



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**ROBSON ALEXSANDRO DE SOUSA**

**DESENVOLVIMENTO DO SORGO cv. BRS PONTA NEGRA IRRIGADO  
COM ÁGUA SALOBRA E SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE  
ESTERCO BOVINO E BIOFERTILIZANTES**

**FORTALEZA  
2015**

ROBSON ALEXSANDRO DE SOUSA

DESENVOLVIMENTO DO SORGO cv. BRS PONTA NEGRA IRRIGADO  
COM ÁGUA SALOBRA E SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE  
ESTERCO BOVINO E BIOFERTILIZANTES

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

FORTALEZA-CE  
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- S698d      Sousa, Robson Alexsandro de.  
Desenvolvimento do sorgo CV. BRS Ponta Negra irrigado com água salobra e submetido a diferentes doses de esterco bovino e biofertilizantes / Robson Alexsandro de Sousa. – 2015.  
171 f.: il., color..
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2015.  
Área de Concentração: Irrigação e drenagem.  
Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.  
Coorientação: Profa. Dra. Antônia Leila Rocha Neves.
1. Água - Salinidade. 2. Sorgo. 3. Adubos e fertilizantes. I. Título.

**ROBSON ALEXSANDRO DE SOUSA**

**DESENVOLVIMENTO DO SORGO cv. BRS PONTA NEGRA IRRIGADO  
COM ÁGUA SALOBRA E SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE  
ESTERCO BOVINO E BIOFERTILIZANTES**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

Aprovada em **21 / 08 / 2015.**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof Dr. Raimundo Nonato Távora Costa (Conselheiro)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof Dr. Fernando Felype Ferreyra Hernandez (Conselheiro)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Dr. Carlos Henrique Carvalho de Sousa (Conselheiro)  
PNPD/CAPES/FUNCAP/UFC

---

Prof Dr. Emerson Moreira de Aguiar (Conselheiro)  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

---

Prof Dr. Sydney Carlos Praxedes (Conselheiro)  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

*“Ama-se mais o que se conquista com esforço.”*

Benjamin Disraeli

## **OFEREÇO**

Aos meus pais Romão Augusto de Sousa e Maria Ana de Oliveira Sousa (*In memoriam*); e, à minha tia Francisca Ana de Maria (*In memoriam*), pelo amor e compreensão primordiais para minha formação.

## **DEDICO**

A minha amada esposa Virgínia Menezes, e aos meus filhos Romão Neto e Isabel, pela compreensão, carinho e amor.

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao professor e amigo, Claudivan Feitosa de Lacerda, pela sua orientação neste trabalho e apoio irrestrito no desenrolar deste curso.

A Dr<sup>a</sup> Antônia Leila Rocha Neves, pela co-orientação dada neste trabalho, sempre nas horas mais urgentes.

Ao programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará – UFC, pela oportunidade concedida de aprimoramento dos meus conhecimentos nesta área.

Aos conselheiros, prof<sup>o</sup> Dr. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez, prof<sup>o</sup> Dr. Raimundo Nonato Távora Costa, prof<sup>o</sup> Dr. Sydney Carlos Praxedes, prof<sup>o</sup> Dr. Emerson Moreira Aguiar e Dr. Carlos Henrique Carvalho de Sousa, pelas sugestões que visaram o aprimoramento deste trabalho.

Ao amigo e Eng<sup>o</sup> Agrônomo Antônio Carlos Alves Magalhães, coordenador de Agropecuária da Secretaria de Agricultura do Rio Grande do Norte, pela obtenção das sementes junto a Empresa de Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN.

À Escola Agrícola de Jundiáí, pela concessão do espaço, infraestrutura, funcionários e técnicos que permitiram o desenvolvimento dos experimentos.

Ao prof Dr. José Augusto da Silva Santana, pela concessão da casa de vegetação para o desenvolvimento desta pesquisa e sugestões no transcorrer dela.

Ao prof<sup>o</sup> Dr. Emerson Moreira Aguiar, coordenador do Laboratório de Nutrição Animal – EAJ/UECIA/UFRN, pela disponibilização para realização dos trabalhos de laboratório.

Ao amigo Josenildo Teixeira da Silva (Chinida) pelo esforço e presteza no desenvolvimento dos experimentos.

A Superintendência de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte pela realização da videoconferência.

Aos professores da Escola Agrícola de Jundiáí Robson Coelho, Cosme Jales, Apolino Nogueira, Alexandre Pimenta, Júlio Gomes, Ivan Max, Roberto Rihan, Paulo Faria e João Inácio pela ajuda dedicada a este trabalho.

Às bolsistas Jéssica Rodrigues e Marislayne pela ajuda incessante na condução dos experimentos.

Aos amigos do curso de doutorado, Marília, Alexandre, Monikelly, Sildemberny, Deodato, Luizín, Breno, Alan, Mailson, dentre outros difíceis de nomear mas impossível de esquecer.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola - UFC, Jacó, Maurício, Aninha, Willa e Fátima pela amizade ao longo do curso.

Enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho sempre demonstrando que a união e o companheirismo representam a força da amizade entre àqueles que valorizam a amizade.



## RESUMO GERAL

SOUSA, R. A. Desenvolvimento do sorgo cv. BRS Ponta Negra irrigado com água salobra e submetido a diferentes doses de esterco bovino e biofertilizantes. Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda. Co-orientadora: Dra. Antônia Leila Rocha Neves. Fortaleza: UFC. 171f. (Tese). 2015

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação e compostos orgânicos, sobre o desenvolvimento de plantas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] cv. BRS Ponta Negra. Para isso foram realizados três experimentos: no primeiro, verificou-se o efeito da aplicação de esterco bovino e do biofertilizante comercial Ative® e irrigação com água de salinidades diferentes nas plantas de sorgo; no segundo, verificou-se as doses de esterco bovino (10, 20, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>) e a salinidade da água de irrigação; e, no terceiro, verificou-se o uso de doses de biofertilizante líquido Ative® (75, 150, 225 e 300 L ha<sup>-1</sup>) e salinidade da água de irrigação. As plantas foram cultivadas em vasos contendo 23 kg de solo arenoso, em casa de vegetação. Os níveis de salinidade foram 0,2; 2,0; 4,0; e 6,0 dS m<sup>-1</sup>, sendo que para a sua confecção utilizou-se água de açude adicionada com NaCl no primeiro experimento; no segundo e terceiro experimentos com sais de NaCl, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, na proporção de 7:2:1. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições em esquema fatorial 4 x 3, no primeiro experimento; quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 4, no segundo e terceiro experimentos. Foram avaliadas as seguintes variáveis: matéria seca total; diâmetro do colmo; altura de plantas; área foliar total; suculência foliar; massa específica foliar; teores de sódio, potássio, cloro, cálcio, magnésio e fósforo no colmo + bainhas e limbos foliares das plantas; teores de prolina e carboidratos nas folhas de sorgo. Além das análises de solo dos experimentos. Os resultados evidenciam nos três experimentos que a salinidade influenciou todas as variáveis analisadas, apresentando efeitos benéficos do esterco bovino e biofertilizante, no entanto, sem diminuir os efeitos deletérios dos sais quando aplicados através da água de irrigação.

**PALAVRAS-CHAVE:** salinidade, matéria orgânica, *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

## GENERAL ABSTRACT

SOUSA, R. A. Development of sorghum cv. BRS irrigated Ponta Negra with saline water and subjected to different doses of cattle manure and biofertilizers. Advisor: Claudivan Feitosa de Lacerda. Co-advisor: Antônia Leila Rocha Neves: UFC. 171f. (D.S. Thesis). 2015

This study aimed to evaluate the effects of salinity of irrigation water and organic compound on the development in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] cv. BRS Ponta Negra. Therefore, three experiments were performed: the first, there was the effect of cattle manure and commercial biofertilizer Ative® and irrigation with different salinity water in the sorghum plants; in the second there was the cattle manure doses (10, 20, 30 and 40 t ha<sup>-1</sup>) and the salinity of the irrigation water; and in the third, there was the use of liquid biofertilizer Ative® doses (75, 150, 225 and 300 L ha<sup>-1</sup>) and salinity irrigation water. The plants were grown in pots containing 23 kg of sandy soil under greenhouse conditions. Salinity levels were 0.2; 2.0; 4.0; and 6.0 dS m<sup>-1</sup>, being used for its preparation is pond water with NaCl added in the first experiment; the second and third experiments with NaCl salts, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O and MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, the ratio of 7:2:1. The experimental design was completely randomized with five replicates in a factorial 4 x 3 in the first experiment; four replications, in a factorial 4 x 4, second and third experiments. The following variables were assessed: total dry matter; culms + sheath diameter; plant height; total leaf area; leaf succulence; bulk density leaf; sodium, potassium, chloride, calcium, magnesium and phosphorus in the leaves and culms + sheath of plants; proline and carbohydrates in the leaves of plants. In addition to the soil analysis of the experiments. The results show the three experiments that salinity affected all variables, with beneficial cattle manure and biofertilizer, however, without reducing the deleterious effects of salts when applied through irrigation water.

**KEYWORDS:** salinity, organic matter, *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

- Figura 2.1 – Localização da casa de vegetação da Escola Agrícola de Jundiaí – Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias .....52
- Figura 2.2 – Disposição dos vasos na casa de vegetação.....55
- Figura 2.3 – Vista dos vasos após a realização do desbaste.....56
- Figura 2.4 – Matéria seca total de plantas (A), área foliar total (B), altura de plantas (C), diâmetro do colmo (D), massa específica foliar (E) e suculência foliar (F) nas plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, em função da salinidade da água de irrigação .....66
- Figura 2.5 – Teor de sódio, cloro e potássio no colmo + bainhas (A, C e E) e nos limbos foliares (B, D e F) de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação .....71
- Figura 2.6 – Teor de fósforo, cálcio e magnésio no colmo + bainhas (A, C e E) e nos limbos foliares (B, D e F) de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação. ....75
- Figura 2.7 – Teor de carboidratos (A) e prolina (B) nas folhas de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação. ....79

### CAPÍTULO 3

- Figura 3.1 – Localização da casa de vegetação da Escola Agrícola de Jundiaí – Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias .....95
- Figura 3.2 – Disposição dos vasos na casa de vegetação.....98
- Figura 3.3 – Matéria seca total de plantas (A), altura de plantas (B), diâmetro do colmo (C), área foliar total (D) e suculência foliar (E) nas plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, em função da salinidade da água de irrigação ..... 104

Figura 3.4 – Teor de sódio, cloro e potássio no colmo + bainhas (A, C e E) e nos limbos foliares (B, D e F) de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação.....	110
Figura 3.5 – Teor de fósforo, cálcio e magnésio no colmo + bainhas (A, C e E) e nos limbos foliares (B e D) de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação. ....	114
Figura 3.6 – Teor de carboidratos (A) e prolina (B) nas folhas de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação .....	118

## **CAPÍTULO 4**

Figura 4.1 – Localização da casa de vegetação da Escola Agrícola de Jundiá – Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias....	134
Figura 4.2 – Disposição dos vasos na casa de vegetação.....	137
Figura 4.3 – Matéria seca total de plantas (A), altura de plantas (B), diâmetro do colmo (C), área foliar total (D), massa específica foliar (E) e suculência foliar (F) nas plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, em função da salinidade da água de irrigação. ...	144
Figura 4.4 – Teor de sódio, cloro e potássio no colmo + bainhas (A, C e E) e nos limbos foliares (B, D e F) de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação .....	150
Figura 4.5 – Teor de fósforo, cálcio e magnésio no colmo + bainhas (A, C e E) e nos limbos foliares (B, D e F) de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação .....	155
Figura 4.6 – Teor de carboidratos (A) e prolina (B) nas folhas de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação. ....	159

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 – Composição química das águas de irrigação usadas no experimento .....	53
Tabela 2.2 – Composição química do esterco bovino utilizado no experimento .....	54
Tabela 2.3 – Composição química do biofertilizante Ative® concentrado utilizado no experimento .....	54
Tabela 2.4 – Atributos químicos e classificação textural do solo utilizado no experimento .....	55
Tabela 2.5 – Atributos químicos médios do solo antes e depois do experimento, na camada 0-0,20 m de profundidade .....	62
Tabela 2.6 – Valores do quadrado médio e significância estatística para matéria seca total (MST), altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (DIAM), área foliar total (AFT), massa específica foliar (MEF) e suculência foliar (SUC) em plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, irrigadas com água salobra e submetidas a diferentes compostos orgânicos.....	64
Tabela 2.7 – Valores médios da massa específica foliar, em g MS dm <sup>-2</sup> , em plantas de sorgo cv BRS Ponta Negra submetidas a diferentes compostos orgânicos.....	68
Tabela 2.8 – Valores do quadrado médio e significância estatística para as variáveis sódio (Na), cloro (Cl), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos colmos + bainhas e nos limbos foliares de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, irrigadas com água salobra e submetidas a diferentes compostos orgânicos ....	70
Tabela 2.9 – Valores do quadrado médio e significância estatística para as variáveis carboidratos e prolina nas folhas de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, irrigadas com água salobra e submetidas a diferentes compostos orgânicos.....	78

### CAPÍTULO 3

Tabela 3.1 – Composição química das águas de irrigação usadas no experimento .....	96
Tabela 3.2 – Composição química do esterco bovino utilizado no experimento .....	97
Tabela 3.3 – Análises químicas e classificação textural do solo utilizado no experimento .....	97
Tabela 3.4 – Atributos químicos médios do solo antes e depois do experimento, na profundidade de 0-0,20 m.....	101
Tabela 3.5 – Valores de quadrado médio e significância estatística para matéria seca total (MST), altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (DIAM), área foliar total (AFT), massa específica foliar (MEF) e suculência foliar (SUC) em plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, submetidas a diferentes doses de esterco bovino e irrigadas com água salobra.....	103
Tabela 3.6 – Médias e desvio padrão da massa específica foliar (MEF), em g MS dm <sup>-2</sup> , em plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra submetidas a doses diferentes de esterco bovino e irrigadas com água com níveis crescentes de sais .....	107
Tabela 3.7 – Valores do quadrado médio e significância estatística para as variáveis sódio (Na), cloro (Cl), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos colmos + bainhas e nos limbos foliares de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, irrigadas com água salobra e submetidas a diferentes doses de esterco bovino .....	108
Tabela 3.8 – Valores do quadrado médio e significância estatística para as variáveis carboidratos e prolina nas folhas de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, irrigadas com água salobra e submetidas a diferentes doses de esterco bovino.....	117

### CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 – Composição química das águas de irrigação usadas no experimento .....	135
--	-----

Tabela 4.2 – Composição química do biofertilizante Ative® líquido concentrado utilizado no experimento .....	136
Tabela 4.3 – Análises químicas e classificação textural do solo utilizado no experimento.. .....	136
Tabela 4.4 – Composição química do biofertilizante Ative® diluído utilizado no experimento. ....	138
Tabela 4.5 – Atributos químicos médios do solo antes e depois do experimento, na camada de 0-0,20 m de profundidade.....	141
Tabela 4.6 – Valores do quadrado médio e significância estatística para matéria seca total (MST), altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (DIAM), área foliar total (AFT), massa específica foliar (MEF) e suculência foliar (SUC) em plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, submetidas a diferentes doses de biofertilizante e irrigadas com água salobra.....	143
Tabela 4.7 – Teores médios da matéria seca total (MST), altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (DIAM), área foliar total (AFT), massa específica foliar (MEF) e suculência foliar (SUC), em plantas de sorgo cv BRS Ponta Negra submetidas a diferentes doses de biofertilizante .....	147
Tabela 4.8 – Valores do quadrado médio e significância estatística para sódio (Na), cloro (Cl), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos colmos + bainhas e limbos foliares de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, submetidas a diferentes doses de biofertilizante e irrigadas com água salobra.....	149
Tabela 4.9 – Valores do quadrado médio e significância estatística para as variáveis carboidratos e prolina nas folhas de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, irrigadas com água salobra e submetidas a diferentes doses de biofertilizante .....	158

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL .....	08
GENERAL ABSTRACT .....	09
INTRODUÇÃO GERAL .....	18
Capítulo 1 - Problemas da salinidade na agricultura irrigada .....	20
1.1 A salinidade do solo .....	20
1.2 Qualidade da água para irrigação .....	21
1.3 Efeitos da salinidade sobre as plantas .....	23
1.4 A matéria orgânica no solo .....	26
1.5 Interação matéria orgânica x salinidade .....	32
1.6 A cultura do sorgo .....	36
1.7 REFERÊNCIAS .....	40
Capítulo 2 - Crescimento e nutrição do sorgo em função da irrigação com água salobra e da aplicação de esterco bovino e biofertilizante .....	48
RESUMO .....	48
ABSTRACT .....	49
2.1 INTRODUÇÃO .....	50
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	52
2.2.1 Condições experimentais e material vegetal .....	52
2.2.2 Tratamentos e delineamento experimental .....	53
2.2.3 Instalação e condução do experimento .....	54
2.2.4 Variáveis analisadas .....	56
2.2.4.1 Variáveis de crescimento vegetativo .....	56
2.2.4.2 Composição mineral .....	58
2.2.4.3 Determinação de solutos orgânicos .....	58



2.2.4.4 Análises de solo .....	59
2.2.5 Análises estatísticas .....	60
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
2.3.1 Análise do solo .....	61
2.3.2 Crescimento vegetativo .....	64
2.3.3 Composição mineral.....	69
2.3.4 Solutos orgânicos .....	78
2.4 CONCLUSÕES .....	81
2.5 REFERÊNCIAS.....	82
Capítulo 3 – Efeito de doses crescentes de esterco bovino em plantas de sorgo submetidas a estresse salino .....	91
RESUMO .....	91
ABSTRACT .....	92
3.1 INTRODUÇÃO .....	93
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	95
3.2.1 Condições experimentais e material vegetal .....	95
3.2.2 Tratamentos e delineamento experimental .....	96
3.2.3 Instalação e condução do experimento.....	97
3.2.4 Variáveis analisadas.....	98
3.2.4.1 Variáveis de crescimento .....	98
3.2.4.2 Composição mineral.....	99
3.2.4.3 Determinação de solutos orgânicos .....	99
3.2.4.4. Análises de solo .....	99
3.2.5 Análises estatísticas .....	99
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	100
3.3.1 Evolução dos sais no solo .....	100
3.3.2 Avaliação do crescimento vegetativo .....	102

3.3.3 Composição mineral das plantas .....	108
3.3.4 Teores de carboidratos solúveis e de prolina nas folhas.....	117
3.4 CONCLUSÕES .....	121
3.5 REFERÊNCIAS.....	122
Capítulo 4 - Efeito da aplicação de biofertilizante líquido no desenvolvimento do sorgo irrigado com água salobra .....	131
RESUMO .....	131
ABSTRACT .....	132
4.1 INTRODUÇÃO .....	133
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	135
4.2.1 Condições experimentais e material vegetal.....	135
4.2.2 Tratamentos e delineamento experimental .....	136
4.2.3 Instalação e condução do experimento.....	137
4.2.4 Variáveis analisadas.....	139
4.2.4.1 Variáveis de crescimento .....	139
4.2.4.2 Composição mineral.....	139
4.2.4.3 Determinação de solutos orgânicos .....	139
4.2.4.4 Análises de solo .....	139
4.2.4.5 Análises estatísticas .....	140
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	141
4.3.1 Monitoramento dos sais no solo.....	141
4.3.2 Crescimento vegetativo das plantas.....	143
4.3.3 Avaliação da composição mineral .....	149
4.3.4 Análise dos solutos orgânicos .....	158
4.4 CONCLUSÕES .....	161
4.5 REFERÊNCIAS.....	162

## INTRODUÇÃO GERAL

A região do semiárido nordestino brasileiro é caracterizada como um desafio intrigante para os que a exploram no âmbito do setor agrícola, tanto no agronegócio quanto na agricultura familiar. Suas características peculiares de alta temperatura, baixa umidade do ar, baixa pluviometria e irregularidades na distribuição das chuvas, levam a empreender iniciativas que visem a máxima produção e produtividade das culturas de acordo com as condições climáticas reinantes (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012). Os fatores climáticos da região indicam que a escassez de chuvas e sua irregularidade, afetam diretamente o acúmulo de água seja através de mananciais de superfície ou subterrâneos, visto que a demanda pelo insumo água é maior que a reposição através do ciclo hidrológico.

O uso da água em regiões caracterizadas por adversidades climáticas requer especial atenção para que não ocorra a escassez, principalmente, devido a má utilização na produção agrícola. A irrigação, técnica milenar, apresenta-se como um coerente manejo da água, pois aplica-se a quantidade necessária de água para o desenvolvimento da cultura, e através de um manejo correto minimizar o desperdício do bem tão precioso que é a água.

Fontes de mananciais que são consideradas de má qualidade por possuírem altos teores de sais na sua composição, poderão ser aproveitadas para a prática da irrigação, desde que observadas as restrições para o uso nas culturas, contribuindo para importantes incrementos na produção agrícola em situações de baixa disponibilidade de água de boa qualidade.

As práticas de manejo com a utilização de águas salinas são as mais variadas possíveis, porém, são onerosas para o produtor rural, que por sua vez, limita-se a utilizar somente água de boa qualidade visando que a sua rentabilidade na exploração agrícola não se torne ínfima, por usar águas de qualidade inferior. No entanto, com o passar dos anos, várias alternativas de custo econômico menor vêm sendo testadas, para minimizar os efeitos dos sais no crescimento e desenvolvimento das culturas, tais como a utilização de adubos orgânicos (CAVALCANTE *et al.*, 2010, FALLAHI *et al.*, 2015; YARAMI; SEPASKHAH, 2015), melhor controle da irrigação (TERCEIRO NETO *et al.*, 2012), utilização de variedades tolerantes (RIVERO *et al.*, 2014), mistura de águas (SILVA *et al.*, 2014), entre outras.

A utilização de condicionadores orgânicos (esterco bovino e biofertilizante), através do processo de quelação, aliada à elevada capacidade de troca catiônica (CTC) da matéria orgânica, facilita a lixiviação dos sais nocivos para as partes mais profundas do perfil do solo (MALAVOLTA; GOMES; ALCARDE, 2002). O uso de matéria orgânica, seja na forma de esterco bovino ou de biofertilizantes líquidos, em solos degradados por excesso de sais, é uma prática estudada por diversos autores a exemplo de MIRANDA *et al.*, 2011 e SÁ *et al.*, 2015, entretanto, a aplicação de esterco bovino ou biofertilizante como forma de evitar os efeitos deletérios da salinidade na cultura do sorgo necessita de mais estudos.

A cultura do sorgo apresenta-se com importância ímpar no semiárido Nordeste devido a ter grande adaptabilidade às condições adversas que permeiam esta região, como o déficit hídrico. É uma cultura importante para o fornecimento de forragens para o gado bovino ou na produção de grãos, figurando no panorama mundial como uma alternativa para as culturas que não produzem satisfatoriamente sob condições de clima quente e seco e, sobretudo, com variações na precipitação pluviométrica da região (LANDAU; SANS, 2010; BUSO *et al.*, 2011).

O Estado do Rio Grande do Norte que concentra mais de 90% do seu território dentro da região semiárida, conta, sistematicamente, com situações climáticas desfavoráveis, com baixos índices pluviométricos, predominando a agricultura familiar, principalmente o cultivo dos produtos de sequeiro, com destaque para arroz, feijão, milho e sorgo. No entanto, desde 2002, houve um crescimento da demanda do sorgo granífero no Estado, pelo seu alto potencial de produção, e do sorgo forrageiro na forma de feno e silagem (LIMA *et al.*, 2010).

Dessa forma, este trabalho objetivou verificar o desenvolvimento de plantas de sorgo [*Shorghum bicolor* (L.) Moench.] cv. BRS Ponta Negra quando irrigadas com água salobra e com aplicação de esterco bovino e biofertilizante líquido para minimizar os efeitos nocivos da salinidade nas plantas, em casa de vegetação.

## Capítulo 1 - Problemas da salinidade na agricultura irrigada

### 1.1 A salinidade do solo

O crescente aumento da produção de alimentos com a finalidade de atender ao acelerado processo de crescimento populacional no mundo, gera uma expansão das áreas agricultáveis, impulsionadas pela irrigação tornando áreas das regiões áridas e semiáridas produtivas. O Brasil possui 4,45 milhões de hectares de área irrigada, ocupando o 16º lugar entre os países com maior área irrigada no mundo (PAULINO *et al.*, 2011). Entretanto, a irrigação tem gerado vários problemas ao meio ambiente, principalmente a salinização do solo, em regiões semiáridas, em virtude de suas fontes hídricas possuírem, normalmente, elevados teores de sais e, também devido às suas condições climáticas (RHOADES; KANDIAH; MARSHALI, 2000).

A salinização do solo pode ser ocasionada por processo natural e induzido (FERREIRA, 1998). O processo natural, ocorre através de intemperização das rochas, e o processo induzido ocorre pela ação antrópica, através do manejo inadequado da irrigação, excesso de fertilizantes e drenagem deficiente em regiões áridas e semiáridas (MEDEIROS; NASCIMENTO; GHEYI, 2010). A salinidade induzida pelo homem é mais perceptível em ambientes de elevada taxa de evapotranspiração e baixa precipitação pluviométrica no curso do ano, como é o caso de regiões áridas e semiáridas (OLIVEIRA, 1997).

O processo de salinização do solo depende da qualidade da água usada na irrigação, da existência e do nível de drenagem natural e, ou, artificial do solo, da profundidade do lençol freático e da concentração original de sais no perfil do solo. Em ambientes salinos a disponibilidade de nutrientes para as plantas é afetada por fatores como o pH do solo, que influencia a disponibilidade, a concentração e as relações entre nutrientes que podem afetar a absorção e o transporte dos elementos químicos e, indiretamente, a absorção e a translocação dos mesmos (GRATTAN; LAMENTA, 1994).

Os principais problemas causados pela salinização dos solos são a redução do potencial osmótico da solução do solo, diminuindo a disponibilidade de água e a toxicidade de certos íons às plantas (RHOADES; KANDIAH; MARSHALI, 2000; MUNNS, 2002; BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2005).

O processo de salinização consiste na concentração de sais nos horizontes ou camadas do perfil de solo, mais solúveis que o gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), cuja solubilidade é de, aproximadamente,  $2,41 \text{ g L}^{-1}$ . Os principais sais solúveis encontrados nos solos salinos são cloretos, sulfatos e bicarbonatos de Na, Ca e Mg. As fontes fornecedoras dos sais solúveis são, primordialmente, os minerais primários formadores das rochas, por intemperismo químico, sendo a água o principal agente carreador (RIBEIRO, 2010).

Na região semiárida, caracterizada por elevada evapotranspiração, em torno de  $2000 \text{ mm ano}^{-1}$ , e baixos índices pluviométricos, os solos tendem a apresentar alta concentração de bases trocáveis decorrente do incipiente processo de lixiviação, indicando a princípio, solos de alta fertilidade. No entanto, em áreas irrigadas, pelo intenso processo de solubilização de minerais há acúmulo de íons, que quando precipitam, originam solos com acúmulo de sais, muitas vezes de reação alcalina, limitando sua fertilidade e a produtividade das culturas (SANTOS, CAVALCANTE; VIDAL, 2010).

Rhoades, Kandiah e Marshali (2000) afirmam que a utilização das águas para irrigação depende das condições de uso, incluindo-se culturas, clima, solos, métodos de irrigação e práticas de manejo, o que torna as classificações de água quanto à salinidade não aconselhadas para avaliar a adequabilidade da água de irrigação.

A baixa disponibilidade de recursos hídricos nas regiões áridas e semiáridas envolvem aspectos quantitativos e qualitativos, principalmente a presença de sais nestes mananciais, sejam superficiais ou subterrâneos, causando restrições de uso para o consumo humano, animal e irrigação (MEDEIROS; DIAS; BARROS, 2003).

## **1.2 Qualidade da água para irrigação**

As águas superficiais e subterrâneas são originadas das precipitações pluviométricas, sendo que estas se constituem na fonte natural de irrigação das explorações de sequeiro. A salinidade das águas pluviais é baixa, com uma CE da ordem de  $0,010 \text{ dS m}^{-1}$  (MOLLE; CADIER, 1992), no entanto, a alta pluviosidade

favorece a dispersão de partículas do solo causando problemas de infiltração (AYERS; WESTCOT, 1999).

Via de regra, todas as águas naturais, quer sejam elas de origem pluvial, superficial (rios, lagos e açudes) ou subterrânea (poços e cacimbas), contêm sais dissolvidos em quantidades variadas (HOLANDA; AMORIM, 1997). A variação na composição e qualidade das águas destinadas à irrigação depende da zona climática, fonte da água, trajeto percorrido, época do ano, geologia da região e desenvolvimento da irrigação (SHALHEVET; KAMBUROV, 1976; LOPEZ, 2000). Os principais sais encontrados tanto no solo como na água são o cloreto de sódio (NaCl), o sulfato de magnésio ( $MgSO_4$ ), o sulfato de sódio ( $Na_2SO_4$ ), o cloreto de magnésio ( $MgCl_2$ ) e o carbonato de sódio ( $Na_2CO_3$ ) (ULZURRUM, 2000).

A qualidade da água de irrigação pode ser considerada como um importante fator, mas nunca deve ser esquecido que ela é tão somente um dos fatores e que não é possível desenvolver um sistema de classificação universal que possa ser utilizado sob todas as circunstâncias. A adequação da água para a irrigação depende tanto de sua própria qualidade quanto de fatores relacionados com as condições de uso (AYERS; WESTCOT, 1999).

Seis parâmetros básicos, segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2005), podem ser listados para se analisar a água e determinar a sua qualidade para a irrigação, são eles: a) concentração total de sais solúveis ou salinidade; b) proporção relativa de sódio, em relação aos outros cátions ou capacidade de infiltração do solo; c) concentração de elementos tóxicos; d) concentração de bicarbonatos; e) aspecto sanitário; e, f) aspecto de entupimento de emissores (irrigação localizada).

O uso da água para a irrigação depende da sua qualidade bem como das suas condições de uso (WILCOX; DURUM, 1967), variando de acordo com o tipo de solo ou cultura onde é empregada (HOORN, 1971). Frenkel (1984) afirma que a água por si mesma não tem qualidade inerente, exceto no contexto para o qual é usada, pois sua adequabilidade depende do que pode ser feito com ela sob condições específicas de uso.

As águas de zonas úmidas, geralmente, apresentam menor teor de sais do que as de zonas áridas. Águas subterrâneas são mais salinas do que as águas de rios e estas, próximo da foz, contêm mais sais do que as próximas à nascente. A concentração de sais nas águas de rios varia com a estação do ano, sendo maior no outono que na primavera. Numa determinada região, as águas, naturalmente, contêm

menos sais antes do desenvolvimento de projetos de irrigação (HOLANDA *et al.*, 2010).

Ocorre variação significativa da qualidade da água de irrigação devido ao tipo e a quantidade de sais dissolvidos. Os sais, na água de irrigação, encontram-se em quantidades relativamente pequenas, porém significativas, e têm sua origem na dissolução ou intemperização das rochas e solos, incluindo a dissolução lenta do calcário, do gesso e de outros minerais, além de serem transportados pelas águas de irrigação e depositados no solo, onde se acumulam à medida que a água se evapora ou é consumida pelas culturas (AYERS; WESTCOT, 1999).

A água contém, geralmente, diversos componentes, oriundos do próprio ambiente natural ou foram introduzidos a partir de atividades humanas. Para caracterizar uma água são determinados vários parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso (SILVA, I. *et al.*, 2011).

A qualidade da água para irrigação está relacionada com os seus efeitos prejudiciais ao solo e à cultura, requerendo, muitas vezes, técnicas especiais de manejo para compensar eventuais problemas associados com o seu uso. A adequação da água para irrigação depende tanto da própria qualidade, quanto de fatores relacionados com as condições de uso. Uma mesma qualidade de água pode ser considerada adequada para uma certa cultura ou solo, mas ser imprópria para outros. Portanto, é importante a avaliação da qualidade da água como medida preventiva dos processos de salinização gradativos, pelo acúmulo de sais oriundos de irrigações sucessivas. Além das características físico-químicas da água, outros fatores devem ser considerados e analisados em conjunto quando de sua avaliação e recomendação de uso para irrigação (AYERS; WESTCOT, 1999).

### **1.3 Efeitos da salinidade sobre as plantas**

A agricultura intensiva e as práticas inadequadas de manejo da água têm causado, desde o início da atividade de cultivo de plantas, e continuam causando uma salinização relevante das áreas de plantio. As altas concentrações de solutos na água e a inexistência de sistemas de drenagem na área de cultivo, propiciam que a água



de irrigação, pode rapidamente alcançar níveis prejudiciais às espécies sensíveis ao sal, com prejuízo substancial à fisiologia, ao crescimento e aos processos de desenvolvimento das plantas, reduzindo, em situação extrema, a sobrevivência da espécie (TAIZ; ZEIGER, 2009). O estresse salino afeta virtualmente todos os aspectos da fisiologia e metabolismo das plantas (ZHU, 2002).

A salinidade do solo reduz a disponibilidade da água para as plantas; no entanto, nem todas as culturas são igualmente afetadas pelo mesmo nível de salinidade, pois algumas são mais tolerantes que outras e podem extrair água com mais facilidade. Com base na resposta aos sais, as plantas são classificadas em glicófitas e halófitas. As glicófitas representam o grupo das plantas cultivadas e, na sua maioria, são as menos tolerantes à ação dos sais, enquanto as halófitas compõem o grupo de plantas que adquirem condições fisiológicas, portanto, ajustam-se osmoticamente e sobrevivem em meio altamente salino (DIAS; BLANCO, 2010).

A salinidade afeta a nutrição mineral das culturas reduzindo a atividade dos íons em solução e alterando os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta. A interação entre salinidade e nutrição mineral se torna mais complexa em virtude das diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos (água e solo) aos quais as plantas são submetidas, e das diferentes respostas das plantas, tanto em relação à salinidade como em relação à eficiência na aquisição de minerais do solo (LACERDA, 2005).

A redução da produtividade das culturas está diretamente relacionada a três principais efeitos: o fechamento estomático que limita a assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, e que é consequência dos efeitos osmóticos dos sais; a inibição da expansão foliar que reduz a área destinada ao processo fotossintético, sendo consequência do acúmulo excessivo de íons tóxicos, de distúrbios na nutrição mineral e/ou da redução na turgescência e a aceleração da senescência de folhas maduras que também reduz a produção de fotoassimilados (LACERDA *et al.*, 2003).

Ocorre variação da tolerância à salinidade entre espécies (KUDO *et al.*, 2010) e até mesmo dentro da espécie (SANTOS *et al.*, 2014) e depende de vários fatores, como a intensidade e duração do estresse salino (NEVES *et al.*, 2009; FREITAS *et al.*, 2013) e estágio fenológico (BUSTINGORRI; LAVADO, 2011).

A diminuição dos valores de potencial hídrico do meio pode induzir o estresse hídrico na planta inteira (PARIDA; DAS, 2005). Além disso, a salinidade reduz a condutividade hidráulica das raízes (SOHAN; JASONI; ZAJICEK, 1999),

limitando o fluxo de água e sais para a parte aérea. Posteriormente, o acúmulo excessivo de sais pode levar à morte dos tecidos, órgãos e mesmo da planta inteira. Isso ocorre, em grande parte, devido aos distúrbios provocados pelos efeitos dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  acumulados nas células, os quais afetam vários processos metabólicos (MUNNS, 2002).

Santos *et al.* (2014), avaliando a influência da salinidade no crescimento de espécies de leguminosas (*Crotalaria juncea* e *C. spectabilis*) comumente utilizadas como adubação verde, submetidas a cinco níveis de sais (0,8, 1,6, 2,4, 3,2 e 4,0 dS  $\text{m}^{-1}$ ), verificaram efeito depreciativo dos níveis de sais aos 40 dias, para altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas para a *C. spectabilis*, enquanto que a *C. juncea* não apresentou resposta a aplicação dos sais.

Avaliando o efeito de três diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (0,5; 2,75; e, 5,0 dS  $\text{m}^{-1}$ ) no crescimento inicial do pimentão, em dois tipos de solos (Argissolo e Cambissolo), Nascimento *et al.* (2015), concluíram que o crescimento inicial da cultura do pimentão foi afetado de forma diferente em cada tipo de solo estudado, no entanto, o maior nível de salinidade causou grandes reduções no número de folhas, área foliar, altura da planta, diâmetro do caule e massa seca da parte aérea.

Souza *et al.* (2014) com o objetivo de avaliar o desenvolvimento inicial de dois milhos especiais (doce e pipoca) submetidos a dois níveis de estresse salino observaram que uso de água salina na irrigação provocou redução em todas as variáveis de crescimento de ambas as culturas, mas a intensidade do efeito da salinidade variou de acordo com a cultura, sendo que as variáveis mais negativamente afetadas foram massa seca de pendão (51,9%), folhas (44%), raiz (40,3%) e total (40,9%), o milho doce apresentou uma menor perda relativa para a maioria das variáveis analisadas, em relação ao milho pipoca.

Estudando a tolerância à salinidade de seis variedades de sorgo forrageiro (F305, BRS 655, BRS 610, Volumax, 1.015.045, 1.016.005) a partir da porcentagem de germinação e do crescimento inicial das plântulas submetidas a seis níveis de salinidade da água (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10 e 12,5 dS  $\text{m}^{-1}$ ), Coelho *et al.* (2014) verificaram que os níveis de salinidade não interferiram no processo de germinação das sementes das variedades de sorgo forrageiro até a condutividade de 10 dS  $\text{m}^{-1}$ , no parâmetro crescimento das plântulas, os níveis de salinidade entre 3 e 5 dS  $\text{m}^{-1}$  favoreceram o crescimento da parte aérea e raízes demonstrando boa tolerância à salinidade das

variedades de sorgo forrageiro avaliadas, principalmente de F305, Volumax e 1.015.045.

Coelho *et al.* (2013) avaliando os efeitos do estresse salino no crescimento, evapotranspiração e potencial osmótico foliar do feijoeiro vigna conduziram experimento em casa de vegetação, utilizando-se de duas texturas de solo e quatro níveis de salinidade do solo (0; 4, 8 e 12 dS m<sup>-1</sup>), verificaram que a salinidade do solo causou redução no consumo de água, no potencial osmótico foliar, na altura das plantas, no número de folhas e na biomassa seca da parte aérea.

Feijão *et al.* (2013) com o objetivo de estudar o efeito do crescimento e no acúmulo de solutos inorgânicos e orgânicos em plantas de milho submetidas a dois níveis de salinidade (NaCl a 0 e 75 mM) e quatro concentrações de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (0,5; 2,5; 5,0 e 7,5 mM) em sistema hidropônico, observaram que a massa seca da parte aérea e das raízes foi reduzida pela salinidade, com menor evidência quando as plantas foram submetidas a concentrações de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> abaixo de 2,5 mM, os teores de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> aumentaram com a salinidade em todos os órgãos da planta estudados, havendo maior acúmulo desses íons nas raízes, observaram também um aumento na concentração de K<sup>+</sup> à medida que se aumentou a concentração de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no meio, levando à redução da absorção de Cl<sup>-</sup> e ao acúmulo de prolina e N-aminossolúveis.

#### **1.4 A matéria orgânica no solo**

A matéria orgânica do solo representa um acervo de resíduos animais e vegetais parcialmente decompostos e também parcialmente sintetizados, em contínua decomposição resultante do trabalho de microrganismos do solo, sendo a fonte original da matéria orgânica do solo o tecido vegetal, e os animais são considerados como fontes secundárias de matéria orgânica (BRADY, 1979).

Em um solo produtivo, a matéria orgânica está presente em aproximadamente 5%, determinando, em grande parte, a sua produtividade. A matéria orgânica serve como fonte de alimento para microrganismos através de reações químicas, influenciando nas propriedades físicas do solo. Vários são os benefícios da matéria orgânica no solo, dentre os quais podemos citar formação de agregados, maior permeabilidade do ar, aumento da capacidade de retenção de água, aumento

da capacidade de troca catiônica (CTC) e da capacidade de troca aniônica (CTA), disponibilização de macro e micronutrientes, controle do pH do solo (BRADY, 1979).

O húmus, ou matéria orgânica do solo, não é apenas uma fonte de nutrientes. Talvez, mais importantes sejam as notáveis propriedades de natureza coloidal que apresenta decorrentes de uma estrutura orgânica complexa, aliada a uma fina subdivisão de partículas. Através de suas longas cadeias orgânicas, a matéria orgânica funciona como condicionador de solo, agregando partículas minerais e conferindo ao solo condições favoráveis de porosidade e friabilidade (BRADY, 1979).

Quando adicionada ao solo, na forma de adubos orgânicos, a matéria orgânica, de acordo com o grau de decomposição dos resíduos, pode ter efeito imediato no solo, ou efeito residual por meio de um processo mais lento de decomposição e liberação de nutrientes (VIDIGAL *et al.*, 1995; SANTOS *et al.*, 2001).

A adição de matéria orgânica no solo favorece inúmeros processos microbiológicos relacionados com mineralização e liberação de nutrientes para as plantas, fixação de nitrogênio (simbiótica e não simbiótica), decomposição de resíduos orgânicos e desenvolvimento da estrutura e estabilidade dos agregados, o que resulta em benefícios no crescimento e desenvolvimento das plantas (BENTO, 1997).

A matéria orgânica do solo é considerada como todo material no solo que contém carbono orgânico, incluindo os microrganismos vivos e mortos, resíduos de plantas e animais em estágios variados de decomposição, a biomassa microbiana, as raízes e a fração mais estável, denominada húmus. São divididas em três frações com distintas características físico-químicas: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina, contribuindo com cerca de 85 a 90% do carbono orgânico total, são os principais componentes da matéria orgânica do solo (PRIMO; MENEZES; SILVA, 2011).

A composição do esterco bovino é influenciada pela alimentação dos animais, onde no pasto o conteúdo de nitrogênio do esterco é menor que o encontrado quando os animais são submetidos a alimentação com concentrados em condições de confinamento (SOUZA; RESENDE, 2003). A utilização do esterco bovino como técnica de adubação proporciona incrementos de fósforo ao solo, no entanto, menos disponível para as plantas quando comparado com fertilizantes inorgânicos. A aplicação a longo prazo não ocasiona o acúmulo excessivo de fósforo na superfície do solo, porém sua utilização ao longo do tempo é promotora da atividade microbiológica cíclica no solo (PARHAM *et al.*, 2002)

O biofertilizante é a designação dada ao efluente líquido obtido da fermentação metanogênica da matéria orgânica e água (SANTOS, 1992). Alves *et al.* (2001), o definem como resíduo final da fermentação de compostos orgânicos que contêm células vivas ou latentes de microrganismos (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos) e por seus metabólicos, além de quelatos organominerais.

Os biofertilizantes são produtos do processo de fermentação, ou seja, da atividade dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica e complexação de nutrientes, o que pode ser obtido com a simples mistura de água e esterco fresco (TIMM; GOMES; MORSELLI, 2004).

O biofertilizante por ser um produto fermentado por microrganismos e ter como base a matéria orgânica, possui em sua composição quase todos os nutrientes, variando em suas concentrações, dependendo muito diretamente da matéria-prima a ser fermentada. Por isso, a concentração da solução, a mistura da matéria-prima, dos minerais e o pH deverão estar compatibilizados, para que quimicamente o produto final seja benéfico à planta e não cause injúrias (TESSEROLI NETO, 2006). Na parte analítica de sua composição, o biofertilizante apresenta macro e micronutrientes assimiláveis pelo vegetal, tais como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, sódio, ferro, cloro, sílica, molibdênio, boro, cobre, zinco e manganês. O seu pH pode variar de 7,0 a 8,0 e poderá também ser inferior quando a fermentação for incompleta (SANTOS, 1992).

Analisando a produção do sorgo granífero submetido a oito diferentes dosagens de biofertilizante e quatro quantidades de esterco bovino na adubação de fundação, em condições de campo, Farias *et al.* (2011) concluíram que o número de sementes por panícula foi influenciado positivamente pelas quantidades de esterco bovino e pelas dosagens de biofertilizante, enquanto que o peso de sementes por panícula respondeu positivamente as dosagens de biofertilizante.

Brito *et al.* (2014) ao avaliarem o desenvolvimento inicial do milho submetido a doses de esterco bovino, em experimento conduzido em casa de vegetação, com os tratamentos compostos de doses de esterco bovino (0; 5; 10; 20; 40 t ha<sup>-1</sup>), verificaram que houve efeito significativo a 5% de probabilidade para a variável diâmetro do colmo em função das doses de esterco e dos dias após o plantio de forma isolada, houve efeito significativo dos dias após o plantio apenas para a área foliar. A interação entre as doses e dias após o plantio foi significativa apenas para a variável altura, sendo que a adição de esterco bovino promove o incremento da altura

e diâmetro do colmo do milho e, finalmente, constataram que a dose de 5 t ha<sup>-1</sup> teve tendência de proporcionar maiores incrementos de área foliar aos 42 dias após o plantio.

Santos *et al.* (2013) observando os efeitos da aplicação do biofertilizante produzido com esterco bovino e aplicado via adubação foliar na cultura da alface crespa veneranda, identificaram que a aplicação do biofertilizante nas maiores concentrações (30 e 40%) se mostraram superiores no que diz respeito à altura das plantas no início do desenvolvimento das plantas de alface, no entanto esse efeito não se manteve ao longo do experimento.

Silva e Menezes (2008) com o objetivo de avaliar o efeito residual da adubação orgânica no rendimento de massa seca e absorção de nutrientes pelo sorgo granífero cultivado em um Neossolo Regolítico, que durante seis anos recebeu aplicação de esterco caprino, adubação verde com crotalária e cultivado com batata (*Solanum tuberosum* L.), constataram que os tratamentos que receberam aplicação de esterco proporcionaram os maiores acúmulos de N, P e K pelo sorgo; o efeito residual da adubação orgânica favoreceu maior incremento da produção de matéria seca do sorgo no primeiro e segundo cultivo; e, a adubação orgânica anual da batata aumentou os teores de P e K trocáveis no solo, os quais influenciaram o crescimento do sorgo em cultivo subsequente. No entanto, o plantio e a incorporação da biomassa da crotalária, sem adição de esterco, além do nitrogênio, não contribuiu para aumento nos teores de nutrientes do solo.

Reijneveld *et al.* (2014) ao avaliarem a relação entre a pastagem e qualidade do esterco bovino com a fertilidade do solo, verificaram que as áreas com teores mais elevados no solo de P e K geralmente têm conteúdo correspondentemente mais elevados na forragem. Em média, a fertilidade do solo e características de forragem foram dentro ou um pouco acima do intervalo ideal agrônômico durante o período analisado, concluíram, portanto, que a nível de exploração, a composição de elementos da forragem refletia o estado de fertilidade do solo, enfatizando a importância de manter a fertilidade do solo para a produção de volumoso de alta qualidade.

Correia (2011) ao estudar a produção de matéria seca (MS), da parte aérea e raízes do capim Terra Verde e os atributos químicos do solo e da parte aérea submetida à adubação com biofertilizante orgânico com seis doses diferentes, observou aumento na produção de matéria seca da parte aérea e raízes a partir das

doses de 66 até 528 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de N. A adubação nitrogenada influenciou nos atributos químicos do solo nos teores da matéria orgânica, enxofre, boro e manganês. A adubação nitrogenada influenciou a composição química do capim Terra Verde, nos teores foliares de fósforo, potássio e cobre. Os teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido não foram alterados pela influência das doses de biofertilizante orgânico aplicado ao solo.

Chiconato (2012) no intuito de verificar os efeitos do biofertilizante bovino e da irrigação em plantas de alface, em experimento conduzido em dois ambientes distintos: campo e ambiente protegido, seis adubações (quatro doses crescentes de biofertilizante bovino: 60, 90, 120 e 150 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e duas testemunhas: sem adubação e adubação mineral) e duas lâminas de irrigação (80 e 100% da evapotranspiração de referência) verificou que é possível uma produção satisfatória da planta de alface com biofertilizantes, sendo a dose de biofertilizante recomendada para esse experimento de 90 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e a melhor irrigação a de 80% da evapotranspiração, em condições de campo. No ambiente protegido, não houve significância em relação às adubações. Para a irrigação, a lâmina de água recomendada é a de 100% da evapotranspiração de referência.

Ao estudar o crescimento de mudas de cajueiro submetidas a diferentes dosagens de biofertilizante (0; 30; 60; 90 e 120 mL/planta/vez) e volumes de substratos (V1 =25% de solo + 75% de húmus de minhoca e V2 = 50% de solo + 50% de húmus de minhoca), Veras *et al.* (2014) constataram que as plântulas de cajueiro se comportaram distintamente para os tratamentos e que os melhores resultados foram obtidos com a dosagem de 120 mL de biofertilizante juntamente com o substrato formado por 25% de solo + 75% de húmus de minhoca.

Gonzalez *et al.* (2014) ao realizarem a avaliação do efeito do uso da torta de filtro enriquecida com fosfato natural e preparados de biofertilizantes na população de microrganismos e no teor de fósforo de um Latossolo Vermelho distrófico, encontraram que a presença de torta de filtro enriquecida com fosfato natural e com biofertilizantes promoveu aumento na população de bactérias do solo, havendo variações no tempo. A torta de filtro também proporcionou aumento na população de fungos e microrganismos solubilizadores de fosfato. A curto prazo, a adição de torta de filtro enriquecida com fosfato natural contribuiu para o aumento do teor de fósforo solúvel no solo.

Ao analisar o comportamento da cultura do milho em função da matéria orgânica e das concentrações de biofertilizante aplicada via foliar, Silva (2011) utilizando-se de quatro quantidades de matéria orgânica no solo (Q1 = 0 t ha<sup>-1</sup>; Q2 = 10 t ha<sup>-1</sup>; Q3 = 20 t ha<sup>-1</sup> e Q4 = 30 t ha<sup>-1</sup>), com e sem aplicação de biofertilizante (B0 e B1) em condições de campo, constatou que a utilização de 30 t ha<sup>-1</sup> de matéria orgânica (esterco bovino), proporcionou à cultivar um melhor desenvolvimento vegetativo em relação aos demais tratamentos e, o uso do biofertilizante via foliar, não influenciou de forma significativa no crescimento da cultivar BRS1010, sendo observado que apenas com uso do biofertilizante houve diferenciação no desenvolvimento vegetativo das culturas em relação às testemunhas.

Zakry *et al.* (2014) analisando o aporte de nitrogênio (N), em plantas de dendê, por meio de fixação de N<sub>2</sub> a partir de um biofertilizante de promoção de crescimento de plantas com rizobactérias em comparação com fertilizante químico utilizando o nitrogênio-15 (15N) através do método de diluição isotópica, encontraram que as plantas inoculadas acumularam 63,4% de nitrogênio através das atividades de microorganismos presentes no biofertilizante utilizado, enquanto que plantas de dendê que foram fertilizadas com adubos químicos acumularam apenas 58,8% de nitrogênio, indicando que a aplicação do biofertilizante pode ser potencialmente explorada para melhorar a fertilização na produtividade das culturas.

Mahalingam *et al.* (2014) testaram a utilização do biofertilizante Azolla, em sementes de arroz, em casa de vegetação, verificando que houve aumento da porcentagem de germinação, da altura das plantas, aumento da massa seca das plantas, tendo uma maior fixação de nitrogênio pela planta.

Khajuria, Thomas e Kumar (2014) avaliaram o efeito do biofertilizante Rhizobium e diferentes fontes de fertilizantes fosfatados (fosfato diamônio e superfosfato simples) sobre o crescimento e produção de ervilha forrageira em um solo aluvial. Neste experimento, observou-se que a combinação entre fosfato de diamônio e o biofertilizante teve maiores valores de altura da planta, número de folhas, nódulos por planta, massa fresca e seca das plantas e produção de grãos quando comparado com os outros tratamentos aplicados.



### 1.5 Interação matéria orgânica x salinidade

O desenvolvimento de plantas, bem como dos microrganismos habitantes do solo, é bastante afetado pela salinização, especialmente em regiões áridas e semiáridas. A salinização dos solos é resultante do uso incorreto de técnicas agrícolas, como adubação excessiva e irrigação com água imprópria para tal finalidade, transformando terras férteis e produtivas em áridas. Esse problema tem resultado em abandono das terras por parte dos produtores, principalmente nos perímetros irrigados do Nordeste brasileiro (FREIRE; RODRIGUES, 2009).

A adição de resíduos orgânicos no solo pode ser uma alternativa potencial para amenizar os efeitos deletérios dos sais sobre a produtividade dos solos. O uso de adubos orgânicos está associado a elevação dos níveis de matéria orgânica no solo, elevando sua fertilidade e refletindo em maiores concentrações de macro e micronutrientes requeridos pelas plantas. Os benefícios da adubação nas características biológicas do solo são também bastante amplos, pois eleva os teores de matéria orgânica e adiciona substrato (fonte de alimento) para os microrganismos do solo. A maior atividade desses microrganismos no solo aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas através da ação dos microrganismos decompositores (GARRIDO *et al.*, 2008).

Mendoza *et al.* (2013) avaliando o efeito de doses de adubos orgânicos e soluções salinas sobre as propriedades biológicas dos solos na Venezuela, sob manejo convencional e outro com manejo conservacionista, em casa de vegetação, verificaram que a respiração no solo, o teor de carbono da biomassa microbiana e o quociente metabólico aumentaram significativamente com a matéria orgânica aplicada em condições de água não salina e diminuiu com a presença de soluções salinas aplicadas; a interação entre os fatores, matéria orgânica e soluções salinas, foi altamente significativa, proporcionando um incremento nas variáveis analisadas.

De acordo com Hernandez-Araujo *et al.* (2013) ao estudarem a recuperação de um solo salino-sódico utilizando-se de três tipos de material orgânico: esterco bovino, húmus de minhoca e plantas aquáticas *Lemna*; verificaram que houve uma diminuição na condutividade elétrica, relação de adsorção do sódio e na porcentagem de sódio trocável, concluindo que a presença do esterco bovino e do húmus de minhoca mostraram-se eficientes na recuperação deste solo, neste experimento. Constataram, ainda, que a aplicação de material orgânico deverá ser

suplementada com gesso para ocorrer a troca catiônica com o  $\text{Na}^+$ , além do processo de lavagem dos solos.

Com o intuito de avaliar o efeito da irrigação com água de alta e baixa salinidade no crescimento inicial de plantas de milho cultivadas em solo adubado com biofertilizante bovino, Sousa *et al.* (2012), conduziram um experimento, em ambiente telado, aplicando cinco concentrações de biofertilizante: C1 = 50%bio + 50% água (1:1), C2 = 33,33% bio + 66,67% água (1:2), C3 = 25% bio + 75% água (1:3), C4 = 20% bio + 80% água (1:4) e C5 = 11,12% bio + 88,88% água (1:5); e dois níveis de salinidade para a água de irrigação S1 = 0,8 dS  $\text{m}^{-1}$  (baixa salinidade) e S2 = 3,4 dS  $\text{m}^{-1}$  (alta salinidade) às plantas. Os resultados mostraram que a irrigação com água de baixa salinidade foi mais eficiente no crescimento inicial das plantas, exceto a matéria seca da raiz, sob concentrações crescentes de biofertilizante bovino. Sob as mesmas concentrações de biofertilizante bovino e irrigação com água salina, elevou a salinidade do solo, no entanto com menos intensidade no solo irrigado com água de baixa salinidade.

Ao avaliarem os efeitos da salinidade da água de irrigação e frequências de aplicação de biofertilizante bovino no solo, sobre as qualidades químicas de frutos de maracujazeiro amarelo, Dias *et al.* (2011), verificaram que o aumento da salinidade da água inibiu o rendimento em polpa, os teores de sólidos solúveis, o pH, a razão sólidos solúveis/acidez titulável e os teores de vitamina C no suco do maracujá, proporcionando maior acidez e elevação da condutividade elétrica, entretanto, o aumento da frequência de aplicação do biofertilizante, apesar de aumentar a condutividade elétrica do suco atenuou os efeitos degenerativos dos sais da água de irrigação às plantas, resultando em incremento no rendimento em polpa, teores de vitamina C e ainda reduziu a razão solúveis/acidez titulável e o pH da polpa.

Analisando o efeito da salinidade da água de irrigação e biofertilizante bovino no comportamento vegetativo do pimentão, cultivar “All Big”, em experimento conduzido em abrigo telado, combinando diferentes níveis de condutividade elétrica da água (0,5; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 dS  $\text{m}^{-1}$ ), na ausência e presença de biofertilizante bovino aplicado ao solo na forma líquida, pode-se observar que, aos 60 dias após a semeadura, a salinidade da água de irrigação influenciou negativamente a altura das plantas, número de folhas e área foliar do pimentão, contudo, este efeito foi menos acentuado nas plantas submetidas ao biofertilizante bovino. O diâmetro do caule não foi afetado pelos sais presentes na água de irrigação, mas essas plantas

apresentaram diâmetro maior quando tratadas com o biofertilizante (CAMPOS; CAVALCANTE, 2009).

Silva, F. *et al.* (2011) avaliando a interação entre salinidade e o uso de biofertilizante bovino sobre a condutividade elétrica do solo, crescimento inicial, trocas gasosas e teores de elementos minerais no feijão-de-corda, constataram que o incremento do nível salino da água de irrigação reduziu o crescimento inicial e as trocas gasosas das plantas, sendo menos afetado no solo com o biofertilizante. A extração dos elementos essenciais e do sódio obedeceu a seguinte ordem:  $Ca > K > Na > P$ . Verificaram, também, que aplicação de biofertilizante bovino foi eficiente ao aumentar os teores de P na planta e de aumentar os totais extraídos de K, P e Ca, independente no nível de salinidade aplicado. Entretanto, os efeitos benéficos da aplicação de biofertilizante bovino sobre o crescimento, trocas gasosas e extração de nutrientes, foram menos expressivos nos maiores níveis de salinidade da água de irrigação.

Rebequi *et al.* (2009) ao estudarem os efeitos da salinidade da água de irrigação e do biofertilizante bovino na formação de mudas de limão cravo constataram superioridade nos tratamentos com o biofertilizante em relação aos tratamentos sem o respectivo insumo. Verificaram também que a salinidade do solo aumentou com a salinidade da água, entretanto, com menor intensidade nos tratamentos com biofertilizante.

Cavalcante *et al.* (2010) estudaram os efeitos de diferentes níveis da salinidade da água de irrigação (0,5; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>) e do esterco líquido bovino durante o período de formação de mudas de goiabeira Paluma e concluíram que a salinidade do solo foi marcadamente elevada com o aumento da salinidade da água de irrigação, refletindo em declínio no crescimento das plantas em altura, diâmetro caulinar, área foliar, crescimento de raízes e produção de biomassa pelas goiabeiras, entretanto com menor intensidade nas plantas com esterco líquido bovino. As plantas sob irrigação com água salina e o insumo orgânico superaram as dos tratamentos sem o insumo em 86,9; 72,4; 11,0; 252,4; 351 e 39,7% o crescimento em altura, diâmetro do caule, comprimento de raízes, área foliar e biomassa das raízes e parte aérea, respectivamente.

Ould Ahmed e Moritani (2010) avaliaram os efeitos combinados de aplicação de esterco (esterco bovino e galinha), níveis de salinidade (0,11 e 2,0 dS m<sup>-1</sup>) e turno de rega, no crescimento de trigo, em condições de casa de vegetação.

Concluíram que os tratamentos com esterco de galinha reteve mais água quando comparado com o controle. A presença do esterco de galinha elevou em 78% a produção de matéria seca em relação ao controle, com a utilização de água com menor nível de salinidade, e de apenas 29% quando se utilizou a água com alta salinidade. O número de perfilhos e altura das plantas foram maiores na presença do esterco bovino e, finalmente, verificaram que a presença do esterco de galinha aumentou os níveis de salinidade no solo, ao final do experimento.

Com o objetivo de avaliar o efeito da irrigação com água de diferentes salinidades (0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>) e diferentes teores de esterco bovino (0; 3:1; 2:1; e 1:1) no crescimento inicial da mamoneira, Oliveira *et al.* (2006), analisaram número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, altura, fitomassa seca da raiz e fitomassa seca da parte aérea aos 64 dias após semeadura. Todas as variáveis foram afetadas pelos fatores estudados, sendo o efeito isolado dos níveis salinos e dos teores de esterco, sem, entretanto, haver variação significativa na interação. Os resultados demonstraram que o crescimento da mamoneira foi afetado negativamente pela salinidade da água acima de 4,0 dS m<sup>-1</sup>, e, positivamente pelos teores de esterco bovino.

Torres *et al.* (2014) estudando o crescimento de mudas de cajueiro anão precoce em substratos irrigados com águas salinas e adição de biofertilizante bovino e cobertura com biomassa vegetal no Seridó Paraibano, encontraram que as taxas de crescimento absoluto e relativo em altura, em diâmetro caulinar, número de folhas, área foliar, comprimento da raiz e fitomassa fresca do cajueiro anão precoce foram influenciados negativamente pela salinidade da água de irrigação; o biofertilizante diminuiu os efeitos depressivos dos sais no crescimento absoluto das plantas irrigadas com água de salinidade até 3,5 dS m<sup>-1</sup>. O uso simultâneo do biofertilizante e cobertura morta foram eficientes na redução dos efeitos dos sais nas plantas irrigadas com águas de 3,5 e 6,5 dS m<sup>-1</sup>, promovendo aumento no número de folhas e, o biofertilizante incrementou a fitomassa fresca total das plantas irrigadas com água de maior condutividade elétrica.

Objetivando-se avaliar a resposta do feijão-caupi a cinco níveis de salinidade, sem biofertilizante e com dois tipos de biofertilizantes (caranguejo enriquecido e bovino comum) em casa de vegetação, Sousa *et al.* (2014) analisaram a fotossíntese, a temperatura da folha, a transpiração, a condutância estomática, a altura de plantas, o diâmetro do caule, a área foliar e a matéria seca da parte aérea.

Os resultados mostraram que o biofertilizante de caranguejo enriquecido atenua com mais eficiência o estresse salino sobre a altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, fotossíntese, transpiração e condutância estomática do feijão-caupi cultivar BRS ITAIM em relação às plantas sem biofertilizante e com biofertilizante bovino comum.

Freire *et al.* (2013) avaliando a nutrição mineral e teores de pigmentos fotossintetizantes à época da primeira floração do maracujazeiro amarelo, procederam a irrigação com águas de baixa ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) e alta salinidade ( $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), sem e com biofertilizante bovino, e sem e com cobertura morta. Na floração plena das plantas foram avaliados os teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca do tecido foliar e as concentrações de clorofila A, B e de carotenoides na matéria seca das plantas. Concluíram que a irrigação com água salina provocou desequilíbrio na acumulação foliar de potássio, cálcio e magnésio e o biofertilizante bovino atenuou os efeitos depressivos dos sais nos teores dos pigmentos clorofilianos e carotenoides do maracujazeiro amarelo.

## 1.6 A cultura do sorgo

O sorgo é uma gramínea de origem tropical que apresenta características xerófilas, desenvolvendo mecanismos eficientes de tolerância à seca. Pertencente ao grupo de plantas C4, essa espécie suporta elevados níveis de radiação solar, respondendo com altas taxas fotossintéticas, mesmo em condições de limitação na disponibilidade de  $\text{CO}_2$ , a partir do mecanismo de fechamento dos estômatos para minimização de perda de água (LANDAU; SANS, 2010).

O sorgo tem potencial para se desenvolver e se expandir em regiões que apresentam risco de ocorrência de deficiência hídrica, distribuição irregular de chuvas e altas temperaturas, condições que caracterizam o semiárido, que ocupa 49% da região Nordeste do Brasil, com uma precipitação pluviométrica de 300 a 700 mm, de distribuição irregular, ocorrendo em um período de três a cinco meses, seguido de sete a nove meses de seca prolongada (SANTOS *et al.*, 2007).

A área plantada no Brasil com sorgo granífero, durante a safra 2013/2014 foi de 731 mil ha. A região Centro-Oeste desponta com a maior área plantada, 363,7 mil ha, a região Nordeste possui uma área plantada com esta cultura de 148,7 mil ha,

destacando-se o Estado da Bahia com uma área de 137 mil ha, correspondendo a 92% da área plantada nesta região, e o Estado do Rio Grande do Norte com apenas 1,2 mil ha de área plantada. A produtividade do sorgo granífero no país na safra 2013/2014 foi de 2587 kg ha<sup>-1</sup>, destacando-se a região Centro-Oeste e Sudeste, com 3096 kg ha<sup>-1</sup> e 3003 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Na região Nordeste a produtividade da cultura ficou em 922 kg ha<sup>-1</sup> e no Rio Grande do Norte com 955 kg ha<sup>-1</sup>, atrás dos Estados do Ceará (2442 kg ha<sup>-1</sup>), Piauí (1819 kg ha<sup>-1</sup>) e Paraíba (1500 kg ha<sup>-1</sup>) (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2014).

No Nordeste brasileiro a área plantada de sorgo forrageiro na safra 2013/2014 foi de 22.945 ha destacando-se os Estados da Bahia, Ceará e Pernambuco. As regiões Sudeste, Sul, Centro-Oeste e Norte, possuem uma área plantada, de 119.068, 174.918, 58.283 e 2.890 ha, respectivamente, na safra 2013/2014 (ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE PRODUTORES DE SEMENTES E MUDAS, 2015).

Quanto às características do solo, o sorgo é considerado tolerante a diversas condições, podendo ser cultivado satisfatoriamente em solos que variam de argilosos a ligeiramente arenosos. No entanto, apesar de bem adaptada a solos arenosos e de baixa fertilidade, o sorgo se desenvolve melhor em solos bem preparados, com acidez corrigida, ricos em matéria orgânica, pH entre 5,5 e 6,5, topografia plana e sem excesso de umidade (LANDAU; SANS, 2010)

Apresentando uma moderada resistência à seca, o sorgo possui uma característica bromatológica semelhante ao milho o que favorece ao processo de silagem (TABOSA *et al.*, 2012) e, com elevada produtividade de biomassa com menor custo de produção, permitindo mais de um corte com uma única semeadura, resultando, segundo Von Pinho *et al.* (2007), numa economia no preparo do solo, na semeadura, no uso de semente, maior densidade de plantas e com produção de até 60% do primeiro corte. Em contrapartida, à medida que ocorre o aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes), o sorgo reduz o rendimento em 50% a 15 dS m<sup>-1</sup> e a 13 dS m<sup>-1</sup> na emergência (RHOADES, KANDIAH; MASHALI, 1992).

Analisando a resposta do sorgo a diferentes doses de esterco bovino adicionadas ao solo, Carvalho *et al.* (2010) verificaram, em um experimento conduzido em condições de campo, que a altura de planta, número de folhas e massa verde da parte aérea, para cada 1% de matéria orgânica adicionada ao solo, um crescimento

linear obtendo um bom desenvolvimento vegetativo nas plantas de sorgo, fato semelhante para as variáveis número de perfilhos, massa verde da raiz, massa seca da raiz e volume de raiz.

Freitas *et al.* (2012) analisando plantas de híbrido de sorgo granífero A 9735R submetidas a oito doses diferentes de adubo orgânico sendo, 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 t ha<sup>-1</sup> aplicadas no sulco de plantio e avaliados a altura das plantas, diâmetro do colmo, diâmetro da panícula, número de folhas, área foliar, massa verde da planta, peso da panícula, comprimento da panícula e número de espiguetas, observaram que as doses de 40-60 t ha<sup>-1</sup> de adubação orgânica apresentou melhor atuação vegetativa para os parâmetros avaliados.

Avaliando o desenvolvimento inicial e o acúmulo de sais pelo sorgo irrigado com água de diferentes concentrações salinas originadas da mistura de águas de qualidade diferentes, Mendes *et al.* (2008) encontraram que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação e da Relação de Adsorção do Sódio-RAS influenciou o crescimento das plantas, reduzindo a produção de matéria fresca e seca da parte aérea, assim como a altura das plantas e o número de folhas. O Na<sup>+</sup> foi o elemento mais absorvido pela planta, tendo seu teor e acúmulo aumentado de forma linear e quadrática, respectivamente, em função da concentração salina da água de irrigação.

Em comparação com o feijão-de-corda, o sorgo ao ser submetido ao estresse salino mostrou-se mais tolerante, enquanto que plantas feijão-de-corda apresentaram maior acúmulo de íons na parte aérea que o sorgo, apresentando um comportamento como uma planta com boa capacidade de exclusão e retenção de íons, mesmo que nas plantas de sorgo submetidas a estresse tenha produzido certo grau de desidratação foliar pareceu tratar-se de um mecanismo de aclimação ao estresse muito mais eficiente que o aumento da suculência resultante do acúmulo excessivo de íons nos tecidos foliares de plantas de feijão-de-corda (TRINDADE *et al.*, 2006).

Avaliando o comportamento de duas cultivares de sorgo IPA-1011 (granífero) e Santa Elisa (produção de forragem) na presença e ausência de biofertilizante, Santos *et al.* (2013) verificaram que a cultivar Santa Elisa apresenta melhor desempenho das características agrônômicas em relação a cultivar IPA 1011, e que a presença do biofertilizante influenciou positivamente o melhor desempenho

da cultivar Santa Elisa quanto ao comprimento de panículas, produção de massa verde de panículas e produção de massa verde das hastes + panículas.

A cultivar BRS Ponta Negra foi desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo, a partir da seleção em gerações segregantes de cruzamento, visando tolerância à toxicidade de alumínio e a seca, razões para sua inclusão nos ensaios para o Nordeste. Em experimento realizado nas cidades de Apodi, Cruzeta e Pedro Avelino, no Rio Grande do Norte, com várias variedades e híbridos oriundos de empresas públicas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), e da iniciativa privada, verificaram que a cultivar BRS Ponta Negra apresentou um melhor desempenho em relação às outras cultivares, por apresentar menor porte, maior precocidade e boa proporção de panículas na massa total. Resultados encontrados em outro município potiguar mostraram que o rendimento de massa verde e seca, foi de 55,26 e 37,10 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, do cultivar BRS Ponta Negra (SANTOS *et al.*, 2007).

Avaliando o desempenho produtivo de cinco cultivares de sorgo forrageiro e granífero (BRS Ponta Negra, IPA Sudão - 4202, híbrido BR-601, IPA-1011 e o material local) submetidas as condições das microrregiões de Campina Grande, Cariri Ocidental e Seridó Oriental na Paraíba, Santos e Grangeiro (2013) concluíram que as cultivares BRS Ponta Negra e IPA Sudão-4202 apresentaram melhor produção de massa verde e matéria seca, verificaram ainda que a cultivar BRS Ponta Negra também apresentou boa produtividade de grãos na média dos quatro experimento realizados (7,58 t ha<sup>-1</sup>).

Cunha e Lima (2010), avaliando 29 genótipos de sorgo forrageiro por meio dos dados de matéria verde, matéria seca, altura da planta, floração inicial e sobrevivência da planta, encontraram variações na produção de matéria seca de 4,5 a 20,63 t ha<sup>-1</sup> dentre os materiais testados, ficando a cultivar BRS Ponta Negra com 11,2 t ha<sup>-1</sup> de massa seca, 40,37 t ha<sup>-1</sup> de massa verde, 2,18 m de altura e floração inicial aos 61 dias e o índice de sobrevivência de 62,03%.



## 1.7 REFERÊNCIAS

ALVES, S. B. *et al.* Trofobiose e microrganismos na proteção de plantas: Biofertilizantes e entomopatógenos na citricultura orgânica. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n.21, p.16-21, 2001.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE PRODUTORES DE SEMENTES E MUDAS. **Evolução da Área e Produção de Sorgo no Brasil** Disponível em: [http://www.apps.agr.br/upload/a\\_plantada\\_prod.pdf?pagina=Relatorio/31](http://www.apps.agr.br/upload/a_plantada_prod.pdf?pagina=Relatorio/31). Acessado em: 01/06/2015.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. H. R. Gheyi et al., Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29)

BENTO, M.M. **Fontes de matéria orgânica na composição de substratos para a produção de mudas micorrizadas de maracujazeiro**. 59p. (Dissertação de Mestrado) – ESALQ, Piracicaba, 1997.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7 ed. Viçosa: Ed. UFV. 2005. 611p.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. Livraria Freiras bastos S.A. 5ª ed. Rio de Janeiro, 1979. 647p.

BRITO, C.F.B *et al.* Desenvolvimento inicial do milho submetido a doses de esterco bovino. **Revista Verde**, Pombal, v. 9, n. 3, p. 244 - 250, jul-set, 2014

BUSO, W.H.D. *et al.* Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **Med. Veterinária e Zootecnia**, v.5, n.23, 2011.

BUSTINGORRI, C.; LAVADO, R. S. Soybean growth under stable versus peak salinity. **Scientia Agricola**, v.68, p.102-108, 2011.

CARVALHO, B. G. *et al.* O efeito do esterco bovino no desenvolvimento inicial das plantas de sorgo. *In*: XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. **CD-ROM**

CAMPOS, V.B.; CAVALCANTE, L. F. Salinidade da água e biofertilizante bovino: efeito sobre a biometria do pimentão. **Holos**, Ano 25, Vol. 2, p10-20, 2009

CAVALCANTE, L.F. *et al.* Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Rev. Bras. de Frut.**, v. 32, p. 251-261, 2010.

CHICONATO, D.A. **Incorporação de biofertilizante no solo sob dois níveis de irrigação e em dois ambientes distintos no desenvolvimento da planta de alface**. Jaboticabal – Universidade Estadual Paulista. 2012. Dissertação 48 p.

COELHO, B. *et al.* Comportamento hídrico e crescimento do feijão vigna cultivado em solos salinizados. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, n. 17, n. 4, 379-385, 2013.

COELHO, D. S. *et al.* Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n. 1, p.25-30, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v.2 - Safra 2014/15, n.2 - Segundo Levantamento, Brasília, p. 1-101, nov. 2014

CORREIA, A.C. **Biofertilizante na produção do capim *Cynodon dactylon* cv. Terra Verde**. Araçatuba – Universidade Estadual Paulista, 2011. Dissertação. 52 p.

CUNHA, E. E.; LIMA, J. M. P. Caracterização de genótipos e estimativa de parâmetros genéticos de características produtivas de sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.701-706, 2010.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE., parte II, cap 9, p.129-141, 2010.

DIAS, T. J. *et al.* Qualidade química de frutos do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.3, p.229–236, 2011.

FALLAHI, H. R. *et al.* The study of nutritional management of mother plant and seed priming by biofertilizers on improve salinity tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Sayonz at germination period. **Journal of Agroecology**, v.6, n.4, p.927, 2015.

FARIAS, A.A. *et al.* Produtividade do sorgo granífero adubado com esterco e biofertilizante bovino. **Engenharia Ambiental**, v 8, n. 3, p. 127-137, Jul./set. Espírito Santo do Pinhal. 2011.

FEIJÃO, A. R. *et al.* Nitrate modulates the contents of chloride and N-compounds in maize plants under salinity. **Bragantia**, v. 72, n.1, 10-19. 2013.

FERREIRA, P. A. **Manejo de água-planta em solos salinos**. Viçosa:UFV, 1998, 93p

FREIRE, A.L.O.; RODRIGUES, T.J. D. A salinidade do solo e seus reflexos no crescimento, nodulação e teores de N, K e Na em leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Vit.). **Revista Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v.6, n.2, p.163-173, 2009.

FREIRE, J. L. O. *et al.* Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, n.1, p.57-70, 2013.

FREITAS, G. A. *et al.* Adubação orgânica no sulco de plantio e sua influência no desenvolvimento do sorgo. **J. Biotec. Biodivers**. v. 3, n.1: p.61-67, fev. 2012.

FREITAS, V. S. *et al.* Crescimento e acúmulo de íons em plantas de cajueiro anão precoce em diferentes tempos de exposição à salinidade **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3341-3352, 2013.

FRENKEL, H. Reassessment of water quality criteria for irrigation. In: Shainberg, I., Shalhevet, **J. Soil salinity under irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, p.143-72, 1984.

GARRIDO, M. S.; SAMPAIO, E. V. B.; MENEZES, R.S. C. Potencial de adubação orgânica com esterco no Nordeste do Brasil. *In*: MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B. SALCEDO, I. H. **Fertilidade e produção de biomassa no Semi-Árido**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p. 123-132. 2008.

GONZÁLEZ, L. C. *et al.* Uso de torta de filtro enriquecida com fosfato natural e biofertilizantes em Latossolo Vermelho distrófico. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v.2, n.1, 2014.

GRATTAN, S.R., LAMENTA, M. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. *In*: PESSARAKLI, M. (Ed.), **Handbook of Plant and Crop Stress**. New York, Marcel Dekker, p. 203-226, 1994.

KUDO, N. *et al.* Sodium tolerance of plants in relation to ionic balance and the absorption ability of microelementos. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.56, p.225-233, 2010.

HERNÁNDEZ-ARAUJO, J.A. *et al.* Biorrecuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. II. Lavado de sales. **Rev. Fac. Agron. (LUZ)**, v.30,p.481-503, 2013.

HOLANDA, J. S. *et al.* Qualidade da água para irrigação. *In*: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE.parte II, cap 4, p.42-61. 2010.

HOORN, J. W. van. Quality of irrigation water, limits of use of long-term effects. *In*: Salinity Seminar, Baghdad. Rome: **FAO - Irrigation and Drainage Paper**, 7, p.117-35,1971.

KHAJURIA, S., THOMAS, T.; KUMAR, V. Effect of biofertilizer and different sources of phosphatic fertilizers on the growth and yield of field pea (*Pisum sativum* L.) in alluvial soil. **International Journal of Agricultural Sciences**, v.10, n.1, p.162-166, 2014.

LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. *In*: NOGUEIRA, R.J.C., ARAÚJO, E.L., WILLADINO, L.G., CAVALCANTE, U. (ed.) **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, p. 127-137. 2005

LACERDA, C.F. *et al.* Solute accumulation and distribution shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.49, p.107-120, 2003.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. **Cultivo de sorgo: Clima**. Sistema de Produção, 2, 6 eds., 2010. Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_6\\_ed/clima.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/clima.htm)> Acessado em: 03 fev 2015.

LIMA, J.M. P. et al. **Sorgo: plante certo para colher muito**. Natal- RN: EMPARN, 2010. 24p.; v.16

LÓPEZ-MASQUERA, M. E. et al. Fertilizing value of broiler litter: Effects of drying and pelletizing. **Bioresource Technol.** v.99, p.5626-5633, 2008

LOPEZ, P.I. Calidad de las aguas subterráneas y normativas para diferentes usos: contaminación e protección. In: **V MÁSTER INTERNACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE**. CENTER-MAPYA, Madrid. 67p. 2000. Apostila

MAHALINGAM, P.U. et al. Use of azolla biofertilizer in pot culture studies with paddy crop oryza sativa. **Innovare Journal Of Agri. Sci**, v. 2, n. 3, p.1-6. 2014.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e Adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

MEDEIROS, J. F.; DIAS, N.S.; BARROS, A. Caracterização das águas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n. 04, p.469-472, 2003.

MEDEIROS, J.F., NASCIMENTO, I.B.; GHEYI, H.R. Manejo do solo-água-plantas em áreas afetadas por sais. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE., parte III, cap 16, p. 279-302. 2010.

MENDES, A. M. S. et al.. Crescimento e acúmulo de nutrientes em plantas de *Shorgum bicolor* (L.) Moench sob irrigação com águas de diferentes concentrações salinas. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Rio de Janeiro. SBCS: Embrapa Solos: Embrapa Agrobiologia, 2008. **Anais...**

MENDOZA, B. et al. Atributos biológicos de dos suelos de Quibor con aplicación de abono orgánico y soluciones salinas. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas** v.4, n.3, p. 409-421, 2013.

MIRANDA, M. A. et al. Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.5, p.484-490, 2011.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE/DPG/PRN/DPP/APR, 1992. 523p.

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

NASCIMENTO, I. B. D. *et al.* Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 1, 37-43. 2015.

NEVES, A. L. R. *et al.* Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v.39, p.758-765, 2009.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M. (eds.) **Manejo e Controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB-SBEA, Cap. 1, p.1-36, 1997.

OULD AHMED, B. A.; MORITANI, M. I. S. Effect of saline water irrigation and manure application on the available water content, soil salinity, and growth of wheat. **Agricultural Water Management**, v.97, p.165-170, 2010.

OLIVEIRA, M.K.T. *et al.* Efeito de diferentes teores de esterco bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis* L.) **Revista Verde**, Mossoró, v.1, n.1, p. 47-53, 2006.

PARHAM, J.A. *et al.* Long-term cattle manure application in soil. I Effect on soil phosphorus levels, microbial biomass C, and dehydrogenase and phosphatase activities. **Biology and Fertility of Soils**, v.35, p.328-337, 2002.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.60, n.3, p.324-349, 2005.

PAULINO, J. *et al.* Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-176, abril-junho, 2011.

PRIMO, D. C.; MENEZES R. S. C.; SILVA T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena** v. 7, n. 5, 2011.

REBEQUI, A. M. *et al.* Produção de mudas de limão cravo em substrato com biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista de Ciências Agrárias**, v.32, p.219-228, 2009.

REIJNEVELD, J.A. *et al.* Relationships between soil fertility, herbage quality and manure composition on grassland-based dairy farms. **European Journal of Agronomy**, v.56, p.9-18, 2014.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. The use saline waters for crop production. Roma: FAO, 1992. 133p. (**FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48**).

RHOADES, J.P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **The use saline waters for crop production**. Trad.: GHEYI, H. R.; SOUSA, J. R.; QUEIROZ, J. E. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p.

RIBEIRO, M.R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE, parte II, cap 2, p. 13-19. 2010.

RIVERO, R. M. *et al.* The combined effect of salinity and heat reveals a specific physiological, biochemical and molecular response in tomato plants. **Plant, cell & environment**, v.37, n.5, p.1059-1073, 2014.

SÁ, F. V. S. *et al.*. Influência do gesso e biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sódico e no crescimento inicial do girassol. **Irriga**, v.20, n.1, 2015.

SANTOS, A. C. V. **Biofertilizante líquido, o defensivo da natureza**. Niterói: EMATER,. Agropecuária Fluminense, 8. 1992. 16p.

SANTOS, J. F. *et al.* Produção de sorgo em função de cultivares e biofertilizantes bovino líquido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 8, n. 3, p. 156 - 162, jul – set, 2013.

SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I.T. Desempenho produtivo de cultivares de sorgo forrageiro e granífero na Paraíba. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.7, n.2, p.49-55, jun. 2013.

SANTOS, A. J. *et al.*. Efeito da aplicação foliar de biofertilizante na cultura da alface crespa veneranda (*Lactuca sativa* L.). **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.9, n.17; p. 1140. 2013.

SANTOS, F. G. *et al.*. **BRS Ponta Negra variedade de Sorgo Forrageiro**. Comunicado Técnico, EMBRAPA, Sete Lagoas, MG, setembro, 2007. 6p.

SANTOS, R. A. *et al.* Crescimento de leguminosas utilizadas na adubação verde em diferentes níveis de sais na água de irrigação. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.12, p.1255–1261, 2014.

SANTOS, R.H. *et al.* Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1395-1398, nov. 2001

SANTOS, R.V.; CAVALCANTE, L.F.; VITAL, A.F.M. Interações salinidade-fertilidade do solo. In: **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE. parte II, cap 14, p. 221-252. 2010.

SHALHEVET, J.; KAMBUROV, J. **Irrigation and salinity: a world-wide survey**. New Delhi: International Commission on Irrigation and Drainage, 1976. 106p.

SILVA, A. D. **Comportamento da cultura do milho em função da quantidade de matéria orgânica e de biofertilizantes aplicado via foliar**. Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha. 2014. Monografia. 45p.

SILVA, I. N. *et al.*. Qualidade de água na irrigação. **ACSA - Agropecuária Científica no Semiárido**, v.07, n 03, p. 01 – 15, 2011.

SILVA, F.L.B. *et al.* Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.4, p.383–389, 2011.

SILVA, T.O.; MENEZES, R.S.C. Crescimento e nutrição mineral do sorgo granífero após adubação orgânica e cultivo da batata. **Caatinga** (Mossoró), v.21, n.5 (Número Especial), p.164-170, dez 2008.

SILVA, J. L. A. *et al.*. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, (Suplemento), p.S66–S72, 2014.

SOHAN, D.; JASONI, R.; ZAJICEK, J. Plant–water relations of NaCl and calciumtreated sunflower plants. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v. 42, n.1, p.105-111, 1999.

SOUSA, G. G. *et al.* Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 237-245, abr-jun 2012.

SOUSA, G. G. *et al.* Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista agro@mbiente on-line**, v.8. n.3, p.359-367, 2014.

SOUZA, M. W. L. *et al.* Desenvolvimento inicial de milho doce e milho pipoca sob estresse salino. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.10, n.3, p 65-72, jul – set, 2014.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil. 564p: Il. 2003.

TABOSA, J. N. *et al.* Genótipos de Sorgo Forrageiro no Semiárido de Pernambuco e Alagoas – Estimativas de Parâmetros Genéticos de variáveis de Produção. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia, São Paulo, 2012. **Anais...**

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2009. 848p

TERCEIRO NETO, C. P. C. *et al.* Acúmulo de matéria seca e nutrientes no meloeiro irrigado sob estratégias de manejo da salinidade. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.10, p.1069–1077, 2012.

TESSEROLI NETO, E.A. **Biofertilizantes: Caracterização Química, Qualidade Sanitária e Eficiência em Diferentes Concentrações na Cultura da Alface**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Dezembro/2006 Dissertação. 55 p.

TIMM, P. J.; GOMES, J. C. C.; MORSELLI, T. B. Insumos para agroecologia: Pesquisa em vermicompostagem e produção de biofertilizantes líquidos. **Revista Ciência & Ambiente**. Universidade Federal de Santa Maria, 29ª publicação julho/dezembro, 2004.

TORRES, E. C. M. *et al.* Biometria de mudas de cajueiro anão irrigadas com águas salinas e uso de atenuadores do estresse salino. **Nativa**, v.2, n.2, p.71-78, 2014.

TRINDADE, A. R. *et al.* Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.804-810, 2006.

ULZURRUN, M. D. D. **Salinidad e alcalinidad del suelo em relación com el riego de drenaje**. In: V MÁSTER INTERNACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE. CENTER-MAPYA, Madrid. 161p. 2000. Apostila

VERAS, M. L. M. *et al.* Efeito do biofertilizante e de volumes de substrato no desenvolvimento de mudas de caju. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, n.2, p.324-332, 2014.

VIDIGAL, S. M. *et al.* Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica: I. Ensaio de campo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 42, n. 239, p. 80-88, 1995.

VON PINHO, R. G. *et al.* Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia: revista de ciências agrônômicas**, Instituto Agrônômico de Campinas, v. 65, n. 2, p. 235-245, 2007.

WILCOX, L. V.; DURUM, W. H. Quality of irrigation. *In*: HAGAN, R. M.; HAISE, R. H.; EDMINISTER, T. W. (ed.). **Irrigation of agricultural lands**. Madison: America Society of Agronomy, Cap. 9, p.104-22. Agronomy, 11. 1967.

YARAMI, N.; SEPASKHAH, A. R. Physiological growth and gas exchange response of saffron (*Crocus sativus* L.) to irrigation water salinity, manure application and planting method. **Agricultural Water Management**, v.154, p.43-51, 2015.

ZAKRY, F. A. A. *et al.* **Contribution of nitrogen from biofertilizer inoculum to young oil palm under field conditions**. *In*: International Symposium on Managing Soils for Food Security and Climate Change Adaptation and Mitigation, p. 61. 2014.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, Oxford, v.53, n.1, p.247-273, 2002.



## Capítulo 2 - Crescimento e nutrição do sorgo em função da irrigação com água salobra e da aplicação de esterco bovino e biofertilizante

### RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação e tipos de compostos orgânicos, sobre o desenvolvimento de plantas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] cv. BRS Ponta Negra. As plantas foram cultivadas em vasos contendo 23 kg de solo arenoso, em casa de vegetação. Os níveis de salinidade foram 0,2; 2,0; 4,0; e 6,0 dS m<sup>-1</sup>. Os compostos orgânicos foram o esterco bovino curtido e biofertilizante Ative<sup>®</sup>, além do tratamento sem aplicação desses produtos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições, em esquema fatorial 4 x 3. Foram avaliadas as seguintes variáveis: matéria seca total; diâmetro do colmo; altura das plantas; área foliar total; suculência foliar; massa específica foliar; teores de sódio, potássio, cloro, cálcio, magnésio e fósforo nos colmos + bainhas e limbos foliares das plantas; teores de prolina e carboidratos nas folhas. Foram realizadas análises de solo ao final do experimento. A salinidade da água de irrigação influenciou negativamente as variáveis avaliadas. O tratamento com esterco bovino foi estatisticamente superior aos demais, mesmo com o aumento da salinidade da água de irrigação, em todas as variáveis analisadas. Esse resultado indica que a presença do esterco bovino no solo proporcionou um menor efeito nocivo às plantas de sorgo quando irrigadas com águas salinas

**Palavras-chave:** *Sorghum bicolor*, estresse salino, íons, matéria orgânica.

## **CHAPTER 2: Growth and nutrition of sorghum plants as a function of irrigation with saline water and application of cattle manure and biofertilizer**

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the effects of irrigation water salinity and types of organic compounds on the development in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] cv. BRS Ponta Negra. The plants were grown in pots containing 23 kg of soil type sand, in greenhouse. Salinity levels were 0.2; 2.0; 4.0 and 6.0 dS m<sup>-1</sup>. Organic compounds were the cattle manure and biofertilizer Ative®, in addition to treatment without application of these products. The experimental design was completely randomized with five replications in a factorial 4 x 3. The following variables were assessed: total dry matter; stem diameter; plant height; total leaf area; leaf succulence; specific leaf mass; sodium, potassium, chloride, calcium, magnesium and phosphorus in the leaves and culms + sheath of plants; proline, carbohydrates in sorghum cv. BRS Ponta Negra leaves. In addition to the soil analysis at the end of the experiment. The salinity of irrigation water adversely effect on the measured parameters. Treatment with cattle manure was statistically superior to the other, even with the increase in water salinity in all variables. This result indicates that the presence of cattle manure in the soil provided a less harmful effect to plant sorghum when irrigated with saline water.

**Keywords:** *Sorghum bicolor*, salt stress, irrigation, organic matter.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade e usos da água no Nordeste brasileiro, particularmente no semiárido, é uma questão crucial no que concerne ao desenvolvimento da região, cuja característica é a irregularidade do regime pluviométrico (CIRILO; MONTENEGRO, CAMPOS, 2010). A associação entre a escassez de água e as altas taxas evapotranspirométricas no semiárido nordestino, contribuem para reduzir a disponibilidade hídrica e favorecer a concentração de solutos nas fontes hídricas superficiais bem como nas fontes subterrâneas, degradando a qualidade das águas, através da salinização (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012; ARAÚJO, 2012).

Todas as águas utilizadas na irrigação, independente da fonte em que foi obtida, apresentam determinadas concentrações de sais; assim, o uso contínuo de áreas sob irrigação acarreta acúmulo desses sais no solo (MEDEIROS, GHEYI, NASCIMENTO, 2012). O efeito da salinização sobre as plantas pode ser causado pela dificuldade de absorção de água e toxicidade de íons específicos reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (DIAS; BLANCO, 2010; RIVERO *et al.*, 2014).

Segundo LACERDA *et al.* (2010) várias alternativas têm sido avaliadas com o objetivo de possibilitar o uso de águas salinas na agricultura irrigada tais como o uso de glicófitas tolerantes e moderadamente tolerantes, cultivo de halófitas, misturas de água de diferentes salinidades, uso cíclico de água, uso de águas salinas nos estádios em que a cultura apresenta maior tolerância, biodrenagem, aplicação de matéria orgânica, aplicação de biofertilizantes líquidos, uso de melhoradores químicos, micorrização, aplicação foliar de substâncias orgânicas e inorgânicas, rotação de culturas, aumento da densidade de plantio, entre outras.

A aplicação do esterco bovino como forma de mitigar os efeitos da salinidade sobre plantas (MAHMOODABADI *et al.*, 2010; OUNI *et al.*, 2014; KHALED; FAWY, 2011; YIP; ELIMELECH, 2013) constitui uma estratégia de aumentar a disponibilidade de nutrientes às plantas e estimular o seu desenvolvimento (ÇIMRIN *et al.*, 2010; RADY, 2012). Em situações de salinidade elevada, a atividade dos microrganismos no solo e suas interações com as raízes das plantas é prejudicada, diminuindo a absorção de nutrientes (SANTOS *et al.*, 2011; VAN HORN *et al.*, 2014). A aplicação de biofertilizantes surge como uma forma de atenuar o dano provocado

pela salinização às plantas (CAVALCANTE *et al.*, 2011; NUNES *et al.*, 2012, DINIZ NETO, 2014; SOUSA *et al.*, 2014; AMJAD; AKHTAR; RASHID, 2014), reativando a atividade microbiológica no solo salinizado.

O sorgo mostra-se como boa opção em substituição ao milho, principalmente nas regiões de climas semiáridos (ANDRADE *et al.*, 2011; ARROYO *et al.*, 2013), além de apresentar uma tolerância moderada ao estresse salino (LACERDA *et al.*, 2003; CHAUHAN *et al.*, 2012; COELHO *et al.*, 2014), entretanto, estudos sobre a aplicação de matéria orgânica e biofertilizantes para minorar os efeitos da salinidade na cultura do sorgo ainda são bastante escassos.

A hipótese central deste trabalho é que a aplicação de compostos orgânicos pode minorar os efeitos da salinidade sobre essa cultura. Diante do exposto, o objetivou-se avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação e tipos adubação orgânica, esterco bovino curtido e o biofertilizante Ative®, sobre o crescimento vegetativo, composição mineral e solutos orgânicos nas plantas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] cv. BRS Ponta Negra, em casa de vegetação.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Condições experimentais e material vegetal

O experimento foi conduzido no período de 27 de outubro a 27 de dezembro de 2012, em casa de vegetação localizada na Escola Agrícola de Jundiá – Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, pertencente a Universidade Federal do Rio Grande do Norte, localizada no município de Macaíba –RN, nas coordenadas geográficas de 5°53'02"S 35°21'49"W e a uma altitude de 17 m (Figura 2.1). O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen, é do tipo As, tropical com estação seca, com precipitação pluvial média anual de 1134 mm, temperatura média anual em torno de 25,9°C e umidade relativa do ar de 76% (VIANELLO; ALVES, 1991).

Figura 2.1 – Localização da casa de vegetação da Escola Agrícola de Jundiá – Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias.



Fonte: [www.googleearth.com.br](http://www.googleearth.com.br) (2014)

Utilizou-se a cultura do sorgo cv. BRS Ponta Negra, desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo em conjunto com a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN, classificada na categoria forrageiro de pequeno porte, apresentando um ciclo médio de 90 dias entre a semeadura e o ponto de colheita, com dupla aptidão, produtividade média de grãos entre 3 a 5 t ha<sup>-1</sup> (sequeiro) e de 6 a 8 t ha<sup>-1</sup> (irrigado), um rendimento de massa verde de 40 a 60 t ha<sup>-1</sup> (por corte) e de massa seca de 14 a 15 t ha<sup>-1</sup> (por corte), e florescimento entre 60 a 75 dias (SANTOS *et al.*, 2007).

## 2.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições no esquema fatorial 4 x 3, totalizando doze tratamentos. Foram estudados quatro níveis de salinidade da água de irrigação (0,2; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>); e, compostos orgânicos: sem composto orgânico (testemunha), esterco bovino curtido (20 t ha<sup>-1</sup>) e biofertilizante Ative<sup>®</sup> (50 L ha<sup>-1</sup>).

Para o preparo das soluções salinas, foram utilizados os sais de NaCl, dissolvidos em água de açude, obedecendo-se à relação entre a condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e sua concentração (mg L<sup>-1</sup> = 640 x CE), extraída de Rhoades; Kandiah e Mashali (1992). Na Tabela 2.1, observa-se a composição química das águas utilizadas para a irrigação no experimento.

Tabela 2.1 – Composição química das águas de irrigação usadas no experimento.

Água	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH	CEa (dS m <sup>-1</sup> )	RAS
	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>									
S0	0,15	0,22	0,85	0,20	1,12	0,00	0,42	7,0	0,20	1,11
S1	0,50	0,50	21,35	0,15	19,81	0,00	0,33	6,4	2,00	15,69
S2	0,70	0,30	41,39	0,16	38,50	0,00	0,28	6,2	4,00	26,85
S3	0,50	0,50	56,35	0,15	54,15	0,00	0,24	6,2	6,00	37,03

Fonte: Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta – EMPARN. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação; RAS = relação de adsorção de sódio. S0 = água de açude do Bebo; S1 = solução salina 1; S2 = solução salina 2; S3 = solução salina 3.

O turno de rega foi diário. A quantidade de água aplicada no experimento foi estimada com o objetivo de o solo alcançar a sua capacidade de campo e o excesso de água percolasse adicionando-se uma fração de lixiviação de 15%, aproximadamente. Até o desbaste, para a irrigação, utilizou-se água de Açude do Bebo (S0), localizado na Escola Agrícola de Jundiáí, município de Macaíba – RN, cuja análise química se encontra na Tabela 2.1.

Utilizaram-se como fonte de matéria orgânica, o esterco bovino curtido (Tabela 2.2) na forma sólida e o biofertilizante comercial Ative® (Tabela 2.3).

Tabela 2.2 – Composição química do esterco bovino utilizado no experimento.

CE <sub>eb</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	N	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sup>+</sup>	K <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe	Cu	Zn	Mn
	g kg <sup>-1</sup>							mg kg <sup>-1</sup>			
2,63	5,9	2,4	5,5	0,8	1,00	14,1	4,7	1.150,80	19,8	135	145,9

Fonte: Laboratório de Solos e Água – DCS/CCA/UFC. CE<sub>eb</sub> = condutividade elétrica do esterco bovino

Tabela 2.3 – Composição química do biofertilizante Ative® concentrado utilizado no experimento.

Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH	CE <sub>b</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	RAS <sub>B</sub>
mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>									
246,6	80,4	70,11	10,3	900,00	0,00	0,00	2,8	704,00	5,5

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas – DCAT/UFERSA. CE<sub>b</sub> = condutividade elétrica do biofertilizante.

### 2.2.3 Instalação e condução do experimento

Para a instalação do experimento, colocou-se aproximadamente 23 kg de solo arenoso (Tabela 2.4) em vasos plásticos de 32 cm de diâmetro na base maior e 24 cm de diâmetro na base menor e altura 34 cm, perfurados na face inferior. Antes, porém, foi colocada uma camada de brita de 2 cm, para facilitar a drenagem. Logo em seguida, os vasos foram colocados em uma das bancadas da casa de vegetação (Figura 2.2), onde se procedeu a lavagem com 2 L de água de açude, por três vezes, no intuito de retirar argila ainda existente neste solo.

Tabela 2.4 – Atributos químicos e classificação textural do solo utilizado no experimento.

Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	t	P	pH	CE <sub>es</sub>	PST	V	Dg	T
cmolc kg <sup>-1</sup>								(mg dm <sup>-3</sup> )		(dS m <sup>-1</sup> )	(%)		(g cm <sup>-3</sup> )	
0,8	0,7	0,05	0,13	1,82	0,65	1,7	3,5	1,31	5,0	0,1	1,0	49	1,46	Areia

Fonte: Laboratório de Solos e Água – DCS/CCA/UFC. SB = soma de bases; t = capacidade de troca catiônica efetiva; pH = pH em água (1:2,5); CE<sub>es</sub> = condutividade elétrica do extrato de saturação; PST = porcentagem de sódio trocável; V = saturação por bases; Dg = densidade global; T = textura

Figura 2.2 – Disposição dos vasos na casa de vegetação.



Fonte: SOUSA, R.A. (2012)

A semeadura foi realizada colocando-se dez sementes de sorgo em cada vaso. A germinação ocorreu cinco dias após a semeadura sendo o desbaste realizado dez dias após a semeadura, deixando-se duas plantas por vaso (Figura 2.3). Após o desbaste, iniciou-se a aplicação dos tratamentos. A adubação química constituiu na aplicação de ureia (0,94 g vaso<sup>-1</sup>), cloreto de potássio (0,49 g vaso<sup>-1</sup>) e superfosfato simples (1,96 g vaso<sup>-1</sup>), seguindo a recomendação para a cultura (LIMA *et al.*, 2010). Antes da semeadura, em fundação, aplicou-se o equivalente a 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido (ARAUJO NETO, 2010), sendo homogeneizado na camada de 0-0,20 m nos vasos correspondentes a esse tratamento.



Figura 2.3 – Vista dos vasos após a realização do desbaste.



Fonte: SOUSA, R.A. (2012)

A aplicação do biofertilizante Ative<sup>®</sup> iniciou-se vinte dias após a sementeira, na dose de 50 L ha<sup>-1</sup>, segundo recomendação do fabricante, nos vasos correspondentes a esse tratamento, colocando-se em cada vaso 0,5 mL/vaso/vez. O biofertilizante foi diluído em água não salina e aplicado semanalmente, no período da manhã, até o fim do período experimental, com a quantidade de 150 mL para cada vaso.

Realizou-se o monitoramento diário do ensaio para coibir o ataque de pragas e infestação de doenças.

## 2.2.4 Variáveis analisadas

### 2.2.4.1 Variáveis de crescimento vegetativo

Foram realizadas medições de altura da planta, utilizando-se de uma trena, medindo-se da superfície do solo até a inserção da folha mais nova; e, diâmetro do colmo + bainhas com um paquímetro digital Insize, a uma altura de 10 cm a partir da superfície do solo. As medições foram realizadas em intervalos de dez dias após a sementeira.

Aos sessenta dias após a semeadura, procedeu-se a coleta do experimento, sendo estimada a área foliar das plantas através da Equação 2.1, segundo a metodologia proposta por Hassan *et al.* (2010). Determinou-se, também o peso fresco dos limbos foliares, colmos + bainhas e sistema radicular.

$$\text{AFT} = C \times L \times 0,75 \quad (2.1)$$

Onde: AFT: área foliar total (cm<sup>2</sup>)

C: comprimento da folha (cm)

L: largura da folha (cm)

O material coletado (colmos + bainhas, limbos foliares e sistema radicular), após pesagem foi acondicionado em sacos de papel e levados a estufa com circulação forçada, a 65 °C, por um período de sete dias, quando se constatou o peso constante das amostras, para obtenção da matéria seca do material.

Determinou-se a massa específica foliar (g MS dm<sup>-2</sup>) através da Equação 2.2 e a suculência foliar (g H<sub>2</sub>O dm<sup>-2</sup>) através da equação 2.3, conforme Mantovani (1999).

$$\text{MEF} = \text{MS} / \text{AFT} \quad (2.2)$$

Onde: MEF: massa específica foliar (g MS dm<sup>-2</sup>)

MS: massa seca das folhas (g)

AFT: área foliar total (dm<sup>-2</sup>)

$$\text{SUC} = (\text{MF} - \text{MS}) / \text{AFT} \quad (2.3)$$

Onde: SUC: suculência foliar (g H<sub>2</sub>O dm<sup>-2</sup>)

MF: massa fresca das folhas (g)

MS: massa seca das folhas (g)

AFT: área foliar total (dm<sup>-2</sup>)

#### 2.2.4.2 Composição mineral

A partir da matéria seca dos colmos + bainhas e limbos foliares que foram finamente triturados em moinho tipo Willey, preparou-se o extrato para a determinação dos teores de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , P e Mg. O extrato foi preparado utilizando 200 mg do pó diluído em 15 mL de ácido clorídico 1 N e, em seguida, agitado por 60 minutos e filtrado, utilizando-se papel de filtro de filtragem rápida (MIYAZAWA *et al.*, 1984). Os teores de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , e  $\text{K}^+$  foram determinados através de fotometria de chama, enquanto que os teores de P por colorimetria, e os teores de  $\text{Mg}^{2+}$  por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989).

Os teores de  $\text{Cl}^-$  foram determinados em extratos aquosos, feitos a partir da diluição de aproximadamente 100 mg do material seco e moído, dos colmos + bainhas e dos limbos foliares, com 10 mL de água deionizada. O homogeneizado foi mantido em agitação durante, aproximadamente, 60 minutos; e, posteriormente, filtrado em papel de filtro. Para a determinação do  $\text{Cl}^-$ , utilizou-se uma alíquota de 0,5 mL do extrato, completado para 3,0 mL com água deionizada. Em seguida, adicionou-se 0,5 mL de mistura de  $\text{Hg}(\text{SCN})_2$  13,2mM, em metanol, e de  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  20,2% (4 + 1), lendo-se a absorbância a 460 nm após 15 minutos. Os teores de  $\text{Cl}^-$  foram determinados por meio de uma curva de calibração, utilizando-se o NaCl como padrão, preparada nas condições anteriores (GAINES; PARKER; GASCHO, 1984). Cada repetição foi dosada por uma amostra simples, sem replicata.

#### 2.2.4.3 Determinação de solutos orgânicos

Durante procedimento de coleta do experimento, retiraram-se a segunda e terceira folha completamente expandida a partir do ápice da planta, sendo pesadas e acondicionadas em papel alumínio e logo em seguida colocadas em freezer, para, posteriormente, serem liofilizadas. Este material foi utilizado para as determinações de solutos orgânicos.

O extrato para determinação dos solutos orgânicos foi obtido pela homogeneização de 100 mg do pó resultante da liofilização das folhas de sorgo com 5,0 mL de água deionizada. O homogenato foi colocado em banho-maria a 90 °C durante uma hora. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 5000 x g por 15

min a temperatura ambiente (25° C). Por último, filtrou-se o sobrenadante, o qual foi armazenado em freezer até o momento das análises.

Os carboidratos foram determinados utilizando-se alíquotas de 100 µL do extrato diluído em 400 µL de água desmineralizada, colocados em tubos de ensaio; adicionou-se 500 µL de fenol a 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado, posteriormente agitados em vórtex. Deixou-se esfriar e, procedeu-se a leitura por espectrofotômetro a 490 nm. A concentração de carboidratos foi determinada através de curva de calibração utilizando-se como padrão, a glicose (DUBOIS *et al.*, 1956).

Para determinação da prolina, alíquotas de 1 mL do extrato foram colocadas em tubos de ensaio com tampa rosqueável, aos quais foi adicionado 1 mL de ninidrina ácida e 1 mL de ácido acético glacial. A mistura foi agitada em vórtex e colocada em banho-maria, a 90 °C, por 60 minutos. Após esse período, resfriou-se os tubos com um banho de gelo. Depois do resfriamento, adicionou-se a cada tubo, 2 mL de tolueno e agitou-se em vórtex. A fração orgânica (superior) foi retirada com o auxílio de uma pipeta Pasteur, procedendo-se a leitura a 520 nm, em um espectrofotômetro. A concentração de prolina foi determinada usando-se curva de calibração utilizando-se prolina pura como padrão (BATES; WALDREN; TEARE, 1973).

#### **2.2.4.4 Análises de solo**

Após a coleta das plantas do experimento, realizou-se a coleta de amostras de solo de cada vaso na profundidade de 20 cm, nas cinco repetições de cada tratamento, foram homogeneizadas formando uma amostra composta por tratamento, logo em seguida foram acondicionadas em sacos plásticos correspondente a cada tratamento, para determinações de íons, condutividade elétrica do extrato de saturação, pH e porcentagem de sódio trocável no solo. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta, pertencente a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), seguindo metodologia proposta por Silva (1999).

### **2.2.5 Análises estatísticas**

Os resultados das variáveis foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com  $p < 0,05$  (comparação dos compostos orgânicos) utilizando-se o programa ASSISTAT 7.6 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2009). A análise de regressão foi empregada para a avaliação dos efeitos da salinidade da água de irrigação e da interação, quando significativa.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 Análise do solo

Verifica-se na Tabela 2.5, que a condutividade elétrica do extrato de saturação aumentou com aplicação da água salina apresentando valores de 1,44, 3,50, 4,44 e 5,96  $\text{dS m}^{-1}$ , respectivamente, para a condutividade elétrica da água de irrigação de 0,2, 2,0, 4,0 e 6,0  $\text{dS m}^{-1}$  no tratamento sem aplicação dos compostos orgânicos. Com a aplicação do esterco bovino os valores da condutividade elétrica do extrato de saturação foram de 1,56, 3,05, 4,66 e 4,05  $\text{dS m}^{-1}$  e, com a aplicação do biofertilizante foram de 1,32, 3,37, 3,58 e 5,02  $\text{dS m}^{-1}$ , respectivamente, para as salinidades da água de 0,2, 2,0, 4,0 e 6,0  $\text{dS m}^{-1}$ . Este resultado indica que mesmo com a presença de compostos orgânicos no solo houve aumento da salinidade no solo, provavelmente, devido a fração de lixiviação aplicada ser insuficiente para promover a lavagem dos sais do solo neste experimento.

Nunes *et al.* (2009) avaliando a aplicação de biofertilizante bovino em noni irrigado com cinco níveis de água salina (0,5; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0  $\text{dS m}^{-1}$ ), encontraram que a salinidade da água elevou linearmente a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, de 2,1 para até 10,4  $\text{dS m}^{-1}$ , independente da aplicação do biofertilizante bovino. Neves *et al.* (2015) encontraram aumento da condutividade elétrica do solo após a aplicação de água salina em um solo cultivado por feijão-de-corda e girassol. Lacerda *et al.* (2011) estudando a aplicação de água salina na estação seca e de baixa salinidade na estação chuvosa, num solo cultivado com feijão-de-corda e milho, observaram incremento na condutividade elétrica do solo com o aumento da salinidade da água de irrigação, principalmente, na camada de 0,30-0,60 m do solo, após a estação seca, e redução após a estação chuvosa devido a lixiviação dos sais. Outros autores verificaram aumento da condutividade elétrica do solo com a salinidade da água de irrigação (OZKUTLU; TURAN; ÖZTÜRKMEN, 2013; RANJBAR, GHADIRI; SEPASKHAH, 2014).

Tabela 2.5 – Atributos químicos médios do solo antes e depois do experimento, na camada 0-0,20 m de profundidade.

Tratamentos	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				mg dm <sup>-3</sup>			pH	CE <sub>es</sub> (ds m <sup>-1</sup> )	PST (%)	
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	P				
Antes do experimento											
	0,8	0,7	0,65	1,82	11,5	50,8	1,31	5,0	0,10	1,0	
CE <sub>a</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	COMP	Depois do experimento									
0,2	SC	0,55	0,10	0,3	1,75	40	44	5,0	3,98	1,44	6,47
2,0	SC	0,11	0,07	0,2	1,66	397	46	6,0	4,86	3,50	46,85
4,0	SC	0,14	0,07	0,0	1,41	441	39	8,0	5,67	4,44	52,71
6,0	SC	0,29	0,06	0,1	1,41	574	39	8,0	5,67	5,96	57,70
0,2	EB	0,70	0,15	0,3	1,66	55	17	24	3,98	1,56	8,56
2,0	EB	0,47	0,10	0,2	1,41	276	17	28	4,73	3,05	37,22
4,0	EB	0,74	0,13	0,1	1,25	408	29	42	4,86	4,66	44,70
6,0	EB	0,30	0,09	0,0	1,25	397	34	27	5,68	4,05	49,98
0,2	Bio	0,46	0,09	0,3	1,66	51	19	32	4,10	1,32	8,93
2,0	Bio	0,36	0,06	0,2	1,41	276	29	19	4,49	3,37	38,65
4,0	Bio	0,21	0,07	0,2	1,08	320	32	11	4,91	3,58	49,10
6,0	Bio	0,27	0,07	0,1	1,00	464	24	11	5,28	5,02	59,00

Fonte: Laboratório de análises de solo, água e planta – EMPARN.

CE<sub>es</sub> = condutividade elétrica do extrato de saturação; pH = pH em água (1:2,5); PST = porcentagem de sódio trocável. CE<sub>a</sub> = condutividade elétrica da água de irrigação. COMP = composto orgânico; SC = testemunha; EB = esterco bovino; Bio = biofertilizante.

Na Tabela 2.5, o íon sódio apresentou valores superiores, respectivamente, nos tratamentos testemunha, esterco bovino e biofertilizante, comparando-se com os valores encontrados no solo antes do experimento, portanto, indicando que a presença do esterco bovino e do biofertilizante não inibiu o acúmulo no solo, deste íon tóxico às plantas, apresentando os maiores valores de íon sódio no solo nos tratamentos com a salinidade da água de irrigação igual a 6 dS m<sup>-1</sup>, exceto àqueles em que houve a aplicação do esterco bovino. O maior acúmulo deste íon no solo está relacionado a composição das soluções salinas somente com NaCl (Tabela 2.1). Linhares *et al.* (2012), avaliando as alterações químicas do solo cultivado com berinjela, provocadas pelo uso de águas com quatro níveis de salinidade (0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>), encontraram que a concentração de sódio (Na<sup>+</sup>) aumentou com a

elevação da condutividade elétrica da água, nas duas profundidades do solo analisadas, devido a composição da água de irrigação conter somente NaCl, semelhante a utilizada neste experimento. A presença de altas quantidades de íons sódio origina condições tóxicas às plantas, aliado a baixa concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  conduzindo a uma maior relação  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ , provocando desbalanços nutricionais e efeitos fisiológicos e adversos às plantas (SANTOS; CAVALCANTE; VITAL, 2010).

Os valores da porcentagem de sódio trocável (PST), em média, foram muito superiores ao encontrado no solo antes do experimento (Tabela 2.5), e acima do limite para solos sódicos (RICHARDS, 1954) independente da aplicação dos compostos orgânicos. Na literatura, são encontrados diversos trabalhos que relatam o efeito do aumento da salinidade da água utilizada na irrigação sobre a PST do solo, sendo encontrados, na maioria dos casos, relatos que demonstram relação direta entre esses fatores (HOLANDA FILHO *et al.*, 2011; PORTO FILHO *et al.*, 2011; LINHARES *et al.*, 2012).

Os valores do pH do solo (Tabela 2.5), após o experimento foram, em média, 5,04, 4,81 e 3,32 para os tratamentos testemunha, esterco bovino e biofertilizante, respectivamente, em relação ao solo antes do experimento. Sá *et al.*, avaliando os atributos químicos de um solo salino-sódico com aplicação de doses de gesso e ausência e presença de biofertilizante, encontraram que o pH do solo diminuiu na maior dose de gesso aplicada e com a presença do biofertilizante. A redução do pH com o biofertilizante pode ser atribuída devido as substâncias húmicas contidas no insumo, proporcionando a produção de ácidos orgânicos (LACERDA *et al.*, 2003; NUNES *et al.*, 2009).

Esta redução do pH se deve também, em parte, à retirada dos cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ ) do complexo sortivo pela água e sua substituição por íons  $\text{H}^+$ , provenientes da dissociação iônica da água, bem como pelo efeito da matéria orgânica que, ao aumentar a concentração de eletrólitos na solução do solo, tende a diminuir o pH, pois cálcio substitui o sódio trocável e, através da lixiviação pela água de irrigação, são removidos os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{OH}^-$ , causando decréscimo no pH e no teor de sódio do solo em solos salino-sódicos (VITAL *et al.*, 2005). Linhares *et al.* (2012) encontraram aumento nos valores de pH do solo quando este foi irrigado com água de salinidade crescente, obtendo-se o maior valor de pH = 5,5 na salinidade igual a 4,07 dS  $\text{m}^{-1}$ . Resultados de reduções de pH com o aumento da salinidade em solos



não salinizados foram encontradas por outros autores (GARCIA; MARTINS FILHO; REIS, 2008; BELLO *et al.*, 2012).

### 2.3.2 Crescimento vegetativo

As variáveis matéria seca total (MST), altura de plantas (ALT), área foliar total (AFT) e diâmetro do colmo (DIAM) foram estatisticamente influenciadas ( $p < 0,01$  ou  $p < 0,05$ ) pela interação entre os níveis de salinidade da água de irrigação (SAL) e o composto orgânico (COMP), Tabela 2.6. Por outro lado, as variáveis massa específica foliar e suculência foliar não apresentaram significância estatística para a interação entre os fatores salinidade e composto orgânico ( $p > 0,05$ ). Verifica-se ainda, que todas as variáveis analisadas apresentaram significância estatística ( $p < 0,01$ ) para o fator composto orgânico (COMP). Enquanto que, os níveis de salinidade da água de irrigação (SAL) influenciaram estatisticamente ( $p < 0,01$  ou  $p < 0,05$ ) a matéria seca total (MST), a altura de plantas (ALT), área foliar total (AFT), suculência foliar (SUC), e, o diâmetro do colmo (DIAM); a massa específica foliar não apresentou significância estatística para esse fator ( $p > 0,05$ ).

Tabela 2.6 – Valores do quadrado médio e significância estatística para matéria seca total (MST), altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (DIAM), área foliar total (AFT), massa específica foliar (MEF) e suculência foliar (SUC) em plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, irrigadas com água salobra e submetidas a diferentes compostos orgânicos. SAL = níveis de salinidade da água de irrigação; COMP = composto orgânico.

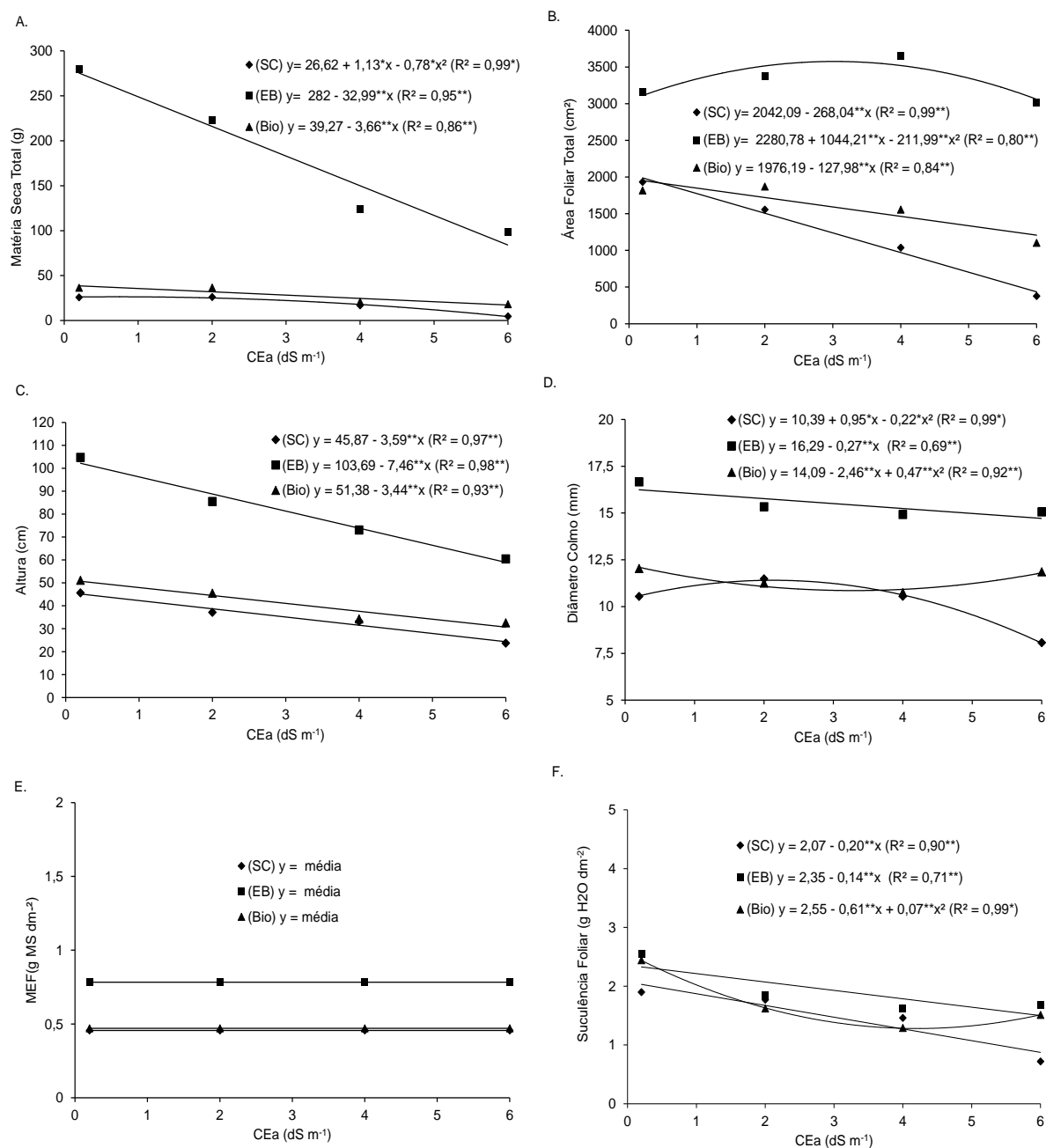
Fontes de Variação	QUADRADO MÉDIO					
	MST (g)	ALT (cm)	DIAM (mm)	AFT (cm <sup>2</sup> )	MEF (g MS dm <sup>-2</sup> )	SUC (g H <sub>2</sub> O dm <sup>-2</sup> )
SAL	17777,56**	2217,65**	5,97*	2078037,4**	0,036 <sup>ns</sup>	2,85**
COMP	167157,73**	12518,02**	154,16**	24620173,44**	0,680**	1,03**
SAL X COMP	9507,27**	186,51**	4,80*	595736,54**	0,045 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>
RESIDUO	276,18	55,52	1,60	144940,15	0,025	0,176
CV (%)	21,88	14,26	10,23	18,69	28,17	24,66

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo; CV = coeficiente de variação.

Na Figura 2.4A, observa-se que a matéria seca total, apresentou comportamento decrescente quando se aumenta os níveis de salinidade da água de irrigação, mesmo com a aplicação do esterco e do biofertilizante. As reduções com o aumento da salinidade foram de 80, 69 e 55%, para os tratamentos testemunha, esterco bovino e biofertilizante, respectivamente, entre os níveis de menor ( $CEa = 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ) e maior ( $CEa = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) salinidade. Apesar dessa redução, o tratamento com esterco bovino apresentou valores superiores de matéria seca total, em torno de 93 e 79%, em relação ao tratamento testemunha e ao biofertilizante, respectivamente, na maior  $CEa = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ , devido provavelmente a maior disponibilização de matéria orgânica no solo. Os resultados obtidos neste estudo estão relacionados aos efeitos osmóticos e tóxicos da salinidade, conforme observados sobre o crescimento de outros genótipos de sorgo (LACERDA *et al.*, 2003; VIEIRA *et al.*, 2005, AQUINO *et al.*, 2007; SHARIAT JAFARI *et al.*, 2009; CHAUGOOL *et al.*, 2013; COELHO *et al.*, 2014), e em outras espécies (QADOS, 2011; RAMANA; PADHY; CHAITANYA, 2012; SOUTO *et al.*, 2013; YARAMI; SEPASKHAH, 2015).

Na Figura 2.4B, com o aumento da salinidade da água de irrigação, verifica-se que a variável área foliar total apresenta redução de 78% sem a aplicação de composto orgânico, de 63% com esterco bovino, e de 39% com o biofertilizante. Observa-se também, na Figura 2.4B, que ao aplicar o esterco bovino mesmo com o aumento da salinidade, a área foliar total apresenta tendência de crescimento nos menores níveis de salinidade, entretanto, a partir da  $CEa = 2,46 \text{ dS m}^{-1}$ , ocorre o decréscimo dos valores nesta variável. A aplicação do biofertilizante apresentou decréscimo linear da área foliar total, resultado semelhante ao encontrado por Silva *et al.* (2011) em plantas de feijão-de-corda com e sem aplicação de biofertilizante e irrigadas com água salina. Algumas pesquisas mostram que estresse salino não só reduziu a taxa de alongamento foliar, mas também reduziu o comprimento final de folhas e aumentou a senescência foliar e ferimentos em genótipos de sorgo forrageiro (LACERDA *et al.*, 2003; QADOS, 2011; SADEGHI; SHOURIJEH, 2012; ALI; KHAN; AHMED, 2013; ACHÓN FORNO *et al.*, 2014).

Figura 2.4 - Matéria seca total de plantas (A), área foliar total (B), altura de plantas (C), diâmetro do colmo (D), massa específica foliar (E) e suculência foliar (F) nas plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, em função da salinidade da água de irrigação. SC = testemunha; EB = esterco bovino; Bio = biofertilizante Ative®. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação. \*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%.



A variável altura de plantas, apresenta comportamento linear decrescente com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 2.4C), com valores de redução de 46 (SC), 42 (EB) e 39% (Bio) no tratamento de maior salinidade, em relação ao menor nível ( $CE_a = 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), sendo que para cada incremento unitário da salinidade da água houve decréscimo de 3,59, 7,46 e 3,44 cm na altura das plantas, para os tratamentos testemunha, esterco bovino e biofertilizante, respectivamente, atingindo os menores valores de 24,33 (SC), 58,93 (EB) e 30,74 cm (Bio), na maior salinidade. Reduções na altura de sorgo foram observadas por Desai, Khare e Kumar (2012), em dois genótipos submetidos a salinidade crescente da água de irrigação, em condições de casa de vegetação.

Ainda na Figura 2.4C, verifica-se que o esterco bovino apresentou aumento de 59% nos valores de altura em relação ao tratamento testemunha, enquanto que o tratamento com biofertilizante apresentou aumento de apenas 21%, na maior salinidade. A redução da altura das plantas com a salinidade é evidenciada por vários autores (VERAS *et al.*, 2011; TANG *et al.*, 2013; COELHO *et al.*, 2014; SABIR ALI; MOHAMED; DREYLING, 2014), mesmo quando se aplica biofertilizante (CAVALCANTE *et al.*, 2011; SOUTO *et al.* 2013). Achón Forno *et al.* (2014) aplicando biofertilizante em sorgo irrigado com água salina de quatro níveis de condutividade elétrica (0, 2, 4 e 6  $\text{dS m}^{-1}$ ) por um período de quarenta dias, também encontraram redução na altura das plantas com biofertilizante (78%) e sem biofertilizante (84%).

O comportamento do diâmetro do colmo + bainhas em relação a salinidade da água de irrigação está representado na Figura 2.4D. Observa-se que ao usar o esterco bovino ocorre redução de 9%, em relação ao menor nível de salinidade. Com o biofertilizante, ocorre decréscimo de 19%, em relação ao menor de salinidade até a salinidade igual a 2,61  $\text{dS m}^{-1}$ , quando ocorre aumento de 33% até o maior nível de salinidade. Já nos tratamentos sem compostos orgânicos, apesar de ligeiro aumento (8%), nos primeiros níveis de salinidade, a partir da  $CE_a = 2,15 \text{ dS m}^{-1}$  ocorre redução de 22%, nesta variável. A aplicação do esterco bovino e do biofertilizante, na  $CE_a = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ , elevou os valores do diâmetro do colmo + bainhas das plantas de sorgo, em torno de 55 e 50%, respectivamente, em relação aos tratamentos sem compostos orgânicos.

Achón Forno *et al.* (2014) encontraram redução de 89% no diâmetro do colmo de sorgo irrigado com água salina, no entanto sem apresentar influência da aplicação de biofertilizantes. Ribeiro *et al.* (2013) encontraram redução no diâmetro

do caule de maracujazeiro cultivado em substrato com esterco bovino e irrigado com água salina. A inibição do aumento do diâmetro do caule pode ser provocada pelos efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas, principalmente, Na e Cl, e pela redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina, ou seja, efeitos diretos e indiretos (MARÇAL, 2011)

Na Figura 2.4E, observa-se que a massa específica foliar não apresentou nenhum comportamento diferente quando se aumentou a salinidade da água de irrigação. Este resultado é um indicativo que não foram verificados aumento da espessura do mesofilo e das paredes celulares, induzido pelo estresse salino, como já verificado em sorgo (TRINDADE *et al.*, 2006; SOUSA *et al.*, 2010). No entanto, neste trabalho, a aplicação do esterco bovino apresentou os maiores valores que o biofertilizante e a testemunha (Tabela 2.7). O incremento da massa específica foliar pelo aumento na espessura do mesofilo, pode favorecer a assimilação de carbono por unidade de área foliar (BOOTE; TOLLENAAR, 1994) e representa um mecanismo de aclimatação ao estresse salino, o que não foi verificado nesta pesquisa.

Tabela 2.7 – Valores médios da massa específica foliar, em g MS dm<sup>-2</sup>, em plantas de sorgo cv BRS Ponta Negra submetidas a diferentes compostos orgânicos. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Tratamentos	MEF (g MS dm <sup>-2</sup> )
Testemunha	0,4562b
Esterco Bovino	0,7832 a
Biofertilizante	0,4719b

Observa-se na Figura 2.4F, que as plantas de sorgo ao serem irrigadas com água de salinidade crescente apresentaram decréscimo da suculência foliar de 57 e 35%, respectivamente, para os tratamentos testemunha e esterco bovino. Com a aplicação do biofertilizante a variável suculência foliar somente apresenta aumento a partir da CEa = 4,35 dS m<sup>-1</sup>, após decréscimo de 50% nos níveis iniciais de salinidade da água. Esse resultado é semelhante aos obtidos por Trindade *et al.* (2006) e Sousa *et al.* (2010) em plantas de sorgo sob estresse salino. O aumento da suculência, resposta não observada em sorgo, é comum em plantas sob estresse com

sais de cloreto, porém é mais comumente verificada em dicotiledôneas, não sendo tão eficiente quanto o mecanismo de exclusão de íons que parece ser o mecanismo predominante em plantas de sorgo (TRINDADE *et al.*, 2006).

De uma maneira geral as variáveis de crescimento apresentaram os maiores valores com a presença do esterco bovino, mesmo com o aumento da salinidade da água bem como da salinidade do solo. Os efeitos do esterco bovino nas características morfológicas do sorgo pode ser devido a sua composição bem como ao favorecimento de inúmeros processos microbiológicos relacionado com mineralização e liberação de nutrientes para as plantas (SOUZA; RESENDE, 2003). Outro ponto a ser considerado é que o sorgo reduz o rendimento em 50% somente na condutividade elétrica do extrato de saturação igual a  $15 \text{ dS m}^{-1}$  (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992), tendo em vista que o maior valor de condutividade elétrica do extrato de saturação verificado neste experimento foi igual a  $5,68 \text{ dS m}^{-1}$ , além de a cultura apresentar comportamento positivo quando fertilizada com esterco bovino (CARVALHO *et al.*, 2010; FREITAS *et al.*, 2012)

### 2.3.3 Composição mineral

Na Tabela 2.8, observa-se que os teores de cloro (Cl), sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e fósforo (P) foram influenciadas pela salinidade da água de irrigação ( $p < 0,01$  ou  $p < 0,05$ ), tanto nos colmos + bainhas quanto nos limbos foliares. O composto orgânico também afetou todas estas variáveis nos colmos + bainhas e limbos foliares ( $p < 0,01$  ou  $p < 0,05$ ), exceto o teor de P nos colmos + bainhas e o teor de Cl, Ca e Mg nos limbos foliares ( $p > 0,05$ ). Já a interação entre os fatores também afetou a maioria dos elementos minerais avaliados tanto no colmo + bainhas como nos limbos foliares, exceto o teor de P nos colmos + bainhas.

Tabela 2.8 – Valores do quadrado médio e significância estatística para as variáveis sódio (Na), cloro (Cl), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos colmos + bainhas e nos limbos foliares de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, irrigadas com água salobra e submetidas a diferentes compostos orgânicos. SAL = níveis de salinidade da água de irrigação; COMP = composto orgânico; CV = coeficiente de variação.

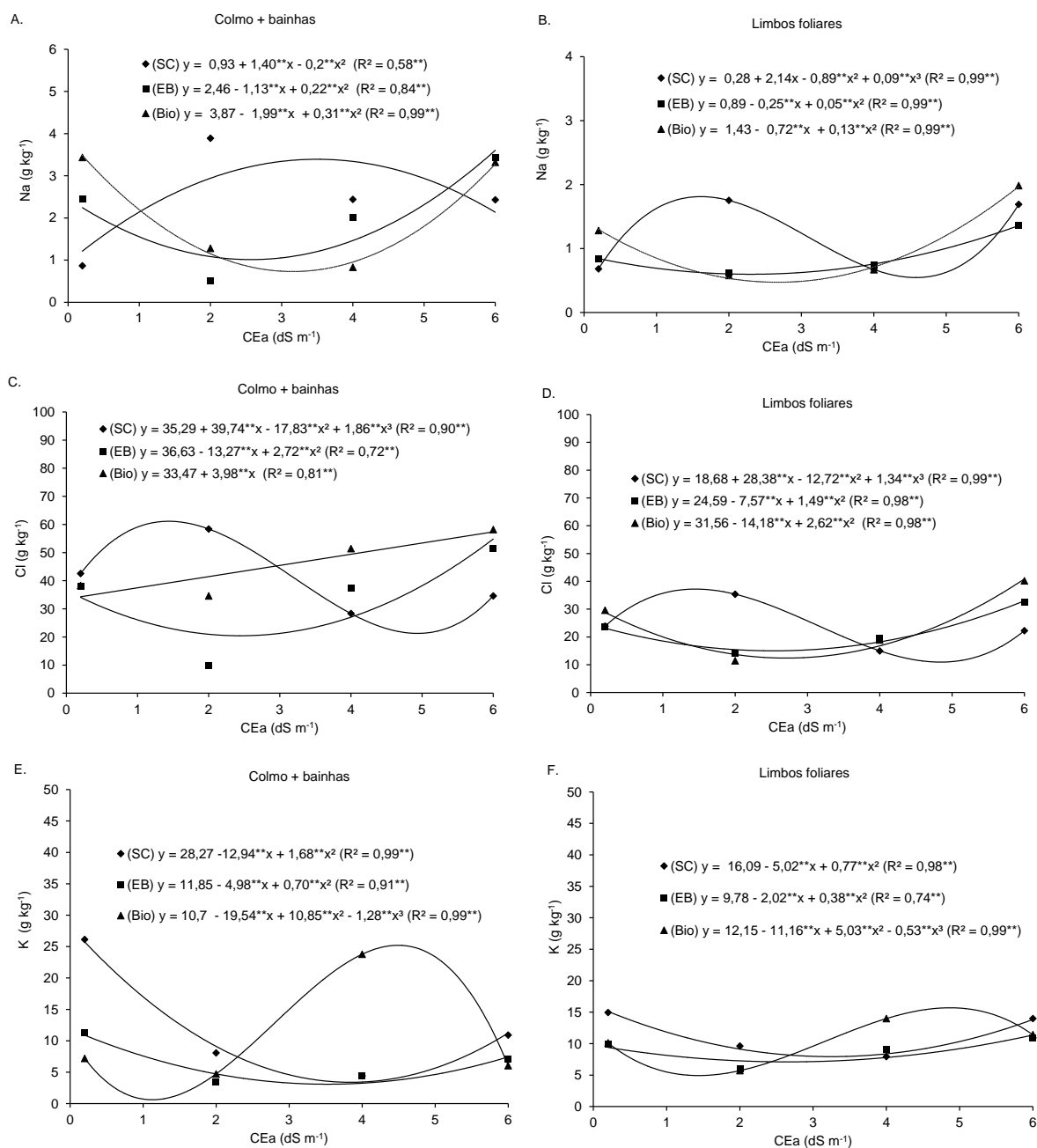
Fontes de Variação	QUADRADO MÉDIO					
	Colmo + bainhas					
	Na	Cl	K	P	Ca	Mg
SAL	5,09**	1188,54**	247,79**	0,150*	8,777**	0,186**
COMP	0,483 <sup>ns</sup>	297,56**	175,06**	0,034 <sup>ns</sup>	8,85**	0,108**
SAL X COMP	9,549**	1416,90**	334,78**	0,057 <sup>ns</sup>	21,276**	0,772**
RESIDUO	0,258	38,71	3,48	0,037	0,145	0,003
CV (%)	22,71	16,09	19,06	26,11	12,27	14,61
Limbos foliares						
SAL	2,685**	596,32**	76,98**	0,199**	1,953**	0,296**
COMP	0,521**	34,95 <sup>ns</sup>	35,56**	0,217**	0,052 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>
SAL X COMP	0,890**	438,16**	31,51**	0,187**	5,091**	0,973**
RESIDUO	0,068	23,4	1,72	0,027	0,166	0,016
CV (%)	24,35	20,27	12,76	16,67	9,09	14,3

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo.

Observa-se na Figura 2.5A, com o incremento dos níveis de salinidade da água de irrigação, ocorre aumento de 64% do teor de sódio no colmo + bainhas das plantas de sorgo no tratamento testemunha, em relação ao menor nível de salinidade (CEa = 0,2 dS m<sup>-1</sup>) até atingir o valor máximo de sódio na CEa = 3,5 dS m<sup>-1</sup>, ocorrendo, a partir do qual decréscimo de 37% até o maior nível de salinidade aplicado (CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup>). Com a aplicação do esterco bovino verifica-se que o teor de sódio no colmo + bainhas apresenta decréscimo de 55% nos níveis de menor salinidade, atingindo o seu mínimo na CEa = 2,56 dS m<sup>-1</sup>, e a partir deste nível o teor de sódio no colmo + bainhas apresenta acréscimo de 72% até a maior salinidade da água de irrigação; comportamento também observado com a aplicação do biofertilizante que apresenta redução de 80% nos teores de sódio a partir do menor nível de salinidade

(CEa = 0,2 dS m<sup>-1</sup>) até a salinidade igual a 3,20 dS m<sup>-1</sup>, e deste ponto aumento significativo (78%) até o nível de CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup>.

Figura 2.5 – Teor de sódio, cloro e potássio no colmo + bainhas (A, C e E) e nos limbos foliares (B, D e F) de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação. SC = testemunha; EB = esterco bovino; Bio = biofertilizante Ative<sup>®</sup>. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação. \*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%.





Na Figura 2.5B, verifica-se que o tratamento testemunha está representado por um modelo cúbico empreendendo uma variação no teor de sódio nos limbos foliares de 22% entre o menor e o maior nível de salinidade aplicado. A aplicação de esterco bovino ajustou-se a um modelo quadrático, onde se observa que houve redução de 35% no menor nível de salinidade até a  $CEa = 2,5 \text{ dS m}^{-1}$ , quando ocorre incremento de 52% no teor de sódio nos limbos foliares até o maior nível de salinidade; os tratamentos com biofertilizante apresentaram redução de 66% nos níveis iniciais de salinidade até atingir o seu mínimo na  $CEa = 2,76 \text{ dS m}^{-1}$ , onde se verifica acréscimo (76%) até a  $CEa = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ .

Independente dos compostos orgânicos neste experimento, houve maior acúmulo do íon sódio no colmo + bainhas das plantas de sorgo (Figura 2.5A) quando comparado com os limbos foliares (Figura 2.5B), no nível de maior salinidade ( $CEa = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ). Resultado semelhante foi observado por vários autores (SOUSA *et al.*, 2010; SADEGHI; SHOURIJEH 2012; CHAUGOOL *et al.*, 2013; COELHO *et al.*, 2014; NIU *et al.*, 2012; SABERI; SITI AISHAH, 2013; SUN *et al.*, 2014). Achón Forno *et al.* (2014) estudando a aplicação de biofertilizante em sorgo irrigado com água salina encontraram que a concentração de sódio foi maior nas raízes e no colmo que nas folhas, refletindo a habilidade do sorgo de manter altos níveis de sódio nas raízes e colmo (NETONDO; ONYANGO; BECK, 2004; BAVEI; SHIRAN; ARZANI, 2011), para com isso evitar a toxicidade nos tecidos fotossintetizantes (CHAUGOOL *et al.*, 2013)

Na Figura 2.5C, observa-se que o íon cloro no colmo + bainhas apresentou no tratamento testemunha comportamento variado quando houve incremento da salinidade da água de irrigação, ajustando-se a um modelo cúbico. Ao utilizar o esterco bovino, observa-se decréscimo no teor de cloro no colmo + bainhas, de 40% nos menores níveis de salinidade até a  $CEa = 2,44 \text{ dS m}^{-1}$ , a partir deste nível, ocorre o aumento (62%) do teor do íon cloro no colmo + bainhas, até o nível de salinidade igual a  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ; ao passo que o biofertilizante apresenta um modelo linear crescente (Figura 2.5C), com aumento de 40%, no teor de cloro no colmo + bainhas com o incremento da salinidade da água.

O comportamento do íon cloro nos limbos foliares (Figura 2.5D) apresentou tendência de crescimento de 54 e 35%, respectivamente, para o esterco bovino e o biofertilizante, sendo que isto foi observado a partir das condutividades elétricas iguais a  $2,54$  e  $2,70 \text{ dS m}^{-1}$ , antes desses níveis de salinidade houve decréscimo de 35 e 57%, respectivamente, para os tratamentos com esterco bovino e biofertilizante. O

tratamento testemunha para a variável cloro nos limbos foliares ajustou-se a um modelo cúbico.

Os valores do íon sódio no colmo + bainhas, na  $CE = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ , foram de 2,13, 6,30 e 3,09  $\text{g kg}^{-1}$ , para os tratamentos testemunha, esterco bovino e biofertilizante, respectivamente (Figura 2.5A); e, nos limbos foliares foram de 0,52, 1,19 e 1,79  $\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente, para os tratamentos testemunha, esterco bovino e biofertilizante (Figura 2.5B). Enquanto que os valores do íon cloro no colmo + bainhas foram de 33,67, 54,93 e 57,35  $\text{kg}^{-1}$ , para os tratamentos testemunha, esterco bovino e biofertilizante, respectivamente, na  $CEa = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 2.5C); e, nos limbos foliares foram de 20,48, 32,81 e 40,80  $\text{g kg}^{-1}$ , para os tratamentos testemunha, esterco bovino e biofertilizante (Figura 2.5D). Esses valores mostram que o acúmulo do cloro, tanto no colmo + bainhas quanto nos limbos foliares foram, em média, maiores 93 e 95%, respectivamente (Figuras 2.5C e 2.5D), quando comparados com o sódio (Figuras 2.5A e 2.5B), na maior salinidade. Esse resultado pode ser explicado pela utilização de sais de cloreto na composição das soluções salinas, demonstrando que o íon cloro apresenta menor afinidade para ser retido ou adsorvido pelas partículas do solo (DIAS; BLANCO, 2010), e como ânion livre na planta, tem maior mobilidade e transporte elevado (MARSCHNER, 1995).

Neste estudo, houve melhor distribuição deste íon nas partes vegetativas das plantas de sorgo, pois conforme Larcher (2000) pode-se considerar essa redistribuição uniforme pelas partes da planta do íon cloro, uma forma de sobrevivência em solos salinos. Resultados semelhantes foram encontrados em sorgo submetido a salinidade (RANJBAR; GHADIRI; SEPASKHAH, 2014), e em outras espécies (BASHTANOVA; FLOWERS, 2012; PERVEEN; SHAHBAZ; ASHRAF, 2012)

Na Figura 2.5E, verifica-se sem a presença dos compostos orgânicos decréscimo no teor do íon potássio no colmo + bainhas de 87%, até atingir a  $CEa = 3,85 \text{ dS m}^{-1}$ , onde se constata o ponto de mínimo do modelo quadrático, ocorrendo a partir deste nível aumento de 69% até a máxima salinidade aplicada. A presença do esterco bovino, contribuiu para o decréscimo de 72% no teor de potássio no colmo + bainhas quando houve o incremento da salinidade até a  $CEa = 3,55 \text{ dS m}^{-1}$ , ocorrendo então aumento no teor de potássio no colmo + bainhas de 58% no tratamento de maior salinidade (Figura 2.5E). O efeito do biofertilizante foi irregular no teor de potássio no colmo + bainhas (Figura 2.5E), explicado por modelo de regressão cúbico.

O comportamento do íon potássio nos limbos foliares (Figura 2.5F) demonstra que sem aplicar nenhum composto orgânico houve decréscimo de 47% nos primeiros níveis de salinidade até a  $CE_a = 3,25 \text{ dS m}^{-1}$  atingindo neste ponto o valor mínimo de  $7,9 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ , no entanto, houve acréscimo de 42% na maior salinidade. Nos tratamentos com esterco bovino, a salinidade reduziu em 24% o teor de potássio nos limbos foliares até a  $CE_a = 2,65 \text{ dS m}^{-1}$ , passando a partir deste nível ocorrer acréscimo de 37% no nível de salinidade mais elevado (Figura 2.5F). O teor de potássio nos limbos foliares apresentou comportamento semelhante ao teor de potássio no colmo + bainhas, quando se aplicou o biofertilizante, representado por modelo cúbico de regressão (Figura 2.5F).

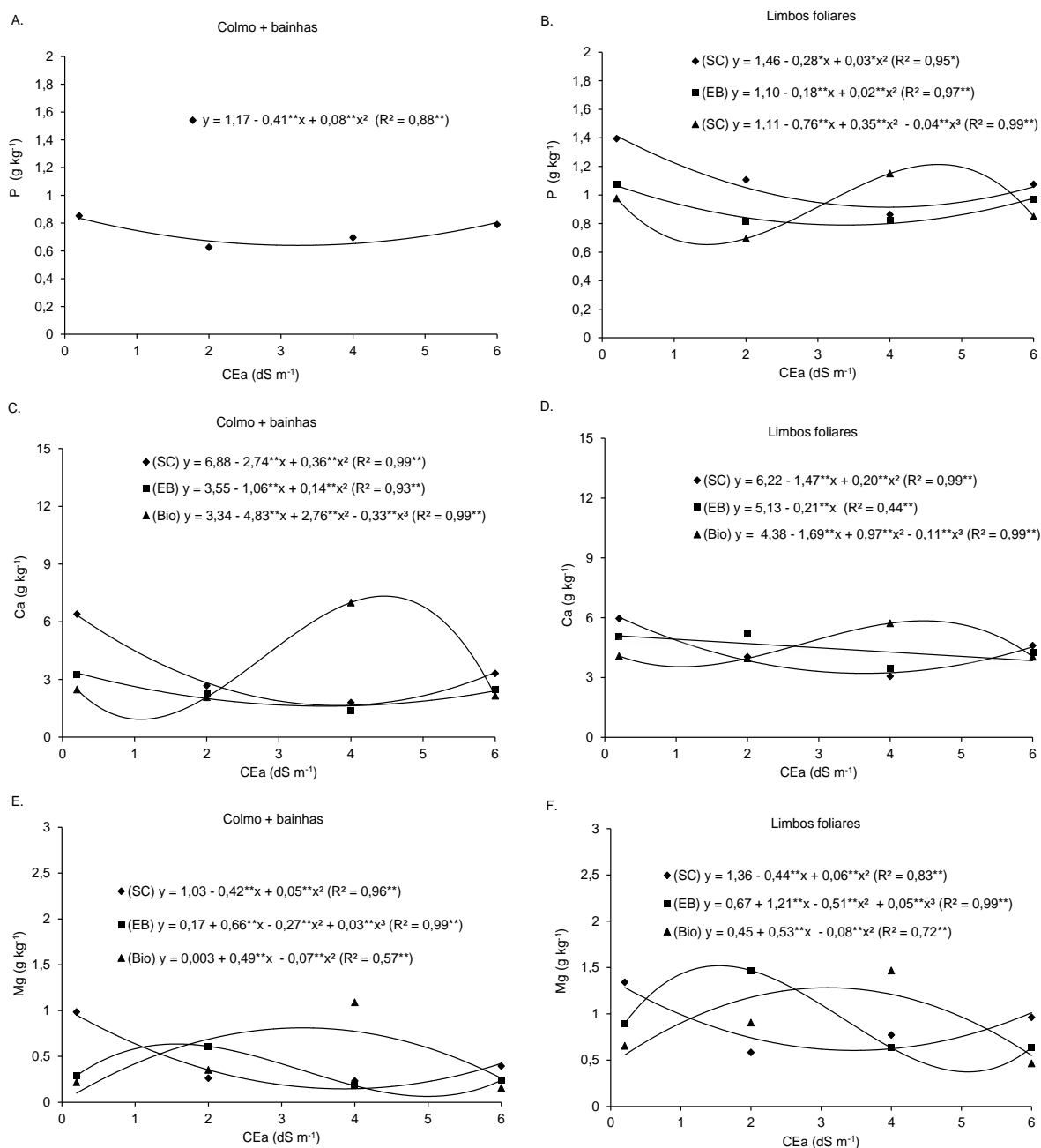
O comportamento do teor de potássio no colmo + bainhas e nos limbos foliares indica o efeito antagônico que o  $K^+$  tem com o íon sódio (FERNANDES *et al.*, 2002), no entanto, a utilização do esterco bovino e do biofertilizante proporciona aumento de  $K^+$  nos limbos foliares, mas sem representar diminuição nos efeitos deletérios da salinidade. Os teores de potássio no colmo + bainhas foram 80% (SC), 53% (EB) e 59% (Bio) e nos limbos foliares 96% (SC), 89% (EB) e 84% (Bio) superiores, em relação aos teores de sódio nos colmos + bainhas e limbos foliares, no maior nível de salinidade da água ( $CE_a = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ). Elevados teores de sal (NaCl) inibe a absorção de outros nutrientes, especialmente o potássio (PARIDA; DAS, 2005). Vários autores já encontraram o aumento do íon potássio em plantas submetidas a estresse salino (FREIRE *et al.*, 2013; TANG *et al.*, 2013), enquanto outros (SOUSA *et al.*, 2010; SILVA JUNIOR *et al.*, 2012; COELHO *et al.*, 2014) encontraram redução deste íon submetidas as condições de salinidade elevada. De acordo com Munns e Tester (2008) a concentração de  $K^+$  no citoplasma maior que  $Na^+$  pode ser um fator que contribui para a tolerância das plantas à salinidade.

Na Figura 2.6A observa-se que o teor de fósforo no colmo + bainhas decresceu 41% até a  $CE_a = 2,56 \text{ dS m}^{-1}$ , representando o valor mínimo do teor deste íon, e a partir do qual ocorreu incremento de 59% até a máxima salinidade. Na Figura 2.6B, verifica-se redução de 42%, no teor de fósforo nos limbos foliares, no tratamento testemunha, até o nível de salinidade igual a  $4,6 \text{ dS m}^{-1}$ , a partir do qual observa-se acréscimo de apenas 6% no maior nível de salinidade; quando se aplica o esterco bovino observa-se que nos níveis iniciais de salinidade ocorre redução até a salinidade de  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ , e aumento a partir deste nível, no entanto, de apenas 7%, na  $CE_a = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ . A utilização do biofertilizante, gerou comportamento irregular do

teor de fósforo nos limbos foliares ao se incrementar os níveis de sais da água, representado por modelo cúbico (Figura 2.6B).

Figura 2.6 – Teor de fósforo, cálcio e magnésio no colmo + bainhas (A, C e E) e nos limbos foliares (B, D e F) de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação. SC = testemunha; EB = esterco bovino; Bio = biofertilizante Ative®. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação.

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%.



O decréscimo do íon fósforo nas partes vegetativas do sorgo, pode ser explicado pelo aumento da salinidade no meio de cultivo mesmo ocorrendo durante o período experimental a fertilização química, e a aplicação do esterco bovino e biofertilizante visto que a salinidade pode diminuir a concentração de fósforo no tecido das plantas, devido aos efeitos da força iônica, que reduzem a atividade de fosfato na solução do solo (FERREIRA *et al.*, 2007). Coelho *et al.* (2014) em plantas de sorgo submetidas a salinidade encontraram decréscimos de P no colmo, folhas e raízes, com o aumento da salinidade. O aumento na absorção e no acúmulo de P em plantas estressadas com sal é mais comum quando as concentrações de P são altas na solução de cultivo (NAVARRO *et al.*, 2001, LACERDA *et al.*, 2006; ÇIMRIN *et al.*, 2010).

Houve redução de 74% no teor de cálcio no colmo + bainhas (Figura 2.6C) sem aplicação de composto orgânico, até a CEa = 3,8 dS m<sup>-1</sup>, e a partir deste nível, incremento de 51% até a máxima salinidade. Com o esterco bovino (Figura 2.6C), houve comportamento semelhante, no entanto, com redução de 54% até a salinidade 3,7 dS m<sup>-1</sup>, e aumento de 31% na maior salinidade. Com a aplicação de biofertilizante o teor de cálcio no colmo + bainhas ajustou-se a um modelo cúbico (Figura 2.6C).

Na Figura 2.6D, no tratamento testemunha, observa-se que houve decréscimo no teor de cálcio nos limbos foliares de 41% nos primeiros níveis de salinidade até atingir o ponto mínimo na CEa = 3,6 dS m<sup>-1</sup>, a partir do qual ocorre aumento de 23% até a salinidade máxima (CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup>); com a aplicação de esterco bovino houve decréscimo linear de 24% no teor deste íon nos limbos foliares, à medida que se incrementa a salinidade da água de irrigação (Figura 2.6D); os tratamentos com biofertilizante apresentaram variação irregular no teor de cálcio nos limbos foliares, ajustando-se a um modelo cúbico, com o aumento da salinidade (Figura 2.6D).

Avaliando plantas de sorgo submetidas a salinidade alguns autores (SOUSA *et al.*, 2010; COELHO *et al.*, 2014), também encontraram redução nos teores do íon cálcio. Freire *et al.* (2013) avaliando a aplicação de biofertilizante em maracujazeiro irrigado com água salina encontraram redução no teor de cálcio nas folhas com a salinidade (de 8,10 a 6,37 g kg<sup>-1</sup> MS de Ca<sup>2+</sup>) e aumento com a presença do biofertilizante (de 6,46 para 8,01 g kg<sup>-1</sup> MS). Bavei, Shiran e Arzani (2011) estudando a tolerância a salinidade encontraram que o acúmulo de Ca foi maior nas

folhas e raízes das variedades de sorgo tolerantes ao sal do que nas variedades mais sensíveis. Niu *et al.* (2012) avaliando diferentes genótipos de sorgo submetidos a salinidade constataram que houve incremento de cloro e decréscimo de cálcio e magnésio nas plantas.

A redução nos teores de cálcio em doses crescente de matéria orgânica e aumento da salinidade foi observada em pinhão-manso (LIMA *et al.*, 2011) e melão (SANTOS, 2012) sugerindo que absorção de cálcio é influenciada pela aplicação dos compostos orgânicos inibindo sua absorção, devido à presença do magnésio por possuir a mesma valência e sítio de absorção (SANTOS, 2012) além da presença do íon sódio do solo. O aumento do teor de sódio do meio externo ocasiona inibição da acumulação de cálcio nos tecidos das plantas, ocorrendo o deslocamento do nutriente da plasmalema das células radiculares (AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000).

Verifica-se na Figura 2.6E, decréscimo no teor do íon magnésio no colmo + bainhas, nos tratamentos sem compostos orgânicos de 84% nos primeiros níveis de salinidade até atingir o nível de  $4,2 \text{ dS m}^{-1}$ , e a partir deste nível aumento de 52% na máxima salinidade. Ocorre incremento de 89% no teor de magnésio no colmo + bainhas (Figura 2.6E), com o biofertilizante, nos níveis iniciais de salinidade até  $\text{CEa} = 3,5 \text{ dS m}^{-1}$ , e a partir do qual apresenta redução de 51% até a maior salinidade. Quando se aplica o esterco bovino observa-se que tanto no colmo + bainhas (Figura 2.6E) quanto nos limbos foliares (Figura 2.6F) ocorre variação no teor de magnésio, explicado por um modelo cúbico.

Na Figura 2.6F, verifica-se que sem aplicação do composto orgânico, o teor de magnésio nos limbos foliares decresce 56% até a salinidade igual a  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$  e a partir da qual ocorre 37% de aumento até a salinidade máxima. Com a aplicação do biofertilizante houve incremento do teor de magnésio nos limbos foliares de 58% até a  $\text{CEa} = 3,3 \text{ dS m}^{-1}$ , e, em seguida, redução de 43% na  $\text{CEa} = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 2.6F). Decréscimos de magnésio foram verificados em plantas com o aumento da salinidade (PARIDA; DAS; MITTRA, 2004; FREIRE *et al.*, 2013; COELHO *et al.*, 2014). Silva *et al.* (2014) avaliando os teores de nutrientes na cultura do pimentão submetido a três níveis de salinidades em dois solos diferentes, encontraram aumento com a salinidade no teor de magnésio nas folhas variando de 4,7 a  $8,16 \text{ g kg}^{-1}$ , no Argissolo, e de 3,94 a  $5,86 \text{ g kg}^{-1}$  no Cambissolo. Nascimento *et al.* (2011) ao aplicarem água salina e biofertilizantes em maracujazeiro amarelo com e sem fertilização mineral observaram a redução no teor de magnésio nas folhas, de 7,20 para  $5,64 \text{ g kg}^{-1}$  de

matéria seca, nos solos com fertilização mineral, e aumento de 4,85 para 8,00 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca, correlacionando positivamente a aplicação do biofertilizante com a adubação mineral. A concentração de magnésio pode permanecer constante ou diminuir na parte aérea de plantas de sorgo com o aumento da salinidade (KAWASAKI *et al.*, 1983; AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000).

### 2.3.4 Solutos orgânicos

Observa-se na Tabela 2.9, que o teor de carboidratos e de prolina nas folhas foram influenciados significativamente pela salinidade da água de irrigação ( $p < 0,01$ ), pelo composto orgânico ( $p < 0,01$ ) e pela interação entre esses dois fatores ( $p < 0,01$ ).

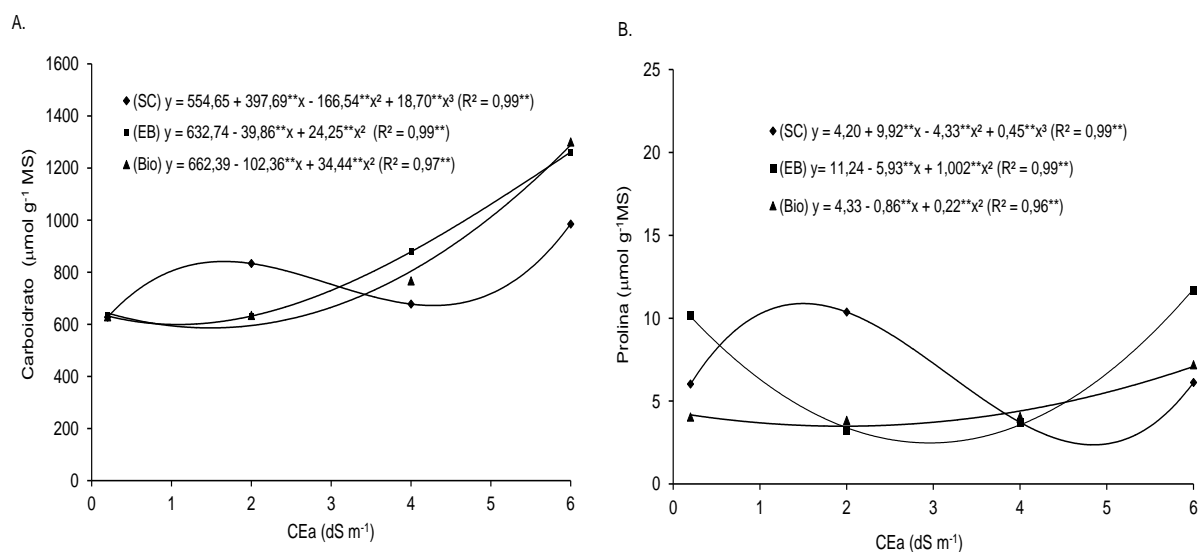
Tabela 2.9 – Valores do quadrado médio e significância estatística para as variáveis carboidratos e prolina nas folhas de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, irrigadas com água salobra e submetidas a diferentes compostos orgânicos. SAL = níveis de salinidade da água de irrigação; COMP = composto orgânico; CV = coeficiente de variação.

Fontes de Variação	QUADRADO MÉDIO	
	CARBOIDRATOS	PROLINA
SAL	2,031**	52,951**
COMP	4,894**	31,478**
SAL X COMP	5,899**	46,833**
RESIDUO	0,0008	0,029
CV (%)	2,32	4,79

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo.

Verifica-se na Figura 2.7A, que o teor de carboidratos nas folhas das plantas de sorgo, apresenta incremento com o aumento da salinidade da água de irrigação. Evidencia-se, respectivamente, acréscimos de 36, 51 e 50% quando sem composto orgânico, com esterco bovino e com biofertilizante, comparando-se os tratamentos com maior e menor nível de salinidade. Resultados semelhantes de aumento nos teores de carboidratos em resposta à salinidade também foram encontrados em plantas de sorgo (LACERDA *et al.*, 2001; LOBO *et al.*, 2011; ZHAO *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2013); em feijão-de-corda (CALVET *et al.*, 2013), em soja (RAMANA; PADHY; CHAITANYA, 2012) e em pinhão-manso (SOUSA *et al.*, 2012). Por outro lado, as maiores concentrações de carboidratos nas plantas que receberam o esterco bovino e o biofertilizante pode ser um indicativo de melhor condição nutricional e maior produção de fotoassimilados. As substâncias húmicas, estimulam a produção de solutos orgânicos como carboidratos solúveis, proteínas e enzimas que proporcionam o ajustamento osmótico das plantas em condições adversamente salinas (LACERDA *et al.*, 2003).

Figura 2.7 – Teor de carboidratos (A) e prolina (B) nas folhas de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação. SC = testemunha; EB = esterco bovino; Bio = biofertilizante Atime®. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação. \* Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%.





O aumento no teor de carboidratos pode ser um indicativo de osmorregulação por parte das plantas de sorgo (OLIVEIRA *et al.*, 2006) pois a elevação na concentração de compostos orgânicos solúveis no citoplasma de plantas cultivadas e submetidas a estresse salino, pode ser considerada como um mecanismo utilizado para balancear os potenciais osmóticos entre o citoplasma e o vacúolo, e evitar danos aos sistemas enzimáticos (MUNNS, 2002; MUNNS; TESTER, 2008). Lacerda *et al.* (2001) afirmam que genótipos de sorgo forrageiro produzem mais carboidratos para o ajustamento osmótico, reduzindo sua disponibilidade para o crescimento da planta. No entanto, o papel dos açúcares solúveis, na adaptação da espécie às condições de salinidade elevada, é considerada insuficiente para definir a tolerância da planta à salinidade, devido as variações intraespecíficas e interespecíficas (ASHRAF; HARRIS, 2004).

Na Figura 2.7B, observa-se que o teor de prolina nas folhas de sorgo, apresenta comportamento variado, com aumento da salinidade da água de irrigação e sem a aplicação de compostos orgânicos, explicado por modelo cúbico. Ao se aplicar o esterco bovino observa-se decréscimo de 75% no teor de prolina, nos níveis mais baixos de salinidade da água de irrigação e a partir da condutividade elétrica da água igual a  $2,95 \text{ dS m}^{-1}$ , ocorre incremento nos teores de prolina nas folhas (Figura 2.7B). Com a aplicação do biofertilizante e aumento dos níveis de salinidade, o teor de prolina nas folhas (Figura 2.7B) decresce 16%, até o nível de salinidade igual a  $1,95 \text{ dS m}^{-1}$ , a partir do qual ocorre elevação de 51% no teor de prolina até a salinidade maior. Este resultado apresenta-se discrepante, pois nos níveis maiores de salinidade ( $4$  e  $6 \text{ dS m}^{-1}$ ) verifica-se sempre alto teor de prolina nas folhas de sorgo, mostrando a tendência de incremento da prolina com o aumento da salinidade (TARI *et al.*, 2013).

Resultados de acúmulo de prolina em sorgo submetidos a salinidade foram encontrados por diversos autores (ASHRAF; HARRIS, 2004; FEIJÃO *et al.*, 2011). Ali, Khan e Ahmed (2013) submetendo três cultivares de sorgo forrageiro à salinidade encontraram uma resposta variada, ou seja, aumento somente em um cultivar e redução no teor de prolina para os demais cultivares submetidos a salinidade crescente. Lacerda *et al.* (2003) afirmam que o acúmulo de prolina parece ser uma reação aos danos causados pelo estresse salino e não uma resposta da planta associada à tolerância ao sal.

## 2.4 CONCLUSÕES

- Os compostos orgânicos não foram determinantes para minorar o acúmulo de sais e de sódio no solo provocado pela salinidade da água de irrigação.
- O crescimento vegetativo das plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra foi influenciado negativamente pela salinidade crescente da água de irrigação.
- O esterco bovino se mostrou mais eficaz que o biofertilizante Ative® no crescimento vegetativo do sorgo independente do nível de salinidade da água de irrigação.
- Os teores de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , K, P,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no colmo + bainhas e nos limbos foliares das plantas de sorgo cv BRS Ponta Negra, foram influenciados pela salinidade da água de irrigação, e apresentaram respostas a aplicação do esterco bovino e biofertilizante, no entanto, não reduzem o seu efeito nocivo às plantas.
- O acúmulo de carboidratos e prolina nas folhas do sorgo cv. BRS Ponta Negra aumentou com a salinidade da água de irrigação, com aumento nos teores de carboidratos nas plantas que receberam os compostos orgânicos.

## 2.5 REFERÊNCIAS

ACHÓN FORNO, I. *et al.* Efectos de la aplicación de bioestimulantes sobre la tolerância del *Sorghum bicolor* (L.) Moench al estrés salino. **Investigación Agraria**, v.16, n.1, p.11 -20, 2014.

ALI Z.; KHAN, D.; AHMED, N. Physiological parameters of salt tolerance in three cultivars of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. at seedling stage under single salt (NaCl) salinity. **Int. J. Biol. Biotech.**, v.10, n.1.p.125-142, 2013.

AMJAD, M.; AKHTAR, J.; RASHID, M. S. Evaluating the effectiveness of biofertilizer on salt tolerance of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Archives of Agronomy and Soil Science**, (ahead-of-print), p.1-13, 2014.

ANDRADE, A. R. S. *et al.* Desenvolvimento da cultura do sorgo em um Latossolo Amarelo submetido à adubação orgânica. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.4, n.2, p.137–151, 2011

AQUINO, A. J. S. *et al.* Crescimento, partição de matéria seca e mecanismo de retenção de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> em plantas de sorgo irrigadas com águas salinas. **Rev. Bras. de Ciência do Solo**, v.31, p.961-971, 2007.

ARAÚJO, J. C. Recursos hídricos em regiões semiáridas. In: **Recursos hídricos em regiões semiáridas**. GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S; GALVÃO, C. O. (Eds) - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258 p.: il.

ARAÚJO NETO, R. A. **Desenvolvimento do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetido a diferentes tipos e doses de adubação orgânica**. Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo. 2010. Monografia. 36p

ARROYO, J. *et al.* Environmental influence of maize substitution by sorghum and diet presentation on goose foie gras production. **J. of Cleaner Production**, v.59, p.51-62, 2013.

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v.166, p 3–16, 2004.

AZEVEDO NETO, A.D. E TABOSA, J.N.– Estresse salino em plântulas de milho: Parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.165-171, 2000.

BASHTANOVA, U. B.; FLOWERS, T. J. Effect of low salinity on ion accumulation, gas Exchange and postharvest drought resistance and habit of *Coriandrum sativum* L. **Plant Soil**, v.355, p.199–214, 2012.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p.205-207, 1973.

BAVEI, V.; SHIRAN, B.; ARZANI, A. Evaluation of salinity tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) using ion accumulation, proline and peroxidase criteria. **Plant Growth Regul.**v.64, p.275–285, 2011.

BELLO, X. V. *et al.* Study of the Synergistic Effects of Salinity, pH, and Temperature on the Surface-Active Properties of Biosurfactants Produced by *Lactobacillus pentosus*. **J. Agric. Food Chem.**, v. 60, p.1258 –1265, 2012.

BOOTE, K. J.; TOLLENAAR, M. Modeling genetic yield potential. In: BOOTE, K. J.; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R.; PAULSEN, G. M. (Eds.). **Physiology and determination of crop yield**. Madison: American Society of Agronomy, cap. 20, p. 553-565, 1994.

CALVET, A. S. F. *et al.* Crescimento e acumulação de solutos em feijão-de-corda irrigado com águas de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n.1, p.148-159, janeiro-março, 2013.

CARVALHO, B. G. *et al.* O efeito do esterco bovino no desenvolvimento inicial das plantas de sorgo. In: XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. **CD-ROM**

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino na formação de mudas de pinhão-manso. **Irriga**, v.16, n.3, 2011.

CHAUGOOL, J. *et al.* Comparison of young seedling growth and sodium distribution among sorghum plants under salt stress. **Plant Prod. Sci**, v.16, n.3, p.261-270, 2013.

CHAUHAN, R. R. *et al.* Salt tolerance of *Sorghum bicolor* cultivars during germination and seedling growth. **Res. J. Recent Sci.**, v.1, n.3, p.1-10, 2012.

CIRILO, J.A.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; CAMPOS, J.N.B. A Questão da Água no Semiárido Brasileiro. In: BICUDO, C.E. de M; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B.. (Org.). **Águas do Brasil Análises Estratégicas**. 1ed. São Paulo: Instituto de Botânica. v. 1, p. 81-91, 2010.

ÇIMRIN, K. M. *et al.* Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 36, p. 5845-5851, 2010.

COELHO, D. S.; *et al.* Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.1, p.25-30, 2014.

DESAI, D.; KHARE, T.; KUMAR, V. Sulfate and chloride salinity induced effects on physiological and biochemical parameters of sorghum. **International Journal of Biochemistry and Biotechnology**, v.1, n.2, p.5-10, 2012.

DIAS, N.S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE. Parte II, cap 9, p.129-14, 2010.

DINIZ NETO, M. A. *et al.*. Mudanças de oiticica irrigadas com águas salinas no solo com biofertilizante bovino e potássio. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.1, p.10–18, 2014.

DUBOIS, M. *et al.*. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-356, 1956.

FEIJÃO, A. R. *et al.* Efeito da nutrição de nitrato na tolerância de plantas de sorgo sudão à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 675-683, jul-set, 2011.

FERNANDES, A.R. *et al.* Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1613-1619, 2002.

FERREIRA, P.A. *et al.* Produção relativa do milho e teores foliares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.7-16, 2007.

FREIRE, J. L. O. *et al.* Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, n. 1, 57-70, 2013.

FREITAS, G. A. *et al.* Adubação orgânica no sulco de plantio e sua influência no desenvolvimento do sorgo. **J. Biotec. Biodivers.** v. 3, n.1: p.61-67, fev. 2012.

GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agronomy Journal**, v.76, p.371-374, 1984.

GARCIA, G. O. *et al.* Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.39, n.1, p.7-18, 2008.

HASSAN, M. *et al.* Non-destructive estimation of maize leaf area, fresh weight, and dry weight using length and leaf width. **Communications in Biometry and Crop Science**, v.5, n.1, p.19-26, 2010.

HOLANDA FILHO, R. S. F. *et al.* Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.1, p.60-66, 2011.

KHALED, H.; FAWY, H. A. Effect of Different Levels of Humic Acids on the Nutrient Content, Plant Growth, and Soil Properties under Conditions of Salinity. **Soil & Water Res.**, v. 6, n. 1, p. 21–29, 2011.

KAWASAKI, T.; AKIBA, T.; MORITSUGU, M. Effects of high concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol on the growth and ion absorption in plants: I. Water culture experiments in a greenhouse. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.75, p.75-85, 1983.

LACERDA, C.F. *et al.* Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.3, p.270-284, 2001.

LACERDA, C.F. *et al.*. Solute accumulation and distribution shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.49, p.107-120, 2003.

LACERDA, C. F. *et al.*. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.2, p.258-263, 2006.

LACERDA, C.F. *et al.* Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE. Parte IV, cap 17, p.302-317, 2010.

LACERDA, C. F. *et al.* Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.31, n.4, p.663-675, jul./ago 2011.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: PRADO, C.H.B.A.; FRANCO. A.C. São Carlos, RiMa, 2000. 533p.

LIMA, G. F. C. *et al.* Reservas forrageiras estratégicas para a pecuária familiar no semiárido: palma, fenos e silagem.53p.; v.08; il. (Circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar; 7) Natal: **EMPARN**, 2010.

LIMA, R. L. S. *et al.* Casca de mamona associada a quatro fontes de matéria orgânica para a produção de mudas de pinhão-manso. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 58, n.2, p. 232-237, mar/abr 2011.

LINHARES, P. S. F. *et al.* Alterações químicas no Argissolo cultivado com berinjela irrigada com água salina. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 8, n. 3, p 07-19, jul-set, 2012.

LOBO, A. K. M. *et al.*. Compostos nitrogenados e carboidratos em sorgo submetido à salinidade e combinações de nitrato e amônio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 390-397, abr-jun, 2011.

MAHMOODABADI, M., AMINI, R.S., KHAZAEPOUR, K. Using animal manure for improving soil chemical properties under different leaching conditions. **Middle East J. Sci. Res.**, v.5, n. 4, 214–217, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e Aplicações. **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo**. Piracicaba, SP. 1989. 201p

MANTOVANI, A. A method to improve leaf succulence quantification. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.42, p.9-14, 1999.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants (2nd ed.). London, UK: **Academic Press**. 1995.

MARÇAL, J.A **Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) sob irrigação com águas salinas em solo com matéria orgânica**. Areia: UFPB, 2011. 80p. Tese Doutorado.

MEDEIROS, J F.; GHEYI, H. R.; NASCIMENTO, I. B. Salinidade de solo e da água e seus efeitos na produção agrícola. *In: Recursos hídricos em regiões semiáridas*. GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S; GALVÃO, C. O. (Eds) - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258 p.: il.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. M. Avaliação de métodos com e sem digestão para extração de elementos em tecidos de plantas. **Ciência e Cultura**, v.36, p.1953-1958, 1984.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. *In: Recursos hídricos em regiões semiáridas*. GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S; GALVÃO, C. O. (Eds)- Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258 p.: il.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 02, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v.59, p.651-8, 2008.

NASCIMENTO, J. A. M. *et al.* Estado nutricional de maracujazeiro-amarelo irrigado com água salina e adubação organomineral. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E., p.729-735, Outubro 2011.

NAVARRO, J.M. *et al.* Phosphorus uptake and translocation in salt-stressed melon plants. **Journal Plant Physiology**, v.158, p. 375-381. 2001.

NETONDO, G. W.; ONYANGO, J. C.; BECK, E. Sorghum and salinity: II. Gas Exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. **Crop Science**, v.44, n.3, p.806-811, 2004.

NEVES, A. L. R. *et al.* Growth and yield of cowpea/sunflower crop rotation under different irrigation management strategies with saline water. **Ciência Rural**, v.45, n.5, mai 2015.

NIU, G. H. *et al.* Seedling emergence, growth, and mineral nutrition of ornamental chili peppers irrigated with saline water. **HortScience**, v.47, n.11, p.1653-1657, 2012.

NUNES, J. C *et al.* Formação de mudas de noni sob irrigação com águas salinas e biofertilizante bovino no solo. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v.6, n. 2, p. 451-463, mai/ago 2009.

NUNES, J. C. *et al.* Comportamento de mudas de nim à salinidade da água em solo não salino com biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, p.1152-1158, 2012.

OLIVEIRA, L. A. A. *et al.* Solutos orgânicos em genótipos de sorgo forrageiro sob estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.31-35, 2006.

OLIVEIRA, V. P. *et al.* Physiological and biochemical characteristics of Sorghum bicolor and Sorghum sudanense subjected to salt stress in two stages of development. **African Journal of Agricultural Research**, v.8, n.8, p. 660-670, 2013.

OUNI, Y. *et al.* The role of humic substances in mitigating the harmful effect of soil salinity and improve plant productivity. **Int. J. Plant Prod.**, v.8, n.3, p.353-374, 2014.

OZKUTLU F.; TURAN, M.; ÖZTÜRKMEN, A. R. Soil Salinity Increase Cd Uptake of Lettuce (*Lactuca Sativa* L.). **ProEnvironment**, v.6, p.389-395, 2013.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.60, p.324-349, 2005.

PARIDA, A. K., DAS, A. B., MITTRA, B. Effects of salt on growth, ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Bruguiera parviflora*. **Trees-Struct. Funct.**, v.18, p.167-174, 2004.

PERVEEN, S.; SHAHBAZ, M.; ASHRAF, M. Changes in mineral composition, uptake and use efficiency of salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) plants raised from seed treated with triacontanol. **Pak J Bot**, v.44, p.27-35, 2012.

PORTO FILHO, F. Q. *et al.* Evolução da salinidade e pH de solo sob cultivo de melão irrigado com água salina. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.11, p.1130-1137, 2011.

QADOS, A. M. A. Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* (L.). **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.10, n.1, p.7-15, 2011.

RADY, A. A. A novel organo-mineral fertilizer can mitigate salinity stress effects for tomato production on reclaimed saline soil. **South Afr. J. Bot.**, v. 81, p.8-14, 2012.

RAMANA, G.V.; PADHY, S. P.; CHAITANYA, K.V. Differential responses of four soybean (*Glycine max.* L) cultivars to salinity stress. **Legume Research**, v.3535, n.3, p.185-193, 2012.

RANJBAR, G.; GHADIRI, H.; SEPASKHAH, A. R. Effects of irrigation water salinity and *Kochia indica* density on Sorghum and *K. Indica* dry matter and chemical composition. **J. Biol. Environ. Sci.**, v.8, n.23, p.115-123, 2014.

RIBEIRO, A. A. *et al.* Crescimento inicial do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina em dois substratos. **Revista Verde** (Mossoró), v.8, n.3, p.133-242, jul-set 2013.



RIVERO, R. M. *et al.* The combined effect of salinity and heat reveals a specific physiological, biochemical and molecular response in tomato plants. **Plant, Cell and Environment**, v.37, p.1059-1073, 2014

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. The use saline waters for crop production. Roma: FAO, 1992. 133p. (FAO. **Irrigation and Drainage Paper**, 48).

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C., U.S. Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA Agriculture Handbook, 60)

SABERI, A. R; SITI AISHAH, H. Nutrient concentration of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) varieties under influenced of salinity and irrigation frequency. **The International Journal of Biotechnology**, v.2, n.10, p.163-170, 2013.

SABIR ALI, A. K.; MOHAMED, B. F.; DREYLING, G. Salt Tolerance and Effects of Salinity on some Agricultural Crops in the Sudan. **Journal of Forest Products & Industries**, v.3, n.2, 56-65, 2014.

SADEGHI, H.; SHOURIJEH, F.A. Salinity induced effects on growth parameters, chemical and biochemical characteristics of two forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars. **Asian Journal of Plant Science**, v.11, n.1, p.19-27, 2012.

SANTOS, R.V.; CAVALCANTE, L.F.; VITAL, A.F.M. Interações salinidade-fertilidade do solo. In: **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Parte II, cap 14, p. 221-252. Fortaleza, CE. 2010.

SANTOS, A. P. G. **Influências de biofertilizantes nos teores foliares de macronutrientes, nas trocas gasosas, na produtividade e na pós-colheita da cultura do melão**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012. 94p Dissertação.

SANTOS, K. C. F. *et al.* Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo de *Atriplex numulária*. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 42, n. 3, p. 619-627, jul-set, 2011.

SANTOS, F. G *et al.* **BRS Ponta Negra variedade de Sorgo Forrageiro**. Comunicado Técnico, EMBRAPA, Sete Lagoas, MG, setembro, 2007. 6p.

SHARIAT JAFARI, M.H.; KAFI, M.; ASTARAIE, A. Interactive effects of NaCl induced salinity, calcium and potassium on physiomorphological traits of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). **Pak. J. Bot.**, v. 41, p.3053-3063, 2009.

SILVA, F. C. **Manual de análise químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p

SILVA, F. L. *et al.* Interaction between water salinity and bovine biofertilizer on the cowpea plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.383-389, 2011.

SILVA, J. L. A. *et al.* Teores foliares no pimentão submetido à estrese salino em diferentes solos. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 10, n. 2, p. 77-82, abr-jun 2014.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal Components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2009.

SILVA JUNIOR, F. J. *et al.* Acúmulo de íons sódio e potássio e relação sódio/potássio em folhas e caules de pinhão-manso submetidos a diferentes níveis de salinidade. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 5, 2012, Guarapari. Desafios e Oportunidades: Campina grande: Embrapa Algodão, 2012. p. 106 **Anais...**

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil. 564p: Il. 2003.

SOUSA, A. E. C. *et al.* Trocas gasosas e conteúdo de carboidratos e compostos nitrogenados em pinhão-manso irrigado com águas residuárias e salina. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.10, p.1428-1435, out. 2012.

SOUSA, C.H.C. *et al.* Respostas morfofisiológicas de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão sob estresse salino. **Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 2, p. 29–36, 2010.

SOUSA, G. G. *et al.* Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 359-367, setembro-dezembro, 2014.

SOUTO, A. G. L. *et al.* Comportamento do noni à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino. **Irriga**, v.18, n.3, p.442, 2013.

SUN, Y. *et al.* Variability in Salt Tolerance of *Sorghum bicolor* L. **Agricultural Science**, v.2, n.1, 2014.

TANG, J. *et al.* Growth response, carbohydrate and ion accumulation of diverse perennial ryegrass accessions to increasing salinity. **Scientia Horticulturae**, n.154, p.73–81, 2013.

TARI, I. *et al.* Response of Sorghum to Abiotic Stresses: A Review. **J Agro Crop Sci**, v.199, p. 264–274, 2013.

TRINDADE, A. R. *et al.* Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.10, p.804-810, 2006.

VAN HORN, D. J. *et al.* Soil microbial responses to increased moisture and organic resources along a salinity gradient in a polar desert. **Applied and Environmental Microbiology**, v.80, n.10, p. 3034–3043, 2014.

VERAS, R. P. *et al.* Altura de planta, diâmetro caulinar e produção do pinhão-mansão irrigado sob diferentes níveis de salinidade. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.6, p.582–587, 2011.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa – MG: Imprensa Universitária. 1991. 449p.

VIEIRA, M. R. *et al.* Produtividade e qualidade da forragem de sorgo irrigado com águas salinas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 9, p. 42-46, 2005.

VITAL, A. F. M. L. *et al.*. Comportamento de atributos químicos de um solo salino-sódico tratado com gesso e fósforo. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.9, n.1, p.30-36, 2005.

YARAMI, N.; SEPASKHAH, A. R. Physiological growth and gas exchange response of saffron (*Crocus sativus* L.) to irrigation water salinity, manure application and planting method. **Agricultural Water Management**, n.154, p. 43–51, 2015.

YIP, N. Y; ELIMELECH, M. Influence of Natural Organic Matter Fouling and Osmotic Backwash on Pressure Retarded Osmosis Energy Production from Natural Salinity Gradients. **Environ. Sci. Technol.**, v. 47, p.12607-12616, 2013.

ZHAO, Y. L. *et al.* Changes in stem composition and harvested produce of sweet sorghum during the period from maturity to a sequence of delayed harvest dates. **Biomass and bioenergy**, n. 39, p. 261-273, 2012.

### Capítulo 3 – Efeito de doses crescentes de esterco bovino em plantas de sorgo submetidas a estresse salino

#### RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação e doses de esterco bovino, sobre o crescimento e nutrição de plantas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] cv. BRS Ponta Negra. As plantas foram cultivadas em vasos contendo 23 kg de solo arenoso, em casa de vegetação. Os níveis de salinidade foram 0,2; 2,0; 4,0; e 6,0 dS m<sup>-1</sup>, sendo que para a sua confecção utilizou-se água de açude, adicionadas com sais de NaCl, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, na proporção de 7:2:1. As doses de esterco bovino foram 10, 20, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 4. Foram avaliadas as seguintes variáveis: matéria seca total; diâmetro do colmo; altura das plantas; área foliar total; suculência foliar; massa específica foliar; teores de sódio, potássio, cloro, cálcio, magnésio e fósforo no colmo + bainhas e nos limbos foliares das plantas; teores de prolina e carboidratos nas folhas de sorgo cv. BRS Ponta Negra. Realizou-se análises de solo ao final do experimento. Houve aumento da salinidade e da porcentagem de sódio trocável no solo. Todas as variáveis de crescimento analisadas foram afetadas negativamente pelo aumento da salinidade da água de irrigação. A maior dose de esterco resultou em maior produção de biomassa mesmo nos tratamentos com elevada salinidade.

**Palavras-chave:** salinidade, matéria orgânica, irrigação, *Sorghum bicolor* L.

### Chapter 3 - Effect of increasing doses of cattle manure in sorghum plants under salt stress.

#### ABSTRACT

This study evaluated the effects of irrigation water salinity and levels of cattle manure on growth and mineral nutrition of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] cv. BRS Ponta Negra. The plants were grown in pots containing 23 kg of sandy soil in greenhouse. Salinity levels were 0.2; 2.0; 4.0; and 6.0 dS m<sup>-1</sup>, being used for its preparation is pond water, added with NaCl salts, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O and MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, a ratio of 7: 2: 1. The cattle manure rates were 10, 20, 30 and 40 t ha<sup>-1</sup>. The experimental design was completely randomized with four replications in a factorial 4 x 4. The following variables were assessed: total dry matter; stem diameter; plant height; total leaf area; leaf succulence; specific leaf mass; sodium, potassium, chloride, calcium, magnesium and phosphorus in the leaves and culms + sheath of plants; leaf concentrations of proline and carbohydrates were also determined. Chemical analysis of soil it performed at the end of the experiment. There was an increase of salinity and exchangeable sodium percentage in the soil. All the analyzed variables were negatively affected by the increase in water salinity. The application of cattle manure did not prevent the deleterious effects of salinity, however, most manure dose resulted in higher biomass production even in the treatments with high salinity.

**Keywords:** salinity, organic matter, irrigation, *Sorghum bicolor* L.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A água é fator essencial de desenvolvimento socioeconômico do semiárido Nordeste havendo, nesta região, elevadas restrições de disponibilidade e conflitos, pelo seu uso (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012), devido ao regime pluviométrico anual altamente concentrado em poucos meses do ano, altas taxas de evaporação, e solos rasos, predominantemente, cristalinos que contribuem para a intermitência dos rios, dificultando ou até inviabilizando a produção de bens agrícolas, principalmente, em áreas rurais localizadas em vazios hídricos (ALADOS; PUIGDEFABREGAS; MARTINEZ-FERNANDEZ, 2011). De acordo com Araújo (2012) os principais desafios para a boa gestão dos recursos hídricos no semiárido Nordeste são a redução de perdas nos sistemas de transporte; a melhoria na eficiência da irrigação e o reúso das águas.

O uso de água salina na agricultura deve ser considerado como uma alternativa importante na utilização dos recursos naturais escassos, como a água na região do semiárido Nordeste (QUEIROZ *et al.*, 2010). Entretanto, a adequação da água para a irrigação depende tanto de sua própria qualidade quanto de fatores relacionados com as condições de uso (AYERS; WESTCOT, 1999). Neste sentido, deve-se garantir o seu uso através de um manejo cuidadoso (MEDEIROS; NASCIMENTO; GHEYI, 2010), tendo em vista os seus efeitos nocivos no solo (RAZZAGHI *et al.*, 2012) e nas plantas (KIM *et al.*, 2012).

Diversas alternativas têm sido avaliadas com o objetivo de possibilitar o uso de águas salinas na agricultura irrigada, dentre estas se podem citar: o uso de espécies halófitas forrageiras (ALHARBY; COLMER; BARRETT-LENNARD, 2014) ou leguminosas (SANTOS *et al.*, 2014), maior eficiência no manejo do solo (WANG; KANG; WAN, 2015), rotação de culturas (AHMAD *et al.*, 2013), irrigação com misturas de águas de diferentes concentrações salinas (SILVA *et al.*, 2014) e aplicação de matéria orgânica (KHALED; FAWY, 2011; YIP; ELIMELECH, 2013).

A matéria orgânica do solo desempenha um papel importante na sustentabilidade agrícola, influenciando os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com reflexo na estabilidade da produtividade dos agroecossistemas (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013), destacando-se a estimulação da microbiota do solo, condicionamento físico do solo, efeito tampão biológico e químico, controle térmico e melhor retenção de água (BOULAL *et al.*, 2011).

O uso da matéria orgânica como amenizador da salinidade vem sendo estudado por vários autores (OULD AHMED, INOUE; MORITANI, 2010; MENDOZA *et al.*, 2013; HERNANDEZ-ARAUJO *et al.*, 2013) com resultados significativos no crescimento e desenvolvimento das plantas em ambiente salino (SARDROOD *et al.*, 2013; TANER *et al.*, 2014, FALLAHI *et al.*, 2015).

O sorgo possui potencial para se desenvolver e se expandir em regiões que apresentam riscos de ocorrência de deficiência hídrica, distribuição irregular de chuvas e altas temperaturas, condições que caracterizam o semiárido brasileiro (LANDAU; SANS, 2010; PEREIRA *et al.*, 2014). Os grãos têm utilização na alimentação animal com características proteicas que substituem o milho (RURINDA *et al.*, 2014) bem como excelente produtor de forragem destinada a silagem (CÂNDIDO *et al.*, 2014; NEVES *et al.*, 2015), apresentando moderada tolerância a salinidade (SUN *et al.*, 2014; SAADAT; HOMAEE, 2015).

Apesar do conhecimento sobre as alterações físico-químicas no solo (GONÇALVES *et al.*, 2011) e da importância do uso de água de qualidade inferior entre os pequenos produtores (FEITOSA *et al.*, 2015) ainda são escassos estudos que viabilizem a aplicação de adubos orgânicos, especialmente o esterco bovino sólido, como amenizadores do efeito da salinidade da água de irrigação sobre o sorgo, com ênfase na aplicação de uma dose ideal.

A hipótese central é que o aumento da dose de esterco bovino pode minorar os efeitos da salinidade sobre essa cultura. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar o crescimento, os teores de solutos orgânicos e inorgânicos nas plantas de sorgo cultivar BRS Ponta Negra submetidas a diferentes doses de esterco bovino e irrigadas com águas de níveis de salinidades diferentes..

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Condições experimentais e material vegetal

O experimento foi conduzido no período de 29 de julho a 30 de setembro de 2013, em casa de vegetação localizada na Escola Agrícola de Jundiá – Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, pertencente a Universidade Federal do Rio Grande do Norte, localizada no município de Macaíba – RN, nas coordenadas geográficas de 5°53'02"S 35°21'49"W e a uma altitude de 17 m (Figura 3.1). O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen, é do tipo As, tropical com estação seca, com precipitação pluvial média anual de 1134 mm, temperatura média anual em torno de 25,9°C e umidade relativa do ar de 76% (VIANELLO; ALVES, 1991).

Figura 3.1 – Localização da casa de vegetação da Escola Agrícola de Jundiá – Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias.



Fonte: [www.googleearth.com.br](http://www.googleearth.com.br) (2014)

Utilizou-se a cultura do sorgo cv. BRS Ponta Negra, desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo em conjunto com a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN, é classificada na categoria forrageiro de pequeno porte, apresentando um ciclo médio de 90 dias entre o plantio e o ponto de colheita, com dupla aptidão, produtividade média de grãos entre 3 a 5 t ha<sup>-1</sup> (sequeiro) e de 6 a 8 t ha<sup>-1</sup> (irrigado), um rendimento de massa verde de 40 a 60 t ha<sup>-1</sup> (por corte) e de massa seca de 14 a 15 t ha<sup>-1</sup> (por corte), e florescimento entre 60 a 75 dias (SANTOS *et al.*, 2007).



### 3.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

Foram avaliadas quatro doses de esterco bovino, 10, 20, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>, e as plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra foram irrigadas com quatro níveis de salinidade diferentes da água (0,2; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições no esquema fatorial 4 x 4, totalizando 16 tratamentos.

Para o preparo das soluções salinas, foram utilizados os sais de NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O dissolvidos em água de açude, na proporção de 7:2:1, obedecendo-se à relação entre a condutividade elétrica da água de irrigação (CE<sub>a</sub>) e sua concentração (mmolc L<sup>-1</sup> = CE x 10), extraída de Rhoades; Kandiah e Mashali (1992). Na Tabela 3.1, observa-se a composição química das águas utilizadas para a irrigação no experimento.

O turno de rega foi diário. A quantidade de água aplicada no experimentos foi estimada com o objetivo de o solo alcançar a sua capacidade de campo e o excesso de água começasse a percolar adicionando-se uma fração de lixiviação de 15%. Até o desbaste utilizou-se água de açude do Bebo, localizado na Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba – RN, para a irrigação, cuja análise química se encontra na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Composição química das águas de irrigação usadas no experimento.

Água	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH	CE <sub>a</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	RAS
	mmolc L <sup>-1</sup>									
S0	0,15	0,22	0,85	0,20	1,12	0,00	0,42	7,0	0,20	1,11
S1	3,71	1,32	10,37	0,15	16,35	0,00	0,40	6,7	2,00	4,48
S2	7,63	2,75	26,97	0,14	40,65	0,00	0,44	6,7	4,00	9,22
S3	12,43	5,49	38,55	0,21	60,73	0,00	0,46	6,6	6,00	10,90

Fonte: Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta – EMPARN CE<sub>a</sub> = condutividade elétrica da água de irrigação; RAS = relação de adsorção de sódio. S0 = água de açude do Bebo; S1 = solução salina 1; S2 = solução salina 2; S3 = solução salina 3.

Utilizou-se como fonte de matéria orgânica, o esterco bovino curtido na forma sólida, cujas características químicas estão representadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Composição química do esterco bovino utilizado no experimento.

CE (dS m <sup>-1</sup> )	N	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
	g kg <sup>-1</sup>							mg kg <sup>-1</sup>			
2,63	5,9	2,4	5,5	0,8	1,00	14,1	4,7	1.150,80	19,8	135	145,9

Fonte: Laboratório de Solos e Água – DCS/CCA/UFC.

### 3.2.3 Instalação e condução do experimento

Para a instalação do experimento, colocou-se aproximadamente 23 kg de solo arenoso (Tabela 3.3) em vasos plásticos de 32 cm de diâmetro na base maior 24 cm de diâmetro na base menor e altura 34 cm, perfurados na face inferior. Antes, porém, foi colocada uma camada de brita de 2 cm, para facilitar a drenagem. Logo em seguida, os vasos foram colocados em uma das bancadas da casa de vegetação (Figura 3.2), onde se procedeu a lavagem com 2 L de água de açude, por três vezes, no intuito de retirar a argila ainda existente neste solo. A semeadura foi realizado colocando-se dez sementes de sorgo em cada vaso.

Tabela 3.3 – Análises químicas e classificação textural do solo utilizado no experimento.

Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	t	P	pH	CE <sub>es</sub>	PST	V	Dg	T
cmolc kg <sup>-1</sup>								(mg dm <sup>-3</sup> )		(dS m <sup>-1</sup> )	(%)	(g cm <sup>-3</sup> )		
0,8	0,7	0,05	0,13	1,82	0,65	1,7	3,5	1,31	5,0	0,1	1,0	49	1,46	Areia

Fonte: Laboratório de Solos e Água – DCS/CCA/UFC. t = capacidade de troca catiônica efetiva; pH = pH em água (1:2,5); CE<sub>es</sub> = condutividade elétrica do extrato de saturação; PST = porcentagem de sódio trocável; V = saturação por bases; Dg = densidade global; T = textura.

Figura 3.2 – Disposição dos vasos na casa de vegetação



Fonte: SOUSA, R.A. (2013).

Cinco dias antes da semeadura realizou-se a adubação com esterco bovino nas doses de 10, 20, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>, nos vasos correspondentes aos tratamentos. O esterco bovino foi homogeneizado na camada de 0-0,20m de cada vaso. A germinação ocorreu cinco dias após a semeadura sendo o desbaste realizado dez dias após a semeadura, deixando-se duas plantas por vaso. Após o desbaste, iniciou-se a aplicação dos tratamentos com a água de diferentes salinidades. A adubação química constituiu na aplicação de ureia (0,94 g vaso<sup>-1</sup>), cloreto de potássio (0,49 g vaso<sup>-1</sup>) e superfosfato simples (1,96 g vaso<sup>-1</sup>), seguindo a recomendação para a cultura (LIMA *et al.*, 2010).

Realizou-se o monitoramento diário do ensaio para evitar o ataque de pragas e infestação de doenças

### 3.2.4 Variáveis analisadas

#### 3.2.4.1 Variáveis de crescimento

Descrição realizada no capítulo 2.

#### **3.2.4.2 Composição mineral**

Descrição realizada no capítulo 2.

#### **3.2.4.3 Determinação de solutos orgânicos**

Descrição realizada no capítulo 2.

#### **3.2.4.4. Análises de solo**

Descrição realizada no capítulo 2.

#### **3.2.5 Análises estatísticas**

Os resultados das variáveis foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com  $p < 0,05$  (comparação das doses de esterco bovino) utilizando-se o programa ASSISTAT 7.6 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2009). A análise de regressão foi empregada para a avaliação dos efeitos da salinidade da água de irrigação e da interação, quando significativa.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Evolução dos sais no solo

Na Tabela 3.4, verifica-se que a condutividade elétrica do extrato de saturação apresenta ao final do experimento valores médios de 0,87, 3,67, 5,36 e 6,99 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, nos tratamentos 0,2, 2,0, 4,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>, em relação ao início do período experimental, cujo valor era de 0,10 dS m<sup>-1</sup>. A elevação dos valores da condutividade elétrica da extrato de saturação pode ser atribuída aos níveis de salinidade da água crescente neste experimento bem como a fração de lixiviação aplicada. Podemos observar ainda na Tabela 3.4 que o aumento das doses de esterco bovino apresentou uma amplitude pequena nos valores da condutividade elétrica do extrato de saturação quando se compara a menor e a maior dose de esterco bovino aplicada independente do nível de salinidade, no entanto, segundo Ouni *et al.* (2014) a aplicação de matéria orgânica e, em consequência, a distribuição das substâncias húmicas diminuem no solo o Na<sup>+</sup>, a CE e o pH, provavelmente, devido às altas fontes de Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> e K<sup>+</sup>, o que não ocorreu neste trabalho.

Vários autores encontraram aumento da condutividade elétrica do solo, mediante a aplicação de água salina, tanto em condições de campo (ASSIS JUNIOR *et al.*, 2007; AHMED *et al.*, 2012; MOUNZER *et al.*, 2013) quanto em ambiente protegido (KIM *et al.*, 2012; ALOMRAN *et al.*, 2012). Ahmed *et al.* (2012) afirmam que a salinidade do solo não apenas depende do nível de salinidade da água, mas também é controlada por um grande número de fatores como a textura do solo, a fonte da água de irrigação e as condições climáticas, dentre outros. Segundo Pires e Mattiazzo (2009) um dos principais atributos a serem avaliados nos resíduos orgânicos é o risco de salinização do solo pela adição desses compostos, no entanto, Cavalcante *et al.* (2010) verificaram que o aumento da salinidade da água de irrigação aumenta a salinidade do solo, independente da adição ou não do esterco líquido bovino. Miranda *et al.* (2011) testando a aplicação de condicionadores orgânicos, na recuperação de um solo salino-sódico, em condições de casa de vegetação, encontraram que o esterco bovino proporcionou redução nos valores da condutividade elétrica do solo.

Tabela 3.4 – Atributos químicos médios do solo antes e depois do experimento, na profundidade de 0-0,20 m.

Tratamentos	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				mg dm <sup>-3</sup>			pH	CE <sub>es</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	PST (%)	
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	P				
Antes do experimento											
	0,8	0,7	0,65	1,82	11,5	50,3	1,31	5,0	0,10	1,0	
CEa (dS m <sup>-1</sup> )	EB (t ha <sup>-1</sup> )	Depois do experimento									
0,2	10	1,02	0,09	0,05	0,75	31	15,0	6,0	5,51	0,70	6,62
0,2	20	0,92	0,10	0,05	0,33	22	12,0	3,0	5,22	0,66	6,47
0,2	30	1,26	0,13	0,00	0,83	26	12,0	10,0	5,22	1,03	4,78
0,2	40	1,10	0,13	0,21	0,05	26	10,0	6,0	5,03	1,11	5,54
2,0	10	1,14	0,21	0,05	1,16	276	5,0	3,0	5,10	3,47	32,23
2,0	20	1,56	0,25	0,00	0,58	248	7,0	17,0	5,54	3,76	30,93
2,0	30	1,30	0,27	0,05	0,50	254	12,0	3,0	4,94	3,90	34,46
2,0	40	1,37	0,27	0,05	1,00	159	15,0	26,0	4,77	3,54	20,51
4,0	10	1,37	0,29	0,00	0,67	386	15,0	26,0	5,47	5,59	41,47
4,0	20	1,59	0,30	0,00	0,50	342	7,0	23,0	5,64	4,99	38,17
4,0	30	1,46	0,3	0,00	0,83	320	7,0	4,0	5,15	5,03	34,44
4,0	40	1,48	0,36	0,00	0,75	342	5,0	5,0	5,27	5,82	36,35
6,0	10	1,30	0,36	0,00	0,50	419	5,0	12,0	6,01	6,52	45,60
6,0	20	1,44	0,37	0,05	0,83	419	5,0	7,0	5,49	6,38	40,71
6,0	30	1,50	0,43	0,00	0,33	452	7,0	4,0	5,19	7,56	46,31
6,0	40	1,84	0,5	0,05	0,67	475	7,0	12,0	5,39	7,52	40,54

Fonte: Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta – EMPARN.

CEa = condutividade elétrica da água de irrigação; EB = doses de esterco bovino. CE<sub>es</sub> = condutividade elétrica do extrato de saturação; PST = porcentagem de sódio trocável

Nos valores da porcentagem de sódio trocável (PST), Tabela 3.4, houve incremento, em relação ao solo antes do experimento, sendo que esse aumento se deve quase que, exclusivamente, ao aumento da salinidade da água de irrigação, com os valores indicando sérios riscos de sodicidade (RICHARDS, 1954) ou alta possibilidade de toxicidade causada pelo excesso de sódio no ambiente radicular. Por outro lado, verifica-se que o aumento na dose de esterco ou não influenciou ou provocou redução na PST, o que também pode ser explicado pelos elevados teores

de Ca e Mg nesse material (Tabela 3.2). Segundo Mills (2003), a elevação da PST está diretamente relacionada ao aumento do conteúdo de sódio no solo. Em solos sódicos, quando o valor da relação de adsorção de sódio (RAS) do solo é aumentado, a contribuição de nutrientes via matéria orgânica é diminuída (SANTOS; CAVALCANTE, VITAL, 2010). Holanda Filho *et al.* (2011) estudando os atributos químicos do solo irrigado com água salina e cultivado com mandiquinha encontraram que a condutividade elétrica (CE) e a porcentagem de sódio trocável (PST) do solo aumentaram nos tratamentos salinos. Resultados semelhantes também foram encontrados por Assis Junior *et al.* (2007), Bezerra *et al.* (2010) e Lacerda *et al.* (2011).

Os valores do pH do solo (Tabela 3.4), após o experimento foram, em média, 5,24, 5,08, 5,38 e 5,52, respectivamente, para os tratamentos com salinidade 0,2, 2, 4 e 6 dS m<sup>-1</sup>, apresentando incremento médio de 6%, em relação ao início do experimento, que era de 5,0. Linhares *et al.* (2012) encontraram aumento nos valores de pH do solo quando este foi irrigado com água de salinidade crescente, obtendo-se o maior valor de pH = 5,5 na salinidade igual a 4,07 dS m<sup>-1</sup>. Oliveira *et al.* (2014) avaliando a aplicação de doses de compostos orgânicos nos atributos do solo cultivado com alface, encontraram que as doses de composto constituído de esterco bovino + grama não alterou o pH do solo, nas diferentes doses aplicadas, afirmando que esse comportamento do pH solo com a aplicação desse composto, pode ser devido a presença de bases trocáveis como Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>. Firmino *et al.* (2015) encontraram aumento do pH do solo, com a aplicação de água residuária tratada de origem doméstica, em pinhão-manso, devido ao pH alcalino da água residuária aplicada e a presença de bases trocáveis, que ao serem disponibilizados ao solo não competiram com os cátions de natureza ácida, como Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> no complexo sortivo do solo, por estes estarem ausentes, fato que pode ter ocorrido neste presente estudo devido a composição das soluções salinas aplicadas (Tabela 3.1).

### 3.3.2 Avaliação do crescimento vegetativo

Todas as variáveis analisadas apresentaram significância estatística ( $p < 0,01$ ) para os fatores níveis de salinidade e doses de esterco bovino (Tabela 3.5), excetuando-se a variável massa específica foliar. Verifica-se, ainda, que as variáveis altura de plantas (ALT) e diâmetro do colmo (DIAM) foram, estatisticamente,

influenciadas ( $p < 0,01$ ) pela interação entre os níveis de salinidade e as doses de esterco bovino, enquanto que as demais variáveis não apresentaram significância estatística,  $p > 0,05$ , (Tabela 3.5)

Tabela 3.5 – Valores de quadrado médio e significância estatística para matéria seca total (MST), altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (DIAM), área foliar total (AFT), massa específica foliar (MEF) e suculência foliar (SUC) em plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, submetidas a diferentes doses de esterco bovino e irrigadas com água salobra. SAL = níveis de salinidade; ESTERCO = doses de esterco bovino; CV = coeficiente de variação.

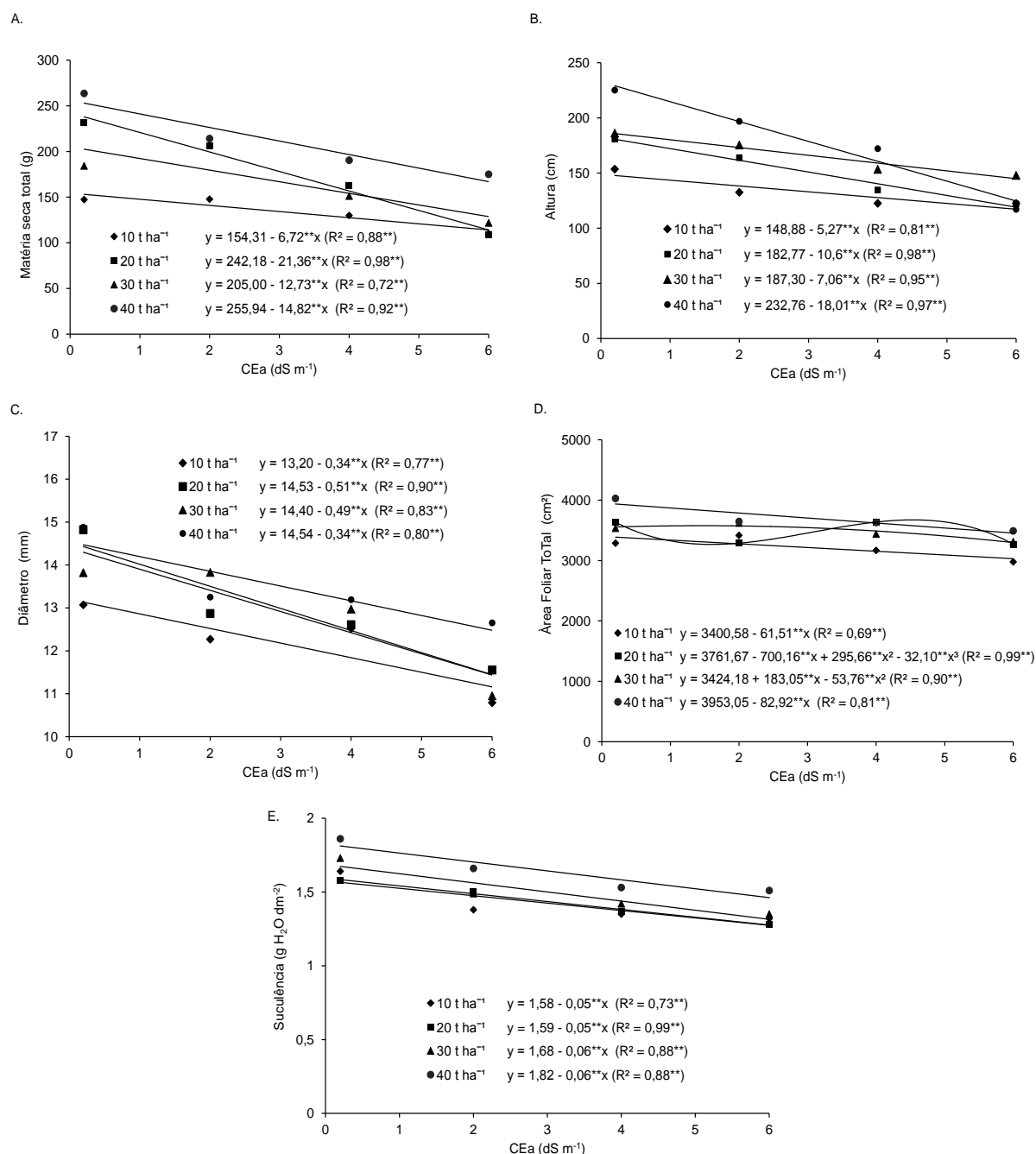
Fontes de Variação	QUADRADO MÉDIO					
	MST	ALT	DIAM	AFT	MEF	SUC
SAL	19864,64**	10542,24**	19,11**	333021,85**	0,0028 <sup>ns</sup>	0,358**
ESTERCO	16087,78**	6062,53**	4,80**	666372,95**	0,0021 <sup>ns</sup>	0,152**
SAL X ESTERCO	1560,46 <sup>ns</sup>	980,55**	1,05*	78786,73 <sup>ns</sup>	0,0068 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>
RESIDUO	930,11	168,06	0,50	71102,52	0,0027	0,017
CV (%)	17,74	8,27	5,51	7,76	9,47	8,43

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo.

Verifica-se na Figura 3.3A, que a matéria seca total sofreu redução com o incremento da salinidade da água de irrigação, independente das doses de esterco bovino aplicadas. Houve redução de 6,72 (10 t ha<sup>-1</sup>), 21,35 (20 t ha<sup>-1</sup>), 12,73 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 14,82 g (40 t ha<sup>-1</sup>) em decorrência do aumento unitário na salinidade da água de irrigação, de maneira que na maior salinidade observa-se os menores valores de matéria seca total das plantas, 113,98 (10 t ha<sup>-1</sup>), 114,02 (20 t ha<sup>-1</sup>), 128,62 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 167,02 g (40 t ha<sup>-1</sup>), correspondente a decréscimo total de 25, 52, 36 e 34%, respectivamente, para 10, 20, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup> em relação aos valores obtidos na salinidade 0,2 dS m<sup>-1</sup>, que foram de 152,96 (10 t ha<sup>-1</sup>); 237,90 (20 t ha<sup>-1</sup>); 202,45 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 252,98 g (40 t ha<sup>-1</sup>). Decréscimos na matéria seca total com o aumento da salinidade foi verificado em vários trabalhos (LACERDA *et al.*, 2003; VIEIRA *et al.*, 2005; AQUINO *et al.*, 2007; SHARIAT JAFARI *et al.*, 2009; SERRÃO *et al.*, 2011; LACERDA *et al.*, 2011; AMBEDE *et al.*, 2012; CHAUGOOL *et al.*, 2013; COELHO *et al.*, 2014; SUN *et al.*, 2014).



Figura 3.3 - Matéria seca total de plantas (A), altura de plantas (B), diâmetro do colmo (C), área foliar total (D) e suculência foliar (E) nas plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, em função da salinidade da água de irrigação. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação. \*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%.



Embora não tenha sido observada interação entre os fatores salinidade e esterco bovino, para a variável matéria seca total, observa-se que o efeito positivo da aplicação do esterco bovino decresceu com o aumento da salinidade. Entretanto, os

valores permaneceram maiores na maior dose de esterco, independente da salinidade, indicando que a melhoria nas condições de fertilidade do solo resulta em ganhos absolutos (GRATTAN; GRIEVE, 1999). O resultado encontrado neste experimento sugere que o esterco bovino não minora os efeitos da salinidade, no entanto, contruibui para a manutenção da produção de matéria seca no sorgo submetido a salinidade crescente.

Ribeiro *et al.* (2013) estudando o crescimento de maracujazeiro em dois substratos (esterco bovino e esterco bovino + areia) e irrigado com água salina encontraram redução na matéria seca total com o incremento da salinidade independentemente do tipo de substrato utilizado. Em plantas de trigo submetidas a doses de esterco e a salinidade da água de irrigação, Ould Ahmed; Inoue e Moritani (2010), encontraram redução na matéria seca total com a salinidade. Lacerda *et al.* (2010) afirmam que as respostas à adubação tendem normalmente a serem verificadas em ambiente não salinos; já que elevados níveis de nutrientes em meios salinos e a manutenção da absorção poderiam levar ao acúmulo do nutriente nos tecidos, em consequência de um efeito de concentração resultando em uma falta de ajuste entre a aquisição e a assimilação de um determinado nutriente, acarretando toxidez e intensificando os efeitos deletérios causados pela salinidade.

A altura de plantas (Figura 3.3B), com o incremento da salinidade da água de irrigação, apresentou decréscimo linear de 5,27 (10 t ha<sup>-1</sup>), 10,6 (20 t ha<sup>-1</sup>), 7,06 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 18,01 cm (40 t ha<sup>-1</sup>), por aumento unitário da salinidade da água de irrigação, atingindo os menores valores na CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup>, que foram de 117,26 (10 t ha<sup>-1</sup>), 119,17 (20 t ha<sup>-1</sup>), 144,94 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 124,70 cm (40 t ha<sup>-1</sup>) em relação a menor salinidade aplicada (CE = 0,2 dS m<sup>-1</sup>), cujos valores foram de 147,83 (10 t ha<sup>-1</sup>), 180,65 (20 t ha<sup>-1</sup>), 185,88 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 229,16 cm (40 t ha<sup>-1</sup>). Resultados semelhantes foram encontrados por em goiabeira (CAVALCANTE *et al.*, 2010), em maracujá (RIBEIRO *et al.*, 2013), em pinhão-manso (MARÇAL, 2011) em condições semelhantes a esse experimento.

Observa-se que os efeitos da salinidade foram intensificados pela presença da maior dose de esterco bovino, a qual promoveu a maior redução em altura (Figura 3.3B), muito devido a composição química do esterco bovino já que a redução da altura das plantas foi mais acentuada no maior nível de salinidade, ou uma menor disponibilização dos nutrientes do esterco bovino. Por outro lado, verifica-se que a dose 30 t ha<sup>-1</sup> foi a que apresentou os melhores resultados em termos de altura, nos

diferentes níveis de salinidade, resultado que diverge dos obtidos para MST (Figura 3.3A) e diâmetro do colmo + bainhas (Figura 3.3C). Isso sugere que os fatores testados provocaram alteração na partição de carbono na planta e que a altura da planta pode não ser um bom indicador dos efeitos testados. Segundo Taiz e Zeiger (2009), a consequência da salinidade na altura das plantas relaciona-se diretamente a redução do potencial hídrico do solo, limitando assim, a absorção de água pelas raízes, interferindo diretamente em processos de alongamento e divisão celular e, conseqüentemente, no crescimento das plantas. Deve-se destacar ainda a possibilidade do efeito tóxico dos íons sódio e cloro sobre o metabolismo celular (SILVA *et al.*, 2011), face as altas concentrações desses íons observados, ao final do experimento, no solo (Tabela 3.4).

Comportamento linear decrescente foi apresentado pelo diâmetro do colmo (Figura 3.3C) quando se aumentou os níveis de salinidade da água, reduzindo seus valores em 0,34 (10 t ha<sup>-1</sup>), 0,51 (20 t ha<sup>-1</sup>), 0,49 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 0,34 mm (40 t ha<sup>-1</sup>), por incremento unitário da condutividade elétrica da água, em relação ao menor nível de salinidade aplicado. Dessa forma os menores valores foram obtidos na maior salinidade (CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup>) de 11,16, 11,47, 11,46 e 12,50 mm, para as doses 10, 20, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Comparando-se com os valores obtidos na menor salinidade verifica-se decréscimo total de 15 (10 t ha<sup>-1</sup>), 20 (20 t ha<sup>-1</sup>), 20 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 14% (40 t ha<sup>-1</sup>). Resultados semelhantes aos encontrados por Cavalcante *et al.* (2010) e Ribeiro *et al.* (2013) em maracujá e por Marçal (2011) em pinhão-manso.

A área foliar total também apresenta comportamento decrescente com o incremento dos níveis de salinidade da água (Figura 3.3D), no entanto, com as doses 10 e 40 t ha<sup>-1</sup> verifica-se redução na área foliar total de 64,51 e 82,62 cm<sup>2</sup>, respectivamente, por unidade de aumento da salinidade da água, sendo os menores valores obtidos na maior salinidade, 3031,52 (10 t ha<sup>-1</sup>) e 3936,46 cm<sup>2</sup> (40 t ha<sup>-1</sup>). Já a aplicação da dose 30 t ha<sup>-1</sup>, ajustou-se a um modelo quadrático, onde se verifica que houve pequeno incremento (3%) na área foliar total, até atingir o seu máximo (3580,05 cm<sup>2</sup>) na salinidade igual a 1,70 dS m<sup>-1</sup>, e a partir deste nível evidencia-se decréscimo de 28% até a maior salinidade. A dose 20 t ha<sup>-1</sup> ajustou-se a um modelo cúbico de regressão, apresentando valores de 3633,22 e 3486,97 cm<sup>2</sup>, na menor e maior salinidade, respectivamente. O efeito negativo da salinidade sobre a área foliar foi relatado em sorgo (LACERDA *et al.*, 2006; FEIJÃO *et al.*, 2011; SADEGHI; SHOURIJEH, 2012; SUN *et al.*, 2014) e em outras espécies (AMBEDE *et al.*, 2012;

CÉCCOLI, 2015). A redução da área foliar com conseqüente diminuição no volume das células contribui para o ajuste osmótico, admitindo-se que a quantidade de soluto absorvido é concentrada em menor volume de suco celular (ARAÚJO *et al.*, 2010).

Na Figura 3.3F, observa-se que a suculência foliar nas plantas de sorgo BRS Ponta Negra, apresenta decréscimo de 0,05 (10 e 20 t ha<sup>-1</sup>) e de 0,06 g H<sub>2</sub>O dm<sup>-2</sup> (30 e 40 t ha<sup>-1</sup>) por unidade de incremento da salinidade da água de irrigação. Comparando-se os valores de suculência na maior salinidade que foram 1,28 (10 t ha<sup>-1</sup>), 1,29 (20 t ha<sup>-1</sup>), 1,32 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 1,46 g H<sub>2</sub>O dm<sup>-2</sup> (40 t ha<sup>-1</sup>), com os da menor salinidade da água, 1,57 (10 t ha<sup>-1</sup>), 1,58 (20 t ha<sup>-1</sup>), 1,67 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 1,79 g H<sub>2</sub>O dm<sup>-2</sup> (40 t ha<sup>-1</sup>), constata-se redução total de 18% para as doses 10, 20 e 40 t ha<sup>-1</sup> e de 20% para a dose 30 t ha<sup>-1</sup>. A redução da suculência foliar em plantas de sorgo, devido a salinidade da água de irrigação, foi constatada antes por diversos autores (SOUSA, C. *et al.*, 2010). A suculência minimiza o efeito tóxico de acumulação excessiva de íons e está associada com acréscimo de solutos osmoticamente ativos para a manutenção da pressão de turgescência celular (LOCKHANDE *et al.*, 2013), o que não foi verificado neste trabalho, pois o aumento da suculência, resposta não observada em sorgo, é comum em plantas sob estresse com sais de cloreto, porém é mais comumente verificada em dicotiledôneas, não sendo tão eficiente quanto o mecanismo de exclusão de íons que parece ser o mecanismo predominante em plantas de sorgo (TRINDADE *et al.*, 2006).

Na Tabela 3.6, verifica-se as médias e desvio padrão para a massa específica foliar, visto que esta variável não foi afetada por nenhum dos fatores aplicados, ou seja, a salinidade da água de irrigação e as doses de esterco bovino.

Tabela 3.6 – Médias e desvio padrão da massa específica foliar (MEF), em g MS dm<sup>-2</sup>, em plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra submetidas a doses diferentes de esterco bovino e irrigadas com água com níveis crescentes de sais.

Variável	EB (t ha <sup>-1</sup> )	CEa (dS m <sup>-1</sup> )			
		0,2	2,0	4,0	6,0
MEF	10	0,546 ± 0,05	0,470 ± 0,02	0,576 ± 0,01	0,567 ± 0,05
	20	0,571 ± 0,06	0,574 ± 0,04	0,529 ± 0,03	0,515 ± 0,04
	30	0,529 ± 0,06	0,567 ± 0,03	0,562 ± 0,09	0,541 ± 0,03
	40	0,514 ± 0,02	0,545 ± 0,03	0,584 ± 0,07	0,626 ± 0,07

### 3.3.3 Composição mineral das plantas

Na Tabela 3.7, observa-se que os teores de cloro (Cl), sódio (Na) potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e fósforo (P) foram influenciados pela salinidade da água de irrigação ( $p < 0,01$ ) nos colmos + bainhas e nos limbos foliares, exceto o teor de cloro (Cl) nos limbos que não apresentou significância estatística ( $p > 0,05$ ). As doses de esterco bovino influenciaram todas as variáveis do colmo + bainhas ( $p < 0,01$ ), exceto o sódio (Na) e nos limbos foliares ( $p < 0,01$ ), exceto o magnésio (Mg). A interação entre os fatores influenciou ( $p < 0,01$ ) a maioria dos elementos minerais avaliados tanto no colmo + bainhas como nos limbos foliares, exceto o teor de Mg nos colmos + bainhas, e de Cl, P e Mg nos limbos foliares.

Tabela 3.7 - Valores do quadrado médio e significância estatística para as variáveis sódio (Na), cloro (Cl), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos colmos + bainhas e nos limbos foliares de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, irrigadas com água salobra e submetidas a diferentes doses de esterco bovino. SAL = níveis de salinidade da água de irrigação; ESTERCO = doses de esterco bovino; CV = coeficiente de variação.

Fontes de Variação	QUADRADO MÉDIO					
	Colmo + bainhas					
	Na	Cl	K	P	Ca	Mg
SAL	1,852**	268,04**	16,577**	0,024**	34,558**	58,688**
ESTERCO	0,035 <sup>ns</sup>	11,72**	25,698**	0,164**	16,467**	3,297**
SAL X ESTERCO	0,078**	5,05**	3,304**	0,004**	2,829**	0,454 <sup>ns</sup>
RESIDUO	0,2501	1,36	0,469	0,001	0,481	0,226
CV (%)	15,25	7,43	7,41	4,05	8,71	6,70
	Limbos foliares					
SAL	0,738**	9,147 <sup>ns</sup>	7,818**	0,1684**	15,569**	73,00*
ESTERCO	0,749**	109,294**	8,835**	0,2018**	6,403**	9,876 <sup>ns</sup>
SAL X ESTERCO	0,859**	6,227 <sup>ns</sup>	2,371**	0,0083 <sup>ns</sup>	3,240**	13,05 <sup>ns</sup>
RESIDUO	0,0016	7,051	0,453	0,293	0,521	17,405
CV (%)	6,06	13,15	5,32	8,73	5,43	32,40

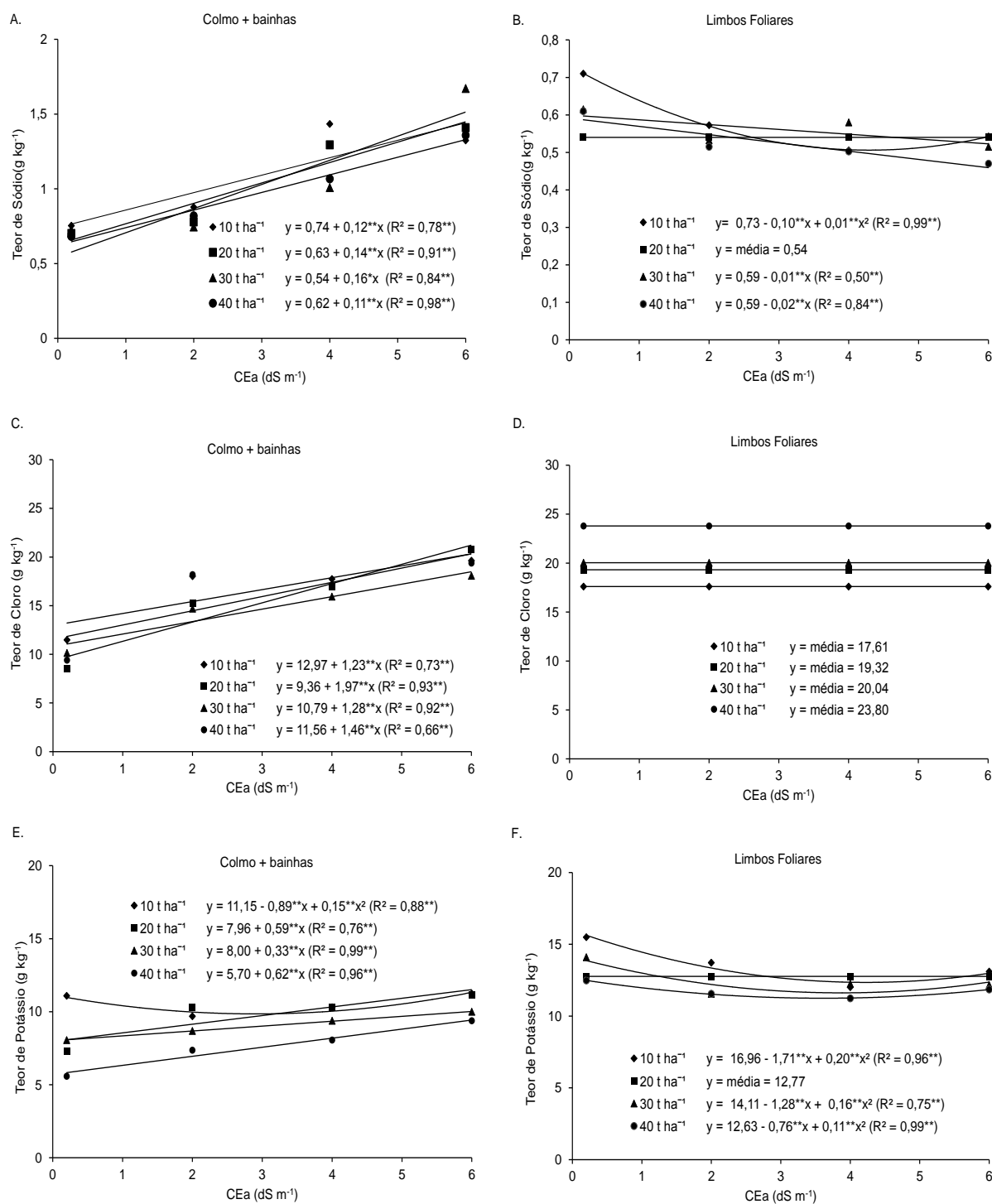
\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo.

Verifica-se na Figura 3.4A, que os incrementos nos teores de sódio no colmo + bainhas das plantas de sorgo foram de 0,12, 0,14, 0,16 e 0,11 g kg<sup>-1</sup> quando se utilizou as doses 10, 20, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com o aumento unitário da salinidade da água de irrigação, em relação ao menor nível de salinidade aplicado (CEa = 0,2 dS m<sup>-1</sup>). Os maiores valores de sódio no colmo de 1,46 (10 t ha<sup>-1</sup>), 1,47 (20 t ha<sup>-1</sup>), 1,50 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 1,28 g kg<sup>-1</sup> (40 t ha<sup>-1</sup>), ocorreram na salinidade máxima. Resultados semelhantes aos encontrados em sorgo (AQUINO *et al.*, 2007; SADEGHI; SHOURIJEH, 2012; CHAUGOOL *et al.*, 2013; COELHO *et al.*, 2014; ANJANEYULU *et al.*, 2014), e em outras espécies (KCHAOU *et al.*, 2010; KASRATI *et al.*, 2014).

Em contrapartida, observa-se na Figura 3.4B, que houve decréscimo no teor de sódio nos limbos foliares. Verifica-se para a dose 10 t ha<sup>-1</sup>, decréscimo de 32% atingindo o valor mínimo de sódio nos limbos, na salinidade igual a 5,0 dS m<sup>-1</sup> e a partir deste nível acréscimo de 2% até a maior salinidade; enquanto que na dose 20 t ha<sup>-1</sup> não se ajustou a nenhum modelo matemático. As doses 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>, ajustaram-se a um modelo linear decrescente, com redução de 0,01 e 0,02 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para cada incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, dessa forma apresentam redução total de 12 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 20% (30 t ha<sup>-1</sup>), na maior salinidade em relação a menor salinidade.

Esses resultados reafirmam que plantas de sorgo tendem a acumular o íon sódio no colmo + bainhas em relação aos limbos foliares como forma de evitar os danos deste íon na parte fotossintética da planta (SADEGHI; SHOURIJEH, 2012; CHAUGOOL *et al.*, 2013; NIU *et al.*, 2012; SUN *et al.*, 2014). Trindade *et al.* (2006) verificaram que genótipos de sorgo forrageiro mais tolerantes à salinidade podem apresentar mecanismos que restringem o transporte de íons Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> para as folhas. Como o íon sódio penetra nas raízes passivamente, ele se acumula no xilema e é transportado para o caule na água, que é deslocada pela transpiração, podendo ocorrer a absorção de íons pelas células adjacentes ao longo da corrente de transpiração diminuindo a carga de sal para as folhas (TAIZ; ZEIGER, 2009). De acordo com Larcher (2000), o íon sódio pode ser prontamente translocado por meio do floema, e, dessa forma, as altas concentrações que ocorrem em folhas que transpiram ativamente podem ser diluídas através de uma redistribuição por toda a planta.

Figura 3.4 – Teor de sódio, cloro e potássio no colmo + bainhas (A, C e E) e nos limbos foliares (B, D e F) de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação. \*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo.



Na Figura 3.4C, observa-se o comportamento do íon cloro no colmo + bainhas apresentando aumento de 1,23 (9%), 1,97 (20%), 1,28 (11%) e 1,46 g kg<sup>-1</sup> (12%), respectivamente, para as doses de esterco bovino 10, 20, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>, a cada incremento de 1,0 dS m<sup>-1</sup> da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Os maiores valores de cloro no colmo + bainhas foram obtidos na maior salinidade de 20,35 (10 t ha<sup>-1</sup>), 21,18 (20 t ha<sup>-1</sup>), 18,47 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 20,32 g kg<sup>-1</sup> (40 t ha<sup>-1</sup>). Verifica-se na Figura 3.4D, que o íon cloro nos limbos foliares apresentou na dose 40 t ha<sup>-1</sup> maior acúmulo de 26, 18 e 15% em relação às demais doses de esterco bovino aplicadas, 10, 20 e 30 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Aumentos de íon cloro com a salinidade foram verificados em sorgo por Sousa, C. *et al.* (2010), Coelho *et al.* (2014) e, em outras espécies (ABDELHAMID *et al.*, 2010; COLLA *et al.*, 2012; MAJID; ALI; ESSIA, 2012).

Comparativamente com os teores de sódio (Figuras 3.4A e 3.4B), observa-se maior quantidade do íon cloro (Figura 3.4C e 3.4D) tanto no colmo + bainhas como nos limbos foliares de sorgo, devido, principalmente a maior presença deste íon nas soluções salinas aplicadas (Tabela 3.1) bem como a maior mobilidade deste íon (MARSCHNER, 1995). A redistribuição do íon cloro nas plantas depende da espécie considerada; algumas mostram os sintomas de deficiência nas folhas mais velhas e outras nas folhas mais novas (FAQUIN, 2005) e considera-se como uma forma de sobrevivência em ambientes salinos (LARCHER, 2000). O sorgo apresenta uma melhor eficiência em reter os íons potencialmente tóxicos no colmo evitando, em consequência, sua exportação e acúmulo nos limbos foliares, contribuindo para a maior tolerância das plantas ao estresse salino (MUNNS, 2002; LACERDA *et al.*, 2003).

Observa-se na Figura 3.4E, que o íon potássio no colmo + bainhas apresentou nos níveis iniciais de salinidade decréscimo de 10%, atingindo o valor mínimo de 9,82 g kg<sup>-1</sup>, na CEa = 2,96 dS m<sup>-1</sup>, e a partir deste nível, observa-se incremento de 12% no teor de potássio até o maior nível de salinidade, quando se aplicou a dose 10 t ha<sup>-1</sup>. Para as demais doses aplicadas, 20, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>, houve aumento linear de 0,59, 0,33 e 0,62 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, por aumento unitário da salinidade da água de irrigação (Figura 3.4E), em relação a menor salinidade. Portanto, na CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup>, foram observados os maiores valores de potássio no colmo + bainhas 11,5 (20 t ha<sup>-1</sup>), 9,98 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 9,42 g kg<sup>-1</sup> (40 t ha<sup>-1</sup>).



Enquanto, nos limbos foliares, Figura 3.4F, observa-se uma variação do íon potássio quando se incrementa os níveis de sais na água, representada por modelos quadráticos, constatando-se que nos menores níveis de salinidade redução no teor de potássio nos limbos de 20 (10 t ha<sup>-1</sup>), 17 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 9% (40 t ha<sup>-1</sup>) atingindo o seu mínimo na salinidade da água igual a 4,27, 4,00 e 3,45 dS m<sup>-1</sup>, a partir deste nível ocorre incremento de 4, 21 e 5% até a maior salinidade, respectivamente, para as doses 10, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>. A dose 20 t ha<sup>-1</sup>, não se ajustou a nenhum modelo de regressão.

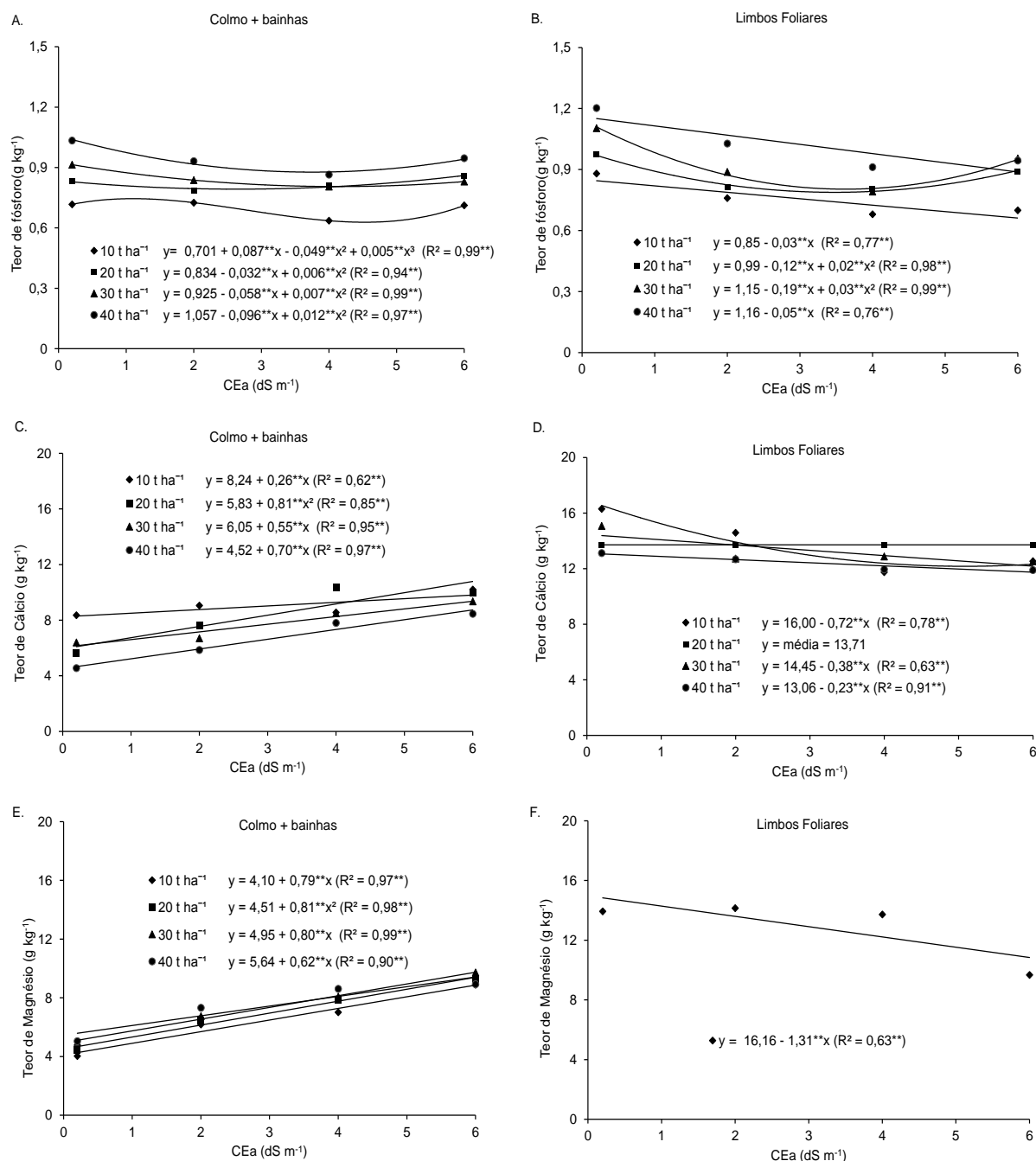
Houve maior acúmulo do íon potássio no colmo + bainhas, apesar do antagonismo que exerce com o íon sódio (MARSCHNER, 1995, PARIDA; DAS, 2005), podendo ser explicado que, em condições de estresse salino, o melhor desempenho de certo genótipo, pode estar relacionado com sua melhor nutrição potássica (VASILAKOGLU *et al.*, 2011; CEKSTERE; KARLSONS; GRAUDA, 2015), neste experimento oriunda, possivelmente, do esterco bovino. Além disso, em solos salinos a fração disponível de potássio (K) pode aumentar através do aumento da CTC ligado ao teor de matéria orgânica (DIACOMO; MONTEMURRO, 2015). Em estudos com a aplicação de estrume de aves e de composto no solo, houve aumento tanto da CTC e do K<sup>+</sup> solúvel e trocável, concorrente do sódio, em condições sodicidade, limitando, portanto, a entrada de Na<sup>+</sup> no complexo de troca (WALKER; BERNAL, 2008).

Reduções nos teores de K ocorrem, principalmente, quando se aplica apenas o NaCl como fonte salina (SOUSA *et al.*, 2012), o que não aconteceu no presente estudo. Já Sousa, C. *et al.* (2010) encontraram redução do íon potássio tanto no colmo quanto nas folhas de sorgo submetidas à salinidade. Aquino *et al.* (2007) encontraram em plantas de sorgo submetidas a salinidade, sem aplicação de esterco bovino, resultado semelhante ao encontrado neste presente estudo, com maior acúmulo do K<sup>+</sup> nos tecidos fotossintetizantes da planta. A concentração de K<sup>+</sup> no citoplasma maior que a de Na<sup>+</sup> pode ser um fator que contribui para a tolerância das plantas à salinidade (MUNNS; TESTER, 2008). A diminuição ou acréscimo do íon K<sup>+</sup>, segundo Lacerda (2005), pode ser influenciada pela duração do estresse bem como da idade da folha amostrada.

O teor de fósforo no colmo + bainhas está representado na Figura 3.5A, através de um modelo cúbico (10 t ha<sup>-1</sup>) e quadrático (20, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>). Para a dose 20 t ha<sup>-1</sup>, observa-se redução de 4% no teor de fósforo no colmo + bainhas, nos níveis iniciais de salinidade até atingir a salinidade de 2,60 dS m<sup>-1</sup>, e a partir deste nível incremento de 8% na máxima salinidade aplicada. Na dose 30 t ha<sup>-1</sup>, observa-se, em relação a menor salinidade, decréscimo de 12% até a condutividade elétrica da água de irrigação igual 4,10 dS m<sup>-1</sup>, e incremento do íon fósforo no colmo + bainhas, a partir deste nível até a máxima salinidade, de apenas 3%. Na dose 40 t ha<sup>-1</sup>, pelo modelo ajustado, verifica-se um valor de 1,038 g kg<sup>-1</sup>, na CEa = 0,2 dS m<sup>-1</sup>, e decréscimo de 17% até a salinidade igual a 4,00 dS m<sup>-1</sup>, com posterior incremento no teor de fósforo no colmo + bainhas de 5%, obtendo-se um valor de 0,913 g kg<sup>-1</sup>, na salinidade igual a 6,0 dS m<sup>-1</sup>.

Na Figura 3.5B, observa-se que o teor de fósforo nos limbos foliares, com o incremento da salinidade da água de irrigação, apresentou decréscimo representado por modelos lineares (10 e 40 t ha<sup>-1</sup>) e quadráticos (20 e 30 t ha<sup>-1</sup>). Nas doses 10 e 40 t ha<sup>-1</sup>, verifica-se, decréscimo de 0,03 e 0,06 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para cada incremento unitário da salinidade da água, com valores de fósforo nos limbos na CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup>, iguais a 0,67 (10 t ha<sup>-1</sup>) e 1,09 g kg<sup>-1</sup> (40 t ha<sup>-1</sup>), representando uma variação total de 21 (10 t ha<sup>-1</sup>) e 30% (40 t ha<sup>-1</sup>), em relação a menor salinidade. Nas doses 20 e 30 t ha<sup>-1</sup>, observa-se, nos primeiros níveis de salinidade, decréscimo do teor de fósforo nos limbos foliares de 16 (20 t ha<sup>-1</sup>) e 24% (30 t ha<sup>-1</sup>) até atingir valor mínimo nas salinidades iguais a 3,00 e 3,20 dS m<sup>-1</sup>, para as doses 20 e 30 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e a partir dessa salinidade houve incremento de 18 (20 t ha<sup>-1</sup>) e 22% (30 t ha<sup>-1</sup>) até a máxima salinidade. Esses resultados podem ser explicados pelo aumento da salinidade no meio de cultivo (Tabela 3.4) além da aplicação de doses crescentes de esterco bovino cuja condutividade elétrica é igual a 2,63 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 3.2). Por outro lado, durante o processo de mineralização, a matéria orgânica libera substâncias húmicas, que podem converter fosfatos do solo em formas disponíveis, melhorando a liberação de minerais de rocha dificilmente solúveis devido à acidez total elevada (DIACOMO; MONTENURRO, 2015), o que provavelmente, não ocorre neste presente estudo.

Figura 3.5 – Teor de fósforo, cálcio e magnésio no colmo + bainhas (A, C e E) e nos limbos foliares (B, D e F) de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação. \*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo.



Os resultados encontrados neste trabalho foram semelhantes aos encontrados por Aquino *et al.* (2007) em dois genótipos de sorgo submetido a estresse salino, por Carmo *et al.* (2011) em abóbora submetida à salinidade crescente, em melancia (LUCENA *et al.*, 2011) e em milho sob estresse salino (SOUSA, G. *et al.*, 2010), enquanto outros autores encontraram acréscimos de fósforo em sorgo (LACERDA *et al.*, 2006), em pinhão-manso (SOUSA *et al.*, 2012), e, em melão (TERCEIRO NETO *et al.*, 2012) com o incremento de sais na água de irrigação.

A redução da concentração de P no tecido foliar, neste experimento, deve-se, provavelmente, em razão dos efeitos de força iônica, que reduzem a atividade do fosfato na solução do solo, a elevada adsorção do fosfato e a diminuição da solubilidade desse mineral, em virtude do aumento dos níveis de Na e de Cl no solo (CARMO *et al.*, 2011). De acordo com Taiz e Zeiger (2009), o fósforo tem função importante na composição do ATP, que é responsável pelo armazenamento e transporte de energia para processos e absorção ativa de nutrientes.

Verifica-se na Figura 3.5C, que o teor do íon cálcio no colmo + bainhas apresentou incremento linear de 0,26 (3%), 0,87 (13%), 0,55 (9%), 0,70 (15%) g kg<sup>-1</sup>, por aumento unitário da salinidade da água, respectivamente, nas doses 10, 20, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>. Dessa forma, os maiores valores observados na CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup>, foram de 9,8 (10 t ha<sup>-1</sup>), 10,69 (20 t ha<sup>-1</sup>), 9,35 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 8,72 g kg<sup>-1</sup> (40 t ha<sup>-1</sup>), representando incremento total de 18, 78, 52 e 87%, para as doses 10, 20, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, em relação ao valor encontrado no menor nível de salinidade.

Entretanto, observa-se na Figura 3.5D, que o teor de cálcio nos limbos foliares decresce, por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, de 0,72 (4%), 0,38 (3%) e 0,23 (2%) g kg<sup>-1</sup> para as doses 10, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os valores médios obtidos na CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup> foram de 11,68, 12,17 e 11,68 g kg<sup>-1</sup> de cálcio nos limbos, respectivamente, nas doses 10, 30 e 40 t ha<sup>-1</sup>, apresentando redução total de 26, 15 e 10% nas respectivas doses de esterco bovino, comparado com os valores obtidos na menor salinidade. A dose 20 t ha<sup>-1</sup> não se ajustou a nenhum modelo matemático.

Sousa, C. *et al.*, (2010) encontraram diminuição de cálcio no colmo e folhas de plantas de sorgo, submetidas a estresse salino, diferindo do presente estudo onde se observa somente o aumento deste íon no colmo + bainhas das plantas de sorgo cv BRS Ponta Negra (Figura 3.5C). Resultados semelhantes foram encontrados em

sorgo por diversos autores (LACERDA *et al.*, 2003; BAVEI; SHIRAN; ARZANI, 2011; COELHO *et al.*, 2014)

Niu *et al.* (2012) avaliando diferentes genótipos de sorgo submetidos a salinidade constataram que houve incremento de cloro e decréscimo de cálcio e magnésio nas plantas. A redução na absorção de Ca pode levar à perda da integridade da membrana plasmática, com consequente perda da capacidade de absorção de alguns íons, principalmente o K<sup>+</sup> (ARSHAD *et al.*, 2012). Zhou e Ma (2012) estudando o efeito da suplementação de cálcio em sorgo sob condições salinas concluíram que sua aplicação reduziu os efeitos deletérios dos sais.

Verifica-se na Figura 3.5E, que o teor do íon magnésio no colmo + bainhas, com o incremento unitário da salinidade da água de irrigação, aumentou em 0,79 (10 t ha<sup>-1</sup>), 0,81 (20 t ha<sup>-1</sup>), 0,80 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 0,62 g kg<sup>-1</sup> (40 t ha<sup>-1</sup>), em relação ao menor nível de salinidade (CEa = 0,2 dS m<sup>-1</sup>), enquanto que nos limbos foliares ocorreu decréscimo linear de 1,31 g kg<sup>-1</sup> no teor de magnésio por unidade de incremento da salinidade da água de irrigação (Figura 3.5F). O aumento do íon magnésio no colmo + bainhas, por incremento unitário da CEa, foi de 18 (10 t ha<sup>-1</sup>), 17 (20 t ha<sup>-1</sup>), 15 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 11% (40 t ha<sup>-1</sup>), cujos valores maiores foram de 8,84 (10 t ha<sup>-1</sup>), 9,87 (20 t ha<sup>-1</sup>), 9,75 (30 t ha<sup>-1</sup>) e 9,36 g kg<sup>-1</sup> (40 t ha<sup>-1</sup>), observados na maior salinidade aplicada.

Nos limbos foliares, o maior valor de íon magnésio foi observado na menor salinidade, ocorrendo redução total de 48%, com valor médio de 8,3 g kg<sup>-1</sup> na CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup> (Figura 3.5F). Carmo *et al.* (2011), avaliando a aplicação de sais crescente em abóbora, encontraram aumento nos teores de magnésio nas folhas, justificado pelo Mg contido na água de irrigação, haja visto que sua concentração era maior quanto maior era também a CE da água de irrigação. Soares *et al.* (2014) avaliando o acúmulo de matéria seca e macronutrientes em cultivares de sorgo sacarino sob condições normais, ou seja, sem estresse salino, encontraram maior acúmulo de magnésio nos colmos do que nas folhas, o que foi verificado neste trabalho desenvolvido em condições salinas, mas com a aplicação de esterco bovino.

Decréscimos de magnésio foram verificados em plantas com o aumento da salinidade (PARIDA; DAS; MITTRA, 2004; COELHO *et al.*, 2014). Apesar da importância do magnésio no metabolismo vegetal, a literatura referente a estudos sobre as concentrações deste nutriente em plantas cultivadas sob estresse salino é bastante limitada. O magnésio além de exercer papel na atividade como cofator em quase todas as enzimas do metabolismo energético e na molécula de clorofila, este

ion é requerido para a integridade dos ribossomos e contribui efetivamente para a estabilidade estrutural dos ácidos nucleicos e membranas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

### 3.3.4 Teores de carboidratos solúveis e de prolina nas folhas

Observa-se na Tabela 3.8, que o teor de carboidratos e de prolina nas folhas foram influenciados significativamente pela salinidade da água de irrigação ( $p < 0,01$ ), pelas doses de esterco bovino ( $p < 0,01$ ) e pela interação entre esses dois fatores ( $p < 0,01$ ).

Tabela 3.8 – Valores do quadrado médio e significância estatística para as variáveis carboidratos e prolina nas folhas de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, irrigadas com água salobra e submetidas a diferentes doses de esterco bovino. SAL = níveis de salinidade da água de irrigação; ESTERCO = doses de esterco bovino; CV = coeficiente de variação.

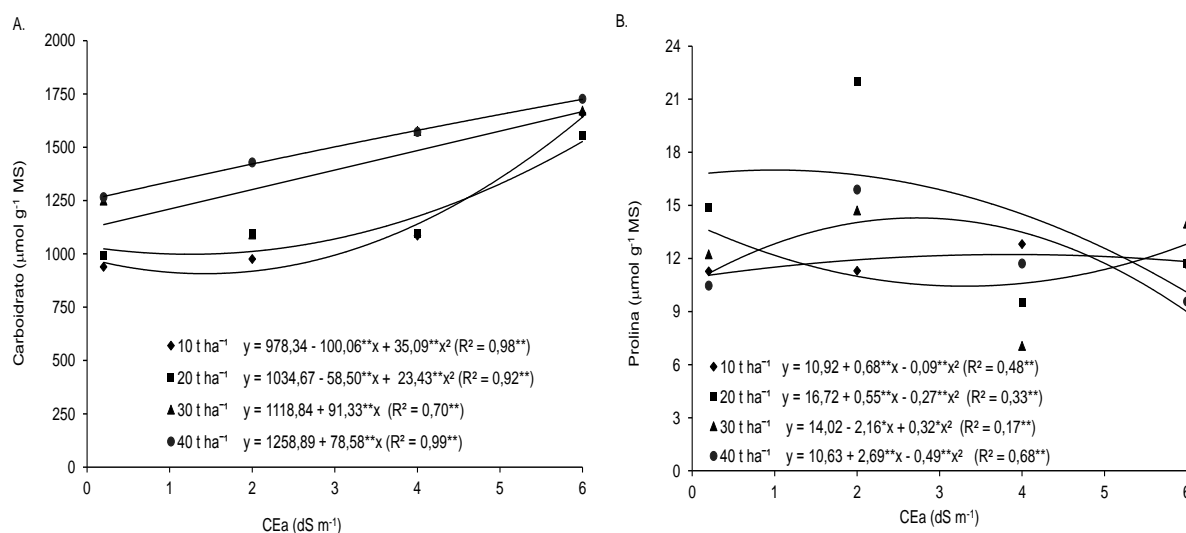
Fontes de Variação	QUADRADO MÉDIO	
	CARBOIDRATOS	PROLINA
SAL	978392,07**	94,69**
ESTERCO	426747,5**	28,16**
SAL X ESTERCO	58491,8**	35,13**
RESIDUO	2025,84	0,08
CV (%)	3,43	2,86

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo.

Verifica-se na Figura 3.6A, que o teor de carboidratos nas folhas, quando se aplica as doses 10 e 20 t ha<sup>-1</sup>, com o incremento da salinidade da água de irrigação, respectivamente, decréscimo de 5 e 2% até o nível de salinidade igual a 1,42 (10 t ha<sup>-1</sup>) e 1,25 dS m<sup>-1</sup> (20 t ha<sup>-1</sup>), e a partir destes níveis aumento de 45 (10 t ha<sup>-1</sup>) e 35% (20 t ha<sup>-1</sup>) até a máxima salinidade aplicada. Já as doses de 30 e 40 t ha<sup>-1</sup> de esterco

bovino apresentaram comportamento linear positivo, com aumento de 91,33 e 78,58  $\mu\text{mol g}^{-1}$  MS no teor de carboidratos nas folhas para cada aumento unitário da salinidade, respectivamente, representando aumento total de 47 e 36%, em relação a menor salinidade. Os valores de carboidratos na CEa = 6,0  $\text{dS m}^{-1}$ , foram de 1641,22, 1527,15, 1666,82 e 1730,37  $\mu\text{mol g}^{-1}$  MS, para as doses 10, 20, 30 e 40  $\text{t ha}^{-1}$ , respectivamente.

Figura 3.6 – Teor de carboidratos (A) e prolina (B) nas folhas de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação. \* Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo.



Lobo *et al.* (2011) ao avaliarem os efeitos das combinações das formas disponíveis de nitrogênio para a planta (nitrato e amônio) e da salinidade na concentração de compostos que contêm nitrogênio e carboidratos em plantas jovens de sorgo forrageiro, encontraram aumento nos teores de carboidratos nas folhas e no colmo de sorgo com o incremento da salinidade. Almodares; Hadi e Ahmadpour (2008) avaliando três cultivares de sorgo submetidas a salinidade encontraram redução de carboidratos nos colmos das plantas. Lacerda *et al.* (2003) encontraram

aumento de carboidratos nas folhas de dois genótipos de sorgo submetidos a níveis crescentes de sais. Heidari (2009) estudando a resposta de genótipos de trigo e sorgo verificou acúmulo de carboidratos e prolina ao serem submetidos a salinidade crescente. O aumento na concentração de compostos orgânicos solúveis no citoplasma de plantas cultivadas e submetidas a estresse salino tem sido considerado como um mecanismo utilizado, pelas plantas, para balancear os potenciais osmóticos, entre o citoplasma e o vacúolo, e evitar danos aos sistemas enzimáticos (MUNNS, 2002; MUNNS; TESTER, 2008).

Verifica-se na Figura 3.6B, que o teor de prolina nas folhas de sorgo, apresenta comportamento distintos de acordo com a dose de esterco bovino aplicada. Nas doses 10, 20 e 40 t ha<sup>-1</sup>, ocorre aumento de 9,0, 1,0 e 22%, respectivamente, no teor de prolina nas folhas, nos níveis iniciais de salinidade até a salinidade 3,7 (10 t ha<sup>-1</sup>), 1,02 (20 t ha<sup>-1</sup>) e 2,7 dS m<sup>-1</sup> (40 t ha<sup>-1</sup>). A partir desses níveis, ocorre decréscimos no teor de prolina de 4, 39 e 36%, para as doses 10, 20 e 40 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, na máxima salinidade aplicada. Ao passo que, nos tratamentos com a dose 30 t ha<sup>-1</sup> observa-se, nos menores níveis de salinidade, decréscimo de 24% na prolina atingindo o seu valor mínimo (10,38 μmol g<sup>-1</sup> MS), na CEa = 3,4 dS m<sup>-1</sup>, e posterior aumento de 17% até a maior salinidade.

Vários autores (LACERDA *et al.*, 2003; HEIDARI, 2009; LOBO *et al.*, 2011; BAVEI; SHIRAN; ARZANI, 2011) encontraram aumentos de prolina nas folhas de sorgo quando submetidas a estresse salino. Feijão *et al.* (2011), em plantas de sorgo sudão submetidas a estresse salino e com aplicação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, verificaram aumento da prolina nas folhas principalmente nas plantas nutridas com NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e baixa salinidade. Carlin e Santos (2009) ressaltam que a prolina pode ser considerado como o principal soluto compatível em plantas com estresse, no entanto, a sua baixa utilização durante esse período, pode contribuir para o seu acúmulo, devido a redução na síntese proteica e do aumento na proteólise, ocasionando controvérsias sobre a função da prolina sobre o seu papel no ajustamento osmótico.

O acúmulo de prolina está relacionado em grande parte com o efeito inibidor do sal sobre a assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> e aumento do catabolismo proteico, que, por sua vez, induz aumento da reciclagem de glicina-NH<sub>3</sub> da fotorrespiração (LIN; HSU; KAO, 2002). No ajuste osmótico de folhas com baixo potencial hídrico, a prolina se acumula como soluto compatível para estabilizar



membranas e manter a conformação de proteínas, o que impede a desidratação do citosol (KISHOR *et al.*, 2005).

### 3.4 CONCLUSÕES

- Apesar das condições favoráveis de textura do solo e do manejo da irrigação a aplicação da matéria orgânica provocou degradação do solo por sais para os níveis de condutividade elétrica da água superiores a 2,0 dS m<sup>-1</sup>.
- A dose de 40 t ha<sup>-1</sup> de esterco resultou em maior produção de biomassa mesmo nos tratamentos com elevada salinidade.
- O aumento da salinidade da água favoreceu o maior acúmulo dos íons sódio, cloro, potássio, cálcio e magnésio nos colmos + bainhas das plantas de sorgo.
- As maiores doses de esterco (30 e 40 t ha<sup>-1</sup>) resultaram em teores mais elevados de fósforo e de carboidratos nas folhas de sorgo, independente da salinidade da água de irrigação.

### 3.5 REFERÊNCIAS

ABDELHAMID, M.T.; SHOKR, M.; BEKHETA M. A. Growth, root characteristics, and leaf nutrients accumulation of four faba bean (*Vicia faba* L.) cultivars differing in their broomrape tolerance and the soil properties in relation to salinity. **Commun Soil Sci Plan.**, v.41, n.22, p.2713-2728, 2010.

AHMAD, S. *et al.* Ionic displacement and reclamation of saline-sodic soils using chemical amendments and crop rotation. **Land Degradation & Development**, v.24, n.2, p.170-178, 2013.

AHMED, C. B *et al.* Saline water irrigation effects on soil salinity distribution and some physiological responses of field grown *Chemlali olive*. **Journal of Environmental Management**, v.113,p.538-544. 2012.

ALADOS, C. L.; PUIGDEFABREGAS, J.; MARTINEZ-FERNANDEZ, J. Ecological and socio-economical thresholds of land and plant-community degradation in semi-arid Mediterranean areas of southeastern Spain. **Journal of Arid Environments**, London, v. 75, n. 12, p. 1368-1376, 2011.

ALOMRAN, A. M *et al.* Management of Irrigation Water Salinity in Greenhouse Tomato Production under Calcareous Sandy Soil and Drip Irrigation. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.14, n.4, p.939-950, 2012.

ALHARBY, H. F.; COLMER, T. D.; BARRETT-LENNARD, E. G. Salt accumulation and depletion in the root-zone of the halophyte *Atriplex nummularia* Lindl.: influence of salinity, leaf area and plant water use. **Plant and soil**, v.382, n.1-2, p.31-41, 2014.

ALMODARES, A.; HADI, M. R.; AHMADPOUR, H. Sorghum stem yield and soluble carbohydrates under different salinity levels. **African Journal of Biotechnology**, v.7, n.22, 2008.

AMBEDE, J. G. *et al.* NaCl salinity affects germination, growth, physiology, and biochemistry of bambara groundnut. **Braz. J. Plant Physiol.**, v.24, n.3, p.151-160. 2012.

ANJANEYULU, E *et al.* Salt tolerance and activity of antioxidative enzymes of transgenic finger millet overexpressing a vacuolar H<sup>+</sup>-pyrophosphatase gene (SbVPPase) from *Sorghum bicolor*. **Journal of Plant Physiology**, v.171, p.789-798, 2014.

AQUINO, A. J. S. *et al.* Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 31, n. 5, out. 2007.

ARAÚJO, J. C. Recursos hídricos em regiões semiáridas. *In: Recursos hídricos em regiões semiáridas*. GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S; GALVÃO, C. O. (Eds)- Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258 p.: il.

ARAÚJO, C.A.S *et al.* Seleção varietal de *Phaseolus vulgaris* quanto à tolerância ao estresse salino com base em variáveis de crescimento. **Revista Ceres**, v. 57, n.1, p. 132-139, 2010.

ARSHAD, M. *et al.* Effect of calcium on the salt tolerance of different wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. **Pak. J. Agri. Sci.**, v.49, n.4, p.497-504. 2012.

ASSIS JÚNIOR, J. O *et al.* Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.702-713, 2007.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Trad. H. R. Gheyi *et al.*, Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (**Estudos FAO: Irrigação e Drenagem**, 29)

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p. 205-207, 1973.

BAVEI, V.; SHIRAN, B.; ARZANI, A. Evaluation of salinity tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) using ion accumulation, proline and peroxidase criteria. **Plant Growth Regul.**, v.64, p.275-285, 2011.

BEZERRA, A.K.P. *et al.* Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.5, p.1.075-1.082, 2010.

BOULAL, HAKIM. *et al.* Effect of soil management and traffic on soil erosion in irrigated annual crops. **Soil & Tillage Research**, v.115, p.62-70, 2011.

CÂNDIDO, E. P. *et al.* Sorghum silage production system in Cariri, Paraíba. **R. Bras. Zootec.**, v.43, n.6, p.336-342, 2014.

CARLIN, S. D.; SANTOS, D. M. M. Indicadores fisiológicos da interação entre déficit hídrico e acidez do solo em cana-de-açúcar. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.9, p.1106-1113, set. 2009.

CARMO, G. A. *et al.* Teores foliares, acúmulo e partição de macronutrientes na cultura da abóbora irrigada com água salina. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.5, p.512-518, 2011.

CAVALCANTE, L.F. *et al.* Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Rev. Bras. de Frut.**, v. 32, p. 251-261, 2010.

CÉCCOLI, G. *et al.* Plasticity in sunflower leaf and cell growth under high salinity. **Plant Biology**, v.17, n.1, p.41-51, 2015.

CEKSTERE, G.; KARLSONS, A.; GRAUDA, D. Salinity-induced responses and resistance in *Trifolium repens* L. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.14, p.225-236. 2015.

CHAUGOOL, J. *et al.* Comparison of young seedling growth and sodium distribution among sorghum plants under salt stress. **Plant Prod. Sci.**, v.16, n.3, p.261-270, 2013.

COELHO, D. S. *et al.* Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.1, p.25-30, 2014.

COLLA, G. *et al.* Grafting cucumber plants enhance tolerance to sodium chloride and sulfate salinization. **Scientia Horticulturae**, v.135, p.177-185. 2012.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.9, n.17, 2013

DIACONO, M.; MONTEMURRO, F. Effectiveness of organic wastes as fertilizers and amendments in salt-affected soils. **Agriculture**, v.5, p.221-230, 2015.

DUBOIS, M. *et al.* Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-356, 1956.

FALLAHI, H.R. *et al.* The study of nutritional management of mother plant and seed priming by biofertilizers on improve salinity tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Sayonz at germination period. **Journal of Agroecology**, v. 6, n. 4, p. 927, 2015.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE, - Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. 2005

FEIJÃO, A. R. *et al.* Efeito da nutrição de nitrato na tolerância de plantas de sorgo sudão à salinidade. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 42, n. 3, p. 675-683, jul-set, 2011.

FEITOSA, S. O. *et al.* Crescimento do feijão caupi irrigado com efluente tratado e água salina sob diferentes concentrações. **Agropecuária Técnica**, v.36, n.1, p.146-155, 2015.

FIRMINO, M. C. *et al.* Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária tratada sob cultivo do pinhão manso **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 11, n. 2, p. 32-37, Abr - Jun, 2015.

GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agronomy Journal**, v.76, p.371-374, 1984.

GONÇALVES, I. V. C. *et al.* Alterações químicas de um Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.3, p.589-596. 2011.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C.M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Sci. Hortic.**,v.78, p.127-157.1999.

HASSAN, M. *et al.* Non-destructive estimation of maize leaf area, fresh weight, and dry weight using length and leaf width. **Communications in Biometry and Crop Science**, v.5, n.1, p.19-26, 2010.

HEIDARI, M. Antioxidant activity and osmolyte concentration of sorghum (*Sorghum bicolor*) and wheat (*Triticum aestivum*) genotypes under salinity stress. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.8, n.3, p.240-244, 2009.

HERNÁNDEZ-ARAUJO, J.A. *et al.* Biorrecuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. II. Lavado de sales. **Rev. Fac. Agron. (LUZ)**, n.30, p.481-503, 2013.

HOLANDA FILHO, R. S. F *et al.* Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioca. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.1, p.60-66, 2011.

KASRATI, A. *et al.* Plant growth, mineral nutrition and volatile oil composition of *Mentha suaveolens* subsp. *timija* (Briq.) Harley cultivated under salt stress conditions. **Industrial Crops and Products**, v.59, p.80-84. 2014.

KCHAOU, H. *et al.* Assessment of tolerance to NaCl salinity of five olive cultivars, based on growth characteristics and Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> exclusion mechanisms. **Scientia horticulturae**, v.124, n.3, p.306-315, 2010.

KHALED, H.; FAWY, H. A. Effect of Different Levels of Humic Acids on the Nutrient Content, Plant Growth, and Soil Properties under Conditions of Salinity. **Soil & Water Res.**, v. 6, n. 1, p. 21-29, 2011.

KIM, S. *et al.* Salinity effects on germination and plant growth of prairie cordgrass and switchgrass. **BioEnergy Research**, v.5, n.1, p. 225-235, 2012.

KISHOR, P.B.K. *et al.* Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. **Current Science**, v.88, p.424-438, 2005.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. **Cultivo de sorgo: Clima**. Sistema de Produção, 2, 6 eds., 2010. Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_6\\_ed/clima.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/clima.htm)> Acessado em: 03 fev 2015.

LACERDA, C.F. *et al.* Solute accumulation and distribution shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.49, p.107-120, 2003.

LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. *In*: NOGUEIRA, R. J. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. (ed.). **Estresses ambientais: Danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRP, p.127-137, 2005.

LACERDA, C. F. *et al.* Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.3, p.258-263, 2006.

LACERDA, C. F. *et al.* Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE, parte II, cap 17, p. 302-317. 2010.

LACERDA, C. F. *et al.* Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.31, n.4, p.663-675. 2011.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: PRADO, C.H.B.A.; FRANCO. A.C. São Carlos, RiMa, 2000. 533p.

LIMA, G. F. C *et al.* Reservas forrageiras estratégicas para a pecuária familiar no semiárido: palma, fenos e silagem.53p.; v.08; il. (Circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar; 7) Natal: **EMPARN**, 2010.

LIN, C. C.; HSU, Y. T.; KAO, C. H. The effect of NaCl on proline accumulation in rice leaves. **Plant Growth Regulation**, v. 36, n. 1, p. 275-285, 2002.

LINHARES, P. S. F. *et al.* Alterações químicas no Argissolo cultivado com berinjela irrigada com água salina. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 8, n. 3, p 07-19, jul-set, 2012.

LOBO, A. K. M *et al.* Compostos nitrogenados e carboidratos em sorgo submetido à salinidade e combinações de nitrato e amônio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 390-397, abr-jun, 2011.

LOCKHANDE, V. H. *et al.* Sesuvium portulacastrum, a plant for drought, salt stress, sand fixation, food and phytoremediation: A review. **Agronomy for sustainable development**, v.33, n.2, p.329-348, 2013.

LUCENA, R. R. M.; *et al.* Crescimento e acúmulo de macronutrientes em melancia 'Quetzale' cultivada sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 34-42, jan-mar 2011.

MAJID, M.; ALI, A.; ESSIA, B. Effect of salinity on sodium and chloride uptake, proline and soluble carbohydrate contents in three alfalfa varieties. **IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science**, v.1, n.6, p.01-06, 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e Aplicações**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, SP, 1989. 201p.

MANTOVANI, A. A method to improve leaf succulence quantification. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.42, p.9-14, 1999.

MARÇAL, J. A. **Crescimento inicial do Pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*) sob irrigação com águas salinas em solo com matéria orgânica**. Areia: UFPB/CCA, 201169 f.:il. Dissertação (Mestrado em Agronomia)

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition in higher plants**. Academic Press. Publisher Hartcourt Brace & Company, London. 1995.

MEDEIROS, J.F., NASCIMENTO, I.B.; GHEYI, H.R. Manejo do solo-água-plantas em áreas afetadas por sais. *In: Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE., parte III, cap 16, p. 279-302. 2010.

MENDOZA, B. *et al.* E. Atributos biológicos de dos suelos de Quibor con aplicación de abono orgánico y soluciones salinas. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v.4, n.3, p. 409-421, 2013

MILLS, B. **Interpreting water analysis for crop and pasture**. Department of Primary Industries, State of Queensland, Brisbane, Australia, 2003.

MIRANDA, M. A. *et al.* Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.5, p.484-490, 2011.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. M. Avaliação de métodos com e sem digestão para extração de elementos em tecidos de plantas. **Ciência e Cultura**, v.36, p.1953-1958, 1984.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. *In: Recursos hídricos em regiões semiáridas*. GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S; GALVÃO, C. O. (Eds) - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258 p.: il.

MOUNZER, O. *et al.* Transient soil salinity under the combined effect of reclaimed water and regulated deficit drip irrigation of Mandarin trees. **Agricultural Water Management**, v.120, p.23-29. 2013.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, Camberra, v. 25, n.02, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Rev. Plant Biol.**, v.59, p.651-8, 2008.

NEVES, A. L. A. *et al.*, T. Agronomic characteristics, silage quality, intake and digestibility of five new Brazilian sorghum cultivars. **Journal of Agricultural Science**, v.153, p.371-380, 2015.

NIU, G. H. *et al.* Seedling emergence, growth, and mineral nutrition of ornamental chili peppers irrigated with saline water. **HortScience**, v. 47, n.11, p.1653-1657, 2012.

OLIVEIRA, L. B. *et al.* Características químicas do solo e produção de biomassa de alface adubada com compostos orgânicos. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.2, p.157-164, 2014.



OULD AHMED, B.A.; INOUE, M.; MORITANI, S. Effect of saline water irrigation and manure application on the available water content, soil salinity, and growth of wheat. **Agricultural Water Management**, v.97, p.165-170, 2010.

OUNI, Y. *et al.* The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity. **International Journal of Plant Production**, v.8, n.3, 2014.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.60, p.324-349, 2005.

PARIDA, A. K., DAS, A. B., MITTRA, B. Effects of salt on growth, ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Bruguiera parviflora*. **Trees-Struct. Funct.**, 18, 167-174, 2004.

PEREIRA, R. G. *et al.* Rendimento do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.3, p.285-299, 2014.

PIRES, A.M.M.; MATTIAZZO, M.E. **Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura**. Disponível em: [http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular\\_19.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular_19.pdf). Acesso em: 22 de fev. 2015.

QUEIROZ, J. E. *et al.* Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. *In: Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE. 2010, parte I, Cap. 5, p. 63-82. 2010

RAZZAGHI, F. *et al.* Effects of salinity and soil-drying on radiation use efficiency, water productivity and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.198, n.3, 173-184, 2012.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. The use saline waters for crop production. Roma: FAO, 1992. 133p. (**FAO. Irrigation and Drainage Paper**, 48).

RIBEIRO, A. A. *et al.* Crescimento inicial do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina em dois substratos. **Revista Verde** (Mossoró), v. 8, n. 3, p. 133- 242, jul – set, 2013.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington D.C., U.S. Salinity Laboratory, 1954. 160p. (**USDA Agriculture Handbook**, 60)

RURINDA, J. *et al.* Comparative assessment of maize, finger millet and sorghum for household food security in the face of increasing climatic risk. **Europ. J. Agronomy**, v.55, p.19-41, 2014.

SAADAT, S.; HOMAEI, M. Modeling sorghum response to irrigation water salinity at early growth stage. **Agricultural Water Management**, v.152, p.119-124, 2015.

SADEGHI, H.; SHOURIJEH, F.A. Salinity induced effects on growth parameters, chemical and biochemical characteristics of two forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars. **Asian Journal of Plant Science**, v.11, n.1, p.19-27, 2012.

SARDROOD, S. N. E. *et al.* Effect of chemical fertilizers and bio-fertilizers application on some morpho-physiological characteristics of forage sorghum. **Intl. J. Agron. Plant. Prod.**, v.4, n.2, p.223-233, 2013.

SANTOS, R.V.; CAVALCANTE, L.F.; VITAL, A.F.M. Interações salinidade-fertilidade do solo. *In: Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE, parte II, cap 14, p. 221-252. 2010.

SANTOS, F.G. *et al.* **BRS Ponta Negra - Variedade de Sorgo Forrageiro**. Comunicado Técnico 145. EMBRAPA, Sete Lagoas, MG, 2007.

SANTOS, R. A. *et al.* Crescimento de leguminosas utilizadas na adubação verde em diferentes níveis de sais na água de irrigação. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.12, p.1255-1261, 2014.

SERRÃO, M. G. *et al.* efeitos da água salina e da adubação azotada na composição foliar em macronutrientes e na produção do sorgo sacarino. **Revista de Ciências Agrárias – Lisboa**, v. XXXIV, n.2, p.163-172, 2011.

SHARIAT JAFARI, M.H.; KAFI, M.; ASTARAIE, A. Interactive effects of NaCl induced salinity, calcium and potassium on physiomorphological traits of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). **Pak. J. Bot.**, v.41, p.3053-3063. 2009.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p

SILVA, F. A. S. AZEVEDO, C. A. V. Principal Components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance. *In: World Congress on Computers in Agriculture*, 7, Reno-NV-USA: **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2009.

SILVA, E.N. *et al.* Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agricola**, v.68, n.1, p.62-68, 2011.

SILVA, J. L. A. *et al.* Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, (Suplemento), p.S66-S72, 2014.

SOARES, E. R. *et al.* Acúmulo de matéria seca e macronutrientes por cultivares de sorgo sacarino. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 3015-3030, nov./dez. 2014.

SOUSA, C.H.C. *et al.* G. Respostas morfofisiológicas de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão sob estresse salino. **Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 2, p 29-36, 2010.

SOUSA, G. G. *et al.* Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.11, p.1143-1151, 2010.

SOUSA, A. E. C. *et al.* Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão manso submetido a estresse salino e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, v.25, n.2, p.144-152, 2012.

SUN, Y. *et al.* Variability in Salt Tolerance of *Sorghum bicolor* L. **Agricultural Science**, v.2, n.1, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2009. 848p

TANER, A. *et al.* Effects of different liquid-manure treatments on yield and quality parameters of second-crop silage corn under reduced tillage conditions. **Romanian Agricultural Research**, n. 31, 2014.

TERCEIRO NETO, C. P. C. *et al.* Acúmulo de matéria seca e nutrientes no meloeiro irrigado sob estratégias de manejo da salinidade. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.10, p.1069-1077, 2012.

TRINDADE, A. R. *et al.* Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.10, p.804-810, 2006.

VASILAKOGLU, I. *et al.* Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation. **Field Crops Research**, v.120, p.38-46. 2011.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. *Meteorologia Básica e Aplicações*. Viçosa – MG: Imprensa Universitária. 1991. 449p.

VIEIRA, M. R. *et al.* Produtividade e qualidade da forragem de sorgo irrigado com águas salinas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, Suplemento, p.42-46, 2005.

WALKER, D.J.; BERNAL, P.M. The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. **Bioresour. Technol.**, v.99, p.396-403 2008

WANG, R.; KANG, Y.; WAN., S. Effects of different drip irrigation regimes on saline-sodic soil nutrients and cotton yield in an arid region of Northwest China. **Agricultural Water Management**, v.153, n.1-8. 2015.

YIP, N. Y.; ELIMELECH, M. Influence of natural organic matter fouling and osmotic backwash on pressure retarded osmosis energy production from natural salinity gradients. **Environmental science & technology**, v.47, n.21, p.12607-12616. 2013.

ZHOU, G.; MA, B. L. Calcium addition affects germination and early seedling growth of sweet sorghum under saline conditions. **Agricultural Science & Technology**, v.13, n.12, p.2538-2543, 2012.

## Capítulo 4 - Efeito da aplicação de biofertilizante líquido no desenvolvimento do sorgo irrigado com água salobra

### RESUMO

Com o objetivo avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação e doses de biofertilizante Ative<sup>®</sup>, sobre o desenvolvimento de plantas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] cv. BRS Ponta Negra desenvolveu-se este trabalho, em casa de vegetação. As plantas foram cultivadas em vasos contendo 23 kg de solo arenoso. Foram testados quatro níveis de salinidade: 0,2; 2,0; 4,0; e 6,0 dS m<sup>-1</sup>. Para a obtenção dos níveis de salinidade utilizou-se água de açude adicionada com sais de NaCl, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, na proporção de 7:2:1. As doses de biofertilizante Ative<sup>®</sup> foram 75, 150, 225 e 300 L ha<sup>-1</sup>. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 4. Foram avaliadas as seguintes variáveis: matéria seca total; diâmetro do colmo; altura das plantas; área foliar total; suculência foliar; massa específica foliar; teores de sódio, potássio, cloro, cálcio, magnésio e fósforo nos colmos + bainhas e limbos foliares; teores de prolina e carboidratos nas folhas. Também foram realizadas análises de solo ao final do experimento. Houve aumento da salinidade e da porcentagem de sódio trocável no solo. Todas as variáveis analisadas foram afetadas negativamente pelo aumento da salinidade da água de irrigação. O aumento da concentração de biofertilizante, nos limites empregados no presente estudo, não minorou os efeitos da salinidade no crescimento de plantas de sorgo.

**Palavras-chave:** crescimento, salinidade, irrigação, *Sorghum bicolor* L.

## Chapter 4 – Effect of biofertilizer application on sorghum plants irrigated with saline water

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of irrigation water salinity and doses Ative® biofertilizers on the development in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] Cv. BRS Ponta Negra, in greenhouse. The plants were grown in pots containing 23 kg of sandy soil. Four salinity levels were tested: 0.2; 2.0; 4.0; and 6.0 dS m<sup>-1</sup> was used for its making, pond water with added salts NaCl, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O and MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O a ratio of 7:2:1. Biofertilizer doses were 75, 150, 225 and 300 L ha<sup>-1</sup>. The experimental design was completely randomized with four replications in a factorial 4 x 4. The following variables were assessed: total dry matter; stem diameter; plant height; total leaf area; leaf succulence; leaf density; sodium, potassium, chloride, calcium, magnesium and phosphorus in the leaves and culms + sheath of plants; proline, carbohydrates in sorghum cv leaves. BRS Ponta Negra. In addition to the soil analysis and soil solution at the end of the experiment. There was an increase of salinity and exchangeable sodium percentage in the soil. All the analyzed variables were negatively affected by the increase in water salinity. Increasing the concentration of biofertilizer within the limits used in the present study, it did not ameliorate the effects of salinity on growth of sorghum plants.

**Keywords:** growth, salinity, irrigation, *Sorghum bicolor* L.

## 4.1 INTRODUÇÃO

A região do Nordeste brasileiro, principalmente na sua porção de semiárido, apresenta-se com escassez de água, na qual a razão entre disponibilidade e a demanda pelos recursos hídricos é uma das mais preocupantes do país (DIAS *et al.*, 2012). Gradativamente, a água disponível para consumo humano e para a prática agrícola, vem sendo reduzida tanto em qualidade como em quantidade, sendo necessário o uso alternativo de água de qualidade inferior para atender a demanda da irrigação na região do semiárido Nordestino (SILVA *et al.*, 2014), cujo o elevado déficit hídrico contribui também para o incremento da salinidade da água e do solo nas áreas irrigadas (MONTENEGRO *et al.*, 2013).

O aumento das áreas comprometidas por sais nos perímetros irrigados do Nordeste brasileiro, gera transtornos econômicos e sociais à região semiárida onde o sistema produtivo depende da irrigação, além de limitar novas áreas de produção a serem instaladas para atender à crescente demanda alimentar (MEDEIROS; NASCIMENTO; GHEYI, 2010). Em ambiente salino, o crescimento das plantas é afetado pela interação complexa de hormônios, efeitos osmóticos, efeito de íons específicos e desequilíbrios nutricionais, provavelmente, tudo podendo ocorrer simultaneamente (AHAMD *et al.*, 2014, BADAR *et al.*, 2015).

Várias alternativas para minorar os efeitos da água salina, tanto no solo quanto nas plantas, vêm sendo testadas (LACERDA *et al.*, 2010), dentre elas a aplicação de biofertilizantes (ZARABI *et al.*, 2011, NAADEEN *et al.*, 2013, SAHOO *et al.*, 2014, OLIVEIRA *et al.*, 2015) aparece como forma de reativar a atividade microbiológica do solo, prejudicada pelo conteúdo elevado de sais da água de irrigação (VAN HORN *et al.*, 2014). Os efeitos benéficos que os microrganismos produzem sobre o solo e as plantas não é somente sobre a disponibilidade de nutrientes, é verificado no crescimento, na fixação de nitrogênio, na diminuição do estresse hídrico, entre outros (MIRANSARI, 2013).

A aplicação de biofertilizantes desempenha um papel vital na manutenção da fertilidade do solo a longo prazo (MISHRA *et al.*, 2013) mantendo o ambiente do solo rico em todos os tipos de micro e macro-nutrientes via fixação biológica de nitrogênio, fosfato e potássio, solubilização ou mineralização, com liberação de substâncias que regulam o crescimento das plantas e a biodegradação da matéria orgânica no solo, sendo utilizando em condições de estresse salino como forma de

atenuar os efeitos deletérios da salinidade (BADAR *et al.*, 2015). De acordo com Lacerda *et al.* (2010), a importância do uso de biofertilizantes líquidos, na forma de fermentados microbianos simples ou enriquecidos, está nos quantitativos dos elementos, na diversidade dos nutrientes minerais quelatizados e disponibilizados pela atividade biológica e como ativador enzimático do metabolismo vegetal.

O sorgo é considerado tolerante à salinidade (SAADAT; HOMAEE, 2015), apresentando-se como alternativa de substituição do milho na alimentação animal (MOREIRA *et al.*, 2014), com utilização na alimentação humana e animal devido ao grande teor de proteína, amido e outros nutrientes (WONGA *et al.*, 2010), além de ser uma importante fonte de produção de forragem nas regiões semiáridas (NGARA *et al.*, 2012), especialmente, no semiárido Nordeste, devido à sua adaptabilidade a baixos índices pluviométricos e altas temperaturas (AVELINO *et al.*, 2011). Entretanto, são escassos na literatura pesquisas com a aplicação de doses de biofertilizante no sorgo no intuito de mitigar os efeitos deletérios da salinidade.

A hipótese central deste trabalho é que o aumento da dose de biofertilizante Atime® pode minorar os efeitos da salinidade sobre o sorgo. Portanto, este trabalho objetivou avaliar o crescimento e os teores de solutos orgânicos e inorgânicos nas plantas de sorgo cultivar BRS Ponta Negra submetidas a diferentes doses de biofertilizantes e irrigadas com águas de crescentes níveis de salinidades.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Condições experimentais e material vegetal

O experimento foi realizado no período de 15 de outubro a 15 de dezembro de 2013, em casa de vegetação localizada na Escola Agrícola de Jundiá – Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, pertencente a Universidade Federal do Rio Grande do Norte, localizada no município de Macaíba – RN, nas coordenadas geográficas de 5°53'02"S 35°21'49"W e a uma altitude de 17 m (Figura 4.1). O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen, é do tipo As, tropical com estação seca, com precipitação pluvial média anual de 1134 mm, temperatura média anual em torno de 25,9 °C e umidade relativa do ar de 76% (VIANELLO; ALVES, 1991).

Figura 4.1 – Localização da casa de vegetação da Escola Agrícola de Jundiá – Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias.



Fonte: [www.googleearth.com.br](http://www.googleearth.com.br) (2014).

Utilizou-se a cultura do sorgo cv. BRS Ponta Negra, desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo em conjunto com a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN, é classificada na categoria forrageiro de pequeno porte, apresentando um ciclo médio de 90 dias entre o plantio e o ponto de colheita, com dupla aptidão, produtividade média de grãos entre 3 a 5 t ha<sup>-1</sup> (sequeiro) e de 6 a 8 t ha<sup>-1</sup> (irrigado), um rendimento de massa verde de 40 a 60 t ha<sup>-1</sup> (por corte) e de massa seca de 14 a 15 t ha<sup>-1</sup> (por corte), e florescimento entre 60 a 75 dias (SANTOS *et al.*, 2007).



#### 4.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

Foram avaliadas quatro doses do biofertilizante comercial Ative® (75, 150, 225 e 300 L ha<sup>-1</sup>), e as plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra foram irrigadas com quatro níveis de salinidade da água (0,2; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições no esquema fatorial 4 x 4, totalizando 16 tratamentos.

Para o preparo das soluções salinas, foram utilizados os sais de NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O dissolvidos em água de açude, na proporção de 7:2:1, obedecendo-se à relação entre a condutividade elétrica da água de irrigação (CE<sub>a</sub>) e sua concentração (mmolc L<sup>-1</sup> = CE x 10), extraída de Rhoades; Kandiah e Mashali (1992). Na Tabela 4.1, observa-se a composição química das águas utilizadas para a irrigação no experimento.

Tabela 4.1 – Composição química das águas de irrigação usadas no experimento.

Água	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH	CE <sub>a</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	RAS
	mmolc L <sup>-1</sup>									
S0	0,15	0,22	0,85	0,20	1,12	0,00	0,42	7,0	0,20	1,11
S1	3,71	1,32	10,37	0,15	16,35	0,00	0,4	6,7	2,00	4,48
S2	7,63	2,75	26,97	0,14	40,65	0,00	0,44	6,7	4,00	9,22
S3	12,43	5,49	38,55	0,21	60,73	0,00	0,46	6,6	6,00	10,9

Fonte: Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta – EMPARN CE<sub>a</sub> = condutividade elétrica da água de irrigação; RAS = relação de adsorção de sódio. S0 = água de açude do Bebo; S1 = solução salina 1; S2 = solução salina 2; S3 = solução salina 3.

O turno de rega foi diário. A quantidade de água aplicada nos experimento foi estimada com o objetivo do solo alcançar a sua capacidade de campo e a água começasse a percolar adicionando-se, aproximadamente, uma fração de lixiviação de 15%. Até o desbaste utilizou-se água de açude do Bebo, localizado na Escola Agrícola de Jundiáí, Macaíba – RN, para a irrigação, cuja análise química se encontra na Tabela 4.1.

Utilizou-se como fonte de matéria orgânica, o biofertilizante comercial Ative<sup>®</sup>, na forma líquida, composto de água, quelato de cálcio, ácidos carboxílicos, nitrato de cálcio, nitrato de magnésio e ácido acético, conforme informações oriundas do fabricante, cujas características químicas estão representadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Composição química do biofertilizante Ative<sup>®</sup> líquido concentrado utilizado no experimento.

Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH	CE <sub>B</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	RAS <sub>B</sub>
mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>									
246,6	80,4	70,11	10,3	900,00	0,00	0,00	2,8	704,00	5,5

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas – DCS/UFERSA. CE<sub>B</sub> = condutividade elétrica do biofertilizante Ative<sup>®</sup> concentrado. RAS<sub>B</sub> = relação de adsorção de sódio do biofertilizante.

#### 4.2.3 Instalação e condução do experimento

Para a instalação do experimento, colocou-se aproximadamente 23 kg de solo arenoso (Tabela 4.3) em vasos plásticos de 32 cm de diâmetro na base maior 24 cm de diâmetro na base menor e altura 34 cm, perfurados na face inferior. Antes, porém, foi colocada uma camada de brita de 2 cm, para facilitar a drenagem. Logo em seguida, os vasos foram colocados em uma das bancadas da casa de vegetação (Figura 4.2), onde se procedeu a lavagem com 2 L de água de açude, por três vezes, no intuito de retirar a argila ainda existente neste solo. A semeadura foi realizado colocando-se dez sementes de sorgo em cada vaso.

Tabela 4.3 – Análises químicas e classificação textural do solo utilizado no experimento.

Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	t	P	pH	CE <sub>es</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	PST (%)	V (%)	Dg (g cm <sup>-3</sup> )	T
cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>						(mg dm <sup>-3</sup> )								
0,8	0,7	0,05	0,13	1,82	0,65	1,7	3,5	1,31	5,0	0,1	1,0	49	1,46	Areia

Fonte: Laboratório de Solos e Água – DCS/CCA/UFC. SB = soma de bases; t = capacidade de troca catiônica efetiva; pH = pH em água (1:2,5); CE<sub>es</sub> = condutividade elétrica do extrato de saturação; PST = porcentagem de sódio trocável; V = saturação por bases; Dg = densidade global, T = textura.

A germinação ocorreu cinco dias após a sementeira sendo o desbaste realizado dez dias após a sementeira, deixando-se duas plantas por vaso. Após o desbaste, iniciou-se a aplicação dos tratamentos com a água de diferentes salinidades. A adubação química constituiu na aplicação de ureia ( $0,94 \text{ g vaso}^{-1}$ ), cloreto de potássio ( $0,49 \text{ g vaso}^{-1}$ ) e superfosfato simples ( $1,96 \text{ g vaso}^{-1}$ ), seguindo a recomendação para a cultura (LIMA *et al.*, 2010).

Realizou-se o monitoramento diário do ensaio para evitar o ataque de pragas e infestação de doenças

Figura 4.2 – Disposição dos vasos na casa de vegetação.



Fonte: SOUSA, R.A. (2013).

As aplicações das doses do biofertilizante Ative<sup>®</sup>, tiveram início aos dez dias após a sementeira. O biofertilizante foi diluído em água não salina, colocando-se em cada vaso as doses de 0,75, 1,5, 2,25 e 3,00 mL/vaso/vez, correspondentes às doses de biofertilizante, 75, 150, 225 e 300 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente, cujas as análises químicas estão descritas na Tabela 4.4. Colocou-se em cada vaso a quantidade 150 mL de biofertilizante diluído. As aplicações foram feitas no período da manhã, com intervalos de dois dias, totalizando ao final do experimento, dezessete aplicações de biofertilizante Ative<sup>®</sup> diluído.

Tabela 4.4 – Composição química do biofertilizante Ative® diluído utilizado no experimento.

Biofertilizante (L ha <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub>	pH	CE <sub>bio</sub>	RAS <sub>bio</sub>
	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>								(dS m <sup>-1</sup> )	
75	34,00	14,00	0,46	0,07	25,00	0,00	1,20	4,40	4,04	0,10
150	63,00	24,30	0,58	0,11	25,00	0,00	1,70	4,30	7,26	0,10
225	91,50	31,80	0,81	0,16	25,00	0,00	1,90	4,40	9,78	0,10
300	114,80	46,70	1,10	0,21	30,00	0,00	2,00	4,40	12,51	0,10

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas – DCS/UFERSA. CE<sub>bio</sub> = condutividade elétrica do biofertilizante Ative® diluído. RAS<sub>bio</sub> = relação de adsorção de sódio do biofertilizante Ative® diluído.

#### 4.2.4 Variáveis analisadas

##### 4.2.4.1 Variáveis de crescimento

Descrição realizada no capítulo 2.

##### 4.2.4.2 Composição mineral

Descrição realizada no capítulo 2.

##### 4.2.4.3 Determinação de solutos orgânicos

Descrição realizada no capítulo 2.

##### 4.2.4.4 Análises de solo

Descrição realizada no capítulo 2.

#### **4.2.4.5 Análises estatísticas**

Os resultados das variáveis foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey com  $p < 0,05$  (comparação das doses de biofertilizante) utilizando-se o programa ASSISTAT 7.6 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2009). A análise de regressão foi empregada para a avaliação dos efeitos da salinidade da água de irrigação e da interação, quando significativa.

## 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.3.1 Monitoramento dos sais no solo

Na Tabela 4.5, verifica-se que os valores da condutividade elétrica do extrato de saturação são muito superiores ao encontrado no início do experimento ( $CEes = 0,10 \text{ dS m}^{-1}$ ), sendo atribuído ao aumento da salinidade da água de irrigação. Verifica-se, ainda, que o aumento das doses de biofertilizante também provocou elevação da  $CEes$  do solo, podendo ser explicado pelo valor alto da  $CE$  desse insumo (Tabela 4.4), no entanto, a contribuição do biofertilizante para a elevação da salinidade do solo apresentou uma variação muito pequena, pois segundo Ouni *et al.* (2014) a aplicação de matéria orgânica e, em consequência, a distribuição das substâncias húmicas diminuem no solo o  $Na^+$ , a  $CE$  e o  $pH$ , provavelmente, devido às altas fontes de  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  e  $K^+$ , o que é evidenciado na composição do biofertilizante utilizado neste trabalho (Tabela 4.4).

Silva *et al.* (2011) avaliando a aplicação de biofertilizante bovino em feijão-de-corda irrigado com água salina, encontraram aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação nos tratamentos salinos e com biofertilizante, provocado pela ausência da fração de lixiviação. Diniz *et al.* (2013) encontraram aumento na condutividade elétrica do extrato de saturação do solo quando aplicaram água salina e biofertilizante bovino em plantas de nim. Resultados de incrementos na condutividade elétrica do solo usando-se biofertilizante, foram obtidos por outros autores (GONDIM, 2010, BEZERRA *et al.*, 2010; MEDEIROS *et al.*, 2011, MESQUITA *et al.*, 2012). Cavalcante *et al.* (2010) e Sousa *et al.* (2012a) verificaram que o aumento da salinidade da água de irrigação aumenta a salinidade do solo, independente da adição ou não de biofertilizante bovino.

Os valores da porcentagem de sódio trocável (PST), Tabela 4.5, apresentou valores superiores, comparado com o valor da PST do solo antes do experimento, este aumento se deve quase que, exclusivamente, ao aumento da salinidade da água de irrigação, com os valores indicando sérios riscos de sodicidade (RICHARDS, 1954) ou alta possibilidade de toxicidade causada pelo excesso de sódio no ambiente radicular, exceto quando se irrigou com a água de menor salinidade ( $CEa = 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ).

Tabela 4.5 – Atributos químicos médios do solo antes e depois do experimento, na camada de 0-0,20 m de profundidade.

Tratamentos	Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup> Al <sup>3+</sup> H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>				Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> P			pH	CE <sub>es</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	PST (%)	
	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				mg dm <sup>-3</sup>						
Antes do experimento											
		0,8	0,7	0,65	1,82	11,5	50,3	1,31	5,0	0,10	1,0
CEa (dS m <sup>-1</sup> )	Bio (L ha <sup>-1</sup> )	Depois do experimento									
0,2	75	0,59	0,10	0,00	0,91	20	10	13	4,78	0,91	5,07
0,2	150	0,91	0,14	0,00	0,91	22	12	33	4,80	1,32	4,58
0,2	225	1,04	0,27	0,05	0,91	20	10	38	5,18	1,15	3,72
0,2	300	1,02	0,25	0,00	1,00	22	7	43	5,31	1,19	4,01
2,0	75	0,8	0,21	0,10	0,91	132	10	23	4,88	2,86	22,77
2,0	150	1,05	0,28	0,10	0,33	132	7	43	5,17	2,61	25,48
2,0	225	1,15	0,32	0,10	1,00	132	10	60	5,44	2,94	18,70
2,0	300	1,47	0,40	0,10	1,00	232	15	64	5,57	3,51	25,75
4,0	75	0,91	0,29	0,05	0,75	287	12	17	5,02	3,95	38,65
4,0	150	1,20	0,32	0,05	0,83	265	10	40	5,09	3,77	32,66
4,0	225	1,33	0,4	0,05	0,83	375	12	35	5,29	5,53	38,50
4,0	300	1,35	0,45	0,05	0,83	353	12	49	5,31	5,22	36,58
6,0	75	1,06	0,36	0,05	1,08	375	10	17	5,17	5,21	39,23
6,0	150	1,27	0,39	0,05	0,67	320	10	33	5,30	4,47	37,13
6,0	225	1,28	0,38	0,00	0,75	359	10	41	5,66	4,91	39,05
6,0	300	1,69	0,6	0,00	0,91	430	10	69	5,87	6,22	36,62

Fonte: Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta – EMPARN.

CEa = condutividade elétrica da água de irrigação; Bio = concentrações de biofertilizante Ative®. CE<sub>es</sub> = condutividade elétrica do extrato de saturação; PST = porcentagem de sódio trocável.

Por outro lado, verifica-se que o aumento na concentração de biofertilizante ou não influenciou ou provocou redução na PST, o que também pode ser explicado pelos elevados teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> nesse material (Tabela 4.4), pois os menores valores da PST neste trabalho foram evidenciados quando se irrigou com água não salina (Tabela 4.5). Lacerda *et al.* (2011) encontraram aumento da porcentagem de sódio trocável no solo irrigado com água salina, provavelmente, devido à composição

da água salina utilizada para a irrigação, que apresentava uma proporção maior de  $\text{Na}^+$  que  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  em sua composição. Aumentos da PST do solo com a salinidade foram encontrados por vários autores (ASSIS JUNIOR *et al.*, 2007; BEZERRA *et al.*, 2010, HOLANDA FILHO *et al.*, 2011; WANG *et al.*, 2014; CUCCI *et al.*, 2015).

Os valores do pH do solo (Tabela 4.5), após o experimento foram, em média, 5,02, 5,26, 5,18 e 5,50 para os tratamentos com salinidade 0,2, 2, 4 e 6  $\text{dS m}^{-1}$ , respectivamente, apresentando incremento médio de 4%, em relação ao início do experimento. Oliveira *et al.* (2014) avaliando a aplicação de doses de compostos orgânicos nos atributos do solo cultivado com alface, encontraram que as doses de composto constituído de esterco bovino + grama não alterou o pH do solo, nas diferentes doses aplicadas, afirmando que esse comportamento do pH solo com a aplicação desse composto, pode ser devido a presença de bases trocáveis como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ . Costa *et al.* (2013) encontraram aumento de pH do solo quando irrigado com água salina cultivado com mamona. Sá *et al.* (2015) encontraram redução do pH num solo salino-sódico, quando se aplicou biofertilizante e doses crescentes de gesso, no entanto, não houve interação entre os fatores aplicados, atribuindo-se a redução do pH a aplicação de gesso e a presença do biofertilizante pois as substâncias húmicas contidas no insumo, proporcionaram a produção de ácidos orgânicos.

### 4.3.2 Crescimento vegetativo das plantas

Todas as variáveis analisadas apresentaram significância estatísticas ( $p < 0,01$ ) para o fator níveis de salinidade (Tabela 4.6), excetuando-se a variável massa específica foliar que não apresentou significância estatística ( $p > 0,05$ ). Verifica-se, ainda, que as variáveis altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (DIAM), área foliar total (AFT) e massa específica foliar (MEF) foram, estatisticamente, influenciadas ( $p < 0,01$  ou  $p < 0,05$ ) pela dose de biofertilizante, enquanto que as demais variáveis não apresentaram significância estatística,  $p > 0,05$ , (Tabela 4.6). A interação entre os fatores não influenciou nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 4.6)



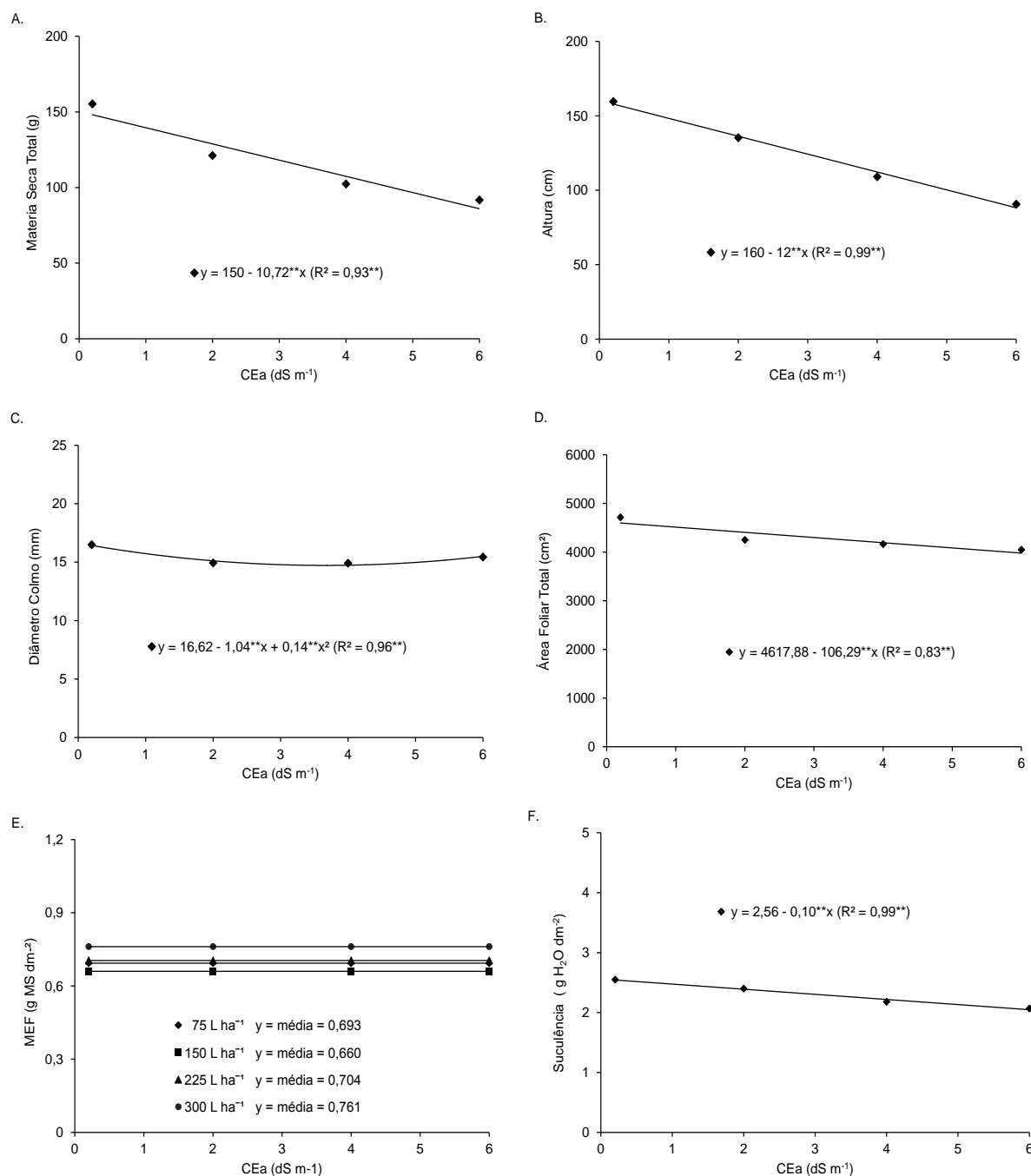
Tabela 4.6 - Valores do quadrado médio e significância estatística para matéria seca total (MST), altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (DIAM), área foliar total (AFT), massa específica foliar (MEF) e suculência foliar (SUC) em plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, submetidas a diferentes doses de biofertilizante e irrigadas com água salobra. SAL = níveis de salinidade; BIOF = doses de biofertilizante; CV = coeficiente de variação.

Fontes de Variação	QUADRADO MÉDIO					
	MST	ALT	DIAM	AFT	MEF	SUC
SAL	12432,41**	14589,40**	8,73**	1364828,96**	0,006 <sup>ns</sup>	0,754**
BIOF	195,77 <sup>ns</sup>	3041,40**	0,08*	403007,47**	0,028*	0,077 <sup>ns</sup>
SAL X BIOF	302,52 <sup>ns</sup>	310,95 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>	67441,60 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,037 <sup>ns</sup>
RESIDUO	353,5	386,70	1,87	63765,88	0,008	0,052
CV (%)	15,98	15,90	8,85	5,58	12,78	9,92

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo.

A matéria seca total das plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra (Figura 4.3A), apresenta decréscimo de 10,7 g para cada incremento unitário da salinidade da água de irrigação, de modo que o menor valor de matéria seca total foi de 85,68 g na maior salinidade aplicada, atingindo redução total de 42% em relação ao valor obtido com a menor salinidade da água ( $CEa = 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), que foi de 147,85 g. Aishah *et al.* (2011) avaliando a resposta de crescimento de duas variedades de sorgo forrageiro a salinidade (0, 5, 10 e 15  $\text{dS m}^{-1}$ ) encontraram redução na massa seca total com valores de 54,66 e 39,87  $\text{g planta}^{-1}$ , respectivamente, nas  $CEa = 0$  e  $CEa = 15 \text{ dS m}^{-1}$ . Ao submeterem dois cultivares de sorgo a três níveis de salinidade (5,2, 10,5 e 23,1  $\text{dS m}^{-1}$ ) e aplicação de silício, Kafi *et al.* (2011) verificaram decréscimo na matéria seca total das plantas de sorgo com o aumento da salinidade da água. Resultados de redução da matéria seca total das plantas foi verificado por outros autores (LACERDA *et al.*, 2003; VIEIRA *et al.*, 2005, AQUINO *et al.*, 2007; SHARIAT JAFARI *et al.*, 2009; CHAUGOOL *et al.*, 2013; SERRÃO *et al.*, 2011; LACERDA *et al.*, 2011; AMBEDE *et al.*, 2012; COELHO *et al.*, 2014; SUN *et al.*, 2014).

Figura 4.3 - Matéria seca total de plantas (A), altura de plantas (B), diâmetro do colmo (C), área foliar total (D), massa específica foliar (E) e suculência foliar (F) nas plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, em função da salinidade da água de irrigação. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação. \* Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%.



Na Figura 4.3B, verifica-se que a altura das plantas foi negativamente afetada pela salinidade crescente da água de irrigação, com decréscimo de 12 cm para cada incremento unitário da salinidade da água de irrigação, deste modo o menor

valor de altura obtido (88 cm) foi na máxima salinidade aplicada ( $CEa = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), e em relação ao menor nível de salinidade, houve redução total de 44% na altura das plantas. Desai, Khare e Kumar (2012), em dois genótipos de sorgo submetidos a salinidade crescente da água de irrigação, em condições de casa de vegetação encontraram redução média de 94% na altura nos dois genótipos avaliados.

Quanto ao comportamento do diâmetro do colmo (Figura 4.3C), verifica-se decréscimo de apenas de 10% nos níveis iniciais de salinidade da água de irrigação atingindo o valor mínimo (14,69 mm) na salinidade igual a  $3,7 \text{ dS m}^{-1}$  e a partir deste nível incremento de 5% até a máxima salinidade aplicada ( $6 \text{ dS m}^{-1}$ ), com valor igual a 15,42 mm. Outros autores também observaram efeito negativo da salinidade sobre a altura e diâmetro de caule em várias espécies (KACHAOU *et al.*, 2010; SOUSA *et al.*, 2011; MATOS *et al.*, 2013; SABERI *et al.*, 2011; NASCIMENTO *et al.*, 2015). As plantas glicófitas, em geral, sob estresse salino, sofrem declínios nas trocas gasosas, eficiência fotossintética e produção de solutos orgânicos como açúcares, carboidratos, proteínas e outras substâncias vitais como os ácidos nucleicos, com reflexos negativos no crescimento (MUNNS; TESTER, 2008).

Na Figura 4.3D, observa-se que a área foliar total apresentou decréscimo de  $106,3 \text{ cm}^2$  por incremento unitário dos níveis de salinidade, com valor de  $4596,62 \text{ cm}^2$  na menor salinidade ( $CEa = 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ) e na maior salinidade ( $CEa = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), o valor de área foliar total igual a  $3980,14 \text{ cm}^2$ , desta forma obteve-se 13% de redução total nesta variável. Vários estudos relatam efeito negativo da salinidade sobre o desenvolvimento foliar das culturas do sorgo (LACERDA *et al.*, 2006; FEIJÃO *et al.*, 2011; SADEGHI; SHOURIJEH, 2012; SUN *et al.*, 2014) e em outras espécies (SOUSA *et al.*, 2012b; AMBEDE *et al.*, 2012). A área foliar é uma das variáveis de crescimento vegetal mais afetada pela salinidade, pois sob estresse salino, as plantas apresentam redução na transpiração e na taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  provocada pelo fechamento dos estômatos, em resposta ao baixo potencial da água do solo devido à elevada concentração salina (SILVA *et al.*, 2014), portanto o crescimento foliar reduzido pode representar um mecanismo de defesa das plantas sob condições de estresse hídrico e salino, reduzindo as perdas de água por transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2009). O desenvolvimento das plantas é afetado à medida que a área foliar é reduzida contribuindo para uma menor taxa fotossintética (FALQUETO *et al.*, 2010) e, conseqüentemente, menor acúmulo de matéria seca (AMBEDE *et al.*, 2012), como verificado nesta pesquisa.

Na Figura 4.3E, observa-se que a massa específica foliar não se ajustou a nenhum modelo quando se incrementou a salinidade da água de irrigação, entretanto houve influencia estatística das doses de biofertilizante. Este resultado é um indicativo que não foram verificados aumento da espessura do mesofilo e das paredes celulares, induzido pelo estresse salino, como verificado em outras espécies (TRINDADE *et al.*, 2006; SOUSA *et al.*, 2010). O incremento da massa específica foliar pelo aumento na espessura do mesofilo, pode favorecer a assimilação de carbono por unidade de área foliar (BOOTE; TOLLENAAR, 1994) e representa um mecanismo de aclimação ao estresse salino (TRINDADE *et al.*, 2006).

Verifica-se na Figura 4.3F, que a suculência foliar reduziu 0,10 g H<sub>2</sub>O dm<sup>-2</sup>, com o incremento unitário da salinidade da água de irrigação, com valor mínimo de 1,96 g H<sub>2</sub>O dm<sup>-2</sup> na maior salinidade aplicada, CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup>, portanto, com redução total de 23%, em relação ao valor obtido na menor salinidade (CEa= 0,2 dS m<sup>-1</sup>), que foi de 2,54 g H<sub>2</sub>O dm<sup>-2</sup>. A suculência foliar é um importante parâmetro para se identificar espécies tolerantes a salinidade e constitui umas das estratégias para sobrevivência das plantas em condições de ambiente salino (LAÜCHLI; LUTTGE, 2002; FLOWERS; COLMER, 2008). Sob condições de estresse salino, o aumento da suculência tende a reduzir as concentrações de íons intracelulares e, assim, evitar o acúmulo excessivo de íons na seiva das folhas (SUCRE; SUÁREZ, 2011).

O acúmulo de íons de sódio dentro dos vacúolos reduz os níveis tóxicos de sódio no citosol e aumenta o potencial osmótico vacuolar com a geração concomitante de um potencial hídrico mais negativo que favorece a absorção de água pela célula e melhor retenção de água tecido sob altos níveis de salinidade (HAMED *et al.*, 2014; MAATHUIS, 2014). A redução da suculência foliar em plantas de sorgo, devido a salinidade da água de irrigação, foi constatada antes por diversos autores (TRINDADE *et al.*, 2006, AQUINO *et al.*, 2007; SOUSA *et al.*, 2010), vale salientar que aumento da suculência não é observada em sorgo (TRINDADE *et al.*, 2006), por ser um caráter inerente das plantas halófitas (LOKHANDE *et al.*, 2011).

Observa-se na Tabela 4.7 que a influência isolada das doses do biofertilizante não produziu efeito sobre as variáveis matéria seca total, diâmetro do colmo e suculência foliar, com valores médios estatisticamente iguais, pelo teste de Tukey a 5%. Entretanto, as variáveis altura das plantas e área foliar total sob a concentração 150 L ha<sup>-1</sup> apresenta os maiores valores médios e os menores valores médios foram obtidos na dose 300 L ha<sup>-1</sup>. Neste trabalho, a maior dose de

biofertilizante aplicada ( $300 \text{ L ha}^{-1}$ ) proporcionou maior valor médio da massa específica foliar, seguido das doses 225, 75 e  $150 \text{ L ha}^{-1}$  (Tabela 4.7), de acordo com o teste de Tukey a 5%.

Tabela 4.7 – Teores médios da matéria seca total (MST), altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (DIAM), área foliar total (AFT), massa específica foliar (MEF) e suculência foliar (SUC), em plantas de sorgo cv BRS Ponta Negra submetidas a diferentes doses de biofertilizante. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Biofertilizante ( $\text{L ha}^{-1}$ )	MST (g)	ALT (cm)	DIAM (mm)	AFT ( $\text{cm}^2$ )	MEF (g MS $\text{dm}^{-2}$ )	SUC (g $\text{H}_2\text{O dm}^{-2}$ )
75	121,35a	134,05a	15,81a	4271,18ab	0,694ab	2,32 <sup>a</sup>
150	117,92a	137,03a	15,48a	4492,12a	0,659 b	2,23 <sup>a</sup>
225	112,91a	111,20 b	15,35a	4306,31ab	0,704ab	2,71 <sup>a</sup>
300	118,30a	112,33 b	15,44a	4105,22 b	0,759a	2,39 <sup>a</sup>

Sousa *et al.* (2012a) avaliando a aplicação de doses de biofertilizantes em milho, encontraram efeito significativo do biofertilizante nas variáveis altura das plantas, diâmetro caulinar, área foliar e matéria seca total com comportamento positivo com o aumento das doses do biofertilizante. Mesquita *et al.* (2010) concluíram que na presença do biofertilizante bovino, 65 dias após a emergência de plantas de maracujazeiro amarelo, a MST foi significativamente superior quando comparado à ausência do insumo orgânico. Neetu; Swarnkar e Das (2014) verificando a aplicação de biofertilizante combinado com adubação nitrogenada, em sorgo forrageiro, encontraram efeito positivo em todas as características morfológicas estudadas, com a aplicação da maior concentração de biofertilizante.

Os biofertilizantes possuem a capacidade de acelerar determinado processo microbiano para aumentar a extensão da disponibilidade de nutrientes numa forma que pode ser assimilado pela planta (MOHAMMADI; SOHRABI, 2012), entretanto, a maior importância do biofertilizante como fertilizante, não está nos quantitativos dos seus nutrientes, mas na diversidade da composição mineral, que pode formar compostos quelatizados e serem disponibilizados pela atividade biológica e como ativador enzimático do metabolismo vegetal (LACERDA *et al.*, 2010).

### 4.3.3 Avaliação da composição mineral

Na Tabela 4.8, observa-se que os teores de cloro (Cl), sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e fósforo (P) foram influenciados pela salinidade da água de irrigação ( $p < 0,01$  ou  $p < 0,05$ ), tanto nos colmos + bainhas quanto nos limbos foliares, excetuando a variável fósforo no colmo + bainhas. A dose de biofertilizante também afetou todas as variáveis nos colmos + bainhas e limbos foliares ( $p < 0,01$  ou  $p < 0,05$ ), exceto o teor de K e Mg nos colmos + bainhas e o teor de Na e Mg nos limbos foliares ( $p > 0,05$ ). Já a interação entre os fatores afetou somente os teores de sódio e cloro no colmo + bainhas e limbos foliares, e o teor de P nos limbos foliares ( $p < 0,05$ ), as demais variáveis não apresentam significância estatística ( $p > 0,05$ ).

Tabela 4.8 - Valores do quadrado médio e significância estatística para sódio (Na), cloro (Cl), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos colmos + bainhas e limbos foliares de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, submetidas a diferentes doses de biofertilizante e irrigadas com água salobra. SAL = níveis de salinidade; BIOF = doses de biofertilizante; CV = coeficiente de variação.

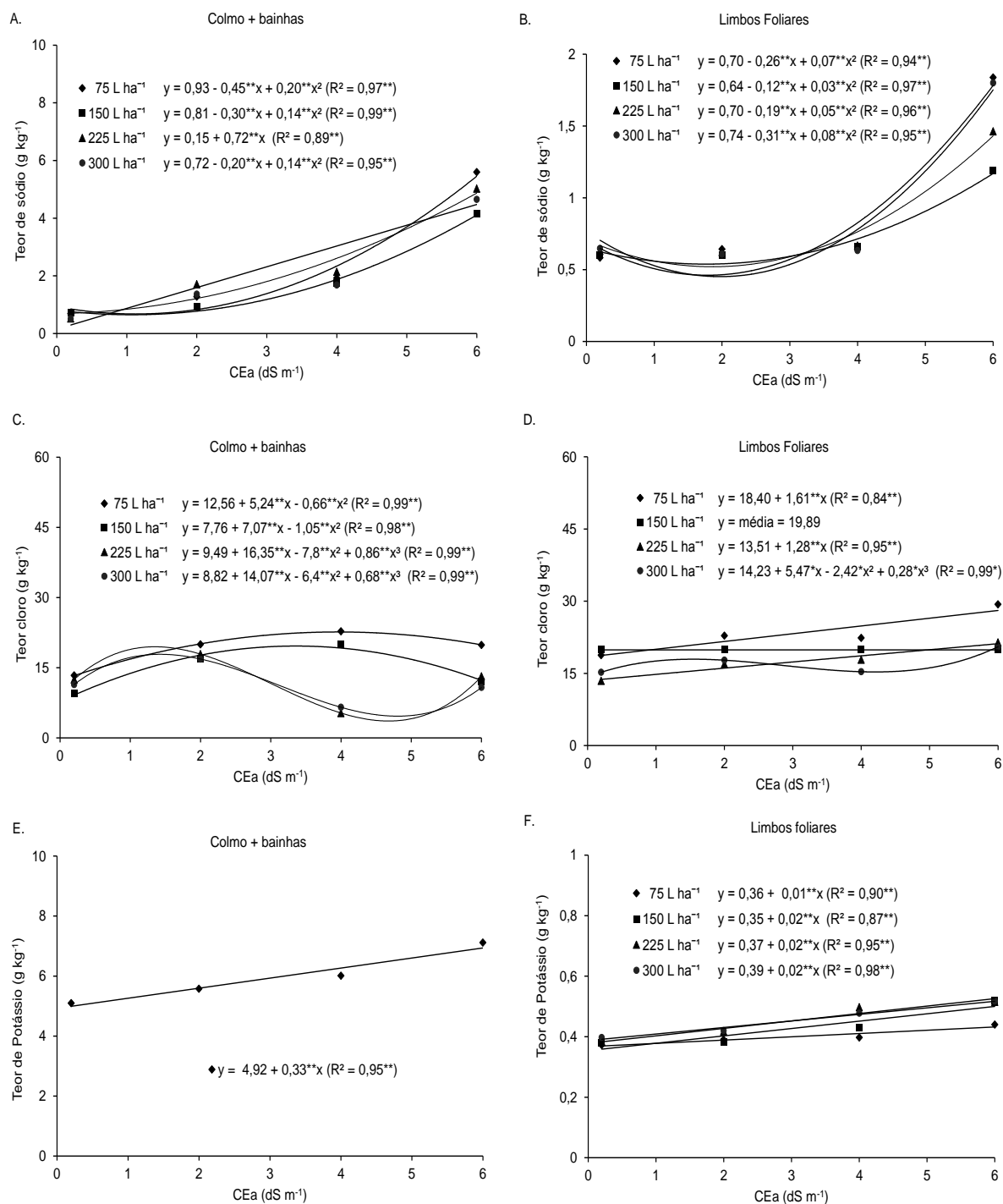
Fontes de Variação	QUADRADO MÉDIO					
	Colmo + bainhas					
	Na	Cl	K	P	Ca	Mg
SAL	55,8577**	109,97**	11,9166**	0,008**	9,9016**	13,028**
BIOF	0,9111**	186,00**	2,9233 <sup>ns</sup>	0,006**	3,5766*	0,059 <sup>ns</sup>
SAL X BIOF	0,4041**	74,36**	1,1495 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	1,5505 <sup>ns</sup>	0,377 <sup>ns</sup>
RESIDUO	0,1377	5,02	1,1833	0,001	0,9216	0,463
CV (%)	17,15	15,69	18,29	18,64	16,66	5,08
Limbos foliares						
SAL	3,5596**	130,32**	0,0425**	0,004 <sup>ns</sup>	44,6783**	37,188**
BIOF	0,0985 <sup>ns</sup>	120,54**	0,0102**	0,026*	11,4108**	2,999 <sup>ns</sup>
SAL X BIOF	0,0945*	9,31**	0,0019 <sup>ns</sup>	0,014*	1,9094 <sup>ns</sup>	4,493 <sup>ns</sup>
RESIDUO	0,0382	2,92	0,0013	0,006	0,9678	2,422
CV (%)	22,6	8,74	8,58	13,41	7,87	10,75

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo.

Na Figura 4.4A, verifica-se, com a dose  $75 \text{ L ha}^{-1}$ , decréscimo de 20% no teor de sódio no colmo + bainhas nos níveis iniciais de salinidade até a salinidade de  $1,12 \text{ dS m}^{-1}$ , com valor mínimo igual a  $0,677 \text{ g kg}^{-1}$ , e a partir deste nível incremento de 87% até a máxima salinidade aplicada ( $\text{CEa} = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), obtendo-se valor igual a  $5,43 \text{ g kg}^{-1}$ . Com a dose  $150 \text{ L ha}^{-1}$ , nos primeiros níveis de salinidade, o teor de sódio no colmo + bainhas apresenta redução de 14% atingindo o menor valor ( $0,649 \text{ g kg}^{-1}$ ) na  $\text{CEa} = 1,07 \text{ dS m}^{-1}$ , e a partir deste nível, aumento de 84% até a  $\text{CEa} = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ , com valor de sódio no colmo + bainhas igual a  $4,05 \text{ g kg}^{-1}$ . A dose  $225 \text{ L ha}^{-1}$ , apresenta aumento de  $0,7 \text{ g kg}^{-1}$  no teor de sódio no colmo + bainhas, para cada incremento unitário da salinidade da água de irrigação atingindo o maior valor ( $4,47 \text{ g kg}^{-1}$ ) na maior salinidade, representando incremento total de 93%, em relação ao valor encontrado no menor nível de salinidade ( $\text{CEa} = 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), que foi de  $0,294 \text{ g kg}^{-1}$ . Por fim, verifica-se que a dose de  $300 \text{ L ha}^{-1}$ , reduz em 5% o valor do íon sódio no colmo + bainhas, nos primeiros níveis de salinidade atingindo na salinidade igual a  $0,71 \text{ dS m}^{-1}$  o seu valor mínimo ( $0,649 \text{ g kg}^{-1}$ ), e posterior incremento de 86% até o nível de maior salinidade aplicada, com valor igual  $4,56 \text{ g kg}^{-1}$ .

Nos limbos foliares, Figura 4.4B, o teor de sódio, com a aplicação menor dose de biofertilizante ( $75 \text{ L ha}^{-1}$ ), apresenta decréscimo de 30% nos menores níveis de salinidade atingindo o valor mínimo de  $0,458 \text{ g kg}^{-1}$ , na  $\text{CEa} = 1,86 \text{ dS m}^{-1}$ , e a partir deste nível aumento de 30% deste íon até a máxima salinidade ( $\text{CEa} = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), com valor igual a  $1,66 \text{ dS m}^{-1}$ . Na dose  $150 \text{ L ha}^{-1}$ , o valor de sódio nos limbos foliares, a partir dos níveis iniciais de salinidade, diminui 16% até a salinidade igual a  $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ , com valor mínimo de  $0,52 \text{ g kg}^{-1}$ , e posterior incremento de 48% até a salinidade igual a  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ , com valor igual a  $1,00 \text{ g kg}^{-1}$ . Observa-se decréscimo de 22%, nos níveis iniciais de salinidade, com a aplicação da dose  $225 \text{ L ha}^{-1}$  no teor de sódio dos limbos foliares até  $\text{CEa} = 1,9 \text{ dS m}^{-1}$ , com valor mínimo igual a  $0,519 \text{ g kg}^{-1}$ , e a partir deste nível aumento de 62% no teor de sódio até a máxima salinidade aplicada ( $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) obtendo-se um valor de  $1,36 \text{ dS m}^{-1}$ . A dose  $300 \text{ L ha}^{-1}$ , apresenta redução de 35% do íon sódio nos limbos foliares, nos primeiros níveis de salinidade até atingir a  $\text{CEa} = 1,9 \text{ dS m}^{-1}$  ( $0,519 \text{ g kg}^{-1}$ ), quando a partir deste nível observa-se incremento de 75%, até atingir a salinidade máxima ( $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), com o valor de  $1,76 \text{ g kg}^{-1}$ .

Figura 4.4 – Teor de sódio, cloro e potássio no colmo + bainhas (A, C e E) e nos limbos foliares (B, D e F) de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação. \* Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%.





Silva *et al.* (2011), estudando a aplicação de água salina na cultura do feijão-de-corda, com e sem aplicação de biofertilizante bovino, observaram aumento do teor do íon sódio, com maior acúmulo no caule que nas folhas mediante aplicação do biofertilizante. Sem a aplicação de biofertilizante, existem trabalhos que evidenciam que o acúmulo de íon sódio no colmo e nas folhas é comum em plantas de sorgo (AQUINO *et al.*, 2007; COELHO *et al.*, 2014; SADEGHI; SHOURIJEH, 2012; CHAUGOOL *et al.*, 2013) e em outras espécies (KCHAOU *et al.*, 2010; KASRATI *et al.*, 2014), principalmente com a retenção maior no colmo que nas folhas evidenciando a capacidade do sorgo de restringir o transporte de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  para as folhas, diminuindo a carga de sal nas folhas (TRINDADE *et al.*, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009), como ocorreu nesse trabalho, pois a plantas mesmo com a aplicação do biofertilizante, não evitaram o acúmulo do íon sódio, apenas promoveram a compartimentalização deste íon, sugerindo ser uma característica inerente a espécie, como forma de sobrevivência em um ambiente salino (MUNNS, 2002; LACERDA *et al.*, 2003).

Verifica-se na Figura 4.4C, incremento de 41% no teor do íon cloro no colmo + bainhas, com a aplicação da dose  $75 \text{ L ha}^{-1}$ , até a salinidade  $3,96 \text{ dS m}^{-1}$ , com valor máximo de  $22,96 \text{ g kg}^{-1}$ , e a partir deste nível decréscimo de 12% na maior salinidade ( $\text{CEa} = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), com valor igual a  $20,24 \text{ g kg}^{-1}$ . Comportamento semelhante verifica-se com a dose  $150 \text{ L ha}^{-1}$ , com incremento de 54% do íon cloro no colmo + bainhas atingindo o valor máximo ( $19,66 \text{ g kg}^{-1}$ ) na  $\text{CEa} = 3,37 \text{ g kg}^{-1}$ , e posterior decréscimo de 37% até a salinidade máxima, com valor de  $12,38 \text{ g kg}^{-1}$ . As doses 225 e  $300 \text{ L ha}^{-1}$  apresentaram comportamento variado com o aumento da salinidade para o íon cloro no colmo + bainhas representado por modelo cúbico de regressão.

Nos limbos foliares, Figura 4.4D, verifica-se que houve incremento de  $1,61 \text{ g kg}^{-1}$  do íon cloro para cada incremento unitário da salinidade, atingindo o maior valor ( $28,06 \text{ g kg}^{-1}$ ) na maior salinidade aplicada, representando incremento total de 50% em relação a menor salinidade ( $\text{CEa} = 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), cujo valor foi igual a  $18,72 \text{ g kg}^{-1}$ . Com a aplicação da dose  $150 \text{ L ha}^{-1}$ , o teor de cloro nos limbos foliares não se ajustou a nenhum modelo de regressão em função da salinidade da água com média igual a  $19,89 \text{ g kg}^{-1}$ . Com a aplicação da dose  $225 \text{ L ha}^{-1}$ , verifica-se incremento de  $1,28 \text{ g kg}^{-1}$  por aumento unitário da salinidade, no teor de íon cloro nos limbos foliares, com maior valor igual a  $21,19 \text{ g kg}^{-1}$ , na máxima salinidade aplicada ( $\text{CEa} = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), representando assim incremento total de 54% em relação ao valor obtido na menor

salinidade ( $CEa = 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), que foi de  $13,77 \text{ g kg}^{-1}$ . Observa-se que a dose  $300 \text{ L ha}^{-1}$  de biofertilizante em função da salinidade da água apresentou comportamento variado no teor de cloro nos limbos foliares ajustando-se a um modelo cúbico de regressão.

Abdelhamid *et al.* (2010) em soja, encontraram aumento nos teores de cloro nas folhas quando submetidas a salinidade crescente e com aplicação de biofertilizante. Majid; Ali e Essia (2012) encontraram em três cultivares de alfafa submetidas a níveis de salinidade diferentes aumento no teor de cloro com o incremento da salinidade sendo observado que o maior acúmulo ocorreu nas folhas. O sorgo apresenta uma melhor eficiência em reter os íons potencialmente tóxicos no colmo evitando sua exportação e acúmulo nos limbos foliares, contribuindo para a maior tolerância das plantas ao estresse salino (MUNNS, 2002; LACERDA *et al.*, 2003; TRINDADE *et al.*, 2006; AQUINO *et al.*, 2007), o que não ocorreu neste trabalho pois na maior salinidade ( $CEa = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) os teores de cloro foram maiores nos limbos foliares, em média 40%, que nos colmos + bainhas, provavelmente, pela ação das doses do biofertilizante. Elevados níveis de nutrientes em meios salinos e a manutenção da absorção poderiam levar ao acúmulo do nutriente nos tecidos, em consequência de um efeito de concentração podendo resultar em uma falta de ajuste entre a aquisição e a assimilação de um determinado nutriente, acarretando toxidez e intensificando os efeitos deletérios causados pela salinidade (LACERDA *et al.*, 2010).

Na Figura 4.4E, verifica-se que no colmo + bainhas, o íon potássio aumentou  $0,33 \text{ g kg}^{-1}$  para cada incremento unitário da salinidade da água de irrigação, atingindo o maior valor ( $6,90 \text{ g kg}^{-1}$ ) na  $CEa = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ , com 38% de incremento total em relação a menor salinidade da água ( $CEa = 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), cujo valor foi de  $4,99 \text{ g kg}^{-1}$ .

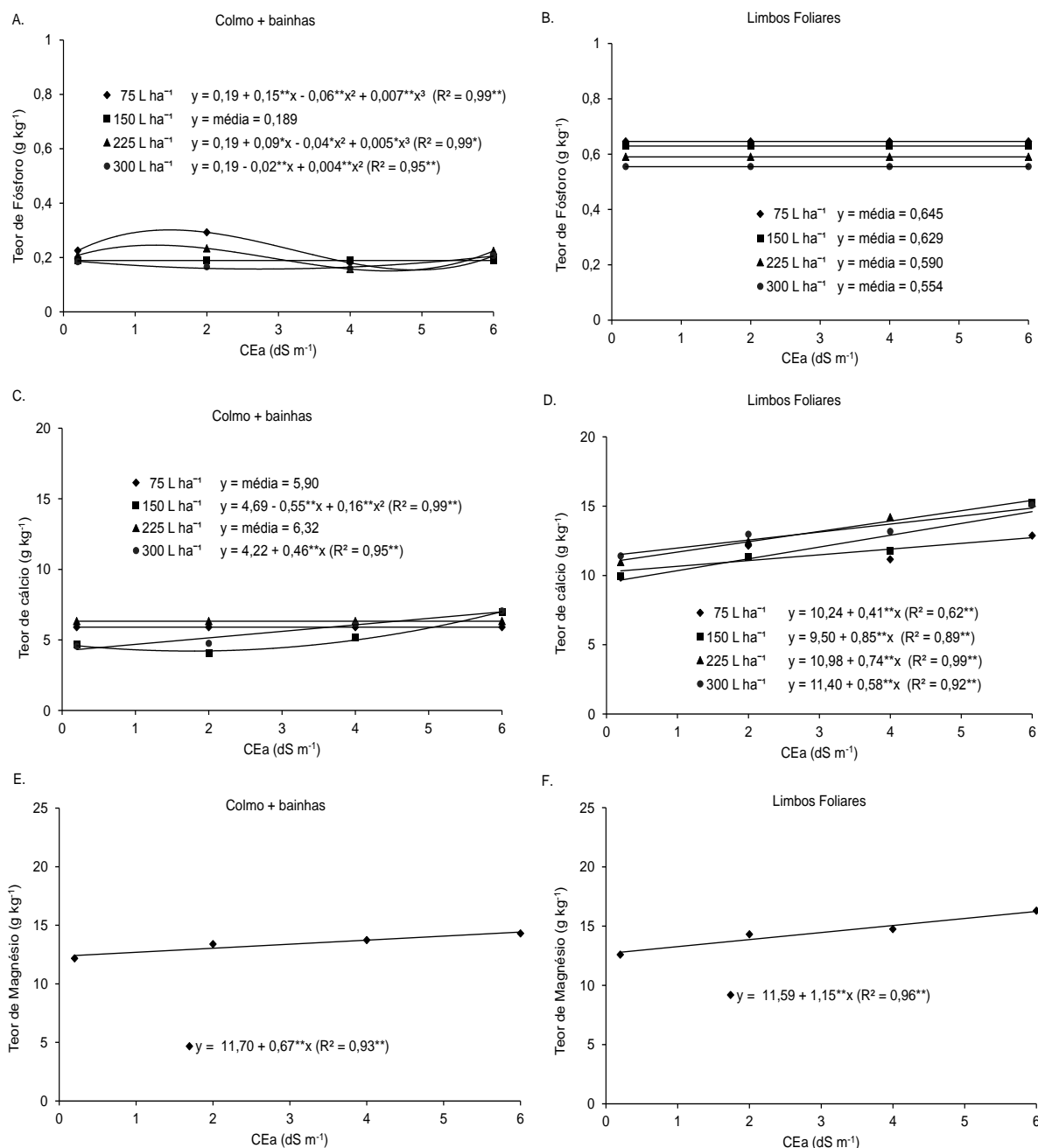
Nos limbos foliares, Figura 4.4F, verifica-se incremento do íon potássio, com a aplicação da dose  $75 \text{ L ha}^{-1}$ , de  $0,01 \text{ g kg}^{-1}$  por aumento unitário da salinidade da água até atingir o maior valor igual a  $0,42 \text{ g kg}^{-1}$  na  $CEa = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ , representando 16% de aumento total, comparando-se com o valor encontrado,  $0,362 \text{ g kg}^{-1}$ , na menor salinidade aplicada ( $CEa = 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ). Com a dose  $150 \text{ L ha}^{-1}$  houve incremento de  $0,02 \text{ g kg}^{-1}$ , do íon potássio nos limbos foliares, para cada incremento unitário da salinidade da água, verificando-se o maior valor ( $0,470 \text{ g kg}^{-1}$ ) na salinidade máxima, com 33% de aumento total, em relação ao valor obtido ( $0,354 \text{ g kg}^{-1}$ ) na menor salinidade. A dose  $225 \text{ L ha}^{-1}$  proporcionou incremento de  $0,02 \text{ g kg}^{-1}$  de potássio nos

limbos foliares por incremento unitário da salinidade da água, cujo maior valor deste íon ( $0,490 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi obtido na  $\text{CEa} = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$  e, em relação a menor salinidade, houve incremento total de 31% do íon potássio nos limbos foliares. Com a dose  $300 \text{ L ha}^{-1}$  houve aumento de  $0,02 \text{ g kg}^{-1}$  do íon potássio nos limbos foliares para cada unidade de aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, obtendo-se valor médio igual a  $0,510 \text{ g kg}^{-1}$ , na maior salinidade da água, o que representa incremento total de 29% no valor deste íon em relação a menor salinidade ( $\text{CEa} = 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ ).

Tawfik *et al.* (2011) encontraram aumento de K em halófitas quando submetidas a salinidade crescente e aplicação de biofertilizante. Aquino *et al.* (2007) encontraram em plantas de sorgo genótipo CSF 18, submetidas a salinidade, sem aplicação de biofertilizante, maior acúmulo do  $\text{K}^+$  nos tecidos fotossintetizantes da planta, com valores no maior nível de salinidade ( $\text{CEa} = 6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) igual a  $10,86 \text{ g kg}^{-1}$ . Neste presente estudo, o íon potássio apresentou tendência de maior acúmulo no colmo, apesar do antagonismo que exerce com o íon sódio (MARSCHNER, 1995, PARIDA; DAS, 2005), podendo ser explicado que, em condições de estresse salino, o melhor desempenho de certo genótipo, pode estar relacionado com sua melhor nutrição potássica (VASILAKOGLU *et al.*, 2011; CEKSTERE; KARLSONS; GRAUDA, 2015), neste experimento oriunda, possivelmente, do biofertilizante. Além disso, em solos salinos a fração disponível de potássio (K) pode aumentar através do aumento da CTC ligado ao teor de matéria orgânica (DIACONO; MONTEMURRO, 2015). A diminuição ou acréscimo do íon K, segundo Lacerda (2005), pode ser influenciada pela duração do estresse bem como da idade da folha amostrada.

Observa-se na Figura 4.5A, que o íon fósforo no colmo, apresentou comportamento variado, quando se incrementa os níveis de salinidade da água de irrigação, representado por modelos cúbicos nas doses de biofertilizante 75 e  $225 \text{ L ha}^{-1}$ . A dose  $150 \text{ L ha}^{-1}$  em função da salinidade da água de irrigação, o teor de fósforo no colmo + bainhas, não se ajustou a nenhum modelo matemático, representado pela média igual  $0,189 \text{ g kg}^{-1}$ . Com a aplicação da dose  $300 \text{ L ha}^{-1}$  o teor de fósforo no colmo + bainhas decresceu 11%, no níveis iniciais de salinidade até atingir o valor mínimo igual a  $0,165 \text{ g kg}^{-1}$ , na  $\text{CEa} = 2,5 \text{ dS m}^{-1}$ , e a partir deste nível aumento de 23% atingindo um valor de  $0,214 \text{ g kg}^{-1}$ , na maior salinidade aplicada ( $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ). Nos limbos foliares, o íon fosforo não foi influenciado pela salinidade da água de irrigação (Tabela 4.8), observa-se na Figura 4.5B, que os valores médios da dose  $75 \text{ L ha}^{-1}$  são superiores em 3, 8 e 14%, respectivamente, às doses 150, 225 e  $300 \text{ L ha}^{-1}$ .

Figura 4.5 – Teor de fósforo, cálcio e magnésio no colmo + bainhas (A, C e E) e nos limbos foliares (B, D e F) de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação. \* Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%.



Ao submeterem plantas de feijão-de-corda a estresse salino e com aplicação de biofertilizante Silva *et al.* (2011) encontraram aumento de íon fósforo nas folhas e no caule e concluíram que a presença de biofertilizante líquido bovino resultou em teores bem superiores de fósforo, em relação às plantas não supridas com esse insumo orgânico. Lacerda *et al.* (2006) e Aquino *et al.* (2007) encontraram aumento de fósforo em plantas de sorgo submetidas a estresse salino evidenciando a existência de interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo. Relatos de incrementos de fósforo com o aumento da salinidade foram feitos por outros autores (GUERRERO-RODRÍGUEZ; REVELL; BELLOTTI, 2011; LATEF; CHAOXING, 2011; RANJBAR; GHADIRI; SEPASKHAH, 2014).

Na Figura 4.5C, verifica-se que a aplicação das doses de biofertilizante 75 e 225 L ha<sup>-1</sup> em função da salinidade da água de irrigação, o teor de cálcio no colmo + bainhas não se ajustou a nenhum modelo de regressão, representado pela média igual a 5,90 e 6,32 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para as doses 75 e 225 L ha<sup>-1</sup>. A concentração 150 L ha<sup>-1</sup> apresentou decréscimo de 8% no teor de cálcio no colmo + bainhas até atingir o valor mínimo (4,21 g kg<sup>-1</sup>) na salinidade igual a 1,72 dS m<sup>-1</sup>, e a partir deste nível incremento de 41% até a máxima salinidade, com valor igual a 7,15 g kg<sup>-1</sup>. Na dose 300 L ha<sup>-1</sup>, observa-se que houve incremento de 0,46 g kg<sup>-1</sup> por aumento unitário da salinidade, no teor de cálcio no colmo + bainhas, atingindo o maior valor (6,98 g kg<sup>-1</sup>) na máxima salinidade aplicada (6,0 dS m<sup>-1</sup>), com isso, em relação a menor salinidade, verificou-se incremento total de 62% no teor deste íon.

Observa-se na Figura 4.5D, que o teor de cálcio nos limbos foliares com a aplicação das doses 75, 150, 225 e 300 L ha<sup>-1</sup>, incremento linear de 0,41, 0,85, 0,74 e 0,58 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, por aumento unitário da salinidade da água de irrigação. Na maior salinidade (6,0 dS m<sup>-1</sup>), os maiores valores médios deste íon foram de 12,70, 14,6, 15,42 e 14,88 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para as doses 75, 150, 225 e 300 L ha<sup>-1</sup>, representando 23, 51, 39 e 29% de aumento total, em relação aos valores no menor nível de salinidade (CEa = 0,2 dS m<sup>-1</sup>) que foram de 10,32 (75 L ha<sup>-1</sup>), 9,67 (150L ha<sup>-1</sup>), 11,13 (225 L ha<sup>-1</sup>) e 11,52 g kg<sup>-1</sup> (300 L ha<sup>-1</sup>).

O aumento dos teores de cálcio pode ser atribuído a aplicação do biofertilizante pois em sua composição observa-se altos teores deste íon (Tabela 4.3) assim como a composição da água de irrigação (Tabela 4.3). Silva *et al.* (2011) também encontraram aumentos nos teores de cálcio, tanto nas folhas quando no caule, de feijão-de-corda, irrigado com níveis crescentes de sais e com aplicação de

biofertilizante, no entanto, nas plantas que não foram biofertilizadas apresentaram valores superiores de cálcio. Nascimento *et al.* (2011), estudando o efeito nutricional de maracujazeiro amarelo, irrigado com água salina e com aplicação de biofertilizante, encontraram incremento de cálcio nas plantas.

Aumento de cálcio nas plantas com a salinidade também foram encontrados por outros autores (HUANG *et al.*, 2010; D'SOUZA; DEVARAJ, 2013; MORGAN *et al.*, 2014; GENGMAO *et al.*, 2015). Entretanto, Saberi e Aishah (2013) analisando a resposta de sorgo forrageiro a salinidade crescente e frequência de irrigação verificaram diminuição de cálcio com o aumento da salinidade. Niu *et al.* (2012) avaliando diferentes genótipos de sorgo submetidos a salinidade constataram que houve incremento de cloro e decréscimo de cálcio e magnésio nas plantas. A maior acumulação de Ca pode contribuir na tolerância ao estresse salino, devido ao seu papel na manutenção da integridade das membranas, haja vista a importância da seletividade das membranas nos processos de absorção e compartimentação iônica (AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000).

Observa-se na Figura 4.5E, que o teor de magnésio no colmo + bainhas apresentou incremento de  $0,67 \text{ g kg}^{-1}$  por aumento unitário da salinidade da água de irrigação, atingindo o maior valor ( $15,72 \text{ g kg}^{-1}$ ) na maior salinidade, e em relação ao menor nível de salinidade, incremento total de 33%. Comportamento semelhante foi verificado nos limbos foliares (Figura 4.5F), pois para cada incremento unitário da salinidade ocorreu aumento de  $1,15 \text{ g kg}^{-1}$  no teor de magnésio, com maior valor observado ( $18,49 \text{ g kg}^{-1}$ ) na salinidade máxima ( $\text{CEa} = 6,0 \text{ ds m}^{-1}$ ), e em relação ao menor nível de salinidade,  $\text{CEa} = 0,2 \text{ dS m}^{-1}$ , houve um aumento total de 56% nos valores deste íon nos limbos foliares. O aumento no teor de magnésio pode ser justificado pelo Mg contido na água de irrigação, haja visto que sua concentração era maior quanto maior era também a CE da água de irrigação bem como na composição do biofertilizante utilizado.

Contradizendo este trabalho na literatura encontra-se resultados de decréscimos nos teores de magnésio em plantas submetidas a salinidade (ABDELHAMID; SHOKR; BEKHETA, 2010; AMIRJANI, 2010; RADY *et al.*, 2011; GUERRERO-RODRÍGUEZ; REVELL; BELLOTTI, 2011). E corroborando com este trabalho, na literatura verifica-se aumento no teor de magnésio com a salinidade (HUANG *et al.*, 2010; TALAAT; SHAWKY, 2014). De acordo com Taiz e Zeiger (2009) o magnésio além de exercer papel na atividade como cofator em quase todas as

enzimas do metabolismo energético e na molécula de clorofila, este íon é requerido para a integridade dos ribossomos e contribui efetivamente para a estabilidade estrutural dos ácidos nucléicos e membranas.

#### 4.3.4 Análise dos solutos orgânicos

Observa-se na Tabela 4.9, que o teor de carboidratos e de prolina nas folhas foram influenciados significativamente pela salinidade da água de irrigação ( $p < 0,01$ ), pelas doses do biofertilizante ( $p < 0,01$ ) e pela interação entre esses dois fatores ( $p < 0,01$ ).

Tabela 4.9 - Valores do quadrado médio e significância estatística para as variáveis carboidratos e prolina nas folhas de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra, irrigadas com água salobra e submetidas a diferentes doses de biofertilizante. SAL = níveis de salinidade da água de irrigação; BIOF = doses de biofertilizante; CV = coeficiente de variação.

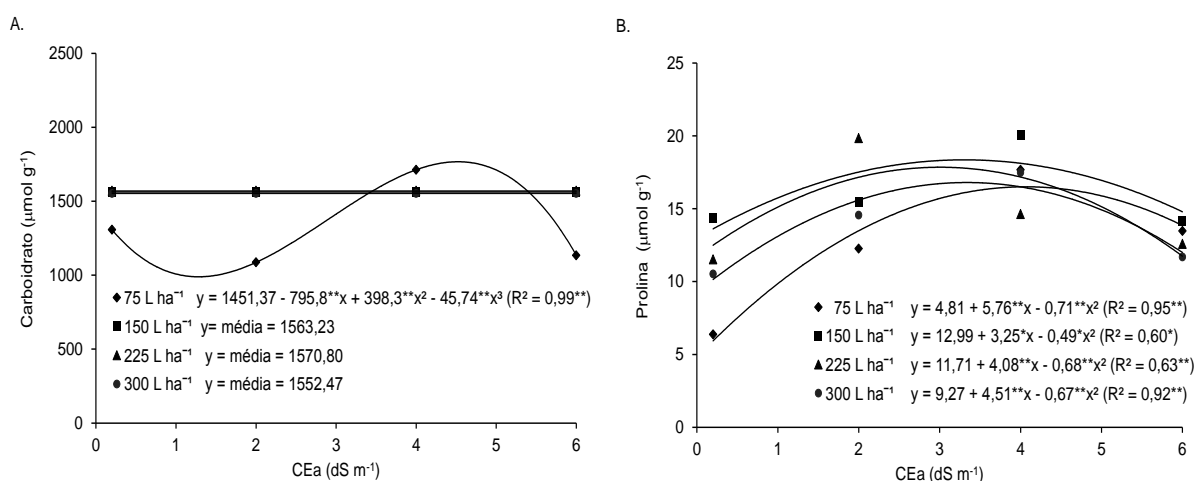
Fontes de Variação	QUADRADO MÉDIO	
	CARBOIDRATOS	PROLINA
SAL	291607,92**	139,78**
BIOF	254245,43**	37,15**
SAL X BIOF	145363,39*	23,81**
RESIDUO	52893,2	7,24
CV (%)	15,34	19,00

\*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; ns= não significativo.

Na Figura 4.6A, com o incremento da salinidade da água de irrigação observa-se que os teores de carboidratos nas doses de biofertilizantes 150, 225 e 300 L ha<sup>-1</sup> não se ajustaram a nenhum modelo matemático, enquanto que a dose 75 L ha<sup>-1</sup>, está representada por um modelo cúbico. Este resultado indica que o aumento nos teores de carboidratos não pareceu ter contribuído significativamente para a manutenção de um potencial hídrico favorável à absorção de água, ou seja, para o ajustamento osmótico foliar. Parida e Das (2005) afirmam que incremento de

carboidratos sugere uma resposta da planta ao estresse uma vez que seu acúmulo atua como osmoprotetor, reserva de carbono além do combate aos radicais livres nas plantas. Vários autores encontraram acúmulo de carboidratos em plantas sob estresse salino (HEIDARI; JAMSHID, 2010; NEMATÍ *et al.*, 2011; TANG *et al.*, 2013), outros verificaram que a tolerância a salinidade não estava relacionada ao conteúdo de carboidratos (PRAXEDES *et al.*, 2011), enquanto outros autores verificaram que mesmo sob salinidade elevadas o teor de carboidratos pode permanecer inalterada (HEIDARI, 2012) ou decrescer (ZHANG *et al.*, 2012).

Figura 4.6 – Teor de carboidratos (A) e prolina (B) nas folhas de plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra em função da salinidade da água de irrigação. CEa = condutividade elétrica da água de irrigação. \* Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%.



Verifica-se na Figura 4.6B, com a aplicação da dose 75 L ha<sup>-1</sup> de biofertilizante, nos níveis iniciais de salinidade, incremento de 64% no teor de prolina, atingindo o valor máximo, 16,49 µmol g<sup>-1</sup>, na CEa = 4,05 dS m<sup>-1</sup>, e posterior declínio de 16% até a máxima salinidade aplicada (CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup>). Na dose 150 L ha<sup>-1</sup>, o aumento de 26% na prolina ocorre nos primeiros níveis de salinidade até a salinidade igual a 3,32 dS m<sup>-1</sup>, com ponto máximo de 18,38 µmol g<sup>-1</sup>, e a partir deste nível redução de 19% na CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup>. Com a dose 225 L ha<sup>-1</sup>, observa-se incremento de 30%



no teor de prolina, nos níveis iniciais de salinidade até a salinidade igual a 3,0 dS m<sup>-1</sup>, com valor máximo igual 17,83 μmol g<sup>-1</sup>, e logo em seguida decréscimo de 34% verificado na maior salinidade aplicada. Na dose 300 L ha<sup>-1</sup>, o teor de prolina, apresenta incremento de 40% nos primeiros níveis de salinidade, atingindo o valor máximo igual a 16,86 μmol g<sup>-1</sup>, na salinidade igual a 3,37 dS m<sup>-1</sup>, e posterior decréscimo de 28% na salinidade máxima aplicada (CEa = 6,0 dS m<sup>-1</sup>).

Resultados de acúmulos de prolina em plantas submetidas a salinidade crescente, mas sem aplicação de biofertilizante foram obtidos por vários autores (MONTEIRO *et al.*, 2014; ACOSTA-MOTOS *et al.*, 2015; ZHAO *et al.*, 2015), e com a aplicação de biofertilizantes (ABDELHAMID *et al.*, 2010; TAWFIK *et al.*, 2011) O acúmulo de prolina é relatado como uma resposta aos estresses abióticos além de haver uma relação positiva entre a prolina e a tolerância ao estresse salino nas plantas (SZABADOS; SAVOURÉ, 2010; BORGIO; MARUR; VIEIRA, 2015).

#### 4.4 CONCLUSÕES

- O biofertilizante Ative<sup>®</sup> não se mostrou eficaz em minorar os efeitos dos níveis de salinidade da água de irrigação no solo e nas plantas de sorgo, independente da dose aplicada.
- Todas as variáveis de crescimento das plantas de sorgo cv. BRS Ponta Negra foram influenciadas negativamente pelos níveis crescentes de sais da água de irrigação.
- O acúmulo dos íons Na, Cl e K, foram influenciados pela salinidade crescente da água de irrigação no colmo + bainhas e nos limbos foliares das plantas de sorgo, ocorrendo maior acúmulo de Cl nos limbos foliares e de Na e K nos colmo + bainhas.
- Houve maior acúmulo de P, Ca e Mg ao se incrementar a salinidade da água de irrigação, principalmente, nos limbos foliares das plantas.
- Os teores de carboidratos nas folhas não sofreram variação acentuada com o aumento da salinidade da água de irrigação, enquanto que houve acúmulo de prolina até a salinidade igual a 4,0 dS m<sup>-1</sup>.

#### 4.5 REFERÊNCIAS

ABDELHAMID, M. *et al.* Biofertilizer and ascorbic acid alleviated the detrimental effects of soil salinity on growth and yield of soybean. **Proceedings of the Second Science with Africa Conference** p.73-81, 2010.

ABDELHAMID, M.T.; SHOKR, M.; BEKHETA M. A. Growth, root characteristics, and leaf nutrients accumulation of four faba bean (*Vicia faba* L.) cultivars differing in their broomrape tolerance and the soil properties in relation to salinity. **Commun Soil Sci Plan.**, v.41, n.22, p.2713-2728, 2010.

ACOSTA-MOTOS, J.R. *et al.* NaCl-induced physiological and biochemical adaptative mechanisms in the ornamental *Myrtus communis* L. plants. **Journal of Plant Physiology**, v.183, p.41-51, 2015.

AHAMD, M. *et al.* Inducing stress tolerance in mung bean through biofertilizers. **Pak. J. Agri. Sci.**, v. 51, n.3, p.557-564, 2014.

AQUINO, A. J. S. *et al.* Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 31, n. 5., 2007.

AMBEDE, J. G. *et al.* NaCl salinity affects germination, growth, physiology, and biochemistry of bambara groundnut. **Braz. J. Plant Physiol.**, v.24, n.3, p.151-160, 2012.

AMIRJANI, M.R. Effect of salinity stress on growth, mineral composition, proline content, antioxidant enzymes of soybean. **Plant Physiol**, v.5, n.6, p.350-360, 2010.

AISHAH, S. *et al.* Yield responses of forage sorghums to salinity and irrigation frequency. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.20, p. 4114-4120, 2011.

ASSIS JÚNIOR, J. O. *et al.* Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.702-713, 2007.

AVELINO, P. M. *et al.* Características agronômicas e estruturais de híbridos de sorgo em função de diferentes densidades de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.534-541, 2011.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Trad. H. R. Gheyi *et al.*, Campina Grande: UFPB,. (**Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29**) 1999. 153p

AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p.2, p.165-171, 2000.

BADAR, R. *et al.* Amelioration of salt affected soils for cowpea growth by application of organic amendments. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v.3, n.6, p. 87-90, 2015.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p. 205-207, 1973.

BEZERRA, A.K.P. *et al.* Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.5, p.1075-1082, 2010.

BOOTE, K.J.; TOLLENAAR, M. Modeling genetic yield potential. In: BOOTE, K.J.; BENNETT, J.M.; SINCLAIR, T.R.; PAULSEN, G.M. (eds.). Physiology and determination of crop yield. Madison: **American Society of Agronomy**, cap. 20, p.553-565.1994.

BORGO, L.; MARUR, C. J.; VIEIRA, L. G. E. Effects of high proline accumulation on chloroplast and mitochondrial ultrastructure and on osmotic adjustment in tobacco plants. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.37, n.2, p.191-199. 2015.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.01, p.251-261. 2010.

CEKSTERE, G.; KARLSONS, A.; GRAUDA, D. Salinity-induced responses and resistance in *Trifolium repens* L. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.14, p. 225-236. 2015.

CHAUGOOL, J. *et al.* Comparison of young seedling growth and sodium distribution among sorghum plants under salt stress. **Plant Prod. Sci.**, v.16, n.3, p.261-270, 2013.

COELHO, D. S. *et al.* Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.1, p.25-30, 2014.

COSTA, M. E. *et al.* Estratégias de irrigação com água salina na mamoneira. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 34-43, 2013.

CUCCI, G. *et al.* Effect of reclamation on the structure of silty-clay soils irrigated with saline-sodic waters. **International Agrophysics**, v.29, n.1, p.23-30, 2015.

DESAI, D.; KHARE, T.; KUMAR, V. Sulfate and chloride salinity induced effects on physiological and biochemical parameters of sorghum. **Interantional Journal of Biochemistry and Biotechnology**, v.1, n.2, p.5-10, 2012.

DIACONO, M.; MONTEMURRO, F. Effectiveness of organic wastes as fertilizers and amendments in salt-affected soils. **Agriculture**, v.5, p.221-230, 2015.

DIAS, N. S. *et al.* Gestão das águas residuárias provenientes da dessalinização da água salobra. In: **Recursos hídricos em regiões semiáridas: Estudos e aplicações**. GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O (Eds.)-Campina Grande, PB: INSA, Cruz das Almas, BA: UFRB,. Cap. IX, p.176-187, 2012.

DINIZ B. L. M. T. *et al.* Crescimento inicial e consumo hídrico de nim submetido ao estresse salino e biofertilizante bovino. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.** Recife, v.8, n.3, p.470-475, 2013.

DUBOIS, M. *et al.* Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-356, 1956.

D'SOUZA, M. R.; V. R, DEVARAJ. Role of calcium in increasing tolerance of Hyacinth bean to salinity. **Journal of Applied Biology & Biotechnology**, v.1, n.3, p.11-20, 2013.

FALQUETO, A. R. *et al.* Chlorophyll fluorescence in rice: probing of senescence driven changes of PSII activity on rice varieties differing in grain yield capacity. **Braz. J. Plant Physiol.**, v.22, p.35-41, 2010.

FEIJÃO, A. R. *et al.* Efeito da nutrição de nitrato na tolerância de plantas de sorgo sudão à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.675-683, 2011.

FLOWERS, T. J.; T. D. COLMER. Salinity tolerance in halophytes. **New Phytol.**, v.179, p.945-963, 2008.

GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agronomy Journal**, v.76, p.371-374, 1984.

GENGMAO, Z. *et al.* Salinity stress increases secondary metabolites and enzyme activity in safflower. **Industrial Crops and Products**, v.64, p.175–181, 2015.

GONDIM, S. C. **Insumos orgânicos e qualidade da água no maracujazeiro amarelo e na fauna edáfica**. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. 2010 Tese (Doutorado em Recursos Naturais) 178f.: il. col.

GUERRERO-RODRÍGUEZ, J. D.; REVELL, D. K.; BELLOTTI, W. D. Mineral composition of lucerne (*Medicago sativa*) and white melilot (*Melilotus albus*) is affected by NaCl salinity of the irrigation water. **Animal Feed Science and Technology**, v.170 p.97–104, 2011.

HAMED, K. B. *et al.* Growth, sodium uptake and antioxidant responses of coastal plants differing in their ecological status under increasing salinity. **Biologia**, v.69, n.2, 193-201, 2014.

HASSAN, M. *et al.* Non-destructive estimation of maize leaf area, fresh weight, and dry weight using length and leaf width. **Communications in Biometry and Crop Science**, v.5, n.1, p.19-26, 2010.

HEIDARI, M.; JAMSHID, P. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. **J. Agric. Biol. Sci.**, v.5, p.39-46, 2010.

HEIDARI, M. Effects of salinity stress on growth, chlorophyll content and osmotic components of two basil (*Ocimum basilicum* L.) genotypes. **Afr. J. Biotechnol.**, v.11, p.379-384, 2012.

HOLANDA FILHO, R. S. F. *et al.* A. Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioca. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.1, p.60-66, 2011.

HUANG, Y. *et al.* Improving cucumber tolerance to major nutrients induced salinity by grafting on to *Cucurbita ficifolia*. **Environmental and Experimental Botany**, v.69, p.32-38, 2010.

KAFI, M. *et al.* Effect of salinity and silicon application on oxidative damage of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.]. **Pak. J. Bot.**, v.43, n.5, p.2457-2462, 2011.

KASRATI, A. *et al.* Plant growth, mineral nutrition and volatile oil composition of *Mentha suaveolens* subsp. *timija* (Briq.) Harley cultivated under salt stress conditions. **Industrial Crops and Products**, v.59, p.80-84, 2014.

KCHAOU, H. *et al.* Assessment of tolerance to NaCl salinity of five olive cultivars, based on growth characteristics and Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> exclusion mechanisms. **Scientia horticulturae**, v.124, n.3, p.306-315, 2010.

LACERDA, C.F. *et al.* Solute accumulation and distribution shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.49, p.107-120, 2003.

LACERDA, C.F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R.J.M.C., ARAÚJO, E.L., WILLADINO, L.G., CAVALCANTE, U.M.T. (eds.) “**Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**”. Recife, UFRPE, p.127-137, 2005.

LACERDA, C. F. *et al.* Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v.37, p.258-263, 2006.

LACERDA, C. F. *et al.* Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE. Parte II, cap 17, p.304-17. 2010.

LACERDA, C. F. *et al.* Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.31, n.4, p.663-675, 2011.

LATEF, A. A. H. A.; CHAOXING, H. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition, antioxidante enzymes activity and fruit yield of tomato grown under salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v.127, p.228–233, 2011.

LAÜCHLI, A.; LÜTTGE, U. Salinity: environment–plants–molecules. New York: **Kluwer Academic Publishers**, pp.315-339. 2002.

LIMA, G. F. C. *et al.*. Reservas forrageiras estratégicas para a pecuária familiar no semiárido: palma, fenos e silagem. 53p.; v.08; il. (Circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar, 7) Natal: **EMPARN**, 2010.

LOKHANDE, V. H. *et al.* Effects of optimal and supra-optimal salinity stress on antioxidative defence, osmolytes and in vitro growth responses in *Sesuvium portulacastrum* L. **Plant Cell Tiss Organ Cult**, v.104, p41-49, 2011.

MAJID, M.; ALI, A.; ESSIA, B. Effect of salinity on sodium and chloride uptake, proline and soluble carbohydrate contents in three alfalfa varieties. **IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science**, v.1, n.6, p.01-06. 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e Aplicações**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, SP, 1989. 201p.

MANTOVANI, A. A method to improve leaf succulence quantification. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.42, p.9-14, 1999.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition in higher plants**. Academic Press. Publisher Hartcourt Brace & Company, London. 1995.

MAATHUIS, F. J. M. Sodium in plants: perception, signalling, and regulation of sodium fluxes. **Journal of Experimental Botany**, v.65, n.3, p.849–858, 2014.

MATOS, F. S. *et al.* Desenvolvimento de mudas de pinhão-mansô irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.947-954, 2013.

MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B.; GHEYI, H. R. Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais. *In*: GHEYI, H.R; DIAS, N. S; LACERDA, C. F. (eds.) **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicado**. 1 ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, cap. 16, p.279-302, 2010.

MEDEIROS, R. F. *et al.* Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.505-511, 2011.

MESQUITA, F.O. *et al.* Crescimento inicial de Carica papaya sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizante bovino. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2689-2704, 2012.

MESQUITA, F. O. *et al.* Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em substrato com biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 31, n. 2, p. 1-9, 2010.

MIRANSARI, M. Soil microbes and the availability of soil nutrients. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.35, p.3075-3084, 2013.

MISHRA, D.J. *et al.*. Role of Bio-Fertilizer in Organic Agriculture: A Review. **Research Journal of Recent Sciences**, v.2, p.39-41, 2013.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. M. Avaliação de métodos com e sem digestão para extração de elementos em tecidos de plantas. **Ciência e Cultura**, v.36, p.1953-1958, 1984

MOHAMMADI, K.H.; SOHRABI Y. Bacterial biofertilizers for sustainable crop production: a review. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v.7, p.1-5, 2012.

MONTEIRO, J. G. *et al.* Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.49, n.1, p.18-25, 2014.

MONTENEGRO, S. G. L. *et al.* Experimentação e modelagem do avanço de sais no perfil do solo em área cultivada com repolho sob alternativas de manejo de irrigação, no semiárido de Pernambuco. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.148-155, 2013.

MOREIRA, F. R. D. C . *et al.* Substituição parcial do milho por sorgo granífero na alimentação de suínos nas fases de creche, crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.1, 2014.

MORGAN, S.H. *et al.* Leaf ion homeostasis and plasma membrane H<sup>+</sup> -ATPase activity in *Vicia faba* change after extra calcium and potassium supply under salinity. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.82, p.244-253. 2014.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, **Camberra**, v. 25, n.02, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review Plant Biology**, Nova York, v. 59, p. 651-681, 2008.

NAADEEN, S. M. *et al.* Mitigation of salinity-induced negative impact on the growth and yield of wheat by plant growth-promoting rhizobacteria in naturally saline conditions. **Ann Microbiol**, v.63, p.225-232, 2013.

NGARA, R. *et al.*. Identification and profiling of salinity stress-responsive proteins in *Sorghum bicolor* seedlings. **Journal of Proteomics**, v.75, p. 4139-4150, 2012.

NASCIMENTO, J. A. M. *et al.*. estado nutricional de maracujazeiro-amarelo irrigado com água salina e adubação organomineral. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. p.729-735, 2011.

NASCIMENTO, I. B. *et al.*. A. Desenvolvimento inicial do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 11, n. 1, p.37-43, 2015.



NEETU, V.; SWARNKAR, V. K.; DAS, G. K. Effect of organic and inorganic sources of nitrogen with biofertilizer on forage sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Biosciences**, v.7, n.2, p.101-103, 2014.

NEMATI, I. *et al.* The effect of salinity stress on ions and soluble sugars distribution in leaves, leaf sheaths and roots of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. **Plant Soil Environ.**, v.57, p.26-33, 2011.

NIU, G. H. *et al.* Seedling emergence, growth, and mineral nutrition of ornamental chili peppers irrigated with saline water. **HortScience**, v. 47, n.11, p.1653-1657, 2012.

OLIVEIRA, L. B. *et al.* Características químicas do solo e produção de biomassa de alface adubada com compostos orgânicos. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.2, p.157-164, 2014.

OLIVEIRA, F. A. *et al.* Interação entre salinidade e bioestimulante no crescimento inicial de pinhão-mansão. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.19, n.3, 204-210, 2015.

OUNI, Y. *et al.* The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity. **International Journal of Plant Production**, v.8, n.3, 2014.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.60, p.324-349, 2005.

PRAXEDES, S.C. *et al.* Salt tolerance is unrelated to carbohydrate metabolism in cowpea cultivars. **Acta Physiol. Plant.**, v.33, p.887-896, 2011.

RADY, M. M. *et al.* Alleviation The Adverse effects of salinity stress in sunflower cultivars using nicotinamide and  $\alpha$ -tocopherol. **Aust J Basic Appl Sci.**, v.5, n.10, p.342-355, 2011.

RANJBAR, G.; GHADIRI, H.; SEPASKHAH, A. R. Effects of irrigation water salinity and kochia indica density on sorghum and k. indica dry matter and chemical composition. **J. Biol. Environ. Sci.**, v.8, n.23, p.115-123, 2014.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. The use saline waters for crop production. Roma: FAO, 1992. 133p. (**FAO. Irrigation and Drainage Paper**, 48).

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington D.C., U.S. Salinity Laboratory, 1954. 160p. (**USDA Agriculture Handbook**, 60)

SÁ, F. V. S. *et al.* Influência do gesso e biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sódico e no crescimento inicial do girassol. **Irriga**, v.20, n.1, 2015.

SAADAT, S.; HOMAEE, M. Modeling sorghum response to irrigation water salinity at early growth stage. **Agricultural Water Management**, v.152, p.119-124, 2015.

- SABERI, A. R. *et al.* Morphological responses of forage sorghums to salinity and irrigation frequency. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.47, p.9647-9656, 2011.
- SABERI, A. R; SITI AISHAH, H. Nutrient concentration of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) varieties under influenced of salinity and irrigation frequency. **The International Journal of Biotechnology**, v.2, n.10, p.163-170, 2013.
- SADEGHI, H.; SHOURIJEH, F.A. Salinity induced effects on growth parameters, chemical and biochemical characteristics of two forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars. **Asian Journal of Plant Science**, v.11, n.1, p.19-27, 2012.
- SAHOO, R. K. *et al.* A novel *Azotobacter vinelandii* (SRI Az 3) functions in salinity stress tolerance in rice. **Plant signaling & behavior**, v.9, n.7, p.511-523, 2014.
- SANTOS, F.G. *et al.* BRS Ponta Negra - Variedade de Sorgo Forrageiro. Comunicado Técnico 145. **EMBRAPA**, Sete Lagoas, MG, 2007.
- SERRÃO, M. G *et al.* Efeitos da água salina e da adubação azotada na composição foliar em macronutrientes e na produção do sorgo sacarino. **Revista de Ciências Agrárias – Lisboa**, v. XXXIV, n.2, p.163-172, 2011.
- SHARIAT JAFARI, M.H.; KAFI, M.; ASTARAIE, A. Interactive effects of NaCl induced salinity, calcium and potassium on physiomorphological traits of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). **Pak. J. Bot.**, v.4, p.3053-3063, 2009.
- SILVA, F. C. **Manual de análise químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p
- SILVA, J. L. A. *et al.* Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, (Suplemento), p.S66-S72, 2014.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal Components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance. In: World Congress On Computers In Agriculture, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SILVA, F. L. B. *et al.* Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.4, p.383–389, 2011.
- SOUSA, C.H.C. *et al.* Respostas morfofisiológicas de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão sob estresse salino. **Agropecuária Técnica – v. 31**, n. 2, p 29-36, 2010.
- SOUSA, A. E. C. *et al.* Crescimento e consumo hídrico de pinhão manso sob estresse salino e doses de fósforo. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.310-318, 2011.
- SOUSA, G. G. *et al.* Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 237-245, abr-jun, 2012a.

SOUSA, G. G. *et al.* Características agronômicas do amendoimzeiro sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.6, n. 2, p. 124-132, maio-agosto, 2012b.

SUCRE, B.; SUÁREZ, N. Effect of salinity and PEG-induced water stress on water status, gas exchange, solute accumulation, and leaf growth in *Ipomoea pes-caprae*. **Environmental and Experimental Botany**, v.70, p.192–203, 2011.

SUN, Y. *et al.* Variability in salt tolerance of *Sorghum bicolor* L. **Agricultural Science**, v.2, n.1, p.09-21, 2014.

SZABADOS, L.; SAVOURÉ, A. Proline: a multifunctional amino acid. **Trends in Plant Science**, v. 15, n.2, p. 89-97, 2010.

TALAAT, N. B.; SHAWKY, B. T. Protective effects of arbuscular mycorrhizal fungi on wheat (*Triticum aestivum* L.) plants exposed to salinity. **Environmental and Experimental Botany**, v.98, p.20–31. 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2009. 848p

TANG, J. *et al.* Growth response, carbohydrate and ion accumulation of diverse perennial ryegrass accessions to increasing salinity. **Scientia Horticulturae**, v.154, p.73–81, 2013.

TAWFIK, M.M. *et al.* Prospect of Biofertilizer Inoculation for Increasing Saline Irrigation Efficiency. **Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v.7, n.2, p.182-189, 2011.

TRINDADE, A. R. *et al.* Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.10, p.804-810, 2006.

VAN HORN, D. J. *et al.* Soil microbial responses to increased moisture and organic resources along a salinity gradient in a polar desert. **Applied and Environmental Microbiology**, v.80, n.10, p. 3034-3043, 2014.

VASILAKOGLU, I. *et al.* Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation. **Field Crops Research**, v.120, p.38-46, 2011.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa – MG: Imprensa Universitária. 1991. 449p.

VIEIRA, M. R. *et al.* Produtividade e qualidade da forragem de sorgo irrigado com águas salinas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, Suplemento, p.42-46, 2005.

WANG, L. *et al.* Application of Organic Amendments to a Coastal Saline Soil in North China: Effects on Soil Physical and Chemical Properties and Tree Growth. **PLoS ONE**, v.9, n.2. 2014.

WONGA, J. H. *et al.* Principal component analysis and biochemical characterization of protein and starch reveal primary targets for improving sorghum grain. **Plant Science**, v.179, p.598-611, 2010.

ZHANG, Z. H. *et al.* Responses of different rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to salt stress and relation to carbohydrate metabolism and chlorophyll content. **Afr. J. Agric. Res.**, v.7, p.19-27. 2012.

ZHAO, X. *et al.* Osmotic adjustment of soil biocrust mosses in response to desiccation stress. **Pedosphere**, v.25, n.3, p.459-467. 2015.

ZARABI, M. *et al.* study on the effects of different biofertilizer combinations on yield, its components and growth indices of corn (*Zea mays* L.) under drought stress condition. **African Journal of Agricultural Research**, v.6, n.3, p. 681-685, fev. 2011.