRS Marataoã. Em média o Costela de Vaca obteve 32,85 folhas, ou seja, aumento de 6,08% quando comparado ao BRS Marataoã com média de 30,85 folhas. Isto pode ser reforçado em estudos com genótipos de feijão *Vigna* realizados por Silva et al. (2016) e Pereira Filho et al. (2017) que verificaram diferenças de crescimento entre eles.

Estas diferenças na emissão foliar evidenciam diferença genética entre os genótipos de feijoeiro *Vigna* estudados, quanto ao crescimento. Tais resultados estão diretamente relacionados ao hábito de crescimento dos genótipos onde, o Costela de Vaca é de crescimento indeterminado e porte prostrado, e o genótipo BRS Marataoã possui porte semiprostrado e crescimento indeterminado. Ainda, vale destacar que diversos autores têm relatado diferenças consideráveis entre genótipos de feijão *Vigna* quanto ao grau de sensibilidade ao estresse salino (ALMEIDA et al., 2011; MAIA et al., 2010).

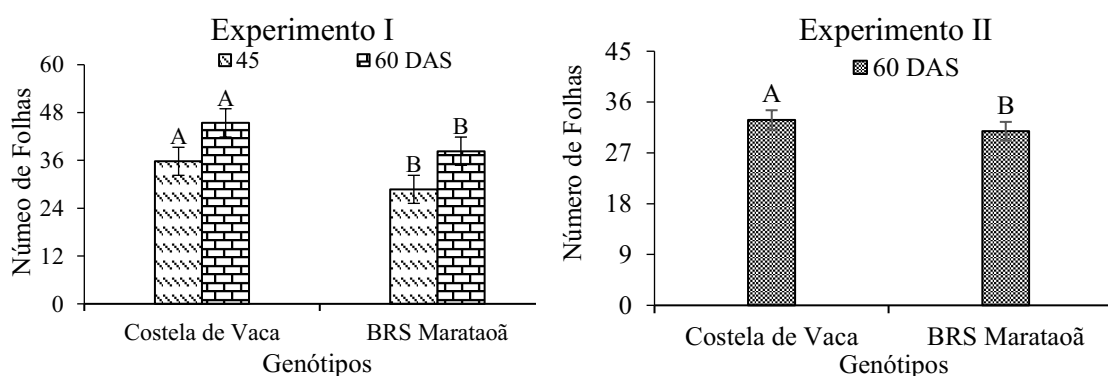


Figura 6. Teste de médias referente ao número de folhas (NF) entre os genótipos de feijão *Vigna* aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura, no Experimentos I, e aos 60 DAS no Experimento II. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

### 5.1.2 Área Foliar

Conforme os dados da análise de variância para a área foliar, descritos na Tabela 6, ocorreram efeitos isolados para as estratégias de manejo (EM), nas duas avaliações, em ambos os experimentos. O fator genótipo (G) foi significativo no primeiro ciclo na última avaliação e, no segundo ciclo aos 43 DAS. A interação entre os fatores estudados indicou efeito significativo somente no primeiro ciclo nas duas avaliações.

Avaliando o desdobramento da interação no experimento I, nota-se nas estratégias T2- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, T3- A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>, T5- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> e T6- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>, em ambos os genótipos, reduções na área foliar (Figuras 7A e 7B). Este fato evidencia sensibilidade do feijão *Vigna* quando

irrigado com águas salinizadas (5,0 dS m<sup>-1</sup>) na fase vegetativa e, nos tratamentos com estresse em fases sucessivas.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para a área foliar (AF) em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e genótipos de feijoeiro *Vigna*, no Experimento I aos 45 e 60 dias após a semeadura e aos 43 e 65 DAS no Experimento II.

Dias após a Semeadura	Quadrados Médios						
	Estratégias de Manejo	Genótipos	Experimento I			Resíduo	CV (%)
EM x G			Bloco				
45 DAS	2621433**	186246 <sup>ns</sup>	2566158**	416273**	84176	18,99	1528
60 DAS	1385586**	2797972**	266354**	20321 <sup>ns</sup>	36910	19,17	1002
GL	6	1	6	3	39	-	-
Experimento II							
43 DAS <sup>1</sup>	8392664**	682947,8*	2713834 <sup>ns</sup>	1157383 <sup>ns</sup>	1667931	17,36	2055,5
65 DAS <sup>1</sup>	7441646**	2661130 <sup>ns</sup>	373064 <sup>ns</sup>	1221883 <sup>ns</sup>	636686	17,86	3096,9
GL	9	1	9	3	57	-	-

<sup>ns</sup>, \*\*, \*: não significativo e significativo a p < 0,01 e p < 0,05; respectivamente, pelo teste 'F', DAS = dias após a semeadura e <sup>1</sup> dados transformados em  $\sqrt{X}$ .

Provavelmente, essa inibição da área foliar deve ter sido provocada, em maior parte, pelos efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas, pela baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura ou pela redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina, gerando ainda um distúrbio fisiológico na planta e comprometendo a abertura dos estômatos (LARCHER, 2006). Confirmando essa informação, Sousa et al. (2014) e Oliveira et al. (2013) ao avaliarem o estresse salino em feijoeiro, também constataram reduções da área foliar.

Os efeitos das estratégias de manejo da salinidade no segundo ciclo (Figura 8A), observa-se que, aos 43 DAS houve reduções acentuadas na AF quando as plantas foram irrigadas com água salina na fase vegetativa. Semelhante a primeira avaliação, as plantas de feijoeiro *Vigna* reduziram sua área foliar nas estratégias com água salinas aplicada na fase vegetativa e quando o estresse compreendeu a fase de floração e frutificação. Tais estratégias, são provenientes de sementes oriundas, no ciclo anterior, de estratégias irrigadas com elevada CEa na floração (B), frutificação (C) e sucessivamente na floração e frutificação (BC). Na Figura 8B, destaca-se a recuperação das plantas nas estratégias B-EFL e CEFR, que após passarem por estresse salino, emitiram novas folhas recompondo sua área foliar.

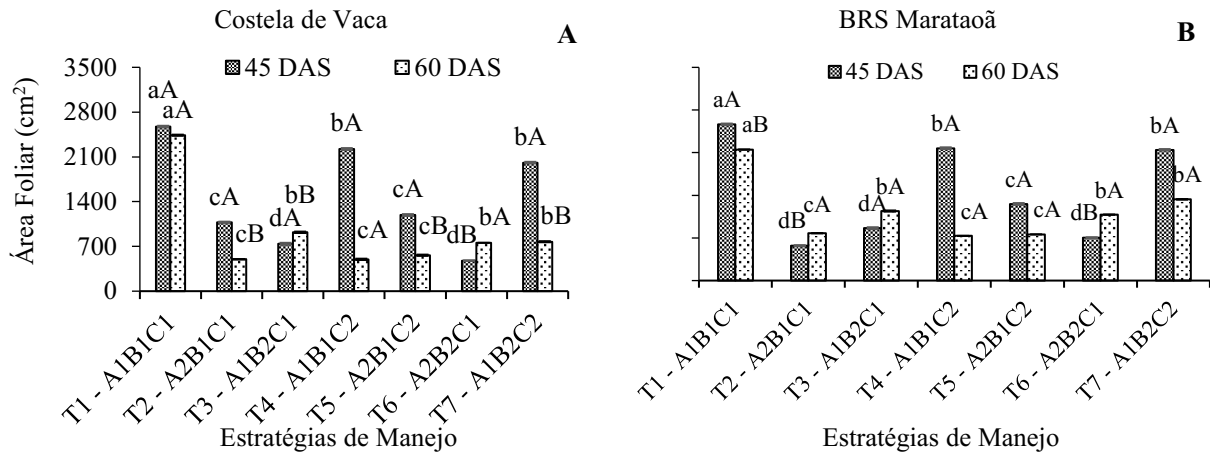


Figura 7. Teste de média referente à área foliar do feijoeiro *Vigna*, sobre a interação entre as diferentes estratégias de manejo de salinidade e os genótipos de feijoeiro no primeiro experimento, Costela de Vaca aos 45 e 60 DAS (A) e BRS Marataoã 45 e 60 DAS (B) dias após a semeadura.

Letras minúsculas iguais indicam não haver diferença significativa entre estratégias de manejos (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); letras maiúsculas iguais indicam não haver diferença significativa entre genótipos (Tukey,  $p < 0,05$ ).

De maneira geral, a redução no número de folhas, pode se relacionar a diminuição na emissão foliar como efeito do estresse salino na redução área foliar das plantas. Este fato está associado a redução no número de folhas ocasionada pela exposição ao estresse salino. Além disso, a inibição da área foliar pode ser resultante baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura ou pela redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina (SOUSA et al., 2014). Reduções na área foliar também foram relatadas por Pereira Filho et al. (2017), ao avaliarem o efeito do estresse salino e hídrico em genótipos de feijão *Vigna*, observaram reduções na ordem de 85% na área foliar do feijoeiro.

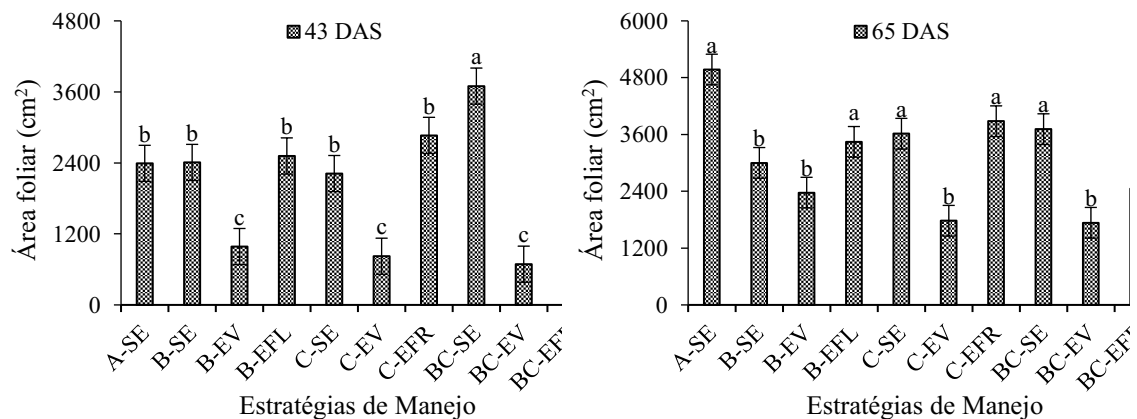


Figura 8. Teste de agrupamentos de médias referente área foliar (AF) do feijoeiro *Vigna* aos 43 e 65 dias após a semeadura no segundo experimento. Letras minúsculas iguais

indicam não haver diferença significativa entre estratégias de manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ).

Ao comparar os genótipos de feijoeiro no Experimento II aos 43 DAS (Figura 9), foi verificado maior área foliar no genótipo BRS Marataoã com média de 2237,89  $\text{cm}^2$ , diferindo do genótipo Costela de Vaca com área de 1873,12  $\text{cm}^2$ . Vale destacar que, maior área foliar resulta em maior processo fotossintético, fato este, que poderá ser confirmado nas trocas gasosas deste genótipo. Desta forma, a inibição na expansão do limbo foliar é uma das características mais comuns em plantas submetidas ao estresse, e já tem sido observada em estudos com feijão *Vigna* (PEREIRA FILHO et al., 2017; SOUSA et al., 2014).

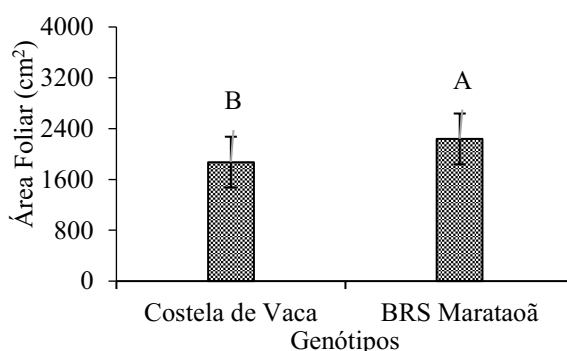


Figura 9. Teste de médias referente à área foliar (AF) entre os genótipos de feijão *Vigna*, no segundo experimento aos 43 DAS. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

### 5.1.3 Diâmetro Caulinar

Pelos dados da análise de variância para diâmetro caulinar, descritos na Tabela 7, foram evidenciados efeitos significativos para as estratégias de manejo da salinidade, nas duas avaliações, em ambos os experimentos. Com relação ao fator genótipos verifica-se efeito significativo apenas no segundo experimento em todas as épocas de avaliação. Não foi observado efeito na interação entre os fatores estudados, indicando assim, de não serem interdependentes, isto é, os efeitos das estratégias de irrigação com água salina não dependeram dos genótipos.

Verifica-se conforme teste de agrupamento de médias, Tabela 8, que as estratégias de manejo da salinidade para o diâmetro de caule no Experimento I, aos 45 DAS, reduções no DC nas estratégias de manejo da salinidade nas fases vegetativa e de floração ( $A_2B_1C_1$

e A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>) de 7,41% e 19,62%, respectivamente, quando comparadas com as plantas irrigadas com água de baixa salinidade (1,2 dS m<sup>-1</sup>).

Tabela 7. Resumo das análises de variância para o diâmetro caulinar (DC) em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e genótipos de feijoeiro *Vigna* aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura nos experimentos I e II.

Dias após a Semeadura	Quadrados Médios						
	Experimento I						
	Estratégias de Manejo	Genótipos	EM x G	Bloco	Resíduo	CV (%)	Média Geral
45 DAS	8,118**	0,257 <sup>ns</sup>	0,632 <sup>ns</sup>	5,143*	1,214	11,540	9,549
60 DAS	5,709**	0,142 <sup>ns</sup>	2,400 <sup>ns</sup>	6,460**	1,452	12,290	9,807
GL	6	1	6	3	39	-	-
Experimento II							
45 DAS	3,509*	14,422*	1,104 <sup>ns</sup>	4,021 <sup>ns</sup>	1,863	14,830	9,205
60 DAS	1,742*	6,996*	1,345 <sup>ns</sup>	1,803 <sup>ns</sup>	0,888	9,130	10,322
GL	9	1	9	3	57	-	-

<sup>ns</sup>, \*\*, \*: não significativo e significativo a p < 0,01 e p < 0,05; respectivamente, pelo teste 'F' e DAS = dias após a semeadura

Verifica-se conforme teste de agrupamento de médias, Tabela 8, que as estratégias de manejo da salinidade para o diâmetro de caule no Experimento I, aos 45 DAS, reduções no DC nas estratégias de manejo da salinidade nas fases vegetativa e de floração (A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>) de 7,41% e 19,62%, respectivamente, quando comparadas com as plantas irrigadas com água de baixa salinidade (1,2 dS m<sup>-1</sup>). Aos 60 DAS, observa-se na estratégia A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> superioridade em relação as demais estratégias de manejo com valor médio de 11,62 mm. Diante do observado ocorreram reduções em todas as fases fenológicas do feijoeiro do potencial osmótico ocasionado pelo aumento dos teores de NaCl no solo, além da toxicidade ocasionado por esses íons (MUNNS e TESTER, 2008; TAIZ et al., 2017), esse fato estar relacionado com a redução no crescimento das plantas.

A análise das médias do segundo ciclo, a estratégia B–EFL registou maior diâmetro de caulinar aos 30 DAS, com média de 6,16 mm não diferindo das estratégias B – EV e BC – SE (5,74 e 5,90 mm). Destaca-se, que a estratégias B–EV não diferindo da estratégia de baixa salinidade em nenhum dos períodos avaliados, obtendo aos 60 DAS DC de 10,78 mm. não diferindo estatisticamente da estratégia de baixa salinidade A – SE (10,88 mm), estratégias estas irrigadas com água de baixa salinidade durante todo ciclo.

Tabela 8. Teste de agrupamentos de médias referente ao diâmetro de caule (DC) do feijoeiro *Vigna* aos 45 e 60 dias após a semeadura nos experimentos I e II.

Estratégias de Manejo	Experimento I			
	45 DAS		60 DAS	
	Média		Média	
T1- A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	9,58 a	±0,39	11,62 a	±0,45
T2- A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	8,87 b	±0,58	9,18 b	±0,62
T3- A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	9,53 a	±0,50	9,83 b	±0,66
T4- A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	10,61 a	±0,45	9,35 b	±0,69
T5- A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	10,15 a	±0,58	9,59 b	±0,38
T6- A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	7,70 c	±0,43	9,85 b	±0,51
T7- A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	10,40 a	±0,68	9,24 b	±0,59
Experimento II				
T1- A- SE	9,79 a	±0,53	10,88 a	±0,44
T2- B- SE	9,53 a	±0,68	10,20 b	±0,53
T3- B- EV	10,02 a	±0,52	10,78 a	±0,41
T4- B- EFL	8,51 b	±0,50	10,03 b	±0,48
T5- C- SE	9,96 a	±0,66	10,58 a	±0,60
T6- C- EV	8,40 b	±0,57	9,51 b	±0,49
T7- C – EFR	9,30 a	±0,61	9,74 b	±0,59
T8- BC – SE	9,42 a	±0,58	10,59 a	±0,53
T9- BC – EV	8,92 b	±0,68	10,74 a	±0,48
T10- BC – EFF	8,20 b	±0,56	10,18 b	±0,41

Estes fatos podem estar relacionados à tolerância das plantas ao estresse salino, cujas sementes foram expostas à salinidade no ciclo de produção anterior na fase de floração e floração + frutificação. Sendo um indicativo de que a exposição do feijoeiro *Vigna* à salinidade da água de irrigação, durante o segundo ciclo de produção, exerce menor efeito, alternando a estratégia de manejo, sobre o crescimento vegetativo, das plantas, em diâmetro.

Comparando os genótipos de feijoeiro *Vigna* no segundo ciclo de produção (Figura 10), observa-se que o genótipo Costela de Vaca teve maior crescimento em diâmetro de caule com valores médios de 9,63 e 10,62 mm; enquanto, o ‘BRS Marataoã’ com DC de 8,78 e 10,03 mm, ou seja, reduções de 8,82% e 5,55% aos 45 e 60 DAS, respectivamente. De acordo com Silva et al., (2016) estudando o crescimento e as trocas gasosas de genótipos de feijão *Vigna* relatam que tais diferenças podem estar associadas aos hábitos de crescimento dos genótipos estudados e potencializado pelas condições de cultivo. Essas observações são reforçadas por Teixeira et al. (2007), embora a genética tenha mais influência nas características de crescimento do feijão *Vigna*, este também é

influenciado pelas características fenotípicas e o ambiente, como identificado neste trabalho.

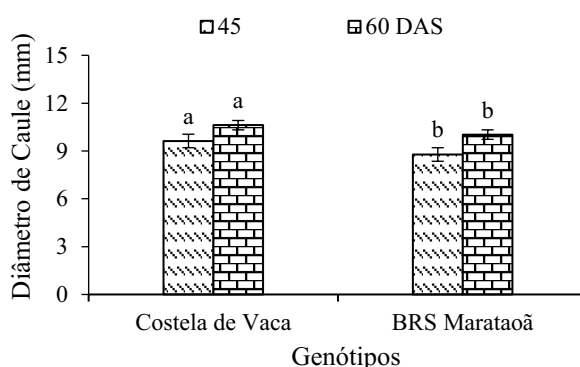


Figura 10. Teste de médias referente ao diâmetro do caule (DC) entre os genótipos de feijão *Vigna* aos 45 e 60 dias após a semeadura. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

### Comprimento do ramo principal

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 9), constata-se efeito significativo da interação entre as estratégias de manejos da salinidade e genótipos para o comprimento do ramo principal apenas no segundo ciclo de produção aos 60 DAS. Analisando os fatores isolados, verifica-se que as estratégias de manejo da salinidade diferiram significativamente aos 45 e 60 dias após a semeadura, no experimento I e, aos 45 e 60 DAS no experimento II. Já para os genótipos de feijoeiro *Vigna*, forma verificadas diferença estatísticas para o comprimento do ramo principal, apenas, no segundo experimento aos 45 DAS.

Tabela 9. Resumo das análises de variância para o comprimento do ramo principal em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e genótipos de feijoeiro *Vigna* aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura nos experimentos I e II.

Dias após a semeadura	Quadrados Médios						
	Experimento I						
	Estratégias de Manejo	Genótipos	EM x G	Bloco	Resíduo	CV (%)	Média Geral
45 DAS	67,45**	21,25 <sup>ns</sup>	14,75 <sup>ns</sup>	21,89 <sup>ns</sup>	13,36	12,81	28,53
60 DAS	85,27**	48,83 <sup>ns</sup>	6,90 <sup>ns</sup>	107,60 <sup>ns</sup>	19,33	12,71	34,60
GL	6	1	6	3	39	-	-
Experimento II							
45 DAS	96,76**	360,37**	38,42 <sup>ns</sup>	13,92 <sup>ns</sup>	25,10	13,70	36,58
60 DAS	128,34**	3,74 <sup>ns</sup>	51,15**	10,10 <sup>ns</sup>	10,74	7,99	41,03
GL	9	1	9	3	57	-	-

<sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>: não significativo e significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; respectivamente, pelo teste 'F', FV = fonte de variação, CV = coeficiente de variação e DAS = dias após a semeadura

Analisando-se o teste de agrupamento de médias para o CRP, em função das estratégias de manejos da salinidade (Tabela 10), no primeiro experimento, verificam-se nas plantas irrigadas com água salinizada durante a fase vegetativa com decréscimos de 15,04%, 11,39%, 21,64% e 21,86% (T2- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, T5- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> e T6- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T7- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>) aos 45 DAS, quando comparados com às plantas irrigadas com água de baixa salinidade (1,2 dS m<sup>-1</sup>). Este fato mostra que o estresse salino aplicado durante a fase vegetativa e a combinação desta com outras fases de desenvolvimento compromete o crescimento do feijão *Vigna*.

Semelhantemente, no segundo experimento, também houve redução no comprimento do ramo principal das plantas de feijão *Vigna* nas estratégias irrigadas com água salina, na segunda avaliação, na fase vegetativa B – EV, C – EV e BC – EV (Tabela 10). Vale ressaltar, a recuperação, aos 45 DAS, das plantas na estratégia B – EV, cujas sementes foram provenientes de estresse salino na fase floração no ciclo anterior. Por outro lado, plantas de sementes produzidas sob estresse salino nas fases de frutificação e sucessivamente na floração e frutificação (C – EV, BC – SE, BC – EV e BC – EFF), reduziram em média 3,08, 3,02, 4,02 e 7,39 cm, quando comparados com a estratégia de baixa salina (A – SE).

Em contexto geral, as plantas de feijoeiro do segundo experimento promoveram maior crescimento em comprimento do ramo principal, seguindo a mesma tendência observada para o número de folhas e diâmetro de caule. Tal fato pode estar relacionado à adaptação das plantas por serem provenientes de sementes que passaram por um estresse no ciclo anterior. A explicação pode estar no fato de os parentais terem sido expostos a variações ambientais ao longo de ciclos anteriores; quando o gameta descendente e/ou a semente é submetida, diretamente, a fatores de mesma natureza, genes que estavam silenciados podem ser ativados (Bloedner et al., 2007).

Tabela 10. Teste de médias referente ao comprimento do ramo principal (CRP) do feijoeiro *Vigna* aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura nos experimentos I e II.

Estratégias de manejo	Experimento I			
	45 DAS		60 DAS	
T1- A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	32,11 a	±0,91	36,83 a	±0,77
T2- A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	27,28 b	±0,87	34,58 b	±1,16
T3- A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	28,45 b	±1,06	30,88 b	±0,94



T4- A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	29,63 a	±1,15	40,04 a	±1,51
T5- A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	25,16 b	±1,04	34,66 b	±1,04
T6- A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	25,09 b	±0,82	30,67 b	±0,80
T7- A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	31,97 a	±0,74	34,54 b	±0,92
<b>Experimento II</b>				
T1 - A – SE	37,65 a	±0,85	46,19 a	±0,95
T2 - B – SE	37,38 a	±1,20	44,50 a	±0,92
T3 – B – EV	36,42 a	±0,95	34,88 c	±1,21
T4 – B – EFL	41,56 a	±1,30	42,69 b	±0,89
T5 – C – SE	41,31 a	±1,16	42,81 a	±1,11
T6 – C – EV	34,57 b	±1,45	40,86 b	±1,07
T7 - C – EFR	38,40 a	±1,21	43,66 a	±1,04
T8 - BC – SE	34,63 b	±0,85	41,06 b	±0,74
T9 - BC – EV	33,63 b	±1,29	40,00 b	±0,86
T10 - BC – EFF	30,26 b	±1,09	33,69 c	±0,93

Nota-se no segundo ciclo de produção, aos 45 DAS, que o BRS Marataoã se destacou com maior comprimento de ramo principal com valor médio 38,70 cm respectivamente, diferindo estatisticamente do genótipo Costela de Vaca com 34,45 cm, ou seja, redução de 10,98% respectivamente. Esses resultados são semelhantes aos verificados para o número de folhas e diâmetro do caule, sendo que diferenças de estatura de cada genótipo é fator determinante para tais resultados. Essas observações são confirmadas pelos registros de Machado et al. (2008), ao identificarem diferenças na arquitetura e crescimento entre genótipos de feijão *Vigna*.

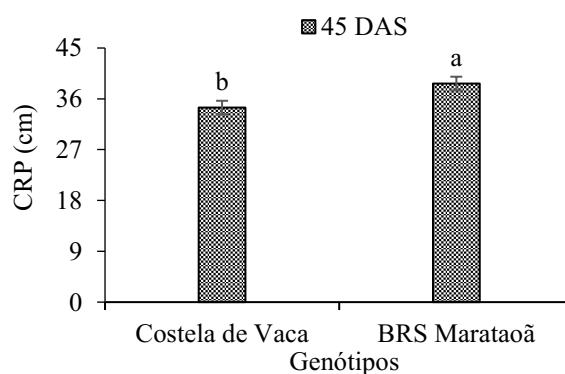


Figura 11. Teste de médias referente ao comprimento do ramo principal (CRP) entre os genótipos de feijoeiro *Vigna*, em análise aos 45 DAS. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

De acordo com o desdobramento da interação entre os genótipos de feijoeiro *Vigna* sob as estratégias de manejo da salinidade para o comprimento de ramo principal, no segundo experimento, aos 60 DAS (Tabela 11), destaca-se que as plantas do genótipo

Costela de Vaca provenientes de sementes produzidas sob salinidade nas fases de floração + frutificação no ciclo anterior, demonstraram sensibilidade ao estresse salino no novo ciclo, com reduções entre as estratégias de manejo, mas não diferindo entre genótipos. Entretanto, no genótipo BRS Marataoã quando o estresse salino foi aplicado nas fases de floração e frutificação (B-EFL e C-EFR) durante o segundo ciclo de produção; não se registraram diferenças significativas no CRP do feijão *Vigna* em relação aos manejos com água de baixa salinidade (Tabela 1), destaca-se que essas plantas foram provenientes de sementes produzidas sob estresse salino nas mesmas fase no ciclo de produção anterior.

Muitos estudos têm demonstrado que a elevação da salinidade pode inibir o desenvolvimento das plantas de feijão *Vigna*, em consequência de alterações nos parâmetros fisiológicos, de crescimento e de rendimento da cultura (OLIVEIRA et al., 2015). Contudo, vale ressaltar que o grau de sensibilidade do feijoeiro *Vigna* ao estresse salino pode variar entre os genótipos (COELHO et al., 2013), já que outros autores, ao analisarem diferentes genótipos de feijão *Vigna*, verificaram comportamento diverso entre os mesmos, principalmente entre materiais genéticos de procedência distinta. Ressalta-se que as diferenças no crescimento nos genótipos podem ser relacionadas aos hábitos de crescimento dos genótipos estudados e potencializado pelas condições de cultivo expresso pela interação. Isto pode ser reforçado em estudos de Silva et al., (2016), onde, verificaram diferenças de crescimentos estudando os mesmos genótipos utilizado nesta pesquisa.

Tabela 11. Teste de médias referente à altura de plantas do feijoeiro *Vigna*, sobre a interação entre as diferentes estratégias de manejo de salinidade e os genótipos de feijoeiro no experimento II aos 60 dias após a semeadura.

Estratégias de Manejo	Costela de Vaca		BRS Marataoã	
A – SE	49,00 aA	±0,95	43,38 aB	±0,84
B – SE	43,13 aA	±0,92	45,88 aA	±1,27
B – EV	38,00 bA	±1,21	31,75 bB	±1,20
B – EFL	41,88 bA	±0,89	43,50 aA	±1,08
C – SE	45,75 aA	±1,11	39,88 aB	±0,74
C – EV	37,23 bB	±1,07	44,50 aA	±0,90
C – EFR	40,33 bB	±1,04	47,00 aA	±1,05
BC – SE	40,50 bA	±0,74	41,63 aA	±0,86
BC – EV	38,00 bA	±0,86	42,00 aA	±1,10
BC – EFF	34,38 bA	±0,93	33,00 bA	±0,98

Letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha iguais indicam não haver diferença significativa entre estratégias de manejos (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ) e entre genótipos (Tukey,  $p < 0,05$ ), respectivamente; Experimento II: A- sementes oriundas de plantas irrigadas no primeiro experimento com água de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ , B- sementes de plantas irrigadas no ciclo anterior com água salinizada na floração, C- sementes oriundas de

plantas irrigadas com água salinizada na frutificação e BC- sementes produzidas no primeiro experimento sob alta salinidade na floração e formação da produção; SE: sem salinidade; EV, EFL, EFR, EFF: com salinidade nas fases vegetativa, floração, frutificação e floração/frutificação, respectivamente, no novo experimento.

#### 5.1.4 Parâmetros Fisiológicos

##### 5.1.4.1 Trocas gasosas do feijoeiro *Vigna*

No primeiro experimento, com base na análise de variância para as trocas gasosas do feijão *Vigna* (Tabela 12), constatou-se diferença significativa da interação entre as estratégias de manejo e genótipos de feijão *Vigna* sobre a condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), taxa de assimilação de  $CO_2$  ( $A$ ) e eficiência instantânea da carboxilação ( $EiC$ ) aos 45 DAS (Tabela 15). Nas estratégias de manejo da salinidade aos 60 DAS, observa-se significância para as variáveis  $C_i$ ,  $g_s$ ,  $A$  e  $EiC$ . Quanto aos genótipos de feijoeiro se verifica, aos 60 DAS, diferença significativa para todas as variáveis.

No segundo experimento (Tabela 12), foi verificado efeito significativo nas estratégias de manejo da irrigação sobre a  $g_s$ ,  $E$ ,  $A$  e  $EiC$  aos 42 DAS, e para todos os parâmetros fisiológicos aos 65 DAS. Entre os genótipos de feijoeiro *Vigna* não foram observadas diferenças significativas em nenhuma das variáveis de trocas gasosas. Em relação ao desdobramento da interação entre os fatores (EM x G) sobre a  $C_i$  aos 42 DAS e  $A$ ,  $EUiA$  e  $EiC$  aos 65 DAS.

Tabela 12. Resumo da análise de variância para condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), taxa de assimilação de  $CO_2$  ( $A$ ), eficiência instantânea no uso da água ( $EiUA$ ), concentração interna de  $CO_2$  e eficiência instantânea da carboxilação ( $EiC$ ) ( $A/C_i$ ) em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e os genótipos de feijão *Vigna* aos 45 e 60 DAS no primeiro experimento, e aos 43 e 65 DAS no segundo experimento.

FV	Quadrados Médios							Média Geral
	Experimento I							
	DAS	Estratégias de Manejo	Genótipos	EM x G	Bloco	Resíduo	CV (%)	
$g_s$	45	0,0038**	0,0005 <sup>ns</sup>	0,0018**	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0004	16,99	0,12
$E$		1,0514**	0,2498 <sup>ns</sup>	0,7055**	0,5392 <sup>ns</sup>	0,1997	21,18	2,10
$A$		42,457**	35,287 <sup>ns</sup>	37,225**	4,267 <sup>ns</sup>	10,891	22,99	14,35
$EiUA$		2,671 <sup>ns</sup>	0,563 <sup>ns</sup>	1,827 <sup>ns</sup>	3,657 <sup>ns</sup>	1,321	17,38	6,61
$C_i$		611,361 <sup>ns</sup>	71,251 <sup>ns</sup>	1704,782 <sup>ns</sup>	162,219 <sup>ns</sup>	744,638	16,89	161,60
$EiC$		0,002**	0,0018*	0,0036**	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0004	21,54	0,09
$g_s$		60	0,0036**	0,0014*	0,0025 <sup>ns</sup>	0,0006*	0,0002	15,77
$E$	1,042**		1,38**	0,6935 <sup>ns</sup>	0,2011 <sup>ns</sup>	0,1322	17,41	2,08
$A$	51,097**		86,106**	13,961 <sup>ns</sup>	16,322 <sup>ns</sup>	6,741	25,06	10,36
$EiUA$	2,371 <sup>ns</sup>		6,062*	1,326 <sup>ns</sup>	14,128**	1,263	21,8	5,15
$C_i$	2343,458**		3778,571**	818,28 <sup>ns</sup>	748,143 <sup>ns</sup>	458,886	12,64	169,50
$EiC$	0,0024**		0,0033**	0,0017 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0004	29,19	0,07

GL	6	1	6	3	39	-	-
Experimento II							
<i>gs</i>	0,0058**	0,0005 <sup>ns</sup>	0,0012 <sup>ns</sup>	0,0342**	0,0016	18	0,22
<i>E</i>	0,8171**	0,0101 <sup>ns</sup>	0,0195 <sup>ns</sup>	0,1033 <sup>ns</sup>	0,2171	13,56	3,43
<i>A</i>	30,43**	2,38 <sup>ns</sup>	4,14 <sup>ns</sup>	50,05**	5,81	12,53	19,23
EiUA	0,6276 <sup>ns</sup>	0,9432 <sup>ns</sup>	0,6348 <sup>ns</sup>	3,359 <sup>ns</sup>	0,359	10,81	5,54
Ci	259,096 <sup>ns</sup>	177,013 <sup>ns</sup>	866,985*	7.101,65**	353,874	10,07	186,73
EiC	0,0015*	0,0021 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0006	23,2	0,10
<i>gs</i>	0,0147**	0,0016 <sup>ns</sup>	0,0025 <sup>ns</sup>	0,0029 <sup>ns</sup>	0,0019	20,32	0,21
<i>E</i>	1,597**	0,0578 <sup>ns</sup>	0,3095 <sup>ns</sup>	1,626**	0,1703	12,75	3,23
<i>A</i>	69,948**	1,482 <sup>ns</sup>	16,18*	1,579 <sup>ns</sup>	7,651	13,75	201,23
EiUA	1,427*	0,3649 <sup>ns</sup>	1,244*	5,021**	0,6086	12,34	6,32
Ci	1.021,45*	423,200 <sup>ns</sup>	661,339 <sup>ns</sup>	2.093,93**	374,047	11,06	174,00
EiC	0,0021**	0,0002 <sup>ns</sup>	0,0013**	0,0007 <sup>ns</sup>	0,0005	17,48	0,12
GL	9	1	9	3	57	-	-

<sup>ns</sup>, \*\*, \*: não significativo e significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; respectivamente, pelo teste 'F' e DAS = dias após a semeadura.

Conforme teste de agrupamento de médias para condutância estomática em função das estratégias de manejos, verificam-se decréscimos acentuados nas estratégias envolvendo a fase vegetativa e quando o estresse envolveu mais de uma fase, destacando-se os manejos T2- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, T5- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, T6- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T7- A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> com reduções na *gs* de 32,35%, 42,16%, 49,67% e 35,98% quando comparados as plantas das estratégias irrigadas com água de 1,2 dS m<sup>-1</sup> durante todo o ciclo. Os efeitos da aplicação da água salina na fase vegetativa e floração foram mais prejudiciais à condutância estomática do feijoeiro *Vigna*. O fechamento estomático, ocasionado pelo estresse salino, ao qual as plantas de feijoeiro foram submetidas, pode estar relacionado a uma forma alternativa para reduzir a taxa de transpiração, acarretando, assim, decréscimos na *gs*. Contudo, o fechamento dos estômatos reduz a taxa fotossintética em virtude da menor disponibilidade de CO<sub>2</sub> (GHOBADI et al., 2013; CERQUEIRA et al., 2015), ocasionando a redução no crescimento e desenvolvimento das plantas, corroborando os dados obtidos no presente estudo.

De forma semelhante, para a taxa de transpiração (Tabela 13), verifica-se maior taxa de transpiração nas estratégias de manejo da salinidade T1- A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> (2,66 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e T4- A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> (2,38 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). No entanto, os maiores danos na *E* foram observados nos manejos T3- A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T6- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> com médias de 1,78 e 1,58 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente. Este fato pode ser em função do fechamento estomático, esse comportamento é estratégico para manter os níveis de eficiência instantânea do uso da água, e não comprometeu a fotossíntese. Tais resultados corroboram aos encontrados

por Silva et al. (2013) registraram, em condição de estresse salino, que as taxas de transpiração do feijão *Vigna* apresentam maior sensibilidade com aplicação de água salina de 5,0 dS m<sup>-1</sup>.

Tabela 13. Teste de médias referente à condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), eficiência instantânea do uso da água (EiUA), concentração interna de carbono (Ci) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) do feijoeiro *Vigna* aos 60 dias após a semeadura no Experimento I.

Estratégias de Manejo	Experimento I						
	gs	E	A	EiUA	Ci	EiC	
T1- A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	0,128 a ±0,07	2,66 a ±0,35	13,52 a ±0,95	5,13 a ±0,44	166,13 a ±2,83	0,082 a ±0,07	
T2- A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	0,086 c ±0,07	2,16 b ±0,31	9,01 b ±0,96	4,66 a ±0,63	179,00 a ±3,03	0,058 b ±0,07	
T3- A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	0,091 b ±0,09	1,78 c ±0,43	7,59 b ±1,11	4,99 a ±0,57	186,63 a ±2,27	0,063 b ±0,09	
T4- A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	0,106 a ±0,09	2,38 a ±0,38	13,67 a ±1,03	5,50 a ±0,68	135,25 b ±2,74	0,099 a ±0,09	
T5- A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	0,074 d ±0,06	2,07 b ±0,41	11,59 a ±1,00	6,02 a ±0,51	173,75 a ±2,97	0,065 b ±0,10	
T6- A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	0,064 d ±0,08	1,58 c ±0,34	8,42 b ±0,90	5,40 a ±0,45	164,25 a ±2,85	0,053 b ±0,08	
T7- A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	0,082 c ±0,06	1,99 b ±0,26	8,75 b ±0,69	4,40 a ±0,43	181,50 a ±2,11	0,049 b ±0,08	

Letras minúsculas na coluna iguais indicam não haver diferença significativa entre estratégias de manejo (Scott-Knott, p<0,05).

Os decréscimos observados na condutância estomática e taxa de transpiração, tiveram reflexos na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A) aos 60 DAS no Experimento I (Tabela 13), com reduções nas plantas irrigadas com alto nível salino (5,0 dS m<sup>-1</sup>) na ordem de 33,36%, 43,88%, 37,74% e 35,31% (T2- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, T3- A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>, T6- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T7- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>), quando comparadas com as plantas irrigadas com baixa salinidade (1,2 dS m<sup>-1</sup>) com A média de 13,52 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. a transpiração reduziu em função do fechamento estomático, esse comportamento é estratégico para manter os níveis de eficiência instantânea do uso da água, e não comprometeu a fotossíntese. Tais valores são semelhantes aos encontrados por Sá et al. (2018) e Oliveira et al. (2017) que estudaram o efeito do estresse salino na cultura do feijão *Vigna*.

Para a concentração interna de carbono (Ci) aos 60 DAS (Tabela 13), verificou-se nas estratégias de manejo cuja taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> teve reduções, resultaram em maior concentração interna de carbono, nas plantas irrigadas com alta salinidade na fase vegetativa, floração e nas estratégias com fases sucessivas de floração e frutificação com médias de 179,0, 182,65 e 181,50 μmol mol<sup>-1</sup> respectivamente. Acrescenta-se ainda, que o T1- A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> e T5- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> obtiveram maiores médias na fotossíntese, porém, não diferiram estatisticamente dos T2- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, T3- A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>, T6- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T7- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> na concentração interna de CO<sub>2</sub>. Assim, estes tratamentos com maior concentração interna

de CO<sub>2</sub>, está relacionada com a limitação estomática onde, o carbono não estava sendo metabolizado limitando do desempenho fotossintético (NASCIMENTO, 2009).

Os tratamentos T2- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, T3- A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>, T5- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, T6- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T7- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> tiveram reduções de 28,88%, 23,21%, 20,45%, 35,01% e 39,95% respectivamente. De acordo com Oliveira et al., (2017), embora tenha havido uma diminuição em ambas as variáveis, a redução na concentração interna de CO<sub>2</sub> foi menor do que na fotossíntese líquida, o que explica a diminuição na EiC. Tal fato indica que houve fatores de ordem estomática atuando sobre o processo fotossintético. Foi observado que não houve redução em Ci, constatado redução na A, indicando que a rubisco não estava funcionando de forma eficiente.

Pelo teste de agrupamento de médias para as estratégias de manejo da salinidade, no segundo experimento (Tabela 14), observa-se redução na condutância estomática (*gs*) das plantas irrigadas com água de alta salinidade (5,0 dS m<sup>-1</sup>), na fase vegetativa aos 42 DAS da ordem de 21,60%, 25,12% e 26,13% quando comparados com as plantas irrigadas com baixa salinidade (1,2 dS m<sup>-1</sup>). Aos 65 DAS, houve recuperação das plantas na estratégia B-EV e B-EFL, não diferindo estatisticamente da estratégia A-SE. Plantas oriundas da estratégia de manejo da salinidade nas fases sucessivas de floração e frutificação no ciclo anterior, reduziram 41,57% e 32,61% nos BC-EV e BC-EFF respectivamente, diferindo estatisticamente quando comparado com o BC-SE. Destaca-se que a regulação estomática é considerada um importante mecanismo de tolerância de vegetais ao estresse salino, por reduzir a taxa transpiratória. Como consequência, reduz-se, também, a absorção de água e de sais (DIAS et al., 2018), refletindo-se em menor acumulação de íons nos tecidos vegetais, um fator importante para a maioria das glicófitas expostas ao estresse salino, embora haja reflexos sobre taxas fotossintéticas e acúmulo de biomassa (BEZERRA et al., 2018).

Aos 65 DAS, as estratégias constaram de exposição ao estresse salino na fase de frutificação, registrando-se nos tratamentos C-SE, C-EV, BC-EV e BC-EFF os menores valores e diferiram estatisticamente na taxa de transpiração médias entre 2,62 a 3,11 mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. O fechamento estomático é uma das primeiras repostas do estresse salino, isto é observado na redução da taxa de transpiração das plantas de feijoeiro *Vigna*. De modo que, quando as plantas são submetidas ao estresse salino apresentam alterações morfológicas e anatômicas como estratégias de adaptação à condição adversa, a exemplo da redução no número de folhas, refletindo redução de transpiração, como alternativa para manter a absorção de água (OLIVEIRA et al., 2013).

Em consequência das reduções na condutância estomática e da taxa de transpiração, a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> também foi afetada nos tratamentos B-EV, C-EV e BC-EV quando as plantas foram irrigadas com água de alta salinidade na fase vegetativa na ordem de 11,43%, 22,0% e 13,61%, respectivamente. Vale ressaltar na fase de floração, recuperação da fotossíntese das plantas no tratamento B-EV, em que plantas oriundas de sementes formadas sob estresse salino no ciclo anterior, sem diferirem, significativamente, do tratamento de baixa salinidade. No tratamento BC-EFF foram observadas reduções mais acentuadas na fotossíntese das plantas nas fases de floração e frutificação na ordem de 32,94% e 27,45%, quando comparados com o A-SE (1,2 dS m<sup>-1</sup>). Deve-se ressaltar, ainda, que em plantas de metabolismo C<sub>3</sub> os valores de fotossíntese oscilam, normalmente, entre 10 e 20 μmol de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (TAIZ et al., 2017), valores estes encontrados neste estudo.

Tabela 14. Teste de médias referente à condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), eficiência instantânea do uso da água, concentração interna de carbono (Ci) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) do feijoeiro *Vigna* aos 42 e 65 dias após a semeadura no experimento II.

Estratégias de Manejo	Experimento II											
	gs		E		A		Ci		EiUA		EiC	
42 DAS												
A – SE	0,24 a	±0,15	3,43 a	±0,40	19,68 a	±2,73	190,1 a	±18,49	5,82 a	±0,96	0,10 a	±0,51
B – SE	0,22 a	±0,07	3,62 a	±0,26	19,93 a	±2,28	190,3 a	±12,67	5,51 a	±0,69	0,11 a	±0,35
B – EV	0,19 b	±0,11	3,05 a	±0,36	17,43 b	±2,58	191,1 a	±14,89	5,39 a	±0,73	0,08 b	±0,36
B – EFL	0,22 a	±0,10	3,62 a	±0,32	20,39 a	±1,90	181,1 a	±13,32	5,70 a	±0,79	0,11 a	±0,47
C – SE	0,23 a	±0,12	3,70 a	±0,24	20,16 a	±2,49	184,7 a	±15,28	5,46 a	±0,80	0,11 a	±0,42
C – EV	0,18 b	±0,11	2,92 b	±0,40	15,35 b	±2,72	190,8 a	±12,48	5,02 a	±0,75	0,07 b	±0,40
C – EFR	0,21 a	±0,15	3,30 b	±0,33	20,08 a	±2,74	175,2 a	±28,71	6,08 a	±1,02	0,12 a	±0,45
BC – SE	0,23 a	±0,11	3,73 a	±0,32	20,89 a	±3,07	188,7 a	±17,09	5,50 a	±0,86	0,11 a	±0,43
BC – EV	0,18 b	±0,08	3,16 b	±0,24	17,00 b	±2,60	182,1 a	±11,33	5,41 a	±0,54	0,09 b	±0,35
BC – EFF	0,26 a	±0,10	3,86 a	±0,23	21,38 a	±2,05	192,8 a	±12,06	5,55 a	±0,82	0,09 b	±0,42
65 DAS												
A – SE	0,21 a	±0,27	3,57 a	±0,71	20,80 b	±2,27	173,50a	±0,08	5,89 b	±0,05	0,122 a	±0,47
B – SE	0,21 a	±0,46	3,47 a	±0,87	20,42 b	±2,19	172,7 a	±0,10	5,89 b	±0,13	0,122 a	±0,42
B – EV	0,25 a	±0,29	3,45 a	±0,83	21,53 b	±2,03	193,5 a	±0,06	6,56 a	±0,11	0,110 b	±0,58
B – EFL	0,23 a	±0,30	3,37 a	±0,82	22,02 b	±2,26	178,2 a	±0,06	6,55 a	±0,07	0,129 a	±0,39
C – SE	0,17 b	±0,40	2,63 c	±1,19	18,55 c	±2,97	161,7 b	±0,07	6,98 a	±0,10	0,143 a	±0,51
C – EV	0,15 b	±0,27	2,62 c	±0,76	16,89 c	±2,13	164,0 b	±0,08	6,49 a	±0,10	0,113 b	±0,44
C – EFR	0,25 a	±0,42	3,77 a	±0,77	23,85 a	±2,90	185,2 a	±0,08	6,03 b	±0,11	0,137 a	±0,54
BC – SE	0,27 a	±0,23	3,70 a	±0,73	24,11 a	±1,61	176,1 a	±0,10	6,52 a	±0,10	0,137 a	±0,37
BC – EV	0,16 b	±0,36	2,69 c	±0,82	17,98 c	±2,07	158,0 b	±0,07	6,64 a	±0,10	0,123 a	±0,33
BC – EFF	0,18 b	±0,30	3,11 b	±0,54	15,09 c	±1,99	184,8 a	±0,07	5,66 b	±0,12	0,088 c	±0,57

Letras minúsculas iguais na coluna indicam não haver diferença significativa entre estratégias de manejos (Scott-Knott, p<0,05). Experimento II: A- sementes oriundas de plantas irrigadas no primeiro experimento com água de 1,2 dS m<sup>-1</sup>, B- sementes de plantas irrigadas no ciclo anterior com água salinizada na floração, C- sementes oriundas de plantas irrigadas com água salinizada na frutificação e BC- sementes produzidas no primeiro experimento sob alta salinidade na floração e formação da produção; SE: sem

A concentração interna de CO<sub>2</sub> (Tabela 14) oscilou, aos 65 DAS. Nos tratamentos T5- C-SE, T6- C-EV e T9- BC-EV foram menores os valores da *C<sub>i</sub>*, diferindo significativamente dos demais tratamentos, com médias de 161,7, 164,0 e 158,0 μmol mol<sup>-1</sup>, respectivamente. O maior valor de *C<sub>i</sub>* foi observado no B-EV, com média de 193,5 μmol mol<sup>-1</sup>, não diferindo da estratégia A-SE (173,5 μmol mol<sup>-1</sup>). Esses valores são considerados baixos quando comparados aos citados entre as plantas C<sub>3</sub> (200 e 250 mmol de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>) (TAIZ et al., 2017).

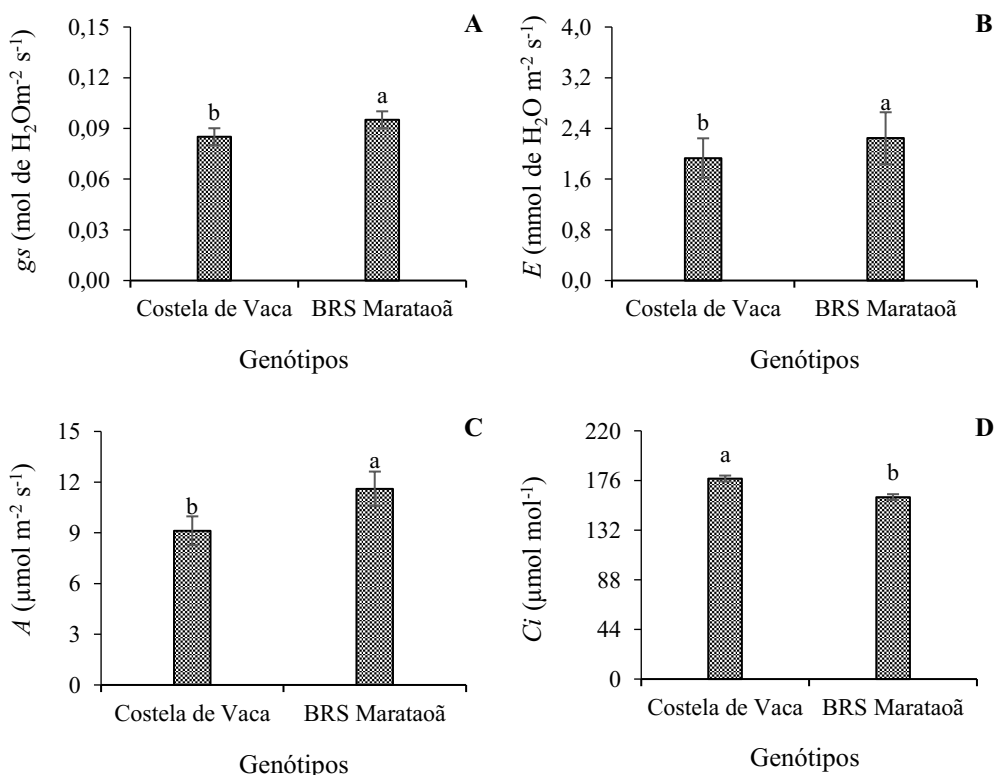
Houve reduções na condutância estomática, taxa de transpiração e taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, com maior eficiência instantânea no uso da água aos 65 DAS (Tabela 14), nos tratamentos onde as plantas foram expostas à estresse na fase vegetativa e floração B-EV, B-EFL, C-EV e BC-EV, com médias de 6,56, 6,55, 6,49 e 6,64 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>], não diferindo estatisticamente das estratégias C-SE e BC-SE com médias de 6,98 e 6,52, respectivamente. A eficiência no uso da água, expressa pela relação entre a fotossíntese e a transpiração, está relacionada à quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que perde (TAIZ et al., 2017). Plantas que tenham capacidade de aumentar a eficiência no uso da água sob condições de salinidade, como observado nas estratégias B-EV, B-EFL, C-EV e BC-EV, possivelmente, apresentem tolerância ao estresse salino.

Ao se analisar a eficiência instantânea da carboxilação aos 42 DAS (Tabela 14), nota-se reduções nas plantas irrigadas com água de 5,0 dS m<sup>-1</sup> na fase vegetativa e na estratégia de floração e formação das vagens B-EV, C-EV, BC-EV e BC-EFF com médias de 0,087, 0,077, 0,099 e 0,099 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>]. Houve reduções de 24,34%, 31,85%, 13,15% e 13,15% quando esses tratamentos foram comparados a B-SE, C-SE e BC-SE. Assim, decréscimos na *E<sub>i</sub>C* nos tratamentos que receberam salinidade da água na fase vegetativa estão relacionados à sensibilidade da espécie, não sendo eficiente para viabilizar a compartimentalização e exclusão de íons (Sá et al., 2015). Além disso, com maior resistência estomática às trocas gasosas, o fluxo da água no sistema solo-planta-atmosfera é afetado, com redução drástica no influxo de CO<sub>2</sub> para a câmara subestomática, restringindo a atividade da enzima Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase (Rubisco) (Freire et al., 2014), o que resultou em queda maior nas taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> e da eficiência instantânea de carboxilação nas plantas de feijoeiro *Vigna*.



Analisando-se os dados referentes ao teste de médias para os genótipos de feijoeiro *Vigna* aos 65 DAS no primeiro experimento (Figura 12A), foi maior a média da condutância estomática ( $g_s$ ) para o genótipo ‘BRS Marataoã’ com  $0,095 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , um aumento de  $0,010 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  quando comparado com o genótipo ‘BRS Marataoã’ com  $0,085 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . No segundo experimento, os valores médios de condutância variaram de  $0,21$  a  $0,4 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e, como já foi observado na fotossíntese líquida, os valores estão bem abaixo da normalidade para plantas  $C_3$  (TAIZ et al., 2017).

De forma proporcional ao ocorrido para abertura estomática, foi alta a taxa de transpiração das plantas no genótipo ‘BRS Marataoã’, com média de  $2,25 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  diferindo significativamente do genótipo Costela de Vaca ( $1,93 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), o que representa uma diferença de  $14,22\%$  (Figura 12B). É importante ressaltar que além de variar com a espécie, os mecanismos de tolerância podem também variar de acordo com o genótipo, fazendo com que dentro de uma mesma espécie existam genótipos mais ou menos sensíveis ao estresse salino (Leite et al., 2017).



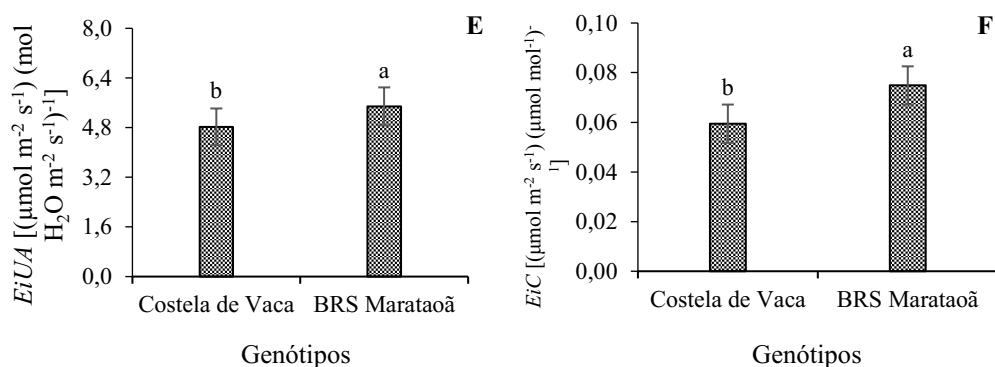


Figura 12. Teste de médias referente à condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), eficiência instantânea do uso da água (EiUA), concentração interna de carbono (Ci) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) em função dos genótipos de feijão *Vigna* aos 60 dias após a semeadura no primeiro experimento. Letras minúsculas iguais indicam não haver diferença significativa entre os genótipos de feijoeiro (Tukey,  $p < 0,05$ ).

Na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> do genótipo ‘BRS Marataoã’ (Figura 12C), constata-se a maior fotossíntese, diferindo do genótipo Costela de Vaca, como consequência das altas na condutância estomática e na transpiração. O dano no genótipo Costela de Vaca foi registrado com média de 9,12 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, redução de 21,38% quando comparado com o ‘BRS Marataoã’ com média de 11,60 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Nesse aspecto, a aclimação ao estresse é muito útil, permitindo a seleção de genótipos mais tolerantes e capazes de produzir bem, mesmo em ambientes com excesso de sais (SILVA et al., 2014).

Na análise dos dados referentes à concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) (Figura 12D), foi observada no genótipo Costela de Vaca a maior média (177,71 μmol mol<sup>-1</sup>), superando o genótipo BRS Marataoã (161,29 μmol mol<sup>-1</sup>). Esse fenômeno aumentou o influxo de CO<sub>2</sub> na planta em prol da maior abertura estomática, haja vista que a abertura estomática tem correlação positiva com atividade fotossintética das plantas de feijão *Vigna* (SOUZA et al., 2011).

Em relação à eficiência instantânea do uso da água (Figura 12E), destaca-se o genótipo BRS Marataoã, como mais eficiente, com média de 5,48 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) / (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)], ou seja, aumento de 11,86% quando comparado ao genótipo Costela de Vaca. Segundo Jamil et al. (2011), estas diferenças entre materiais genéticos no campo podem estar relacionadas ao crescimento e desenvolvimento das plantas sob condições salinas, frequentemente associados a efeitos cumulativos de vários estresses ambientais.

Na Tabela 16 se observa o desdobramento da interação entre as estratégias de manejo da salinidade em função dos genótipos de feijoeiro *Vigna*, destacando-se o maior

valor da  $g_s$  na estratégia irrigada com água de alta salinidade ( $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) na fase de floração (T3-  $A_1B_2C_1$ ), com valor médio de  $0,168 \text{ mol de H}_2\text{Om}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , diferindo estatisticamente, na mesma estratégia, do genótipo BRS Marataoã, com média  $0,110 \text{ mol de H}_2\text{Om}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , ou seja, redução de 34,52%. A maior abertura dos estômatos favorece a entrada de  $\text{CO}_2$  no mesófilo foliar, aumentando sua concentração interna e consequentemente a fotossíntese (TAIZ et al., 2017).

Pelo desdobramento da interação entre as estratégias de manejo da salinidade em função dos genótipos de feijoeiro (Tabela 15), os maiores valores na taxa de transpiração foram nos tratamentos irrigados com salinidade de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  na fase de floração e na combinação envolvendo a fase vegetativa e frutificação. As plantas do genótipo BRS Marataoã reduziram a taxa de transpiração quando foram expostas ao estresse salino nas estratégias T3-  $A_1B_2C_1$  e T5-  $A_2B_1C_2$ , com reduções de 38,10% e 30,18% respectivamente, quando comparadas às plantas irrigadas com  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$  (T3-  $A_1B_2C_1$  e T5-  $A_2B_1C_2$ ). Reduções na taxa de transpiração, segundo Pinto et al. (2008), estão diretamente ligadas à diminuição da condutância estomática, que de fato ocorreu nessa pesquisa. Enfatiza-se, ainda, que menores aberturas estomáticas resultam na diminuição da transpiração, com consequente aumento da temperatura foliar (Machado et al 2005).

Em relação ao desdobramento da interação (EM x G) para a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (Tabela 15), os resultados seguem a tendência da  $E$  e  $g_s$ , com os melhores resultados quando as plantas foram irrigadas com água de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  na fase de floração e na combinação com estresse salino nas fases vegetativa e frutificação. As reduções foram mais acentuadas no genótipo BRS Marataoã, da ordem de 35,47% e 35,80% (T3-  $A_1B_2C_1$  e T5-  $A_2B_1C_2$ ). Souza et al. (2011) verificaram que em plantas de feijão *Vigna* sob estresse salino foi menor a taxa de assimilação de carbono e justificaram que isso foi ocasionado pela redução da abertura dos estômatos, como observado neste estudo.

Tabela 15. Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) e eficiência instantânea da carboxilação aos 60 DAS no Experimento I.

Estratégias de Manejo	Experimento I							
	$g_s$				$E$			
	Costela de Vaca		BRS Marataoã		Costela de Vaca		BRS Marataoã	
T1- $A_1B_1C_1$	0,163 aA	$\pm 0,009$	0,146 aA	$\pm 0,009$	2,430 aA	$\pm 0,322$	2,683 aA	$\pm 0,167$
T2- $A_2B_1C_1$	0,094 cA	$\pm 0,011$	0,113 bA	$\pm 0,010$	1,519 bA	$\pm 0,181$	1,640 aA	$\pm 0,230$
T3- $A_1B_2C_1$	0,168 aA	$\pm 0,012$	0,110 bB	$\pm 0,005$	2,821 aA	$\pm 0,260$	1,746 aB	$\pm 0,186$

T4- A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	0,120 bA	±0,008	0,095 bA	±0,012	1,829 bA	±0,106	1,940 aA	±0,322
T5- A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	0,095 cA	±0,004	0,106 bA	±0,021	2,988 aA	±0,339	2,086 aB	±0,283
T6- A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	0,084 cA	±0,005	0,113 bA	±0,009	1,744 bA	±0,303	2,140 aA	±0,159
T7- A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	0,125 bA	±0,009	0,125 aA	±0,005	1,903 bA	±0,170	2,063 aA	±0,091
	<i>A</i>				EiC			
	Costela de Vaca		BRS Marataoã		Costela de Vaca		BRS Marataoã	
T1- A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	16,438 aA	±1,117	17,068 aA	±2,525	0,105 aA	±0,003	0,117 aA	±0,016
T2- A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	11,995 bA	±1,007	11,236 aA	±2,632	0,084bA	±0,006	0,065 bA	±0,012
T3- A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	19,861 aA	±1,342	12,816 aB	±1,258	0,104 aA	±0,005	0,057 bB	±0,005
T4- A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	14,554 bA	±1,723	11,549 aA	±1,746	0,107 aA	±0,008	0,051 bB	±0,010
T5- A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	19,591 aA	±0,344	12,578 aB	±2,983	0,137 aA	±0,010	0,086 aB	±0,005
T6- A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	9,323 bA	±0,727	13,365 aA	±0,723	0,061 bB	±0,012	0,103 aA	±0,014
T7- A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	14,283 bA	±1,043	16,320 aA	±0,584	0,079 bB	±0,013	0,117 aA	±0,007

Letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha iguais indicam não haver diferença significativa entre estratégias de manejos (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ) e entre genótipos (Tukey,  $p < 0,05$ ), respectivamente;

Experimento I: A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>: sem salinidade nas fases vegetativa, floração, frutificação e A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>: com salinidade nas fases vegetativa, floração, frutificação, respectivamente.

Pela interação entre os tratamentos (EM x G) para a eficiência instantânea da carboxilação (EiC), nota-se que o genótipo BRS Marataoã se destacou nas estratégias T6- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T7- A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>, quando comparado com a mesma estratégia no genótipo Costela de Vaca. A maior média foi registrada na estratégia T5- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> do Costela de Vaca, com valor de 0,137 [( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )<sup>-1</sup>], uma diferença de 36,76% em relação com o BRS Marataoã (0,086 [( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )<sup>-1</sup>]). Tais resultados foram semelhantes aos de, Soares et al. (2013) e Furtado et al. (2013) que observaram redução na eficiência da carboxilação instantânea em plantas de feijão *Vigna* sob estresse salino.

Analisando-se a interação dos fatores para a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*) (Tabela 16), no genótipo Costela de Vaca foi registrado o maior valor na estratégia C – EFR, com média de 24,15  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , sendo estatisticamente semelhante aos valores de *A* das estratégias B – SE, B – EV, B – EFL, C – EFR e BC – SE. Quanto ao genótipo BRS Marataoã, maior *A* foi registrada na estratégia T8- BC – SE (24,70  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). AS condições nos tratamentos C-EV, BC-EV e BC-EFF tiveram reduções na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, sendo considerados mais sensíveis quando o estresse salino foi aplicado nessas fases. De acordo com Hatamnia et al. (2013), a fotossíntese líquida é uma ferramenta muito útil para avaliar o estresse salino. A diminuição da fotossíntese líquida está relacionada à menor entrada de CO<sub>2</sub> na folha, ocasionada pela diminuição da condutância estomática e consequente redução da concentração interna de CO<sub>2</sub> (OLIVEIRA et al., 2017).

Na eficiência instantânea do uso da água foram registradas diferenças significativas no genótipo Costela de Vaca, com as menores médias nas estratégias A – SE, B – SE e BC – EFF, com valores de 5,545, 5,501 e 5,226 48  $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$ , respectivamente (Tabela 16). Azizian e Sepaskhah (2014) observaram incremento nos valores de eficiência intrínseca do uso da água cultivando milho com água salina. Neste trabalho, a irrigação com água de condutividade de 5,0 dS  $\text{m}^{-1}$  ocasionou diminuição da transpiração e fotossíntese das plantas, devido ao fechamento dos estômatos; conseqüentemente, o efeito da salinidade causou maiores reduções na transpiração do que na fotossíntese líquida, o que resultou em maiores valores de EiUA.

Tabela 16. Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (A), eficiência instantânea do uso da água (EiUA) e eficiência instantânea da carboxilação aos 65 DAS no Experimento II.

Estratégias de Manejo	Experimento II											
	A				EiUA				EiC			
	Costela de Vaca		BRS Marataoã		Costela de Vaca		BRS Marataoã		Costela de Vaca		BRS Marataoã	
A – SE	19,41 bA	±0,67	22,10 aA	±0,49	5,54 bA	±0,54	6,22 aA	±0,25	0,105 bB	±0,06	0,140 aA	±0,07
B – SE	21,89 aA	±0,78	18,95 bA	±0,88	5,50 bA	±0,35	6,28 aA	±0,43	0,121 aA	±0,04	0,123 bA	±0,07
B – EV	23,22 aA	±0,82	19,84 aA	±0,67	6,46 aA	±0,58	6,65 aA	±0,63	0,119 aA	±0,06	0,101 bA	±0,06
B – EFL	23,84 aA	±0,78	20,19 aA	±0,60	6,95 aA	±0,35	6,15 aA	±0,35	0,151 aA	±0,08	0,107 bB	±0,06
C – SE	15,84 bB	±1,31	21,25 aA	±0,85	6,44 aA	±0,52	7,50 aA	±0,45	0,122 aB	±0,09	0,163 aA	±0,11
C – EV	17,02 bA	±0,79	16,76 bA	±0,79	6,99 aA	±0,41	5,98 aA	±0,37	0,114 aA	±0,07	0,113 bA	±0,07
C – EFR	24,15 aA	±0,88	23,53 aA	±0,70	6,52 aA	±0,57	5,54 aA	±0,47	0,133 aA	±0,07	0,142 aA	±0,09
BC – SE	23,50 aA	±0,54	24,70 aA	±0,85	6,42 aA	±0,35	6,62 aA	±0,40	0,133 aA	±0,03	0,141 aA	±0,07
BC – EV	18,51 bA	±0,89	17,44 bA	±0,77	6,45 aA	±0,31	6,82 aA	±0,33	0,132 aA	±0,06	0,113 bA	±0,05
BC – EFF	15,13 bA	±0,64	14,99 bA	±0,38	5,22 bA	±0,53	6,08 aA	±0,62	0,081 bA	±0,06	0,095 bA	±0,07

Letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha iguais indicam não haver diferença significativa entre estratégias de manejos (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ) e entre genótipos (Tukey,  $p < 0,05$ ), respectivamente;

Experimento II: A- sementes oriundas de plantas irrigadas no primeiro experimento com água de 1,2 dS  $\text{m}^{-1}$ , B- sementes de plantas irrigadas no ciclo anterior com água salinizada na floração, C- sementes oriundas de plantas irrigadas com água salinizada na frutificação e BC- sementes produzidas no primeiro experimento sob alta salinidade na floração e formação da produção; SE: sem salinidade; EV, EFL, EFR, EFF: com salinidade nas fases vegetativa, floração, frutificação e floração/frutificação, respectivamente, no novo experimento.

Na eficiência instantânea da carboxilação (Tabela 16), o maior valor observado no genótipo Costela de Vaca na estratégia B – EFL com média de 0,151  $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$ , diferiu das estratégias A – SE e BC – EFF e do genótipo BRS Marataoã na mesma estratégia. No BRS Marataoã, foi verificada maior eficiência instantânea da carboxilação na estratégia C – SE, com média de 0,163  $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$ , diferindo estatisticamente das estratégias B – SE, B – EV, B – EFL, C – EV, BC – EV e

BC – EFF com valores oscilando entre 0,095 e 0,123 [ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ] ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )<sup>-1</sup>]. Vale ressaltar, que a eficiência de carboxilação instantânea está intimamente relacionada à abertura e fechamento estomático. Em estudos envolvendo as trocas gasosas do feijão *Vigna*, sob salinidade da água, Oliveira et al. (2017) observaram redução da condutância estomática, o que resultou na diminuição da fotossíntese. Além disso, os autores constataram que o fechamento estomático também causa menor difusão de CO<sub>2</sub> para a câmara subestomática e, como consequência, menor concentração interna de CO<sub>2</sub>. Corroborando com os resultados do presente estudo, Soares et al. (2013) e Furtado et al. (2013) observaram redução na eficiência de carboxilação instantânea em plantas de feijão *Vigna* sob estresse salino.

#### 5.1.4.2 Fluorescência da Clorofila *a*

Pelo resumo na análise de variância, não foram observados efeitos significativos na interação entre os fatores, envolvendo estratégias de manejo da salinidade, em função dos genótipos de feijoeiro *Vigna*, para as variáveis fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), em ambos os experimentos (Tabela 17). Entre os genótipos de feijoeiro, foi identificado efeito significativo para a fluorescência inicial (Fo) aos 60 DAS ( $p < 0,01$ ) no Experimento I e aos 65 DAS ( $p < 0,05$ ) no Experimento II. Em relação ao fator estratégias de manejo da salinidade constatou-se diferença significativa para fluorescência máxima (Fm) e fluorescência variável (Fv) aos 43 DAS e, para a fluorescência inicial (Fo) aos 65 DAS apenas no segundo experimento.

No Experimento I, não foram constatados efeitos significativos na fluorescência da clorofila *a*, em relação às estratégias de manejo da salinidade, em termos de fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) (Tabela 17). Diferentemente, no segundo experimento (Tabela 18), as plantas submetidas ao estresse salino durante a fase de floração, correspondente aos manejos B-EV e B-EFL, foram as mais afetadas pela salinidade, aos 43 DAS, com reduções de 15,85% e 5,28% na fluorescência variável (Fv), respectivamente, em comparação com plantas sem aplicação de água salina (B-SE), estratégias em que o estresse salino foi aplicado na floração no ciclo anterior.

Tabela 17. Resumo dos valores da análise de variância para fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e os

genótipos de feijão *Vigna* aos 45 e 60 DAS no primeiro experimento, e aos 43 e 65 DAS no segundo experimento.

Variáveis	DAS	QM		GL	QM		GL	QM		C.V. %	Média Geral
		Estratégias de Manejo (EM)			Genótipos (G)			(EM x G)			
Experimento I											
Fo	42	6	3957 <sup>ns</sup>	1	56,0 <sup>ns</sup>	6	5004 <sup>ns</sup>	9,01	790		
Fm		6	287362 <sup>ns</sup>	1	209720 <sup>ns</sup>	6	54709 <sup>ns</sup>	10,45	3320		
Fv		6	224223 <sup>ns</sup>	1	127875 <sup>ns</sup>	6	71787 <sup>ns</sup>	12,23	2539		
Fv/Fm		6	0,0010 <sup>ns</sup>	1	0,0007 <sup>ns</sup>	6	0,0003 <sup>ns</sup>	3,69	0,7582		
Fo	60	6	896 <sup>ns</sup>	1	21646 <sup>**</sup>	6	3134 <sup>ns</sup>	7,27	698		
Fm		6	69415 <sup>ns</sup>	1	120065 <sup>ns</sup>	6	91287 <sup>ns</sup>	7,17	3177		
Fv		6	127454 <sup>ns</sup>	1	126540 <sup>ns</sup>	6	105274 <sup>ns</sup>	11,41	2442		
Fv/Fm		6	0,0016 <sup>ns</sup>	1	0,0032 <sup>ns</sup>	6	0,0010 <sup>ns</sup>	6,07	0,7688		
Experimento II											
Fo	43	9	1684 <sup>ns</sup>	1	708 <sup>ns</sup>	9	1119 <sup>ns</sup>	8,22	524		
Fm		9	203541 <sup>*</sup>	1	510 <sup>ns</sup>	9	79660 <sup>ns</sup>	13,34	2369		
Fv		9	173590 <sup>*</sup>	1	16,2 <sup>ns</sup>	9	63877 <sup>ns</sup>	15,58	1845		
Fv/Fm		9	0,0014 <sup>ns</sup>	1	0,000005 <sup>ns</sup>	9	0,0005 <sup>ns</sup>	3,91	0,7743		
Fo	65	9	5206 <sup>*</sup>	1	9702 <sup>*</sup>	9	1785 <sup>ns</sup>	8,75	532		
Fm		9	102337 <sup>ns</sup>	1	12954 <sup>ns</sup>	9	62343 <sup>ns</sup>	10,16	2284		
Fv		9	86713 <sup>ns</sup>	1	235 <sup>ns</sup>	9	57351 <sup>ns</sup>	11,94	1752		
Fv/Fm		9	0,0012 <sup>ns</sup>	1	0,0010 <sup>ns</sup>	9	0,0009 <sup>ns</sup>	3,24	0,7644		

<sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>: não significativo e significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; respectivamente, pelo teste 'F' e DAS = dias após a semeadura

Já a fluorescência inicial, aos 65 DAS, das plantas submetidas à água de irrigação salinizada na estratégia BC-EV, as sementes provieram de plantas que, no primeiro experimento, foram submetidas à alta salinidade nas fases de floração/frutificação (BC). As plantas não diferiram das que receberam água com baixa salinidade (BC-SE), mas que se originaram, respectivamente, das mesmas sementes, não afetando a integridade do complexo receptor de luz do fotossistema II (FS II) no feijão *Vigna*. Ou seja, quando a planta é submetida ao estresse salino, no ciclo seguinte genes são induzidos, o que pode resultar em aumento dos níveis de metabólitos em algumas dessas plantas, o que lhes pode conferir certo grau de proteção para condições de estresse (Chen et al., 2019).

Tabela 18. Teste de agrupamentos de médias referente as estratégias de manejo da salinidade para a fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), no Experimento II aos 43 e 65 DAS.

Estratégias de Manejo	43 DAS							
	Fo		Fm		Fv		Fv/Fm	
A- SE	512 a	±3,6	2163 b	±8,0	1651 b	±4,4	0,76 a	±0,0005

B- SE	526 a	±3,4	2380 a	±8,8	1854 a	±12,1	0,78 a	±0,0019
B- EV	499 a	±20,1	2058 b	±141,0	1560 b	±120,9	0,75 a	±0,0067
B- EFL	525 a	±6,4	2281 b	±91,8	1756 b	±85,5	0,76 a	±0,0129
C- SE	514 a	±9,1	2399 a	±61,0	1884 a	±51,9	0,78 a	±0,0021
C- EV	526 a	±1,1	2474 a	±64,4	1948 a	±63,3	0,78 a	±0,0063
C – EFR	547 a	±2,6	2532 a	±1,8	1985 a	±4,3	0,78 a	±0,0008
BC – SE	525 a	±8,8	2437 a	±22,7	1912 a	±14,0	0,78 a	±0,0016
BC – EV	536 a	±5,7	2452 a	±84,8	1916 a	±79,1	0,78 a	±0,0052
BC – EFF	522 a	±2,7	2452 a	±28,5	1930 a	±25,9	0,78 a	±0,0021
Estratégias de Manejo	65 DAS							
	Fo		Fm		Fv		Fv/Fm	
A- SE	557 a	± 3,3	2301 a	±65,4	1744 a	±62,1	0,76 a	±0,006
B- SE	560 a	±10,2	2192 a	±25,8	1632 a	±15,6	0,74 a	±0,002
B- EV	499 b	±1,2	2095 a	±51,9	1597 a	±50,6	0,76 a	±0,004
B- EFL	496 b	±6,8	2348 a	±73,3	1851 a	±66,5	0,79 a	±0,005
C- SE	557 a	±4,3	2468 a	±27,9	1911 a	±23,6	0,77 a	±0,001
C- EV	516 b	±10,3	2298 a	±13,8	1783 a	±3,4	0,77 a	±0,003
C – EFR	513 b	±8,5	2231 a	±60,7	1718 a	±52,2	0,77 a	±0,002
BC – SE	560 a	±15,3	2437 a	±36,2	1877 a	±20,9	0,77 a	±0,003
BC – EV	537 a	±7,3	2264 a	±44,0	1727 a	±36,7	0,76 a	±0,003
BC – EFF	528 b	±7,2	2205 a	±205,1	1678 a	±197,8	0,76 a	±0,026

Na análise dos dados referentes aos genótipos (Figura 13A e B), nota-se que, no primeiro experimento, a menor fluorescência inicial (Fo) foi observada no genótipo BRS Marataoã (679) aos 60 DAS; no segundo ciclo houve, de forma semelhante, a mesma tendência dos dados onde foram observados menor Fo (521) obtida no genótipo BRS Marataoã aos 65 DAS. No genótipo Costela de Vaca, em ambos os experimentos, constatou-se elevados valores de Fo sendo de 718 e 543, nos experimentos I e II, respectivamente.

O aumento da fluorescência inicial pode ocorrer devido a danos no fotossistema II, com redução da capacidade de captação da luz solar pelo complexo antena, constituído de vários pigmentos e transferência (concentração) da energia para o centro da reação (Azevedo Neto et al., 2011; Taiz et al., 2017). Portanto, ocorreu incremento da fluorescência inicial (Fo) no genótipo ‘Costela de Vaca’, uma evidência de ter sido menor o fluxo da energia para a fase fotoquímica da fotossíntese, em relação ao ‘BRS Marataoã’.

Experimento I

Experimento II



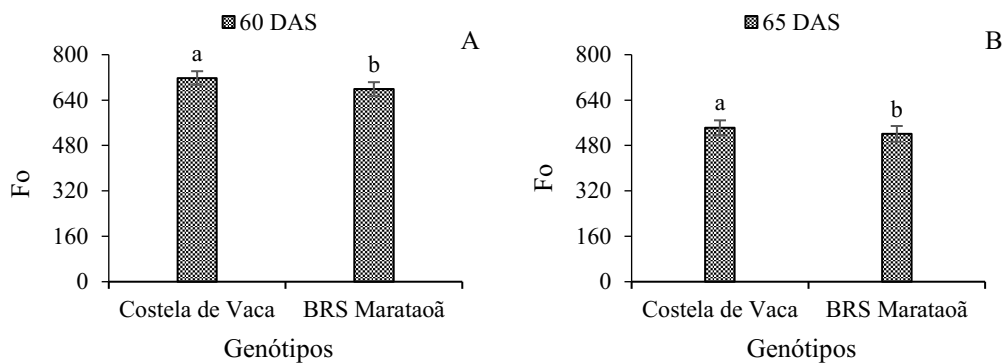


Figura 13. Médias da fluorescência inicial ( $F_o$ ) aos 60 DAS, no primeiro experimento (A), e aos 65 DAS, no segundo experimento (B), em função dos genótipos de feijão *Vigna*. Letras minúsculas iguais indicam não haver diferença significativa entre os genótipos de feijoeiro (Tukey,  $p < 0,05$ ).

No primeiro experimento, com base na análise de variância (Tabela 19), constatou-se diferença significativa nas estratégias de manejo da salinidade (EM) sobre a eficiência quântica do fotossistema II (YII), aos 45 dias após a semeadura, e taxa de transporte de elétrons (ETR) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR), aos 45 e 60 DAS. Não ocorreu efeito entre os genótipos (G) e interação entre os fatores (EM x G). Em relação ao segundo experimento, houve efeito das estratégias de manejo da irrigação sobre os parâmetros de fluorescência do protocolo Yield apenas na avaliação aos 43 DAS, uma evidência de terem as plantas se aclimatado ao estresse salino com o decorrer do desenvolvimento, pois aos 65 DAS não se registrou mais efeito significativo dos fatores em estudo.

Com base no teste de agrupamentos de médias para a fluorescência antes do pulso de saturação ( $F_s$ ), Figura 14A, constata-se na estratégia BC-EV, diferença estatística em relação aos demais tratamentos. As plantas deste manejo de salinidade foram provenientes de sementes cultivadas, no primeiro ciclo, sob salinidade na fase de floração + frutificação. O fato de as plantas da estratégia BC- EV passarem por estresse salino, desta vez, com água de alta salinidade na fase vegetativa, no segundo ciclo, pode ter relação com o efeito ocorrido na fluorescência inicial ocasionando dano no aparato fotossintético.

Tabela 19. Resumo da análise de variância referente à fluorescência inicial antes do pulso de saturação ( $F_s$ ), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante ( $F_{ms}$ ), eficiência quântica do fotossistema II (YII), taxa de transporte de elétrons (ETR) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em função de diferentes estratégias de manejo da

salinidade e genótipos de feijão *Vigna* aos 45 e 60 DAS no primeiro experimento, e aos 43, 65 DAS no segundo experimento.

Variáveis	DAS	GL	QM				C.V. %	Média Geral	
			Estratégias de Manejo (EM)	GL	Genótipos (G)	GL			(EM x G)
Experimento I									
Fs	45	6	5.594 <sup>ns</sup>	1	1.420 <sup>ns</sup>	6	1.324 <sup>ns</sup>	34,94	166,64
Fms		6	22.671 <sup>ns</sup>	1	32.016 <sup>ns</sup>	6	13.688 <sup>ns</sup>	30,47	343,05
YII		6	0,058936*	1	0,000019 <sup>ns</sup>	6	0,018452 <sup>ns</sup>	29,81	0,48
ETR <sup>1</sup>		6	59,32*	1	0,783219 <sup>ns</sup>	6	6,86 <sup>ns</sup>	38,33	11,85
PAR <sup>1</sup>		6	529,67**	1	15,49 <sup>ns</sup>	6	125,92 <sup>ns</sup>	40,91	27,66
Fs	60	6	1.196,79 <sup>ns</sup>	1	1.196,79 <sup>ns</sup>	6	87,99 <sup>ns</sup>	17,79	131,43
Fms		6	8.556,49 <sup>ns</sup>	1	8.556,49 <sup>ns</sup>	6	6.378,93 <sup>ns</sup>	23,4	333,95
YII		6	0,020025 <sup>ns</sup>	1	0,020025 <sup>ns</sup>	6	0,008983 <sup>ns</sup>	20,65	0,58
ETR <sup>1</sup>		6	45,68**	1	45,68**	6	23,99 <sup>ns</sup>	27,23	9,71
PAR <sup>1</sup>		6	264,37**	1	264,37**	6	73,59 <sup>ns</sup>	42,63	20,77
Experimento II									
Fs	45	9	635,94*	1	266,45 <sup>ns</sup>	9	164,51 <sup>ns</sup>	14,35	112,28
Fms		9	5.147**	1	90,31 <sup>ns</sup>	9	2.218 <sup>ns</sup>	17,66	241,49
YII		9	0,05071**	1	0,01164 <sup>ns</sup>	9	0,00737 <sup>ns</sup>	15,97	0,51776
ETR <sup>1</sup>		9	8.562**	1	1.961 <sup>ns</sup>	9	2.324 <sup>ns</sup>	47,01	146,4
PAR <sup>1</sup>		9	753.393**	1	230.910 <sup>ns</sup>	9	78.591 <sup>ns</sup>	59,5	759,45
Fs	60	9	2.376,96 <sup>ns</sup>	1	2.257,81 <sup>ns</sup>	9	991,87 <sup>ns</sup>	29,6	135,86
Fms		9	2.451,00 <sup>ns</sup>	1	29.223,01*	9	4.808,07 <sup>ns</sup>	30,52	230,54
YII		9	0,02051 <sup>ns</sup>	1	0,035112 <sup>ns</sup>	9	0,010546 <sup>ns</sup>	38,58	0,38835
ETR <sup>1</sup>		9	14,539 <sup>ns</sup>	1	2,011 <sup>ns</sup>	9	8,380 <sup>ns</sup>	26,13	12,67
PAR <sup>1</sup>		9	109,943 <sup>ns</sup>	1	57,285 <sup>ns</sup>	9	38,701 <sup>ns</sup>	26,41	32,66

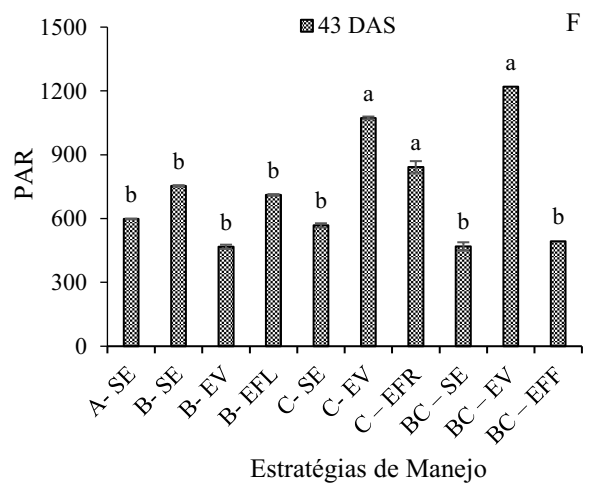
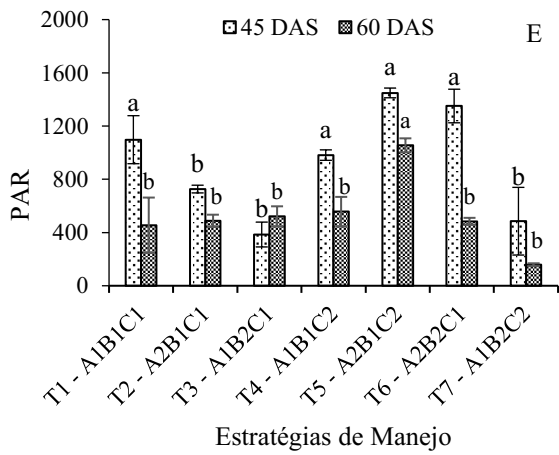
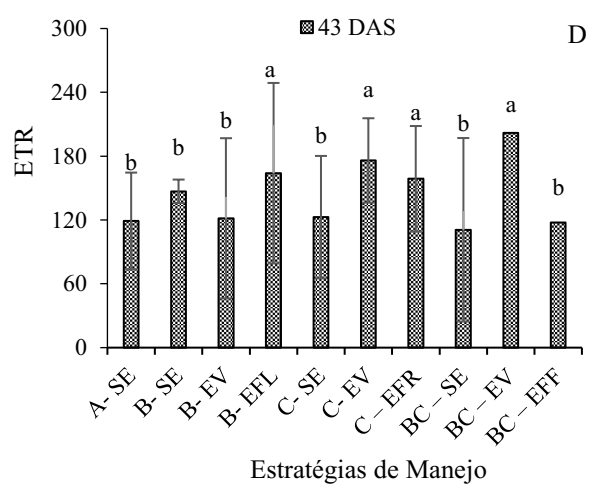
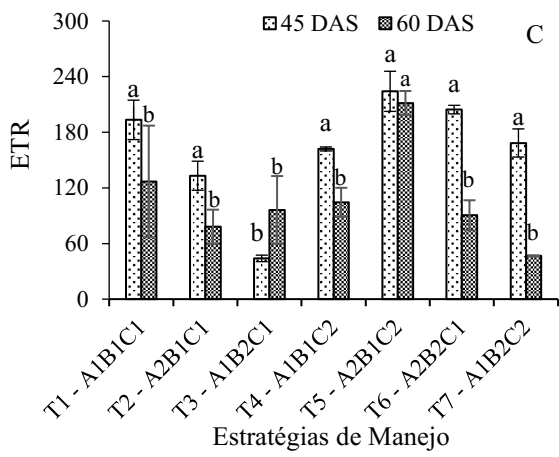
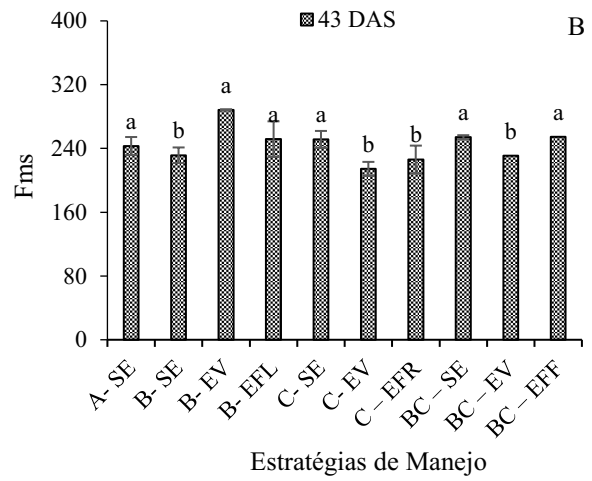
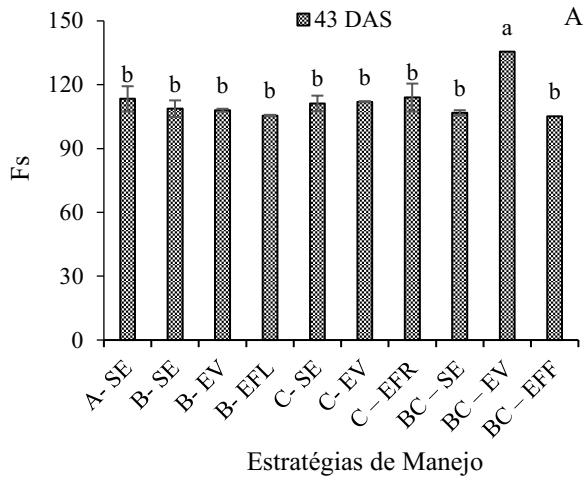
<sup>ns</sup>, \*\*, \*, <sup>1</sup>: não significativo e significativo a p < 0,01 e p < 0,05; respectivamente, pelo teste 'F', DAS = dias após a semeadura e <sup>1</sup> dados transformados em  $\sqrt{X}$ .

Aumento da salinidade da água de irrigação promove incrementos na Fs, evidenciando dano ao centro de reação do PSII (P680), ocasionado pelo estresse salino (BAKER e ROSENQVST, 2004).

Em relação à fluorescência, após adaptação à luz saturada (Fms) das plantas de feijoeiro (Figura 14B), verifica-se que as estratégias de manejo da salinidade B- EV, B-EFL, BC- EV, mesmo passando por um novo estresse nesse novo ciclo de cultivo não diferiram estatisticamente das estratégias A- SE, C- SE e, BC- SE. Tal fato reforça a

aclimatação desenvolvida pelas plantas, demonstrando recuperação após passar por novo estresse em ciclo sucessivo. Estas respostas podem estar relacionadas ao aumento da eficiência fotoquímica e ativação de rotas fotoprotetoras do fotossistema. Brito et al. (2016) relatam aumento da fluorescência inicial com relação a danos no aparato fotossintético das plantas, indicando que o sistema antena não está sendo capaz de conter a energia radiante, promovendo com isso maior dissipação de energia e consequentemente perda de eficiência do aparato fotossintético.

A taxa de transporte de elétrons (ETR), em função das estratégias de manejo da salinidade, aos 45 DAS e 60 DAS, no primeiro ciclo (Figura 14C), diferiram entre si no teste de agrupamento de médias onde, a estratégia de manejo da salinidade T5 – A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, em ambas as datas, obtiveram a maior média com valores de 224,16 e 211,51 51  $\mu\text{mol}$  elétrons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente. Pode ser observado no segundo experimento (Figura 15D), que as estratégias B- EFL, C- EV, C- EFR e BC- EV foram estatisticamente superiores em comparação aos outros tratamentos. Estas estratégias ao passar por um novo estresse na fase vegetativa (C- EV e BC- EV), floração (B- EFL) e frutificação (C- EFR) podem ser reflexo de menor taxa ATP e NADPH reduzido evidenciando tolerância desse tratamento ao estresse salino. Segundo Parihar et al. (2015), PSII é um componente sensível da máquina fotossintética e responsivo ao estresse salino, ou seja, alterações mínimas na fluorescência promovem reduções na eficiência desse fotossistema e na cadeia de transporte de elétrons, alterando a ETR e acarretando em diminuição da atividade fotossintética. Bendaly et al., (2016) reforçam os resultados encontrados, de acordo com os autores essa diminuição no tempo de recuperação, evidencia uma diminuição na taxa de utilização de ATP e NADPH para a assimilação de CO<sub>2</sub>, levando à redução na eficiência do fotossistema.



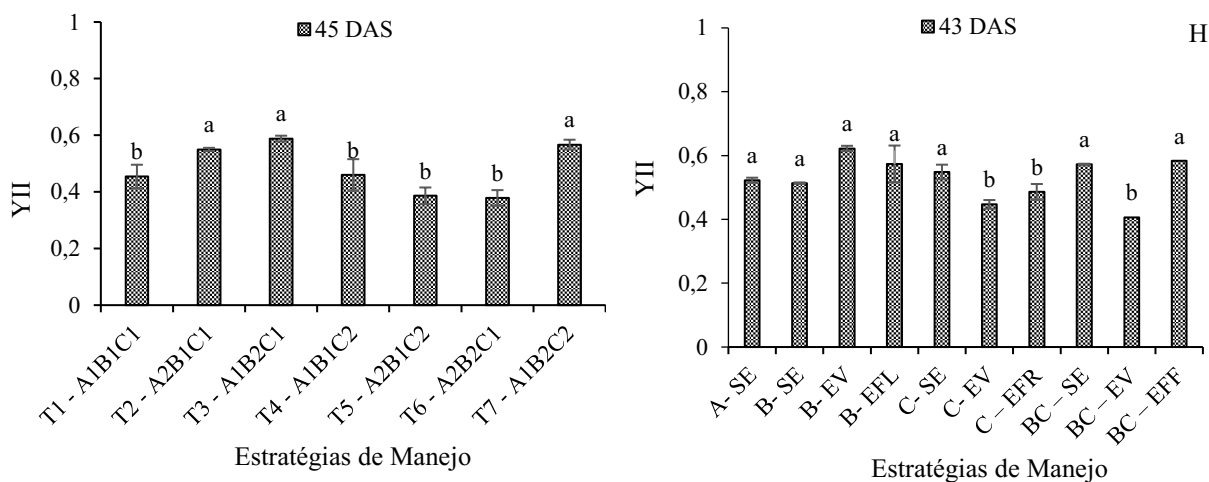


Figura 14. Teste de agrupamento de médias para a fluorescência antes do pulso de saturação (Fs) (A) e fluorescência após adaptação à luz saturada (Fms) (B) aos 43 DAS, no experimento II; taxa de transporte de elétrons (ETR) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) aos 45 e 60 DAS (C e E), no Experimento I e, no segundo aos 43 DAS (D e F), respectivamente; e eficiência quântica do fotossistema II aos 45 DAS no primeiro experimento (G) e, aos 43 DAS segundo experimento (H). Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott ( $P < 0,05$ ).

Ao se discutir os dados da Figura 14E e F, sobre a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) das plantas de feijoeiro, em ambos, os experimentos, constata-se semelhança nos resultados encontrados na ETR, com as maiores médias nas estratégias T5 – A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> e BC-EV. Tais resultados podem estar relacionados com o tempo de exposição à salinidade e a incidência de luz no dossel vegetal como resultado de dano na radiação fotossinteticamente ativa. De acordo com Chen et al. (2018), intensidades elevadas de luz ocorrem em conjunto com déficit de pressão de vapor e alta temperatura; estes fatores podem ter aumentado a demanda transpiracional do dossel superior para o resfriamento das folhas e, quando a demanda transpiracional de uma folha for maior que seu suprimento de água, ela será superaquecida e ocasionará danos. Como foi observado efeito nas folhas de feijoeiro sob baixa e alta salinidade, isso pode ser resultado dessa falha hidráulica induzida pelo sal no transporte de água. Hu et al. (2005) acrescentam que plantas sob níveis salinos elevados reduzem o tamanho e o número das nervuras foliares.

A eficiência quântica do fotossistema II (YII), em função das estratégias de manejo da salinidade aos 45 DAS, no Experimento I, diferiram entre si no teste de agrupamento de médias onde, os tratamentos T2 – A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, T3 – A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T7 – A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>, foram superiores estatisticamente com maior eficiência com 0,54, 0,58 e 0,56, respectivamente (Figura 15G).

Em análise conjunta dos dados, no segundo experimento (Figura 15H), pode-se observar que as estratégias onde as plantas foram oriundas de sementes que passaram por estresse salino na fase floração e floração + frutificação, evidenciaram mais eficiência no fotossistema II, comportamento semelhante ao primeiro experimento.

De acordo com Azevedo Neto et al. (2011), o parâmetro YII indica a fração de energia absorvida pela clorofila associada ao PSII que foi utilizada em atividade fotoquímica. Dessa forma, demonstra a quantidade de elétrons transportados, indicando a ocorrência da fotossíntese (BAKER, 2008). O principal fator que determina essa eficiência quântica é a capacidade dos elétrons serem removidos da quinona receptora do PSII, estando diretamente relacionado com a taxa de consumo de ATP e NADPH, produtos resultantes do transporte de elétrons na fotossíntese (TORRES NETTO et al., 2005). Conseqüentemente, aumentos na YII são indicativos de elevação na atividade fotossintética dessas plantas.

Não foram verificados efeitos significativos na interação entre as estratégias de manejo da salinidade e os genótipos de feijoeiro, nos dois experimentos (Tabela 20). Ao se analisar o fator isolado 'estratégias de manejo', observam-se diferenças significativas na fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado ( $F_o'$ ) e rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (YNPQ) aos 45 DAS no primeiro experimento e aos 43 DAS no segundo experimento. Para os genótipos de feijão *Vigna* constata-se efeito significativo apenas para a  $F_o'$  aos 65 DAS no segundo ciclo de produção.

Na análise da fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado ( $F_o'$ ), no primeiro experimento aos 45 DAS (Figura 15A), constata-se que na estratégia de manejo T6-A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>, sendo as plantas irrigadas com alta salinidade durante a fase vegetativa e floração de forma sucessiva, teve aumento de 29,65% quando comparada ao tratamento irrigado com água de 1,2 dS m<sup>-1</sup> durante todo o ciclo. Aos 43 DAS, no segundo experimento (Figura 15B), ressalta-se as estratégias T6-C-EV, T7-C-EFR e T9-BC-EV, que após o primeiro ciclo foram irrigadas com da água salina na fase frutificação e floração + frutificação, tiveram dano na  $F_o'$  quando foram exposta ao estresse salino, no novo ciclo de produção, nas fases vegetativa e de frutificação não havendo diferença estatística entre si. Isto evidencia a ocorrência de danos ao aparato fotossintético e, conseqüentemente, redução da capacidade de crescimento das plantas, tal como foram constatados nas variáveis de crescimento e de fitomassa.

Tabela 20. Resumo da análise de variância referente ao protocolo Yield para a fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo'); O coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (qL); o rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Ynpq), e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Yno), em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e os genótipos de feijão *Vigna* aos 45 e 60 DAS no primeiro experimento, e aos 43, 65 DAS no segundo experimento.

Variáveis	DAS	QM							
		GL	Estratégias de Manejo (EM)	GL	Genótipos (G)	GL	(EM x G)	C.V. %	Média Geral
Experimento I									
Fo'		6	6.798.190**	1	0,521089 <sup>ns</sup>	6	2.059.140 <sup>ns</sup>	30,59	4,18
qL <sup>1</sup>	45	6	0,000056 <sup>ns</sup>	1	0,000063 <sup>ns</sup>	6	0,00003 <sup>ns</sup>	43,94	0,013
Ynpq		6	0,056797*	1	0,00008 <sup>ns</sup>	6	0,018265 <sup>ns</sup>	29,42	0,46
Yno			0,000458 <sup>ns</sup>		0,000017 <sup>ns</sup>		0,000139 <sup>ns</sup>	33,95	0,05
Fo'		6	1,740*	1	0,298 <sup>ns</sup>	6	0,947 <sup>ns</sup>	23,03	3,6
qL <sup>1</sup>	60	6	0,000255 <sup>ns</sup>	1	0,000076 <sup>ns</sup>	6	0,000061 <sup>ns</sup>	46,01	0,015
Ynpq		6	0,050842**	1	0,010422 <sup>ns</sup>	6	0,007883 <sup>ns</sup>	18,7	0,433
			0,000163 <sup>ns</sup>		0,000036 <sup>ns</sup>		0,000081 <sup>ns</sup>	21,86	0,0486
Fo'		9	1,62 <sup>ns</sup>	1	0,770855 <sup>ns</sup>	9	0,926707 <sup>ns</sup>	35,43	3,58
qL <sup>1</sup>	45	9	0,000071 <sup>ns</sup>	1	2,06E+08 <sup>ns</sup>	9	0,00001 <sup>ns</sup>	38,4	0,016
Ynpq		9	0,018759 <sup>ns</sup>	1	0,009487 <sup>ns</sup>	9	0,009386 <sup>ns</sup>	31,25	0,373
Yno		9	0,000133 <sup>ns</sup>	1	0,000017 <sup>ns</sup>	9	0,000008 <sup>ns</sup>	20,51	0,042
Fo'		9	1,950 <sup>ns</sup>	1	17,100*	9	1,763 <sup>ns</sup>	31,41	4,08
qL <sup>1</sup>	60	9	0,000077 <sup>ns</sup>	1	0,000144 <sup>ns</sup>	9	0,000043 <sup>ns</sup>	46,33	0,013
Ynpq		9	0,016079 <sup>ns</sup>	1	0,045073 <sup>ns</sup>	9	0,0103 <sup>ns</sup>	26,01	0,5509
Yno		9	0,000657 <sup>ns</sup>	1	0,000618 <sup>ns</sup>	9	0,000187 <sup>ns</sup>	31,09	0,0602

<sup>ns</sup>, \*\*, \*, <sup>1</sup>: não significativo e significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; respectivamente, pelo teste 'F', DAS = dias após a semeadura e <sup>1</sup> dados transformados em  $\sqrt{X}$ .

Aumento nos valores de Fo' é indicativo de danos ao centro de reação PSII (P680) ou redução na transferência da energia de excitação da antena PSII, ocasionada pelo estresse salino (BAKER; ROSENQVST, 2004; SILVA et al. 2014).

Na Figura 15C, verifica-se o rendimento quântico de dissipação regulada (Y<sub>npq</sub>), aos 45 DAS, no primeiro experimento, onde os tratamentos com maiores médias foram

T1-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, T4-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, T5-A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, e T6-A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>, com médias de 0,49, 0,49, 0,54 e 0,57, respectivamente. No segundo ciclo de produção (Figura 15D), as estratégias derivadas, no ciclo anterior, de sementes provenientes do tratamento com alta salinidade na fase de frutificação, registraram novamente os maiores rendimento quântico de dissipação regulada com valores médios de 0,50 (T6-C-EV), 0,47 (T7-C-EFR), estes valores não diferiram estatisticamente nas estratégias T9-BC-EV (0,53). O  $Y_{npq}$  refere-se à dissipação da energia na forma de calor através do mecanismo fotoprotetor regulador, evitando assim, danos provocados pelo excesso de fótons, de forma que uma  $Y_{npq}$  elevada indica alta capacidade fotoprotetora (SACRAMENTO et al., 2018; STIRBET e GOVINDJEE, 2011). SANTOS et al. (2020) relatam que tais fatos podem estar relacionados à mecanismos com funções de mitigar o estresse provocado pelo aumento da concentração de cloreto de sódio, utilizando na forma de calor, a dissipação da energia em processos não fotoquímicos, assim, redução na  $Y_{II}$ , podem ocasionar perda de energia luminosa dissipada para a fotossíntese.

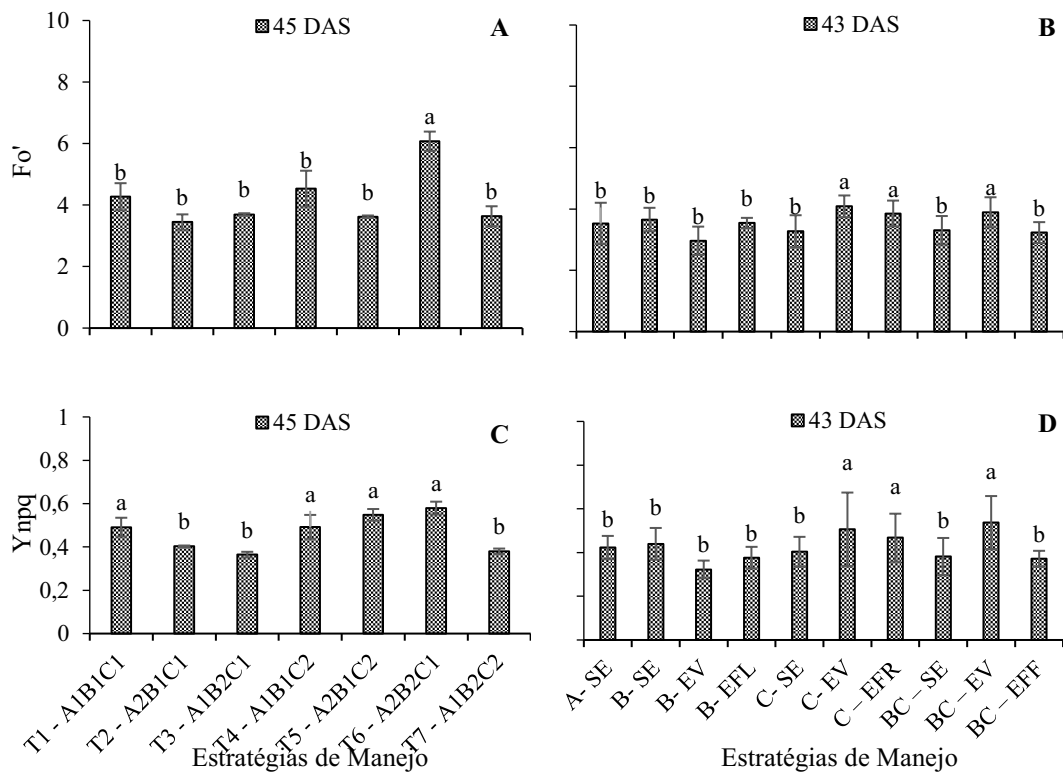


Figura 15. Teste de médias referente à fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado ( $F_o'$ ) (A e B) e o rendimento quântico de dissipação regulada ( $Y_{npq}$ ) (C e D), do feijoeiro *Vigna* aos 45 e 60 DAS no primeiro experimento, e aos 43, 65 DAS no segundo experimento. Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott ( $P < 0,05$ ).



Quanto à fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fms), em função dos genótipos de feijoeiro, aos 45 DAS no primeiro ciclo de cultivo (Figura 16A), foi observado maior Fms para o genótipo de BRS Marataoã com valor médio de 249,65, diferindo estatisticamente do genótipo Costela de Vaca com média de 211,42. A fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo'), no segundo experimento (Figura 16B), no genótipo Costela de Vaca foi superior estatisticamente ao genótipo BRS Marataoã e registrou média de 4,55, aumento de 20,43%.

Com a exposição do genótipo Costela de Vaca às estratégias de manejo de alta salinidade (5,0 dS m<sup>-1</sup>), foram observados incrementos em fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado e reduções na fluorescência máxima após adaptação à luz saturante, fato que está relacionado com as reduções das eficiências fotoquímicas, acarretando a perdas de energia por dissipação de calor e através da ativação de vias fotoprotetoras do fotossistema. De acordo com Oliveira et al. (2018), a fluorescência funciona como indicador do estresse salino em feijão *Vigna* e os autores relatam que estudo funcional do aparato fotossintético é considerado um indicador fisiológico muito útil para se avaliar a sensibilidade das plantas ao estresse abiótico ambiental, principalmente por ser uma análise não invasiva, altamente sensível, rápida e confiável.

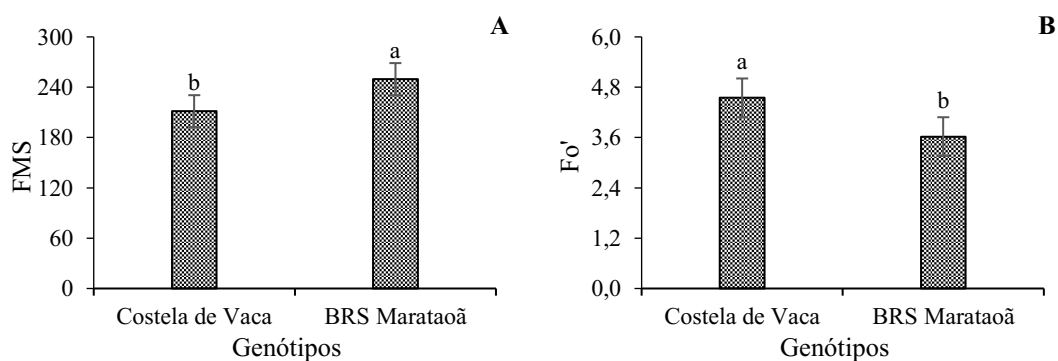


Figura 16. Teste de médias referente fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fms) (A) e à fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo') (B) do feijoeiro *Vigna* aos 43 DAS no segundo experimento. Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

### 5.1.5 Fitomassa

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 21), houve interação entre os fatores estudados para a FSPA aos 45 e 60 DAS no primeiro experimento e aos 43 DAS no segundo experimento. No segundo experimento, foi significativo o efeito

isolado dos fatores aos 65 DAS ‘estratégias de manejo’ da salinidade ( $p < 0,01$ ) e ‘genótipos de feijoeiro’ ( $p < 0,05$ ).

Tabela 21. Resumo da análise de variância para a fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em função de diferentes estratégias de manejo da salinidade e genótipos de feijão *Vigna* aos 45 e 60 DAS no primeiro experimento, e aos 43 e 65 DAS no segundo experimento.

Fontes de variação	Quadrados Médios					
	FSPA					
	Experimento I			Experimento II		
	45 DAS	60 DAS	GL	43 DAS	65 DAS	GL
Estratégias de Manejo (EM)	119,53**	89,03**	6	301,34**	462,29**	9
Genótipos (G)	10,52*	24,97*	1	56,48*	105,27*	1
EM x G	24,71**	35,62**	6	54,53**	8,57 <sup>ns</sup>	9
Bloco	2,21 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	3	2,33 <sup>ns</sup>	17,96 <sup>ns</sup>	4
Erro	1,72	3,44	39	11,48	12,77	57
CV (%)	9,8	14,22		18,99	11,53	
Média Geral	13,38	13,05		17,84	30,99	

<sup>ns</sup>, \*\*, \*: não significativo e significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; respectivamente, pelo teste ‘F’ e DAS = dias após a semeadura

De acordo com o desdobramento entre as estratégias de manejo da salinidade e os genótipos de feijoeiro *Vigna*, no Experimento I, para a fitomassa seca da parte aérea aos 45 DAS (Figuras 17A), o genótipo Costela de Vaca foi superior estatisticamente com maior FSPA (18,63 g por planta) em relação ao BRS Marataoã (14,76 g por planta) quando às plantas foram irrigadas com água de 1,2 dS m<sup>-1</sup>, durante todo o ciclo. O maior crescimento em fitomassa foi verificada na estratégia T4 – A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, em ambos os genótipos, com médias de 20,27 g no Costela de Vaca e no BRS Marataoã de 15,42 g. Foram registradas reduções mais acentuadas da FSPA no genótipo Costela de Vaca nos tratamentos T2 – A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> e T5 – A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, plantas expostas ao estresse salino na fase vegetativa e vegetativa + frutificação, com médias no valor de 7,54 e 7,92 g, respectivamente. Tais fatos reforçam as reduções verificadas anteriormente na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, ocasionando reduções no crescimento das plantas de feijão *Vigna*. Reduções no crescimento do feijoeiro *Vigna* ocasionadas pela salinidade, também, foram constatadas Prazeres et al. (2015). Tais fatos reforçam as reduções verificadas anteriormente no crescimento das plantas de feijão *Vigna*.

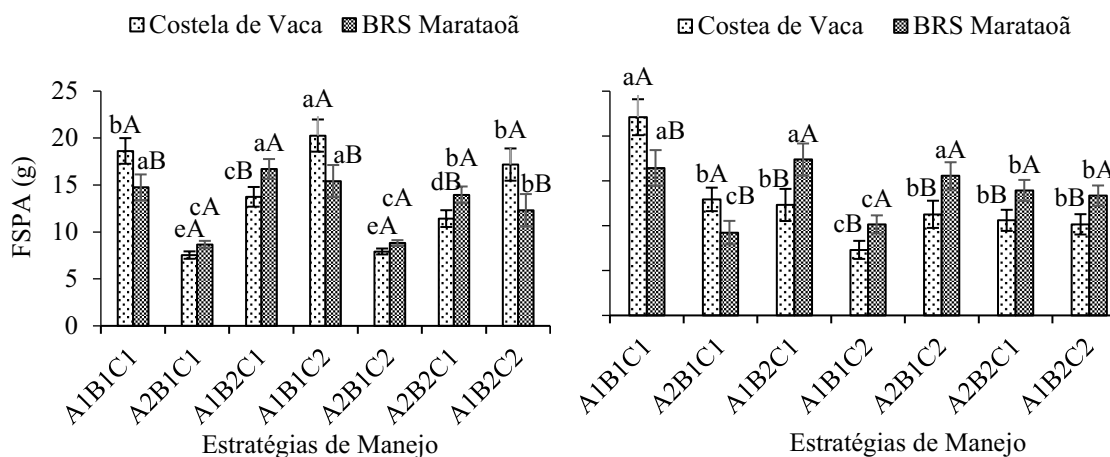


Figura 17. Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para fitomassa seca da parte aérea em g (FSPA), aos 45 DAS (A) e 60 DAS (B) do experimento I. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Na Figura 17B, estão os dados de desdobramento da interação para a FSPA aos 60 DAS onde se observa no tratamento T1 – A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> a maior média no genótipo Costela de Vaca com 22,10 g por planta, diferindo do BRS Marataoã com 16,43 g por planta, um aumento de 25,65%. Os resultados observados nas trocas gasosas e no crescimento dos genótipos de feijão *Vigna* tiveram reflexos no acúmulo de fitomassa, constatando-se reduções nas estratégias envolvendo a fase vegetativa, sendo considerada a mais sensível ao estresse salino. De acordo com Sá et al. (2018), a fitomassa reflete o acúmulo real de carboidratos gerado na fotossíntese; a redução da atividade fotossintética ocasionada pelo estresse salino, pode afetar diretamente o acúmulo de fitomassa das plantas de feijoeiro.

Outro aspecto relevante foi a recuperação da FSPA do genótipo BRS Marataoã, aos 60 DAS, nas estratégias T3 – A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T5 – A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, logo após o término da aplicação da salinidade, nas referidas fases, não diferindo do tratamento de baixa salinidade (1,2 dS m<sup>-1</sup>) durante todo o ciclo, demonstrando que as plantas desse genótipo compensaram os efeitos da exposição da salinidade (Figura 17B). Segundo Santos et al. (2009), o feijão *Vigna* apresenta características distintas, variando de acordo com o genótipo que responde de forma diferenciada às condições climáticas locais. Tal fato pode estar relacionado à escala de desenvolvimento fenológico do feijão *Vigna*, que segundo Moura et al., (2012), a fase vegetativa tem maior duração entre as fases fenológicas do feijão *Vigna*.

Conforme a interação entre os fatores (EM x G) para a FSPA, no segundo experimento, aos 43 DAS (Figura 18A e B), os genótipos diferiram entre si apenas nas

estratégias B-SE e C-SE com maior FSPA no Costela de Vaca (25,53 e 29,43 g por planta), ou seja, acréscimos de 23,81 e 46,04% quando comparado ao genótipo BRS Marataoã. Nas plantas submetidas ao estresse salino na fase vegetativa, nos manejos B-EV, C-EV e BC-EV, foram as mais afetadas pela salinidade, com decréscimos na FSPA de 11,78, 9,08 e 8,80 g por planta no genótipo Costela de Vaca e 8,78, 7,90 e 10,50 g por planta no genótipo BRS Marataoã, respectivamente, em relação às plantas sem aplicação da água salinizada (A-SE), independente da fase em que as sementes foram formadas no ciclo anterior. Ao contrário dos resultados encontrados neste estudo, Calvet et al. (2013), ao estudarem a irrigação de águas salinas em diferentes fases de desenvolvimento do feijão *Vigna*, não verificaram efeito da salinidade sobre a fitomassa das plantas. Entretanto, decréscimos na fitomassa do feijão *Vigna* sob estresse salino têm sido relatados por vários autores (HADI et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015). Segundo Lacerda et al. (2011), a redução da matéria seca da parte aérea em plantas de feijão *Vigna*, irrigadas com água salina, está relacionada ao desvio de energia em decorrência do aumento dos níveis de salinidade do solo; logo, a redução nos valores da matéria seca da parte aérea pode ser o reflexo do custo metabólico de energia.

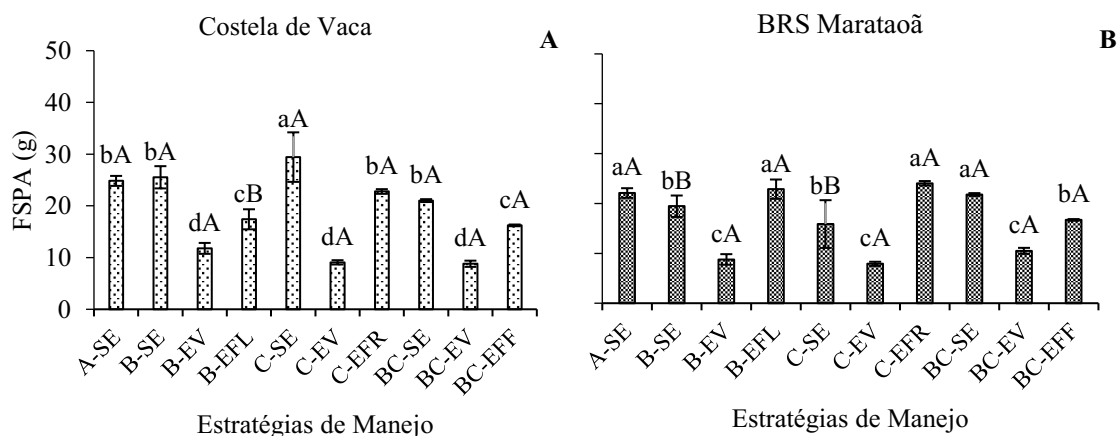


Figura 18. Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para fitomassa seca da parte aérea (FSPA) do genótipo Costela de Vaca (A) e do BRS Marataoã (B) do experimento II aos 43 DAS. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

Estudando a FSPA em função das estratégias de manejo da salinidade de forma isolada aos 65 DAS (Figura 19), no segundo experimento, observam-se reduções na fitomassa da parte aérea nas estratégias T3- B-EV, T6- C-EV e T9- BC-EV com médias

de 18,38, 19,63 e 22,65 g por planta, ou seja reduções de 54,85%, 50,25% e 51,85% quando comparadas com as estratégias de B- SE, C- SE e BC- SE, respectivamente.

Ao contrário, as plantas oriundas de sementes formadas sob condições de alta salinidade, na fase de florescimento, no ciclo anterior, aclimataram-se ao estresse salino no novo ciclo, sendo obtidas FSPA comparáveis aos das plantas sem estresse salino, apesar de terem sido irrigadas com alta salinidade na fase de florescimento (B-EFL) aos 65 DAS (Figura 19). Este fato é um indicativo de que a exposição da planta à salinidade da água de irrigação durante essa fase exerce menor efeito sobre o acúmulo de fitomassa das plantas, quando comparadas ao primeiro ciclo de produção. Possivelmente, tais efeitos estão associados a regulações epigenéticas, em resposta ao estresse salino imposto no ciclo anterior, ocasionando modificações na expressão de genes no ciclo seguinte (DOUHOVNIKOFF e DODD, 2014).

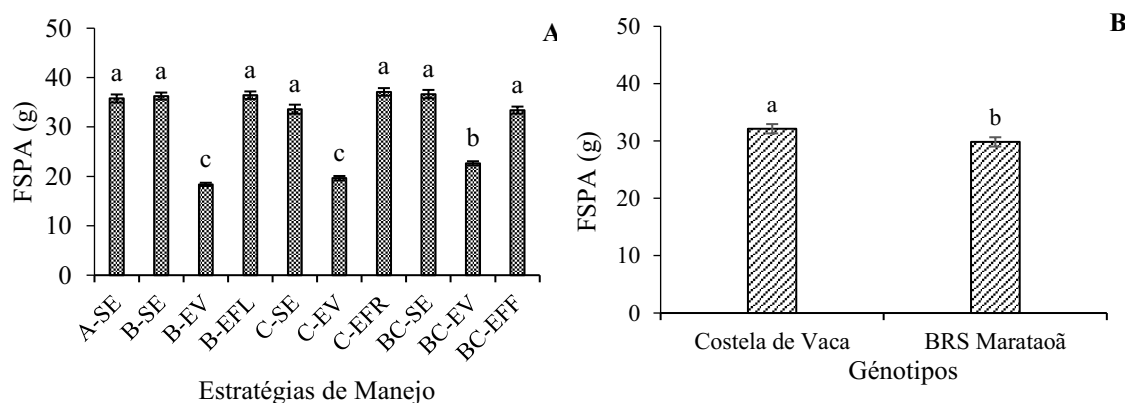


Figura 19. Teste de agrupamento de médias para fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em função das estratégias de manejo (A) e genótipos de feijão *Vigna* (B) aos 65 DAS do experimento II. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ). Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Teste de Tukey,  $p < 0,05$

Quanto à fitomassa da parte aérea dos genótipos de feijoeiro *Vigna*, aos 65 dias após a semeadura (Figuras 19B), o genótipo Costela de Vaca foi o de maior fitomassa seca, diferindo estatisticamente do genótipo BRS Marataoã; tal fato reflete os resultados semelhantes no crescimento em número de folhas, altura de plantas e diâmetro de caule das plantas de feijoeiro. Na FSPA para o Costela de Vaca, a média foi de 32,14 g por planta, enquanto, o BRS Marataoã atingiu média 29,84 g por planta. Aquino et al. (2017) e Oliveira et al. (2013), ao avaliarem genótipos de feijão *Vigna* submetidos ao estresse

salino, verificaram também reduções na matéria seca das plantas de feijoeiro *Vigna* quando submetidas a aumento da salinidade do solo.

### 5.1.6 Componentes de produção

Conforme o resumo da análise de variância (Tabela 22), a interação entre os fatores estratégias de manejo da salinidade e genótipos influenciou de forma significativa o comprimento de vagem (CVA), número médio de vagens por planta (NMV), número médios de grãos por vagens (NMG) e produção (PROD) no Experimento I; e número médio de vagens, índice de grãos e produção no Experimento II. Para a análise dos fatores isolados, observa-se diferença significativa nas estratégias de manejo da salinidade no índice de grãos (IG), no primeiro experimento; e, comprimento de vagens e número médio de grãos no segundo experimento. Para o fator genótipo, verifica-se significância para apenas o comprimento de vagem ( $p < 0,01$ ) no Experimento II.

Tabela 22. Resumo da análise de variância para o comprimento de vagem (CVA), número médio de vagens (NMV), índice de grãos (IG), número médio de grãos (NMG) e produção (PROD) em função das estratégias de manejo da salinidade e dos genótipos de feijoeiro *Vigna* no primeiro e segundo ciclo de produção.

Quadrados Médios							
Experimento I							
	Estrat. de Manejo	Genótipos	EM x G	Bloco	Resíduo	C.V. (%)	Média Geral
CVA	1,95**	6,47**	1,52*	0,34 <sup>ns</sup>	0,52	5,10	14,17
NMV	47,05**	8,45*	40,60**	1,46 <sup>ns</sup>	1,51	14,22	5,74
IG	298,66*	59,64 <sup>ns</sup>	211,37 <sup>ns</sup>	93,58 <sup>ns</sup>	131,65	15,84	72,42
NMG	8,89**	0,16 <sup>ns</sup>	3,31**	0,87 <sup>ns</sup>	0,73	11,50	7,43
PROD.	89.702,26**	174.589,34**	17.131,58**	3.849,15 <sup>ns</sup>	3.995,42	6,37	992,24
G. L.	6	1	6	3	39	-	-
Experimento II							
CV	2,60*	76,19**	0,95 <sup>ns</sup>	6,79**	1,02	6,66	15,20
NMV	15,85**	35,68**	5,66**	4,65*	1,20	18,77	5,85
IG	119,19**	13,04 <sup>ns</sup>	79,37*	41,49 <sup>ns</sup>	37,47	8,71	70,29
NMG	3,84**	3,09 <sup>ns</sup>	1,52 <sup>ns</sup>	7,66**	1,16	10,81	9,96
PROD.	1.635.300,37**	219.189,45 <sup>ns</sup>	567.398,87**	89.767,34 <sup>ns</sup>	61.274,29	20,07	1.233,54
G. L.	9	1	9	3	57	-	-

<sup>ns</sup>, \*\* e \* : não significativo e significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; respectivamente, pelo teste 'F' e DAS = dias após a semeadura.

Ao se desdobrar os genótipos de feijoeiro dentro de cada estratégia de manejo da salinidade (Figuras 20A e 20B), no primeiro experimento, observam-se na cv. Costela de

Vaca reduções ocasionadas pela salinidade da água. Nas estratégias, quando o estresse salino foi aplicado na fase de frutificação e na combinação vegetativa e floração (T4-A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T6-A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>), ocorreram decréscimos no comprimento das vagens diferindo da estratégia testemunha (T1-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>), em 7,86% e 11,56%, respectivamente.

Quanto aos genótipos avaliados em função das estratégias de manejo, verificou-se diferença no comprimento das vagens do ‘BRS Marataoã’ comparado ao ‘Costela de Vaca’, quando o estresse foi aplicado na fase de floração, com redução de 2,31 cm no comprimento das vagens. Lacatelli (2014) relata que a diferença no número de vagens por planta entre cultivares, pode estar relacionado às características de cada cultivar. Silva et al. (2007) acrescentam que o número de vagens por planta é o componente básico que mais se relaciona com a produção de grãos, sendo muito influenciado pelo ambiente.

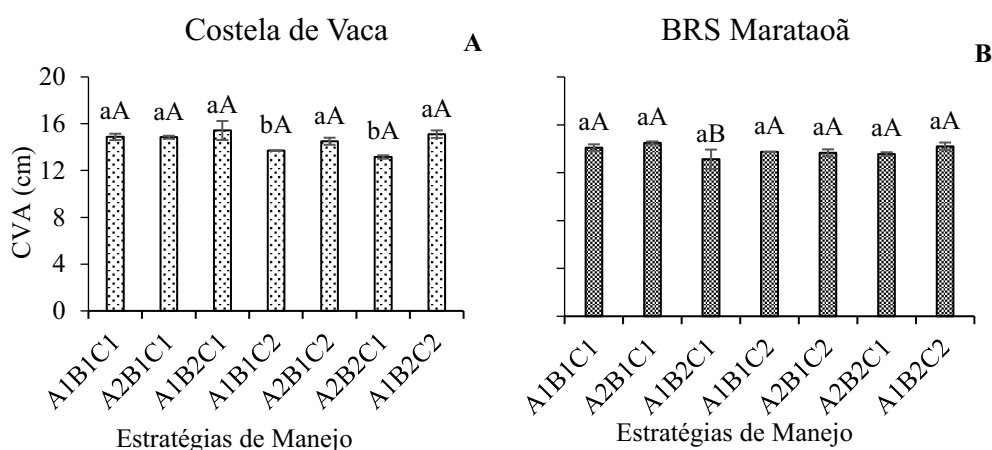


Figura 20. Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para o comprimento das vagens - CVA no primeiro experimento. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

De acordo com o teste de agrupamento de médias para o comprimento de vagens no segundo experimento (Figura 21A), constata-se o maior comprimento na estratégia BC-SE, plantas provenientes de sementes que passaram por estresse salino nas fases de floração e frutificação de forma sucessiva no ciclo anterior, com valor médio de 16,13 cm, não diferindo das estratégias C-SE e C-EFR com médias de 15,93 e 15,86 cm, respectivamente. Na Figura 21B, observa-se que o genótipo Costela de Vaca diferiu estatisticamente do genótipo BRS Marataoã para o comprimento de vagens, com diferença de 2 cm entre genótipos. Estudando a produção de feijão *Vigna* em condições salinas Manaf e Zayed (2015), encontraram valores no comprimento de vagem inferiores

aos deste estudo, com média de 9,33 cm. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva e Neves (2011) e Barros (2012) no cultivo de feijoeiro *Vigna* irrigado.

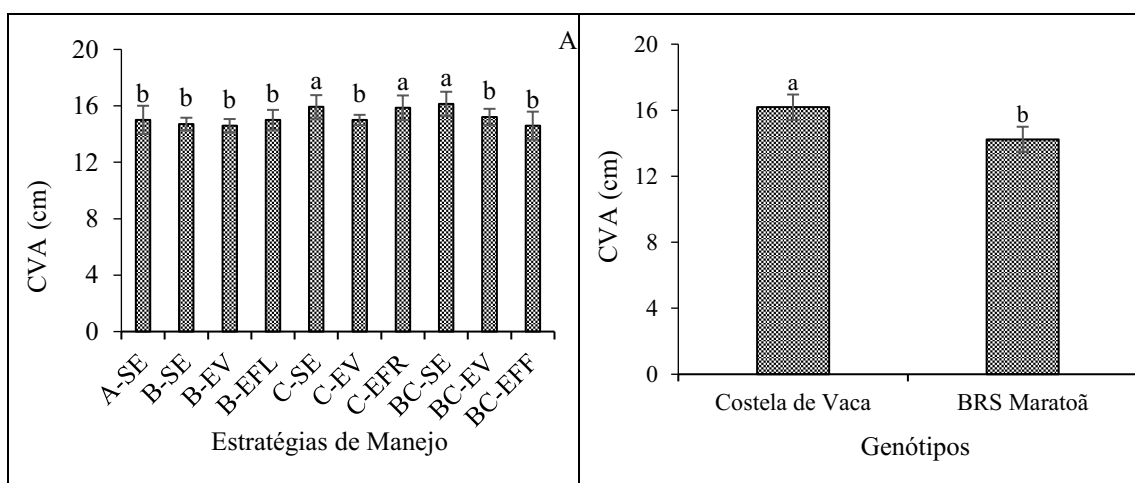


Figura 21. Teste de agrupamento para o comprimento das vagens - CV em função das estratégias de manejo da salinidade (A) e genótipos de feijão *Vigna* (B) do segundo experimento. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

O desdobramento da interação entre genótipos em função das estratégias de manejo da salinidade para o número médio de vagens por planta, em ambos os experimentos (Figura 22A e 22B). No primeiro ciclo de produção, o tratamento irrigado com baixa salinidade durante todo o ciclo (T1-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>) obteve a melhor média, em ambos os genótipos, com valores de 5,81 vagens no genótipo Costela de Vaca e de 9,36 vagens para o genótipo BRS Marataoã. Ainda no primeiro ciclo, o genótipo Costela de Vaca não diferiu entre estratégias T4-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> (4,71 vagens), T5-A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> (4,94 vagens) e T6-A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> (4,67 vagens), tais estratégias tiveram as plantas irrigadas com água de alta salinidade (5,0 dS m<sup>-1</sup>) na fase de frutificação e, nas fases com estresse sucessivos durante a vegetativa + frutificação e floração + frutificação.

O número médio de vagens, no segundo experimento (22C e 22D), observa-se no genótipo Costela de Vaca o maior NMV no tratamento C-SE com média de 8 vagens por planta diferindo dos demais tratamentos, tal estratégia foi proveniente de sementes exposta ao estresse salino na fase de frutificação, no ciclo anterior. Ressaltam-se que as reduções mais acentuadas neste genótipo foram observadas nos tratamentos B-EV, C-EV, C-EFR, BC-EV e BC-EFF, na ordem de 44,81%, 46,61%, 39,32%, 26,64% e 37,95%, quando comparados com as estratégias irrigadas com água de baixa salinidade (B-SE, C-SE e BC-SE). O maior decréscimo no número médio de vagens fora na estratégia B-EV



com reduções de 60,40%, sendo esta estratégia a considerada mais sensível ao estresse salino em ambos os genótipos.

Tal fato, pode estar relacionado a características genéticas do BRS Marataoã onde, sob estresse, este genótipo concentra suas energias para a manutenção das características das vagens em detrimento da quantidade de vagem produzida. Reduções no número de vagens, também, foram observadas por Bezerra et al. (2010) e Oliveira et al. (2015). De acordo com Furtado et al. (2014), o estresse salino causa limitação dos ramos reprodutivos, além disso provoca aumento na taxa de abortamento, fatos estes que estão relacionados com a baixa quantidade de vagens em estratégias irrigadas com alta salinidade.

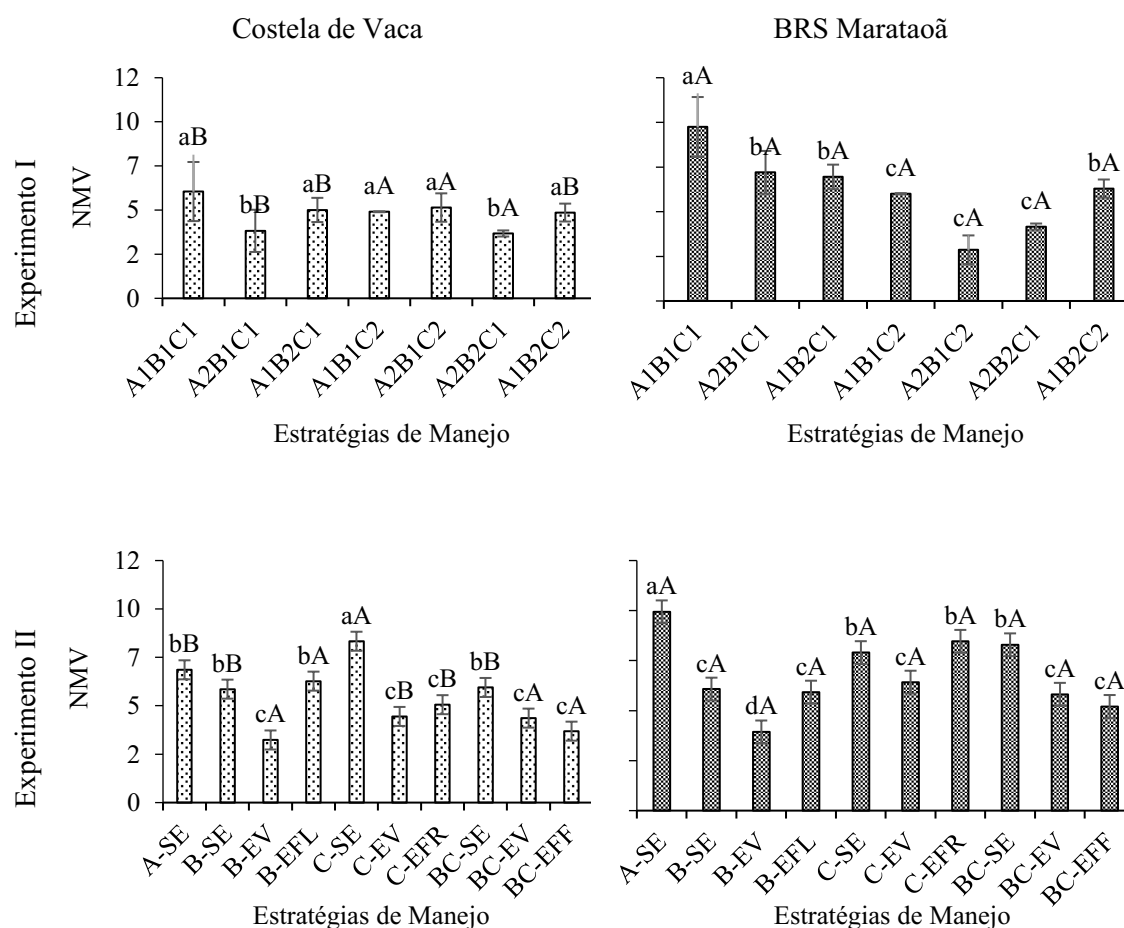


Figura 22. Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para o número médio de vagens (NMV) do primeiro experimento (A e B) e do segundo experimento (C e D). Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos

manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

Na Figura 23, tem-se o teste de agrupamento de médias para o índice de grãos nas estratégias de manejo da salinidade onde, o maior índice foi observado no tratamento T2 – A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> com valor médio de 79,65%, não diferindo estatisticamente dos tratamentos T1 – A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, T4 – A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> e T7 – A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>. Quanto aos tratamentos T3 – A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T5 – A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> e T6 – A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> tiveram as menores médias diferindo estatisticamente com reduções na ordem de 7,70%, 17,79% e 12,78%, respectivamente, quando comparados a estratégia de menor salinidade T1 – A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>. De acordo com Oliveira et al. (2015), o índice de grãos representa a distribuição de fotoassimilados na vagem, assim, observa-se que as estratégias de manejo da salinidade mais sensíveis tiveram fotoassimilados acima de 60% no enchimento das vagens. Resultados semelhantes foram encontrados em estudo de Oliveira et al. (2015) e Silva e Neves (2011) verificaram índice de grãos médios de 77% e 75,2%, respectivamente para condições de irrigação.

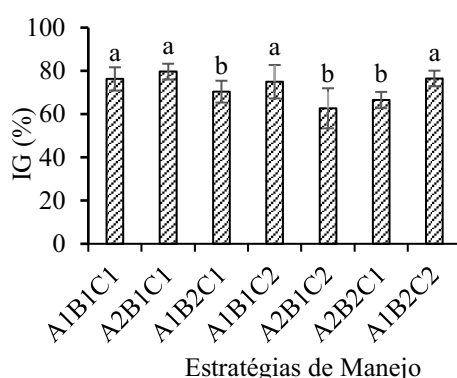


Figura 23. Teste de agrupamento de médias das estratégias de manejo para o índice de grãos (%) do primeiro experimento. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ).

Com o desdobramento do efeito genótipo dentro das estratégias de manejo da salinidade estudadas para o índice de grãos (Figura 24A e 24B), no segundo ciclo, apresentou variações entre as estratégias para o genótipo Costela nos tratamentos B-EV e C-EV, plantas oriundas de sementes que foram expostas ao estresse salino nas fases vegetativa e de floração, no ciclo anterior. Acrescenta-se, que o genótipo BRS Marataoã, diferentemente do Costela de Vaca, manteve suas características físicas da vagem sem alteração significativa, apesar de condicionado a estresse salino, isto pode representar uma aclimação ao estresse salino, já que não houve redução significativas. Tais valores

foram semelhantes aos encontrados por Sousa et al. (2015), com valores médios de 55 a 74%, e superiores aos de Silva et al. (2013), com média de 57,7%, em cultivares de feijão *Vigna* avaliadas quanto à produção de grãos verdes em Serra Talhada – PE, ambos os estudos de tratamentos sob irrigação.

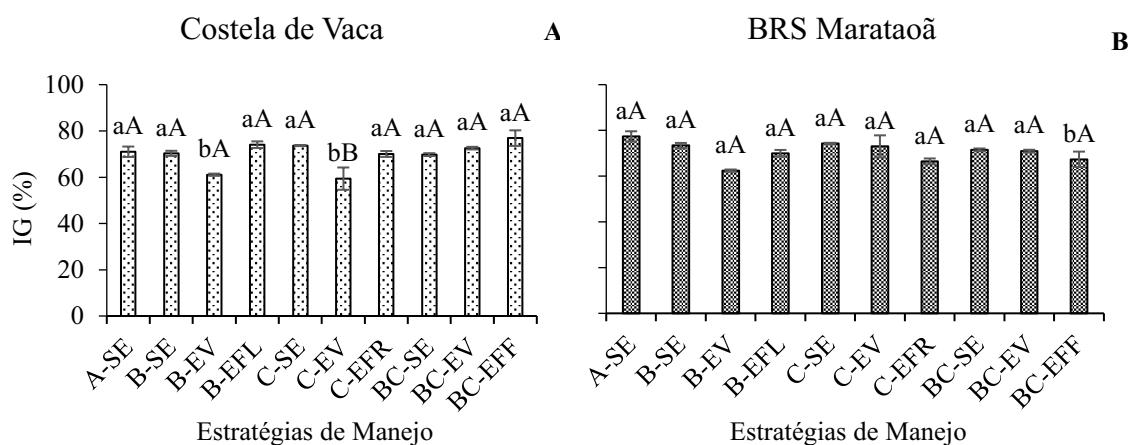


Figura 24. Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para o índice de grãos (IG) no segundo experimento. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

Nas Figuras 25A e 25B, nota-se o desdobramento da interação do número médio de grãos por vagem dos genótipos de feijoeiro em função das estratégias de manejo da salinidade. De modo geral, o genótipo Costela de Vaca, nota-se maior média na estratégia com baixa salinidade durante todo o ciclo (T1-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>) com 8,47 grãos por vagem, porém não diferiu das estratégias T2-A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> e T3-A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>, fato este que demonstra uma recuperação das plantas após passarem por estresse salino nas fases vegetativa e de floração. Quando o estresse salino foi aplicado na fase de frutificação e nas combinações entre duas fases fenológicas, observou-se as maiores reduções na ordem de 13,81%, 24,55%, 27,15% e 14,40% para as estratégias T4-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, T5-A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, T6-A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T7-A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>, respectivamente.

No BRS Marataoã, notou-se maior número grãos por vagem com 10,25 grãos, ou seja, um aumento de 17,36%, em relação ao Costela de Vaca (8,47 grãos) no tratamento de baixa salinidade (T1-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>). Acrescenta-se, ainda, que o tratamento T1-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>

diferiu das demais estratégias de manejo, sendo a maior redução observada na estratégia T4-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, quando às plantas foram expostas ao estresse salino na fase de frutificação com decréscimo na ordem de 48,78%. Tal fato demonstra que a estratégia T4-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, resultou em maior sensibilidade ao estresse salino na fase de frutificação em todos os genótipos.

Os valores encontrados nesta pesquisa são semelhantes aos de Manaf e Zayed (2015), sendo o feijão *Vigna* cultivado sob estresses salino, com valores de 9 grãos por vagem. Para Oliveira et al. (2003) o componente número de grãos por vagem é de pouca importância direta na seleção para o aumento da produção; de conformidade com Lopes et al. (2011), esta variável é uma característica de alta herdabilidade genética sendo pouco influenciada pelo ambiente.

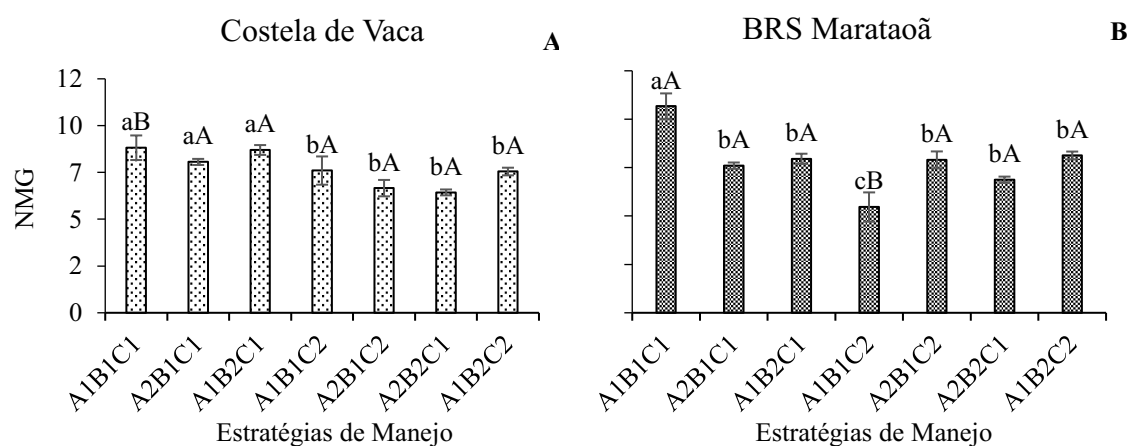


Figura 25. Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para o número médio de vagens (NMG) no primeiro experimento. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

Analisando o teste de agrupamento de médias para o número médios de grãos por vagem no segundo experimento (Figura 26), nota-se maior número de grãos na estratégia C-SE (10,92 grãos por vagem), não diferindo das estratégias C-EFR, BC-SE e BC-EV, cujos valores foram de 10,83, 10,70 e 10,19 grãos por vagem, respectivamente. Fato de importante destaque pode ser observado nas estratégias C-EFR e BC-EV onde, é possível evidenciar uma aclimatação ao estresse salino neste segundo ciclo, sendo alcançadas

médias comparáveis as plantas irrigadas com baixa salinidade (C-SE e BC-SE). Provavelmente, ao serem as sementes formadas sob alta salinidade, ocorreu expressão de genes que permaneceram ativos em novos indivíduos, no ciclo seguinte, resultando em tolerância ao estresse salino. Além disso, tais resultados são superiores aos encontrados por Carvalho et al. (2016), onde avaliando os componentes de produção de feijão *Vigna* e relataram média de 7,02 grãos por vagem.

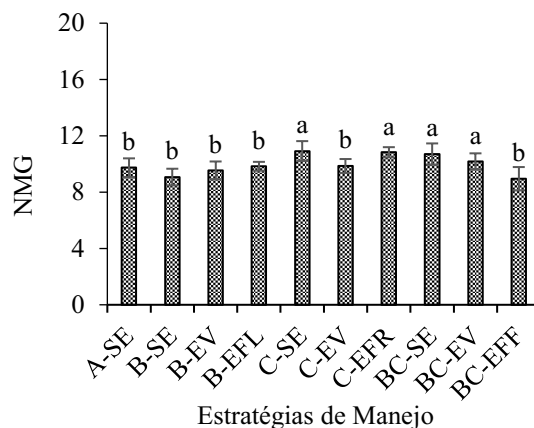


Figura 26. Teste de agrupamento de médias para o número médio de grãos por vagem – NMG em função das estratégias de manejo da salinidade no segundo experimento. Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ).

O efeito da interação entre os genótipos de feijoeiros em função das estratégias da salinidade para a produção é observado na Figura 26. De modo geral, no Experimento I (Figura 27A e B), o genótipo BRS Marataoã cultivado com baixa salinidade durante todo o ciclo (T1-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>) produziu em média 1263,15 kg ha<sup>-1</sup>, assim, diferindo do genótipo Costela de Vaca com média de 1076,84 kg ha<sup>-1</sup>. As maiores reduções na produção foram evidenciadas nas estratégias de manejo da salinidade que compreenderam duas fases fenológicas T5-A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, T6-A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T7-A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> com rendimentos de 856,58, 808,06 e 954,01 e de 881,913 e 973 kg ha<sup>-1</sup>, nos genótipos Costela de Vaca e BRS Marataoã, respectivamente. Estas diferenças se devem ao potencial produtivo distinto entre genótipos, bem como às práticas de manejo adaptadas, concentração de sal no solo durante o ciclo da colheita. A utilização da irrigação com água salina na produção de feijão *Vigna* foram observados em outros estudos (VIEIRA, 2009; BEZERRA et al., 2010; CARVALHO et al., 2016).

No segundo ciclo de produção, verifica-se através do desdobramento entre os fatores (EM x G) para a produção do feijoeiro *Vigna* (Figuras 27C e 27D), após as plantas passarem por estresse no primeiro ciclo, a produção no segundo experimento foi relativamente maior na comparação entre ciclos. O genótipo Costela de Vaca teve maior produção na estratégia C-SE com 2076 kg ha<sup>-1</sup>, tais sementes foram formadas no ciclo anterior, quando as plantas foram irrigadas com água de 5,0 dS m<sup>-1</sup> na fase de frutificação, diferindo de todas as estratégias neste genótipo. Outra importante observação é registrada nas estratégias B-SE, C-EFR e BC-SE, que ao passar por estresse salino na formação de sementes para um novo ciclo de cultivo não diferiram das plantas irrigadas com água de baixa salinidade (1,2 dS m<sup>-1</sup>) durante todo o ciclo nos dois experimentos. Reforçando resultados obtidos por Noble et al. (1984) baseados em estimativas de herdabilidade, constataram melhorias significativas em *Medicago sativa* para tolerância à salinidade depois de duas gerações de seleção. A variação genética através da herdabilidade é passível por meio da seleção fenotípica, em apenas alguns ciclos de seleção, podendo resultar numa melhoria significativa da tolerância à salinidade (ALI et al., 2005).

O genótipo BRS Marataoã na estratégia BC-SE alcançou produção média de 2412 kg ha<sup>-1</sup>, este fato indica que após o cultivo das plantas de feijoeiro sob estresse salino, no ciclo anterior, a reprodução recorrente pode resultar em melhorias na tolerância à salinidade em um novo ciclo de cultivo. As estratégias de manejo da salinidade mais sensíveis ao estresse salino foram de sementes oriundas, no primeiro experimento, na fase de floração e frutificação no genótipo Costela de Vaca B-EV, B-EFL e C-EV, tiveram reduções mais acentuadas na produção com perda de 37,87%, 56,77% e 61,57%, respectivamente. Enquanto no genótipo BRS Marataoã, os maiores decréscimos foram nas estratégias B-EV, B-EFL e BC-EFF, estratégias com sementes formadas, no ciclo anterior, na fase de floração e floração + frutificação. Nascimento et al. (2011), constataram em condições climáticas da região Nordeste do Brasil que o feijão *Vigna* pode atingir uma produção de 1.024 kg ha<sup>-1</sup> quando cultivado sob irrigação total. Já Silva e Neves (2011), em estudos com 20 genótipos de feijão *Vigna* nas condições de sequeiro e irrigado, encontraram produção média de grãos de 658,2 a 1.070,3 kg ha<sup>-1</sup> para o cultivo de sequeiro e de 982,0 a 1.831,9 kg ha<sup>-1</sup> para o cultivo irrigado. De acordo com Tagliaferre et al. (2018), a utilização da água salina na irrigação reduz a produção da cultura, mesmo com o emprego de uma lâmina de lixiviação, corroborando com os resultados obtidos por Oliveira et al. (2015), afetando diretamente a eficiência de uso da água, e

consequentemente, ocasionando redução da produção por planta à medida que a salinidade do solo aumenta.

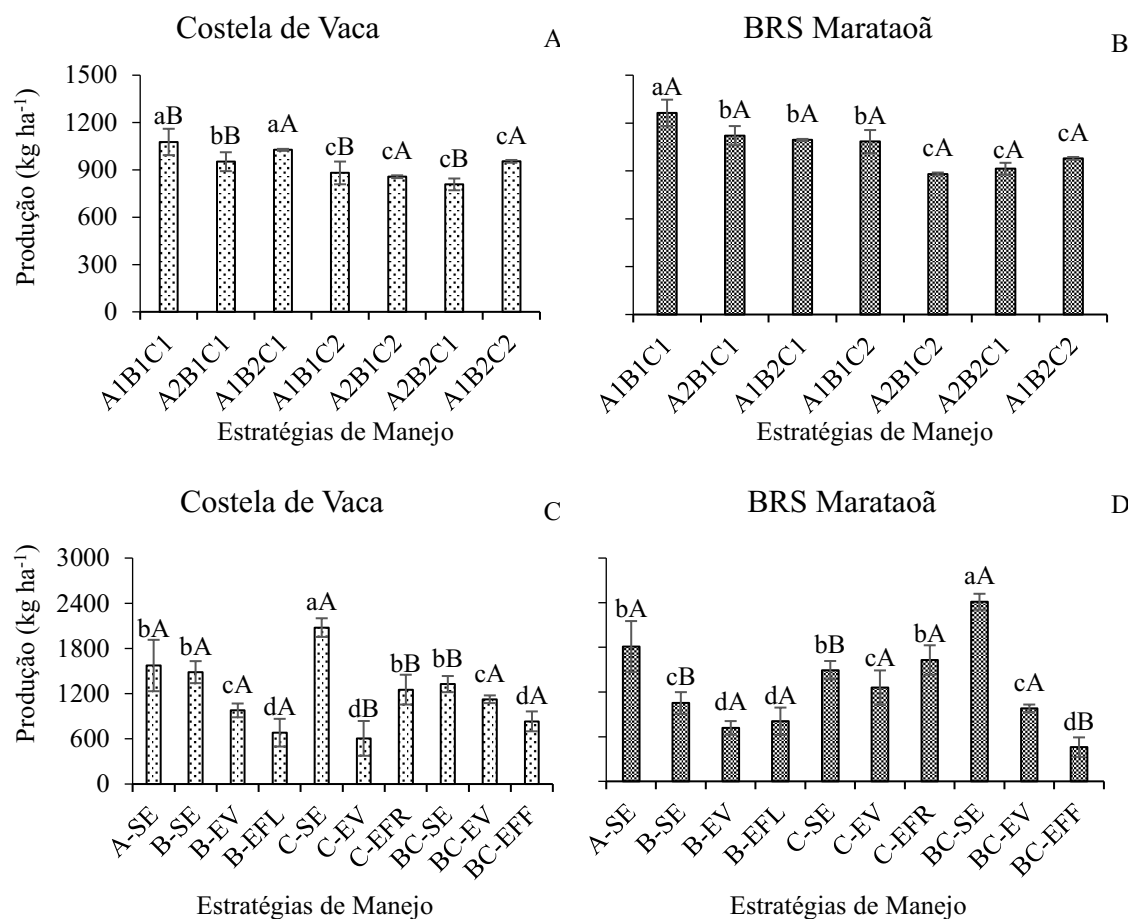


Figura 27. Teste de médias referente ao desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo para a produção de grãos secos do primeiro experimento (A e B) e do segundo experimento (C e D). Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos manejos da salinidade (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

### 5.1.7 Tolerância das plantas ao estresse salino

A classificação dos genótipos de feijoeiro quanto a tolerância à salinidade, em ambos os experimentos, está descrita na Tabela 23. A produção nas estratégias de manejo da salinidade T2- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, T3- A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> T4- A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, T7- A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> no genótipo Costela de Vaca foram considerados tolerantes, no primeiro experimento. No entanto, as estratégias

irrigadas com água de condutividade elétrica de 5,0 dS m<sup>-1</sup> nas fases vegetativa + floração e vegetativa + frutificação foram classificadas como moderadamente tolerante.

No experimento II, as plantas, do genótipo Costela de Vaca, irrigadas com água salinizada representando as estratégias B-EV e BC- EV foram classificadas como moderadamente tolerantes. Enquanto isso, a maior redução na produção dos genótipos de feijoeiro foi registrada nas plantas do tratamento C-EV, sendo considerada sensível ao estresse salino. Vale destacar que as plantas provenientes de sementes produzidas com estresse salino na fase de floração, frutificação e floração + frutificação, correspondendo às estratégias B-SE, C-SE e BC-SE, foram classificadas tolerantes.

Tabela 23. Classificação de genótipos de feijão *Vigna* quanto à tolerância à salinidade mediante o critério de redução relativa da produção das plantas, em análises dos Experimentos I e II

Estratégias de Manejo	Produção			
	Experimento I			
	Costela de Vaca		BRS Marataoã	
	Redução Relativa (%)	Classificação	Redução Relativa (%)	Classificação
T1- A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	-	-	-	-
T2- A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	11,61	T	11,23	T
T3- A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	4,64	T	13,36	T
T4- A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	18,22	T	14,16	T
T5- A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	20,45	MT	30,24	MT
T6- A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	24,96	MT	27,67	MT
T7- A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	11,41	T	22,52	MT
Experimento II				
	Costela de Vaca		BRS Marataoã	
	Redução Relativa (%)	Classificação	Redução Relativa (%)	Classificação
A- SE	-	-	-	-
B- SE	5,60	T	41,93	MS
B- EV	37,88	MT	60,37	S
B- EFL	56,69	MS	55,47	MS
C- SE	0,00	T	17,63	T
C- EV	61,50	S	30,52	MT
C – EFR	20,36	MT	10,07	T
BC – SE	15,69	T	0,00	T
BC – EV	28,46	MT	45,88	MS
BC – EFF	47,13	MS	74,69	S

Experimento I: A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>: sem salinidade nas fases vegetativa, floração, frutificação e A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>: com salinidade nas fases vegetativa, floração, frutificação, respectivamente.

Experimento II: A- sementes oriundas de plantas irrigadas no primeiro experimento com água de 1,2 dS m<sup>-1</sup>, B- sementes de plantas irrigadas no ciclo anterior com água salinizada na floração, C- sementes oriundas de plantas irrigadas com água



salinizada na frutificação e BC- sementes produzidas no primeiro experimento sob alta salinidade na floração e formação da produção; SE: sem salinidade; EV, EFL, EFR, EFF: com salinidade nas fases vegetativa, floração, frutificação e floração/frutificação, respectivamente, no novo experimento.

---

T = tolerante; MT = moderadamente tolerante; MS = moderadamente sensível e S = sensível

---

O genótipo BRS Marataoã, no primeiro experimento, foi considerado tolerante quando a irrigação com água salinizada foi feita nas estratégias T2- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, T3- A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> T4- A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> e, moderadamente tolerante, nas estratégias T5- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, T6- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> T7- A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>. No segundo experimento, as plantas provenientes de sementes, que no ciclo anterior, passaram por estresse na fase de floração foram consideradas moderadamente sensíveis (B-SE e B-EFL) sensível (B-EV). Enquanto que no segundo ciclo, as plantas irrigadas com água salinizada, nas estratégias C-SE, C-EFR e BC-SE, foram classificadas como tolerantes. A estratégia BC-EFF, plantas irrigadas no primeiro ciclo com água salinizada na fase de floração + frutificação, com repetição de alta salinidade nas mesmas fases, no segundo ciclo, foram as mais sensíveis ao estresse salino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Ed. Especial. 215 p. Brasília: ANA, 2012.
- ALBÁN, M. **Manual de cultivo de frijol caupi**. 1. ed. Piura: Asociación de productores agropecuarios del distrito de Morropón, 2012.
- ALI, Z.; KHAN, A. S.; KHAN, I. A.; AZHAR, F. M. Effects of NaCl on root growth and ionic relations of wheat. **Journal of Agriculture e Social Sciences**, v.1, n.2, p.123-125, 2005.
- ALMEIDA, O. A. de. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: **Embrapa mandioca e fruticultura**, 2010. 234p.
- ALMEIDA, W. S. de; BELÉM, F. R. F.; BERTINI, C. H. de C. M.; PINHEIRO, M. de S.; TEÓFILO, E. M. Identificação de genótipos de feijão-caupi tolerantes a salinidade avaliado por meio de método multivariado. **Ciência Rural**, v. 41, n. 11, p. 1884-1889, 2011.
- ALMEIDA, J. J. G. de; COSTA, F. R. Análise dos impactos socioeconômicos e ambientais da agricultura irrigada no perímetro irrigado de pau dos ferros (RN). **Revista Geografares**, n. 16, p. 22-44, 2014.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de et al. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2017.
- AQUINO, J. A. P.; BEZERRA, A. A. C. ALCÂNTARA NETO, F.; LIMA, C. J. G. S.; SOUSA, R. R. Morphophysiological responses of cowpea genotypes to irrigation water salinit. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 1001–1008, 2017
- ALVES, F. A. L. et al. Efeito do Ca<sup>2+</sup> externo no conteúdo de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> em cajueiros expostos a salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 602-608, 2011.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n.1, p. 3-16, 2004.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29 Revisado I.
- AZEVEDO NETO, A. A.; PEREIRA, P. P. A.; COSTA, D. P.; SANTOS, A. C. C. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância à salinidade em girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.893-897, 2011.

- AZIZIAN, A.; SEPASKHAH, A. R. MAIZE response to water, salinity and nitrogen levels: physiological growth parameters and gas exchange. **International Journal of Plant Production**, v.8, p.131-162, 2014.
- BAKER, B. Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.89-113, 2008.
- BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.403, p.1607-1621, 2004.
- BARREIRO NETO, M. **Viabilidade do uso de água salina no cultivo de genótipos de abacaxizeiro**. 142 f. Tese (Doutorado em Doutorado Em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, 2006.
- BARROS, M, B. **Seleção de genótipos de Feijão-Caupi para adaptabilidade e estabilidade produtiva na região Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Universidade Federal do Piauí, 2012. 106 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- BARROS, M. F. C.; FONTES, M. P. F.; RUIZ, H. A.; ALVAREZ, V. V. H. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 59-64, 2004.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625p.
- BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S; SANTOS, J. B. DOS; FERNANDES, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. **Revista Ambiente e Água**, v.13, p.1-13, 2018.
- 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.10, p.1075-1082, 2010.
- BRITO, M.E.B.; SÁ, F.V.S.; SOARES FILHO, W.S., SILVA, L.A.; FERNANDES, P. D. Gas exchange and fluorescence of citrus rootstocks varieties under saline stress. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 38, n. 2: p 1 a 8, 2016.
- BRITO, R. R. de; GOMES, E. R.; LUDWIG, R.; Uso da água na irrigação. In: VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista, 2. São Paulo. **ANAP**; v. 8, p. 7 – 7, 2012.

- CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. Plant water relations: absorption, transport and control mechanisms. In: MONTANARO, G.; DICHIO, B. (Org.). **Advances in selected plant physiology aspects**. Rijeka: Intech, v. 1, n. 8, p. 105-132, 2012.
- CALVET, A. S. F.; PINTO, C. M.; LIMA, R. E. M.; MAYA-JOCA, R. P. M.; BEZERRA, M. A. Crescimento e acumulação de solutos em feijão-de-corda irrigado com águas de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento. **Irriga**, v. 18, n. 1, p. 148-159, 2013.
- CAMPBELL, L.; EUSTON, S. R.; AHMED, M. A. Effect of addition of thermally modified cowpea protein on sensory acceptability and textural properties of wheat bread and sponge cake. **Food Chemistry**, v.194, p.1230-1237, 2016.
- CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010.
- CERQUEIRA, R. C.; COSTA, J. M.; CHAVES, M. M.; RODRIGUES, J. D. Fisiologia e metabolismo foliar em duas variedades de videira sujeitas a um ciclo de déficit hídrico e reidratação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, p. 211-217, 2015.
- CHEN, T. STÜTZEL, H. KAHLEN, K. High light aggravates functional limitations of cucumber canopy photosynthesis under salinity. **Annals of Botany**, v. 121, p. 797-807, 2018.
- COELHO, J. B. M.; BARROS, M. de F. C., BEZERRA NETO, F.; 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.
- COSTA, M. E.; SOUZA, W. C. M.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T. Estratégias de irrigação com água salina na mamoneira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 34-43, 2013.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian

- cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, p.628-633, 2018.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos 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: INCTSal, 2010. cap. 9, p.129-141.
- DONÇA, M. C. B. Seleção precoce para caracteres dos grãos no melhoramento do feijão-caupi. Lavras, MG, 2012. 102 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2012.
- 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**. Campina Grande: UFPB, 1997. 383p.
- FREIRE, J. L. DE O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. DE. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p.82-91, 2014.
- FREIRE FILHO, F. R. et al. (Ed.) Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: **EMBRAPA Meio-Norte**, 2011.
- 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 de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, p.175-181, 2013.
- FURTADO, G. F.; SOUSA JÚNIOR, J. R.; XAVIER, D. A.; ANDRADE, E. M. G.; SOUSA, J. R. M. Pigmentos fotossintéticos e produção de feijão *Vigna unguiculata* L. Walp. sob salinidade e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, p.291-299, 2014.
- GHEYI, H. R. (Ed.); PAZ, V. P. da S.; MEDEIROS, S. de S.; GALVÃO, C. de O.; Recursos hídricos em regiões semiáridas: Estudos e aplicações. Cruz das Almas: Instituto Nacional do Semiárido, 2012.
- GHOBADI, M.; TAHERABADI, S.; GHOBADI, M.; MOHAMMADI, G.; JALALIHONARMAND, S. Antioxidant capacity, photosynthetic characteristics and

- water relations of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in response to drought stress. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 29-38, 2013.
- GONDIM, R. S. **Difusão da captação de água de chuvas no financiamento rural. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semiárido, 3., 2001. Campina Grande – PB.** Anais do Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semiárido Campina Grande – PB, 2001.
- GUEDES, R. A. A.; OLIVEIRA, F. de A. de.; ALVES, R. de C.; MEDEIROS, A. S. de.; GOMES, L. P.; COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.913–919, 2015.
- HADI, F.; HUSSAIN, F.; ARIF, M. Growth performance e comparison of cowpea varieties under different NaCl salinity stresses. **Greener Journal of Physical Sciences**, v. 2, n. 1, p. 44 – 49, 2012.
- HATAMNIA, A. A.; ABBASPOUR, N.; DARVISHZADEH, R.; RAHMANI, F.; HEIDARI, R. Effect of salt stress on growth, ion content and photosynthesis of two oriental Tobacco (*Nicotiana tabacum*) cultivars. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v.6, p.757-761, 2013.
- HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2016. p.35-50.
- HU Y, FROMM J, SCHMIDHALTER U. Effect of salinity on tissue architecture in expanding wheat leaves. *Planta* 220: 838–848. 2005.
- JAMIL, A.; RIAZ, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Gene expression profiling of plants under salt stress. **Critical Reviews Plant Sciences**, London, v. 30, n. 5, p. 435-458, 2011.
- JIANG, J.; HUO, Z.; FENG, S.; FENG, S.; ZHANGA, C. Effect of irrigation amount and water salinity on water consumption and water productivity of spring wheat in Northwest China. **Field Crops Research**, v.137, s.n., p.78-88, 2012.

- KONRAD, M.L.F.; SILVA, J.A.B.; FURLANI, P.R.; MACHADO, E.C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v.64, n.3, p.339-347, 2005.
- KRAMER, D. M.; JOHNSON, G.; KIIRATS, O.; EDWARDS, G. E. New fluorescence parameters for the determination of QA redox state and excitation energy fluxes. **Photosynthesis Research**, v. 79, v. 1, p. 209-218, 2004.
- LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. P. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.49, n.2, p.107-120, 2003.
- LACERDA, C. F. de; NEVES, A. L. R.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, F. L. B. da; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-decorda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.2, p. 221-230, 2009.
- LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; SILVA, F. L. B.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, G. L.; CAVALCANTE, L. F. Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.4, p.663-675, 2011.
- LACERDA, C. N. Estratégias de manejo da salinidade da água no cultivo de genótipos de gergelim. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2019.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006. 550p.
- LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANJI, K. K. (ed.). **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE manuals and reports on engineering practice, 1990. cap. 6. p.113-137.
- LEITE, J. V. Q.; FERNANDES, P. D.; OLIVEIRA, W. J. de; SOUZA, E. R. de; SANTOS, D. P. dos; SANTOS, C. S. dos. Efeito do estresse salino e da composição iônica da água de irrigação sobre variáveis morfofisiológicas do feijão caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 6, p. 1825-1833, 2017.
- LIMA, G. S. de; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; SILVA, A. O. Produção da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio, **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p. 1-10, 2015.

- LIMA, G. S.; LACERDA, C. N.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; ARAÚJO, R. H. C. R. Production characteristics of sesame genotypes under different strategies of saline water application. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 2, p. 490–499, 2020.
- LOCATELLI, V. E. R.; MEDEIROS, R. D.; SMIDERLE, O. J.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; ARAÚJO, W. F.; SOUZA, K. T. S. 2014. Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 574-580.
- LUKENS, L. N.; ZHAN, S. The plant genome's methylation status and response to stress: implications for plant improvement. **Current Opinion in Plant Biology**, v.10, n.3, p.317-322, 2007.
- MAIA, J. M. M.; VOIGT, E. L.; MACÊDO, C. E. C.; FERREIRA-SILVA, S.; SILVEIRA, J. A. G. Salt-induced changes in antioxidative enzyme activities in root tissues do not account for the differential salt tolerance of two cowpea cultivars. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.22, n. 1, p.113-122, 2010.
- MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.
- MACHADO, C. DE F.; TEIXEIRA, N. J. P.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. DE M.; GOMES; R. L. F. Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 01, p. 114-123, 2008.
- MANAF, H. H.; ZAYED, M. S. Productivity of cowpea as affected by salt stress in presence of endomycorrhizae and *Pseudomonas fluorescens*. **Annals of Agricultural Science**, V.60, N. 2, P. 219-226, 2015.
- MANCARELLA, S.; ORSINI, F.; OOSTEN, M. J. van SANOUBAR, R.; STANGHELLINI, C.; KONDO, S.; MAGGIO, A. Leaf sodium accumulation facilitates salt stress adaptation and preserves photosystem functionality in salt stressed *Ocimum basilicum*. **Environmental and Experimental Botany**, v.130, p.162-173, 2016
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB e CE.** Campina



- Grande,1992. 173p. Dissertação - (Mestrado em Irrigação e Drenagem), Universidade Federal da Paraíba.
- MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, v.7, p.469- 472, 2003.
- MEENA, H. K.; KRISHNA, K. R.; SINGH, B. Genetic variability, heritability and genetic advance in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **The Journal of Plant Science Research**, v.31, n.1, p. 13, 2015.
- MGUIS, K.; ALBOUCHI, A.; KHADHRI, A.; ABASSI, M.; YAKOUBI-TEJ, M.; MAHJOUR, A.; OUERGHI, Z.; BRAHIM, N. B. Adjustments in leaf water relations of wild wheat relative *Aegilops geniculata* Roth. and wheat (*Triticum durum* Desf.) plants grown in a salinity gradient. **Australian Journal of Crop Science**, v.6, n.5, p.768-776, 2012.
- MONTENEGRO, A. A. A; MONTENEGRO, S.M.G.L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: GHEYI, H.R.; PAZ, V.P.S.; MEDEIROS, S.S.; GALVÃO, C.O. Recursos hídricos em regiões semiáridas. Campina Grande, PB: **Instituto Nacional do Semiárido**, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012, 258P.
- MOURA, J. Z.; PÁDUA, L. E. M.; MOURA, S. G. M.; TORRES, J. S. SILVA, P. R. R. Escala de desenvolvimento fenológico e exigência térmica associada a graus-dia do feijão-caupi. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 66-71, jul-set., 2012.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.651-681, 2008.
- MURGA-ORRILLO, H. ARAÚJO, W. F.; ROCHA, R. R.; SAKAZAKI, R.T.; DIONISIO, L. F. S.; POLO-VARGAS, A. R. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi cultivado em solo do cerrado submetido à cobertura morta. **Irriga**, v. 21, n. 1, p. 172-187, 2016
- NASCIMENTO, J. L. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Attalea funifera* Mart. submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico.** Dissertação Mestrado Ilhéus: UESC, 110p. 2009.

- NASCIMENTO, S. P. do; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FILHO FREIRE, 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.
- NOBLE, C. L.; HALLORAN, G. M.; WEST, D. W. Identification and selection for salt tolerance in Lucerne (*Medicago sativa* L.). **Australian Journal of Agricultural Research**, v.35, n.2, p.239-252, 1984.
- OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M. DA; FERREIRA, G. B.; Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima; **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 872-882, 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, S. R. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RIBEIRO, V. Q.; BRITO, R. R.; CARVALHO, M. W. Interaction between levels of water and plant density on growth and yield of cowpea in Teresina, PI. **Irriga**, v.20, n.3, p.502-513, 2015.
- OLIVEIRA, F. A. DE.; MEDEIROS J. F. DE; ALVES, R DE C.; LIMA, L. A.; SANTOS, S. T. DOS; RÉGIS, L. R. DE L. Produção de feijão caupi em função da salinidade e regulador de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.11, p.1049–1056, 2015.
- OLIVEIRA, A. B. de et al. Exigências edafoclimáticas e ecofisiológicas. In: DOVALE, J. C.; BERTINI, C. H. C. M.; BORÉM, A. **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2017. p. 52–69.
- OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; CUNHA, J. C. SILVA, E. F. F.; VELOSO, V. L. Leaf gas exchange in cowpea and CO<sub>2</sub> efflux in soil irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.21, n.1, p.32-37, 2017.
- OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; SANTOS, H. R. B.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, H. H. F.; MELO, D. V. M. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n. 3, p. 2592-2603, 2018.

- OXBOROUGH, K.; BAKER, N. R. An instrument capable of imaging chlorophyll a fluorescence from leaves at very low irradiance and at cellular and subcellular levels of organization. **Plant, Cell and Environment**, New Jersey, v. 20, p. 1473-1483, 1997.
- PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 60, n.3, p. 324-349, 2005.
- PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Effect of Salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v.22, n. 6, p. 4056-4075, 2015.
- PAULINO, J.; FOLEGATTI, M. V.; ZOLIN, C. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; JOSÉ, J. V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. **Irriga**, v.16, n.2, p.163-176, 2011.
- PEREIRA FILHO, J. V.; BEZERRA, F.; M. C.; SILVA, T. C.; PEREIRA, C. C. M. S. Crescimento vegetativo do feijão-caupi cultivado sob salinidade e déficit hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.11, nº.8, p. 2217 - 2228, 2017
- PINTO, C. M.; TÁVORA, F. J. F. A.; BEZERRA, M. A.; CORRÊA, M. C. M. Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 3, p. 429-436, 2008.
- PRAXEDES, S. C. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em dois cultivares de feijão-decorda com tolerância diferencial à salinidade**. 2008. 153 f. Tese (Doutorado em fitotecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, I. C. S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015.
- RIBEIRO, G. S.; FERREIRA, A. F.; LYRA NEVES, C. M.; MERCÊS SOUSA, F. S.; OLIVEIRA, C.; ALVES, E. M.; SILVA SODRÉ, G.; CARVALHO, C. A. L. Aspects of the floral biology and pollen properties of *Vigna unguiculata* L. Walp (Fabaceae). **African Journal of Plant Science**, v. 7, n.5, p.149-154, 2013.

- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1047-1054, 2013.
- SÁ, F. V. S.; FERREIRA NETO, M.; LIMA, Y. B.; PAIVA, E. P.; PRATA, R. C. LACERDA, C. F. BRITO, M. B. Growth, gas exchange and photochemical efficiency of the cowpea bean under salt stress and phosphorus fertilization. **Comunicata Scientiae**, v.9, n.4, p.668-679, 2018.
- SALGADO, F. H. M.; FIDELIS, R. R.; CARVALHO, G. L.; SANTOS G. R.; CANCELLIER, E. L; SILVA, G. F. Comportamento de genótipos de feijão, no período da entressafra, no sul do estado de Tocantins. **Biociencia Journal**, v. 27, n. 1, p. 52-58, 2011.
- SANTOS, S. T.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, G. B. S.; SÁ, F. V. S. COSTA, J. P. M. FERNANDES, P. D. Photochemical efficiency of basil cultivars fertigated with salinized nutrient solutions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.5, p.320-325, 2020.
- SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T.; BRITO, C. H.; SANTOS, M. C. C. A. Produção e componentes produtivos de variedades de feijão-caupi na microrregião cariri paraibano. **Engenharia Ambiental**, v.6, n.1, p.214-222. 2009.
- SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A. Produção de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, p. 29-36, 2011.
- SILVA, A. O.; SILVA, D. J. R.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do semiarido-PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.147-155, 2011.
- SILVA, F. L. B. DA; LACERDA C. F. DE; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G. DE; SOUSA, C. H. C. DE; FERREIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 304- 317, 2013.
- SILVA. L. A.; BRITO. M. E. B.; SÁ. F. V. S.; MOREIRA. R. C. L.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob

- estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, Suplemento, p. S1–S7, 2014.
- SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA JUNIOR, M. J.; NASCIMENTO, I. B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, Suplemento, p. S66–S72, 2014.
- SILVA, G. C.; MAGALHÃES, R. C.; SOBREIRA, A. C.; SCHMITZ, R.; SILVA, L. C. Rendimento de grãos secos e componentes de produção de genótipos de feijão-caupi em cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 342-350, 2016.
- SILVA, W. C.; MOURA, J. G.; OLIVEIRA, A. B.; FERREIRA, L. E.; SILVA, T. M. Crescimento e trocas gasosas em plantas de feijão-caupi sob diferentes manejos em condições salinas. *Revista Ciência Agronômica*, v. 48, n. 5 (Especial), p. 756-764, 2017.
- SILVA, S. S.; LIMA, G. S. LIMA, V. L. A. GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A. MOREIRA, R. C. L. Gas exchanges and production of watermelon plant under salinity management and nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49 e54822, 2019.
- SILVA, S. S.; LIMA, G. S.; LIMA, V. L. A.; [Gheyi, H. R.](#); SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D. Application strategies of saline water and nitrogen doses in mini watermelon cultivation. **Comunicata scientiae**, v. 11, p. e3233-e3233, 2020.
- SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L. Saline water irrigation strategies in two production cycles of naturally colored cotton. **Irrigation Science**, n. 1, v. 1, p. 1-13, 2020.
- SOARES, L. A.; FURTADO, G. F.; ANDRADE, E. M. G.; SOUSA, J. R. M.; GUERRA, H. O. C.; NASCIMENTO, R. D. Troca de CO<sub>2</sub> do feijão-caupi irrigado com água salina e fertilização nitrogenada. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.9, p.30-37, 2013.
- SOUZA, R. P. MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.6, p.586-592, 2011.

- SUBBARAO, G. V.; JOHANSEN, C. Strategies and scope for improving salinity tolerance in crop plants. In: PESSARAKLI, M. Handbook of Plant and Crop Stress, **Revised and Expanded**. Marcel Dekker Inc, 2<sup>a</sup> ed., p.1069–1087. 1999.
- TAGLIAFERRE, C.; GUIMARÃES, D. U. G.; GONÇALVES, L. J.; AMORIM, C. H. F.; MATSUMOTO, S. N.; D'ARÊDE. Produtividade e tolerância do feijão caupi ao estresse salino. **Irriga**, v. 23, n. 1, p. 168-179, 2018
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**, 6. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TAN, M. P. Analysis of DNA methylation of maize in response to osmotic and salt stress based on methylation sensitive amplified polymorphism. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 1, p. 21-26, 2010.
- TERCEIRO NETO, C. P. C.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, M. V. T.; LIMA, K. S. Crescimento do meloeiro 'pele de sapo' irrigado com água salobra com diferentes estratégias de manejo. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p.87-100, 2014.
- TEXEIRA, P. C.; DONAGEMA, G. K.; FONTANA, G. K.; TEXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3 ed. revista e ampliada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 573p. 2017.
- TEIXEIRA, N. J. P.; MACHADO, C. DE F.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. DE M.; GOMES; R. L. F. Produção, componentes de produção e suas inter-relações em genótipos de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) walp.] de porte ereto. **Revista Ceres**, v. 54, n. 314, 2007.
- TIMKO, M. P.; EHLERS, J. D.; ROBERTS, P. A. **Cowpea**. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2007. p.49-67.
- TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LOOSE, L. H.; HELDWEIN, A. B.; ZANON, A. J. Área foliar de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de dimensões foliares. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, suplemento 1, p. 2491-2500, 2012.
- TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; DE OLIVEIRA, J. G.; BRESSAN-SMITH, R. E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v.104, p.199-209, 2005.
- VADEZ, V; BERGER, J.D.; WARKENTIN, T; ASSENG S.; RATNAKUMAR P.; RAO KPC.; GAUR P. M.; MUNIER-JOLAIN N.; LARMURE A; VOISIN A. S.; SHARMA

- H.C.; PANDE S.; SHARMA M.; KRISHNAMURTHY L.; ZAMAN-ALLAH M.;  
Adaptation of grain legumes to climatic change: a review. **Agronomy for Sustainable  
Development**, 32,31–44. doi:10.1007/s13593-011-0020-6; 2012.
- VASCONCELOS, R. S.; LEITE, K. do N.; CARVALHO, C. M. de; ELOI, W. M.;  
SILVA, L. M. F.; FEITOSA, H. DE O. Qualidade da água utilizada para irrigação na  
extensão da microbacia do baixo acarajú. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**.  
v.3, n.1, p.30–38, 2009.
- ZHANG, C. Q.; HSIEH, T. F. Heritable epigenetic variation and its potential  
applications for crop improvement. **Plant Breed Biotechnol**, v.6, n.1, p.30