



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



**ESTRESSE SALINO E BIOESTIMULANTE VEGETAL NO CRESCIMENTO,
PRODUÇÃO E FISIOLOGIA DO MANJERICÃO**

LEONARDO VIEIRA DE SOUSA

AREIA - PB

2019

LEONARDO VIEIRA DE SOUSA

**ESTRESSE SALINO E BIOESTIMULANTE VEGETAL NO CRESCIMENTO,
PRODUÇÃO E FISIOLOGIA DO MANJERICÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Agronomia”. Área de Concentração: Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias

AREIA - PB

2019

**Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação**

S725e Sousa, Leonardo Vieira de.

Estresse salino e bioestimulante vegetal no crescimento, produção e fisiologia do manjericão / Leonardo Vieira de Sousa. - Areia, 2019.

57 f.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. *Ocimum basilicum* L. 2. Lamiaceae. 3. salinidade hídrica. 4. hormônios vegetais. 5. trocas gasosas. I. Título

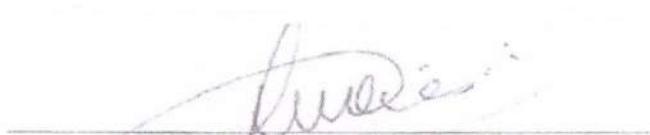
UFPB/CCA-AREIA

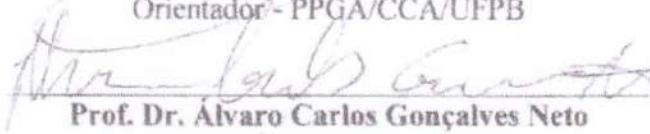
LEONARDO VIEIRA DE SOUSA

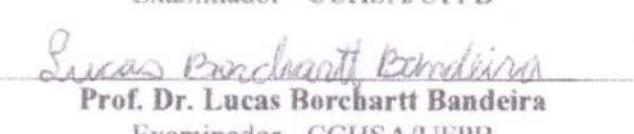
ESTRESSE SALINO E BIOESTIMULANTE VEGETAL NO CRESCIMENTO,
PRODUÇÃO E FISIOLOGIA DO MANJERICÃO

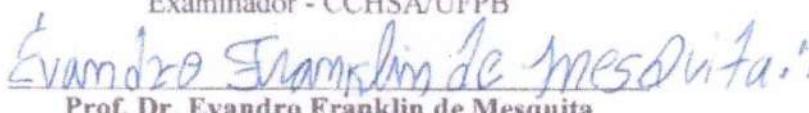
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/02/2019

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias
Orientador - PPGA/CCA/UFPB


Prof. Dr. Álvaro Carlos Gonçalves Neto
Examinador - CCHSA/UFPB


Prof. Dr. Lucas Borchartt Bandeira
Examinador - CCHSA/UFPB


Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita
Examinador - CCHA/UEPB

AREIA - PB

2019

“Quem caminha sozinho pode até chegar mais rápido, mas aquele que vai acompanhado, com certeza vai mais longe.”

Clarice Lispector (1920-1977)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, ANTÔNIO VALDEMAR DE SOUSA (*in memoriam*) e MARIA OGAMIRTA VIEIRA DE SOUSA, por me darem incentivo a sempre buscar novos horizontes e terem ajudado na realização de meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, criador do universo, por ter me dado o dom da existência.

Aos meus pais, ANTÔNIO VALDEMAR DE SOUSA (*in memoriam*) e MARIA OGAMIRTA VIEIRA DE SOUSA que foram essenciais para minha formação como pessoa e profissional.

À UFPB, pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

Ao meu orientador, professor Thiago Jardelino Dias, pelos ensinamentos, paciência e pelas responsabilidades impostas a mim, as quais me ajudaram no desenvolvimento profissional.

Aos amigos que ajudaram na realização do trabalho Toshik, Sebastião, Joana, Gabi, Ygor, Lunara, Paloma, Andressa, Fátima, Romário e João.

À banca examinadora, composta pelos professores Evandro Franklin de Mesquita, Lucas Borchartt Bandeira e Álvaro Carlos Gonçalves Neto, pelas contribuições no trabalho.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos, muito obrigado!

RESUMO

SOUZA, L. V. Estresse salino e bioestimulante vegetal no crescimento, produção e fisiologia do manjericão. Areia, Paraíba. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, fevereiro de 2019. 57 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Orientador: Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias.

O cultivo de manjericão (*Ocimum basilicum* L.) pode ser uma alternativa econômica para o nordeste brasileiro, no entanto, algumas áreas dessa região apresentam excesso de sais na água. A aplicação de reguladores de crescimento pode mitigar os efeitos deletérios do estresse salino. O objetivo do trabalho foi avaliar a ação de bioestimulante sobre a cultura do manjericão submetido ao estresse salino. O experimento foi conduzido na Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia, Paraíba, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em fatorial 5 x 5, combinadas segundo a matriz experimental Composto Central de Box, referente a cinco condutividades elétricas da água de irrigação e cinco doses de regulador de crescimento vegetal, com valores mínimos (- α) e máximos (α), respectivamente de 0,5 e 6,0 dS m⁻¹ e 0,0 e 10,0 mL L⁻¹, totalizando nove tratamentos, com quatro repetições e duas plantas por parcela. Foram avaliadas as plantas quanto ao desenvolvimento, trocas gasosas, fluorescência da clorofila e teores de clorofila além de análises químicas do solo. Não houve interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e as doses de regulador de crescimento vegetal para nenhuma variável estudada. Foi constatada diferença estatística entre as condutividades elétricas para todas as variáveis de crescimento. Já para as variáveis fisiológicas houve diferença entre as condutividades elétricas para os índices clorofila, fluorescência inicial, rendimento quântico potencial e efetivo do fotossistema II, concentração interna de CO₂, eficiência do uso da água, eficiência intrínseca do uso da água e eficiência instantânea de carboxilação. Já em relação aos atributos químicos do solo, ocorreu resposta crescente mediante aumento das condutividades elétricas para todas as variáveis estudadas. A salinidade da água provoca redução dos parâmetros de desenvolvimento do manjericão. Aplicações de bioestimulante não surte efeitos no crescimento e na fisiologia do manjericão quando as plantas são irrigadas com águas salinas. O estresse salino provoca mudanças nos teores de potássio e sódio, além de aumento na condutividade elétrica do extrato de saturação, capacidade de troca catiônica, soma de bases e saturação por bases.

Palavras-chave: *Ocimum basilicum* L, Lamiaceae, salinidade hídrica, hormônios vegetais, trocas gasosas.

ABSTRACT

SOUZA, L. V. **Saline stress and vegetable biostimulant on the growth, production and physiology of basil.** Areia, Paraíba. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, February 2019. 57 p. Dissertation (Masters in Agronomy). Postgraduate Program in Agronomy. Supervisor: Dr. Thiago Jardelino Dias.

The cultivation of basil (*Ocimum basilicum* L.) may be an economical alternative for the Brazilian northeast, however, some areas of this region have excess salts in the water. The application of growth regulators may mitigate the deleterious effects of saline stress. The objective of this work was to evaluate the action of biostimulant on the basil culture submitted to saline stress. The experiment was conducted at the Federal University of Paraíba, Campus II, Areia, Paraíba, Brazil. The experimental design was a randomized block, in a factorial of 5 x 5, combined according to the Central Composite matrix of Box, referring to five electrical conductivities of the irrigation water and five doses of plant growth regulator, with minimum values (- α) and (α), respectively 0.5 and 6.0 dS m⁻¹ and 0.0 and 10.0 mL L⁻¹, totaling nine treatments, with four replications and two plants per plot. Plants were evaluated for development, gas exchange, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content as well as soil chemical analysis. There was no interaction between the electrical conductivities of the irrigation water and the doses of plant growth regulator for any studied variable. A statistical difference was found between the electrical conductivities for all growth variables. As for the physiological variables, there was a difference between the electrical conductivities for the chlorophyll indices, initial fluorescence, potential and effective quantum yield of photosystem II, internal CO₂ concentration, water use efficiency, water use efficiency and instantaneous carboxylation efficiency. Regarding the soil chemical attributes, an increasing response occurred due to the increase of the electrical conductivities for all variables studied. The salinity of the water causes reduction of the development parameters of basil. Applications of biostimulant have no effect on the growth and physiology of basil when the plants are irrigated with salt water. Saline stress causes changes in potassium and sodium contents, as well as increase in the electrical conductivity of the saturation extract, cation exchange capacity, base sum and base saturation.

Key words: *Ocimum basilicum* L, Lamiaceae, water salinity, plant hormones, gas exchange.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I: ESTRESSE SALINO E REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL NO CRESCIMENTO E FITOMASSA DO MANJERICÃO

- Figura 1.** Temperaturas máximas, médias e mínimas e valores máximos, médios e mínimos de umidade relativa na casa de vegetação durante o período experimental. Areia-PB, 2019..... 15
- Figura 2.** Altura de plantas, diâmetro do caule e área foliar em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019..... 19
- Figura 3.** Massa fresca do caule, folha e inflorescência em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019..... 21
- Figura 4.** Massa seca do caule, folha, inflorescência, raiz e total em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019..... 22
- Figura 5.** Diâmetro do caule e massa seca da folha em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a doses de regulador de crescimento vegetal. Areia-PB, 2019..... 24

ARTIGO II: RESPOSTAS FISIOLÓGICAS NO ESTRESSE SALINO E REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL EM MANJERICÃO (*Ocimum basilicum* L.)

- Figura 1.** Temperaturas máximas, médias e mínimas e valores máximos, médios e mínimos de umidade relativa da casa de vegetação durante o experimento. Areia-PB, 2019..... 31
- Figura 2.** Índices de clorofila *a*, clorofila *b* clorofila total e razão clorofila *a/b* em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019..... 35
- Figura 3.** Fluorescência inicial – F_0 , rendimento quântico potencial do fotossistema II – F_v/F_m e rendimento quântico efetivo do fotossistema II – F_v/F_0 em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019..... 36
- Figura 4.** Concentração interna de CO_2 – C_i , eficiência do uso da água – EUA, eficiência instantânea do uso da água – EiUA e eficiência instantânea de carboxilação – EiC em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019..... 37

ARTIGO III: ESTRESSE SALINO E BIOESTIMULANTE VEGETAL EM MANJERICÃO: EFEITOS NA PLANTA E NO SOLO

Figura 1. Temperaturas máximas, médias e mínimas e umidades relativas máximas, médias e mínimas na casa de vegetação durante o experimento. Areia-PB, 2019.....	46
Figura 2. Número de folhas e massa seca de plantas em manjericão (<i>Ocimum basilicum</i> L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.....	50
Figura 3. Produção de massa fresca e produtividade de massa fresca em manjericão (<i>Ocimum basilicum</i> L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.....	51
Figura 4. Teores de potássio e sódio em solo cultivado com manjericão (<i>Ocimum basilicum</i> L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.....	52
Figura 5. Condutividade elétrica do extrato de saturação, capacidade de troca catiônica, soma de bases e saturação por bases em solo cultivado com manjericão (<i>Ocimum basilicum</i> L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.....	53

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I: ESTRESSE SALINO E REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL NO CRESCIMENTO E FITOMASSA DO MANJERICÃO

Tabela 1. Características químicas do substrato utilizado no experimento. Areia-PB, 2019...	16
Tabela 2. Composto Central de Box utilizado no experimento. Areia-PB, 2019.....	16
Tabela 3. Características químicas das águas utilizadas no experimento. Areia-PB, 2019.....	17
Tabela 4. Redução relativa da produção de matéria seca total em manjericão (<i>Ocimum basilicum L.</i>) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.....	23

ARTIGO II: RESPOSTAS FISIOLÓGICAS NO ESTRESSE SALINO E REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL EM MANJERICÃO (*Ocimum basilicum L.*)

Tabela 1. Características químicas do substrato utilizado no experimento. Areia-PB, 2019...	31
Tabela 2. Composto Central de Box utilizado no experimento. Areia-PB, 2019.....	32
Tabela 3. Características químicas das águas utilizadas no experimento. Areia-PB, 2019.....	32
Tabela 4. Valores médios para índice de clorofila a (Ca), clorofila b (Cb) clorofila total (Ct) e razão clorofila a/b (Ca/Cb), fluorescência inicial (F0), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm) e rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Fv/F0) em manjericão (<i>Ocimum basilicum L.</i>) submetido a doses de regulador de crescimento vegetal. Areia-PB, 2019.....	38
Tabela 5. Valores médios para fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO ₂ (Ci), eficiência do uso da água (EUA), eficiência instantânea do uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) em manjericão (<i>Ocimum basilicum L.</i>) submetido a doses de regulador de crescimento vegetal. Areia-PB, 2019.....	39

ARTIGO III: ESTRESSE SALINO E BIOESTIMULANTE VEGETAL EM MANJERICÃO: EFEITOS NA PLANTA E NO SOLO

Tabela 1. Características químicas do substrato utilizado no experimento. Areia-PB, 2019...	47
Tabela 2. Composto Central de Box utilizado no experimento. Areia-PB, 2019.....	47
Tabela 3. Características químicas das águas utilizadas no experimento. Areia-PB, 2019.....	48

SUMÁRIO

ARTIGO I: ESTRESSE SALINO E REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL NO CRESCIMENTO E FITOMASSA DO MANJERICÃO.....	13
RESUMO	13
ABSTRACT	13
INTRODUÇÃO	14
MATERIAL E MÉTODOS	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
CONCLUSÕES.....	24
REFERÊNCIAS	24
ARTIGO II: RESPOSTAS FISIOLÓGICAS NO ESTRESSE SALINO E REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL EM MANJERICÃO (<i>Ocimum basilicum</i> L.)	28
RESUMO	28
ABSTRACT	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS	40
ARTIGO III: ESTRESSE SALINO E BIOESTIMULANTE VEGETAL EM MANJERICÃO: EFEITOS NA PLANTA E NO SOLO.....	44
RESUMO	44
ABSTRACT	44
INTRODUÇÃO	45
MATERIAL E MÉTODOS	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS	54

ARTIGO I

ESTRESSE SALINO E REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL NO DESENVOLVIMENTO E NA FITOMASSA DO MANJERICÃO

Resumo

O cultivo de manjericão (*Ocimum basilicum* L.) pode ser uma alternativa econômica para o nordeste brasileiro. No entanto, grande parte dessa região apresenta excesso de sais na água. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de regulador de crescimento vegetal sobre o desenvolvimento do manjericão submetido ao estresse salino. O experimento foi conduzido na Universidade Federal da Paraíba, em Areia, Paraíba, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em fatorial 5 x 5, combinadas segundo a matriz experimental Composto Central de Box, referente a cinco condutividades elétricas da água de irrigação e cinco doses de regulador de crescimento vegetal, com valores mínimos (- α) e máximos (α), respectivamente de 0,5 e 6,0 dS m⁻¹ e 0,0 e 10,0 mL L⁻¹, totalizando nove tratamentos, com quatro repetições e 4 plantas por parcela. Aos 57 dias após o transplantio foram avaliadas altura de plantas, diâmetro do caule, área foliar, massas frescas (caule, folha e inflorescência) e massas secas (caule, folha, inflorescência, raiz e total). Constatou-se diferença significativa nas condutividades elétricas para todas as variáveis estudadas. A salinidade da água de irrigação provoca redução dos parâmetros de crescimento do manjericão com exceção das biomassas da inflorescência. A cultivar de manjericão Maria Bonita é tolerante à condutividade elétrica da água de irrigação de até 3,25 dS m⁻¹. Aplicações exógenas de regulador de crescimento vegetal surte efeitos positivos para diâmetro do caule e massa seca da folha do manjericão quando as plantas são submetidas ao estresse salino.

Palavras-chave: *Ocimum basilicum* L, Lamiaceae, salinidade, fitohormônios.

Abstract

The cultivation of basil (*Ocimum basilicum* L.) may be an economical alternative for the Brazilian northeast. However, much of this region has excess salts in the water. The objective of this work was to evaluate the effects of plant growth regulator on the development of saline stressed basil. The experiment was conducted at the Federal University of Paraíba, Areia, Paraíba, Brazil. The experimental design was a randomized complete block design, in a 5 x 5 factorial, combined with the Central Compound of Box experiment, with five electrical conductivities of irrigation water and five doses of plant growth regulator, with minimum values

(- α) and (α), respectively 0.5 and 6.0 dS m⁻¹ and 0.0 and 10.0 mL L⁻¹, totaling nine treatments, with four replications and four plants per plot. Plant height, stem diameter, leaf area, fresh masses (stem, leaf and inflorescence) and dry masses (stem, leaf, inflorescence, root and total) were evaluated at 57 days after transplanting. A significant difference was found in the electrical conductivities for all variables studied. The salinity of the irrigation water causes a reduction in the growth parameters of basil, except for the biomass of the inflorescence. The basil cultivar Maria Bonita is tolerant to the electrical conductivity of irrigation water up to 3.25 dS m⁻¹. Exogenous applications of plant growth regulator have positive effects on stem diameter and dry mass of basil leaf when plants are subjected to saline stress.

Key words: *Ocimum basilicum* L, Lamiaceae, salinity, phytohormones.

INTRODUÇÃO

O manjericão (*Ocimum basilicum* L.), pertencente à família Lamiaceae, sendo considerado um subarbusto que pode ser cultivado de forma perene ou anual (MAGGIONI et al., 2014). As folhas dessa espécie possuem glândulas secretoras de óleo essencial, cujo principal componente é o linalol, substância de alto valor econômico para a indústria de cosméticos, fármacos e perfumaria, sendo também utilizado na aromatização de alimentos, bebidas e ambientes (BLANK et al., 2004; MAY et al., 2008).

Em grande parte da região Nordeste do Brasil a irrigação é uma das tecnologias que mais influenciam no crescimento das plantas cultivadas, pois minimizam os efeitos desfavoráveis das irregularidades das chuvas, condições edafoclimáticas típicas de regiões semiáridas (OLIVEIRA et al., 2012). No entanto, além do volume de água disponibilizado para as plantas, outro fator fundamental é a qualidade da água para a irrigação, principalmente em termos de concentração de sais (OLIVEIRA et al., 2014).

O excesso de sais na solução do solo, aumenta o potencial osmótico, impedindo ou dificultando a captação de água pela planta, além do desequilíbrio nutricional e de toxicidade sobre a fisiologia vegetal, afetando negativamente o seu desenvolvimento (ALMEIDA, 2010).

Pesquisas tem sido realizada com o intuito de avaliar os efeitos da salinidade no desenvolvimento do manjericão (MAIA et al., 2017; SILVA et al., 2018), os resultados mostraram efeitos deletérios da salinidade sobre a altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, acúmulo de massas de matéria fresca e seca da parte aérea.

Estudos têm sido desenvolvidos com o objetivo de desenvolver estratégias de manejo que possibilitem o uso da água salina na irrigação, sem que afete negativamente o crescimento

das plantas. Dentre os manejos estudados destaca-se a utilização de reguladores de crescimento vegetal (OLIVEIRA et al., 2016; SOUZA NETA et al., 2018). O uso dessas substâncias pode ser uma alternativa eficaz pelo fato de aumentarem o crescimento e desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão celular e elevando a absorção de água e nutrientes pelas plantas (VIEIRA & CASTRO, 2001).

Os reguladores de crescimento podem apresentar em sua composição três substâncias que atuam como promotoras de crescimento, o ácido indolbutírico (auxina), a cinetina (citocinina) e o ácido giberélico (giberelina) (CASTRO et al., 1998), sendo esta a razão pela qual sua utilização pode mitigar os efeitos deletérios do estresse salino.

Pesquisadores tem observado que os efeitos benéficos dos reguladores de crescimento podem ser inibidos pela salinidade da água de irrigação (OLIVEIRA et al., 2017), no entanto, seus benefícios podem ser influenciados por fatores como forma de aplicação, número de aplicações, concentração do produto, época de aplicação e espécie vegetal. Na literatura existem poucas informações sobre o uso de reguladores de crescimento na cultura do manjericão, principalmente sob condições de estresse salino.

Tendo em vista a necessidade do uso de águas salinas na irrigação, levantou-se a hipótese de que a aplicação de regulador de crescimento pode amenizar os efeitos do estresse salino no manjericão. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de regulador vegetal sobre o desenvolvimento do manjericão (*Ocimum basilicum* L.) sob estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de janeiro a abril de 2018, em ambiente protegido (casa de vegetação), no Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, Paraíba, Brasil. Os dados atmosféricos da casa de vegetação durante o período experimental são mostrados na Figura 1.

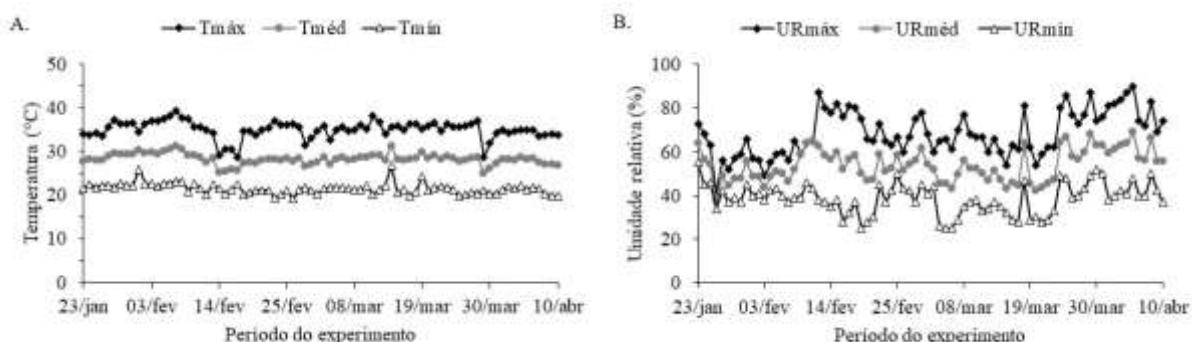


Figura 1. Temperaturas máximas, médias e mínimas (A) e valores máximos, médios e mínimos

de umidade relativa (B) na casa de vegetação durante o período experimental. Areia-PB, 2019.

Utilizou-se a cultivar de manjericão Maria Bonita, cuja semeadura foi realizada em bandeja plástica de 200 células, colocando-se entre 5 e 10 sementes por célula. Após a emergência realizou-se o desbaste deixando-se apenas uma plântula por célula. Aos 20 dias após semeadura quando as mudas apresentavam 6 folhas definitivas, foi feito o transplantio. Após isso, foram iniciados os tratamentos referentes ao manejo de irrigação com água salina.

As unidades experimentais foram representadas por vasos plásticos com capacidade para 5,0 dm³, contendo uma planta por vaso, no espaçamento de 0,6 x 0,4 m. Os vasos foram preenchidos com substrato contendo solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013) e esterco bovino curtido na proporção de 3:1. O substrato foi peneirado em malha de 2,0 mm e posteriormente analisado quimicamente, cujos resultados da análise são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do substrato utilizado no experimento. Areia-PB, 2019.

pH (H ₂ O 1:2,5)	MO (%)	P ---mg dm ⁻³ ---	K ⁺ ---mg dm ⁻³ ---	V (%)	CEs dS m ⁻¹
5,85	3,24	82,07	67,08	90,73	0,84
<hr/>					
Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	SB
<hr/>					
-----cmol _c dm ⁻³ -----					
1,50	4,30	2,10	0,00	0,83	8,07
<hr/>					
8,90					

MO: Matéria orgânica; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação por bases; CES: Condutividade elétrica do extrato saturado.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em fatorial 5 x 5, combinadas segundo a matriz experimental Composto Central de Box, referente a cinco condutividades elétricas da água de irrigação (CEa) e cinco doses de regulador de crescimento vegetal, com valores mínimos (- α) e máximos (α), respectivamente de 0,5 e 6,0 dS m⁻¹ e 0,0 e 10,0 mL L⁻¹, totalizando nove tratamentos, com quatro repetições e 4 plantas por parcela (Tabela 2).

Tabela 2. Composto Central de Box utilizado no experimento. Areia-PB, 2019.

Tratamentos	Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	Regulador de crescimento (mL L ⁻¹)
1	0,50	5,0
2	1,30	1,5
3	1,30	8,5

4	3,25	0,0
5	3,25	5,0
6	3,25	10,0
7	5,20	1,5
8	5,20	8,5
9	6,00	5,0

O manejo da irrigação foi aferido através de lisímetria de drenagem (ALVES et al., 2017). A água com menor condutividade elétrica ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$) foi proveniente do sistema de abastecimento da UFPB. Na preparação das águas com maiores concentrações foi adicionado NaCl a água de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ (OLIVEIRA et al., 2017). Para a aferição das salinidades foi utilizado condutivímetro portátil microprocessado Instrutherm® (modelo CD-860). As características das águas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 3. Características químicas das águas utilizadas no experimento. Areia-PB, 2019.

CEa dS m^{-1}	pH	SO_4^{2-} mg L^{-1}	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	RAS
0,5	6,5	2,77	0,09	0,43	0,25	1,40	0,00	1,75	3,00	0,48
1,3	7,2	3,25	0,09	2,70	0,30	1,23	0,00	2,25	12,75	3,09
3,25	7,1	4,51	0,09	13,83	0,35	1,15	0,00	2,25	33,75	15,97
5,2	7,3	4,22	0,09	23,55	0,38	1,38	0,00	1,75	51,75	25,18
6,0	7,1	5,54	0,10	27,76	0,40	1,15	0,00	1,50	58,50	31,53

CEa: Condutividade elétrica da água de irrigação; RAS: Relação de adsorção de sódio.

O regulador de crescimento vegetal utilizado foi composto por 0,005% de ácido indolbutírico (auxina), 0,005% de ácido giberélico (giberelina), 0,009% cinetina (citocinina) e 99,981% de ingredientes inertes (STOLLER DO BRASIL, 1998).

As aplicações do regulador de crescimento foram realizadas via foliar entre às 16h00min e 17h00min, aos 7; 21; 35 e 49 dias após o transplantio (DAT), aplicando-se volumes de caldas equivalentes a 100, 300, 800 e 1.500 L ha^{-1} , respectivamente. As pulverizações foram feitas com auxílio de atomizador, adicionando ainda a solução, o adjuvante Tween 80®, na concentração de 0,0002% da calda. As plantas que não receberam o regulador foram pulverizadas somente com água e adjuvante.

Aos 57 dias após o transplantio, período de pleno florescimento, foram analisadas as variáveis de desenvolvimento, altura de plantas: medindo-se a partir do colo da planta até a última inserção foliar, com auxílio de régua graduada em cm; diâmetro do caule: determinado a 2 cm do solo, utilizando-se paquímetro digital graduado em mm; área foliar: mensurada de 50 folhas aleatórias com régua graduada, tomando-se as dimensões comprimento (C) e largura (L), e aplicando-se na fórmula $AF = C \cdot L \cdot f$ conforme Martins (2016), sendo AF = área foliar; C = comprimento da folha; L = largura da folha; e f = fator de correção para o manjericão (0,6775); massas frescas do caule, folha e inflorescência: obtidos após a separação das partes da planta e pesados em balança de precisão (0,01 g); massas secas do caule, folha, inflorescência, raiz e total: os materiais foram acondicionados em sacos de papel e, em seguida, colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C por 72 horas. Após isto, foram pesados em balança de precisão (0,01 g).

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e regressão, utilizando o software SAS University (CODY, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação (CEa) e as doses de regulador de crescimento vegetal, assim como, não ocorreu efeito entre as doses de regulador de crescimento para a maioria das variáveis de crescimento, com exceção para diâmetro do caule e massa seca da folha. No entanto, foi constatada diferença entre as condutividades elétricas para todas as variáveis de crescimento (altura de plantas, diâmetro do caule, área foliar, massas frescas do caule, folha e inflorescência; massas secas do caule, folha, inflorescência, raiz e total).

Analizando-se as variáveis notam-se que ocorreram decréscimos nos valores à medida que se elevou as condutividades elétricas, exceto para as biomassas da inflorescência, onde verificou-se incremento nos valores. Segundo Taiz et al. (2017) os efeitos da salinidade nas plantas ocorrem por uma resposta rápida à elevação da pressão osmótica na interface raiz-solo seguida de uma resposta lenta causada pelo acúmulo de Na^+ e Cl^- nas folhas. Na fase osmótica, há diminuição no crescimento da parte aérea, com diminuição da expansão foliar e inibição da formação de gemas laterais. A segunda fase inicia com o acúmulo tóxico de Na^+ nas folhas, provocando a inibição da fotossíntese e dos processos biossintéticos.

A altura de plantas sofre redução em resposta ao aumento da salinidade da água de irrigação, com maior valor (46,9 cm) obtido nas plantas irrigadas com concentração de 0,5 dS

m^{-1} , havendo decréscimo de 20,68%, em comparação com as plantas irrigadas com CEa de 6,0 dS m^{-1} , onde obteve-se as menores médias com 37,2 cm (Figura 2A). Bione et al. (2014) trabalhando em sistema hidropônico observaram comportamento semelhante utilizando concentração de até 8,48 dS m^{-1} , evidenciando redução no crescimento em altura de plantas de manjericão.

O diâmetro do caule também foi afetado negativamente com o incremento da concentração de salinidade, observa-se que o maior valor (9,68 mm) foi obtido na concentração de 0,5 dS m^{-1} e o menor (7,70 mm) na CEa de 5,99 dS m^{-1} , o que representa decréscimo de 20,45% (Figura 2B). Efeito similar foi relatado por Maia et al. (2017) que estudando o comportamento de manjericão das cultivares Verde e Roxo submetidos a irrigação com condutividade elétrica de até 5,0 dS m^{-1} relataram decréscimo do diâmetro caulinário.

Na Figura 2C, observa-se que a área foliar foi severamente afetada pelo incremento das condutividades elétricas, sendo que os valores máximos e mínimos foram de 4.560,71 e 2.423,12 cm^2 , sendo obtidos nas CEa de 0,5 e 5,4 dS m^{-1} , nesta ordem, decréscimo de 46,87% comparativamente. Esses resultados diferem dos encontrados por Silva et al. (2018), que observaram redução linear da área foliar na cultivar Canela irrigadas com as mesmas concentrações salinas.

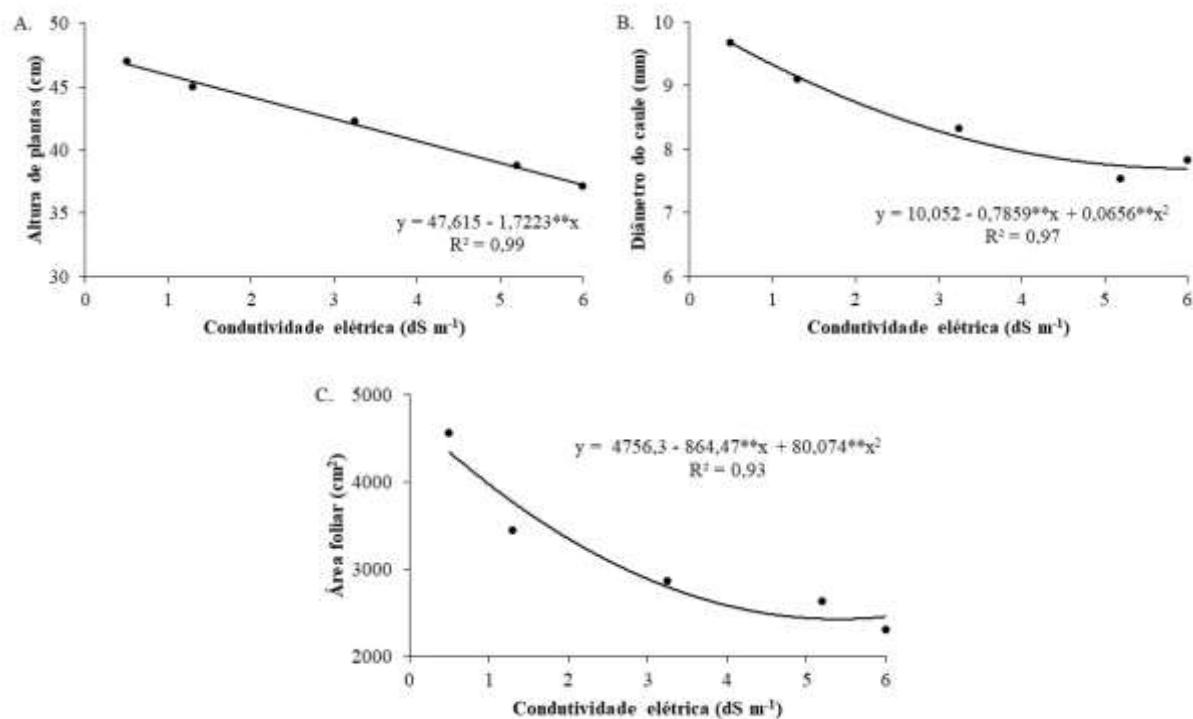


Figura 2. Altura de plantas (A), diâmetro do caule (B) e área foliar (C) em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.

O decréscimo da área foliar, está relacionado com os mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, reduzindo a superfície de transpiração, sendo importante para a manutenção do potencial hídrico elevado, através da diminuição da transpiração (TESTER & DAVENPORT, 2003).

Na Figura 3A, verifica-se que houve decréscimo para a massa fresca do caule com a elevação das condutividades elétricas, sendo observado redução de 57,19% nas plantas irrigadas com a condutividade mais elevada ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$) em comparação com as irrigadas com a menor CEa ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$).

O aumento das CEa também afetou a massa fresca da folha (Figura 3B), ocorrendo perdas de 49,52%, passando de 62,84 g de massa fresca foliar na concentração de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, para 31,69 g obtido na concentração de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$. Pesquisas já relataram que a massa fresca da parte aérea de manjericão submetido ao estresse salino sofre redução significativa, principalmente pela redução do potencial osmótico e a toxicidade causado pelo Na^+ (BIONE et al., 2014; KALTEH et al., 2014; SILVA et al., 2017), assemelhando-se aos resultados desse trabalho.

Para a massa fresca da inflorescência (Figura 3C), observa-se que as CEa proporcionaram respostas quadráticas, no qual o menor valor (5,61 g) foi obtido na condutividade de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ e o maior (17,01 g) foi obtido na CEa de $5,12 \text{ dS m}^{-1}$, representando aumento de 67,02%. Silva et al. (2018) trabalhando com a cultivar Canela, relataram efeitos contrários aos observados neste trabalho.

De acordo com Taiz et al. (2017) em resposta ao estresse salino, as plantas podem alterar seu fenótipo, resultando em alterações anatômicas adaptativas que as capacitam a evitar alguns dos efeitos deletérios da salinidade. A redução do ciclo apresenta-se como uma dessas alterações, fato que pode explicar o aumento da biomassa da inflorescência com os incrementos de CEa.

Apesar dos efeitos negativos causados pelo excesso de sais, o manjericão consegue se desenvolver sob condições de salinidade. Isso demonstra que a espécie é tolerante ao estresse salino, conforme relatos de alguns autores (CIRAK & BERTOLI, 2013; CALISKAN et al., 2017).

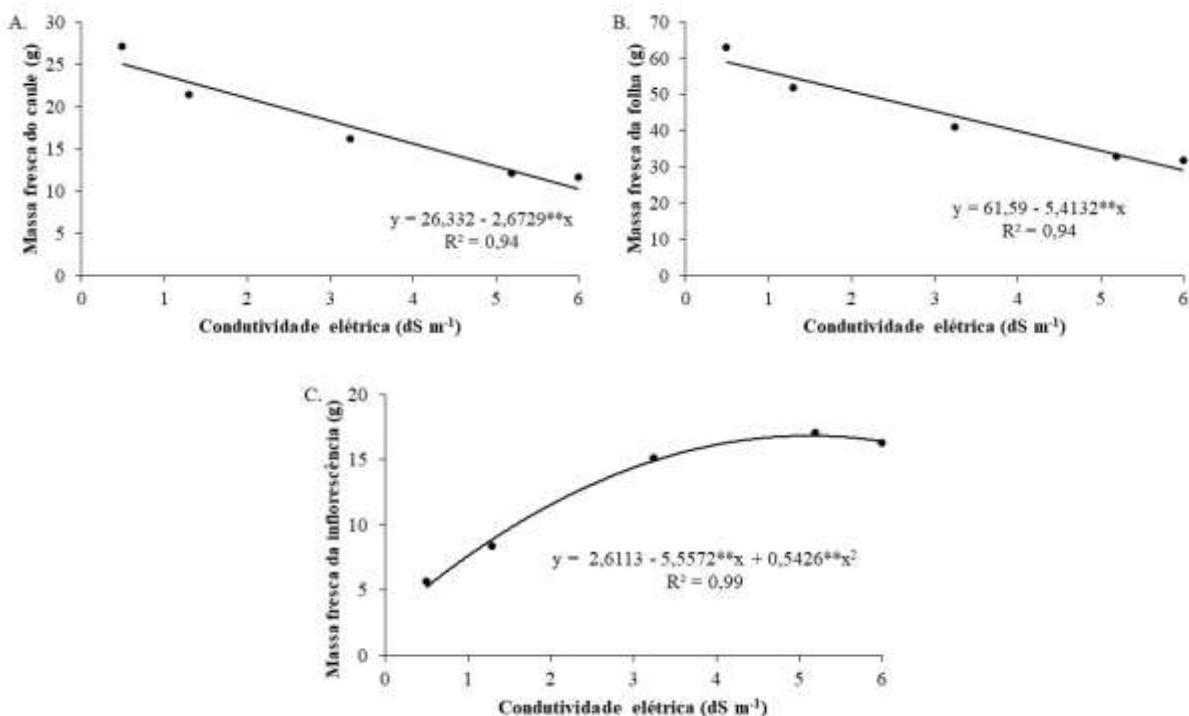


Figura 3. Massa fresca do caule (A), folha (B) e inflorescência (C) em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.

Na Figura 4, são apresentados os resultados da biomassa seca, onde verifica-se efeito significativo influenciado pelo aumento da condutividade elétrica aplicada na irrigação. Observa-se que as respostas para massa seca do caule, folha e inflorescência comportaram-se de maneira semelhante aos encontrados para as variáveis de massa fresca do caule, folha e inflorescência, respectivamente.

Para massa seca do caule (Figura 4A) e folha (Figura 4B) os maiores valores foram encontrados na condutividade de 0,5 dS m⁻¹ e os menores nas plantas irrigadas com 6,0 dS m⁻¹. Para massa seca do caule e folha as reduções foram de 47,68 e 55,17%, nesta ordem. Silva et al. (2017) relata que a biomassa de duas cultivares (Basilicão e Folha Fina) submetidas a salinidade da água de até 10,0 dS m⁻¹ obtiveram efeitos semelhantes aos encontrados na Figura 3.

Para a massa seca da inflorescência (Figura 4C) a maior amplitude foi obtida entre as condutividades de 0,5 e 4,94 dS m⁻¹, obtendo-se incremento superior a 78%. Silva et al. (2018) estudando a biomassa da inflorescência da cultivar Canela submetida a salinidades semelhantes observaram comportamento decrescente, resultado contrário ao obtido neste trabalho. De acordo com Munns et al. (2002), dependendo do genótipo o acúmulo de íons tóxicos pode acarretar na morte das folhas mais velhas das plantas submetidas ao estresse salino, de modo

que a área foliar fotossinteticamente ativa fica comprometida, com isso, a planta antecipa seus processos fisiológicos enquanto ainda existem folhas metabolicamente ativas, de modo a garantir a floração e produção de sementes.

A CEA afeta de forma negativa a massa seca da raiz (Figura 4D), apresentando resultado linear decrescente, com o maior valor de 5,78 g de raiz sendo obtido na CEA de 0,5 dS m⁻¹, enquanto que o menor valor de 3,83 g foi encontrado na CEA de 6,0 dS m⁻¹, verificando-se decréscimo de 33,74%. Resultados semelhantes foram encontrados por Caliskan et al. (2017) com salinidades variando de 0,4 a 8,0 dS m⁻¹ ocorrendo redução de 36,37%, relativamente.

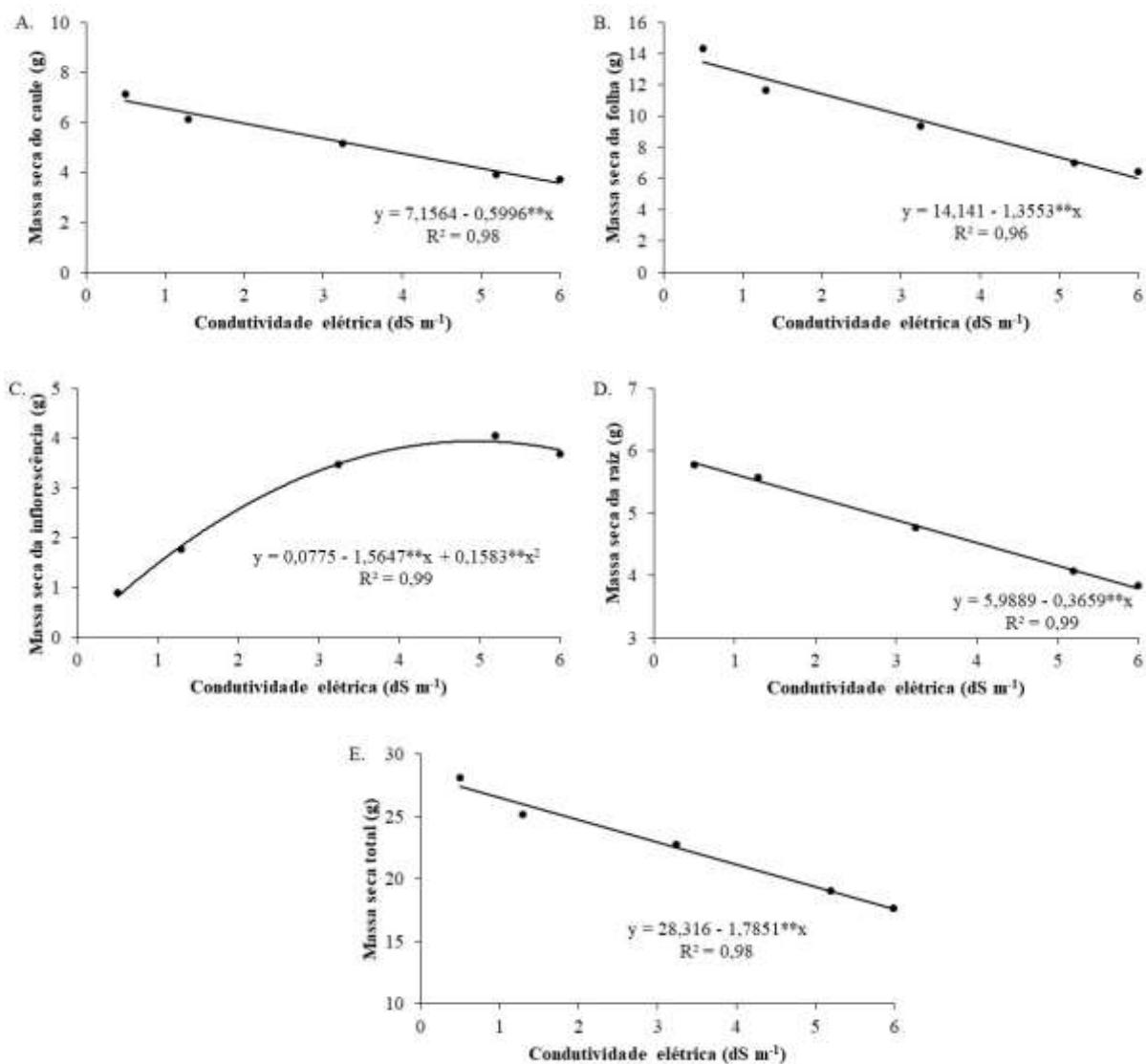


Figura 4. Massa seca do caule (A), folha (B), inflorescência (C), raiz (D) e total (E) em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.

Assim como para a massa seca da raiz para a massa seca total (Figura 4E) ocorreu resposta decrescente dos valores com o aumento das CEa, com maior valor (28,07 g) ocorrendo na condutividade de 0,5 dS m⁻¹, enquanto que o menor (17,65 g) foi obtido na condutividade de 6,0 dS m⁻¹, representando redução superior a 37,12%.

O efeito prejudicial da salinidade sobre crescimento das plantas pode ser explicado pelo comprometimento das funcionalidades bioquímicas e fisiológicas, estando ligado aos efeitos tóxicos, osmóticos e nutricionais, devido ao acúmulo de sais na zona radicular da planta (TAIZ et al., 2017).

Na tabela 3, é possível verificar que o manjericão foi classificado como tolerante à CEa de até 3,25 dS m⁻¹, enquanto que para as condutividades mais elevadas (5,2 e 6,0 dS m⁻¹) foi classificado como moderadamente tolerante de acordo com a classificação proposta por Fageria et al. (2010).

Em trabalho realizado por Bione et al. (2014) o manjericão foi classificado como tolerante à concentração de sais de até 1,45 dS m⁻¹, enquanto que Maia et al. (2017) verificaram que as cultivares Verde e Roxo são tolerantes até a condutividade de 1,5 dS m⁻¹.

Os resultados encontrados na Figura 4 mostram baixa redução relativa da produção de matéria seca total das plantas submetidas ao estresse salino em relação as plantas irrigadas com menor CEa (0,5 dS m⁻¹), indicando relativa tolerância da cultivar aos efeitos da salinidade, especificamente para o Na⁺ e o Cl⁺ mesmo quando submetida as maiores concentrações de sais. De acordo com Munns et al. (2002) os mecanismos de tolerância aos efeitos do estresse salino podem variar dentro da mesma espécie vegetal, com genótipos apresentando-se mais tolerantes que outros.

Tabela 4. Redução relativa da produção de matéria seca total em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.

CEa (dS m ⁻¹)	Redução da produção (%)	Classificação**
1,30	10,53	Tolerante
3,25	19,05	Tolerante
5,20	32,29	Moderadamente tolerante
6,00	37,12	Moderadamente tolerante

** Conforme classificação proposta por Fageria et al. (2010).

Houve efeito significativo das doses do regulador de crescimento vegetal para diâmetro do caule (Figura 5A). Verificou-se resposta quadrática, com valor máximo (8,66 mm) obtido

na dose de 5,12 mL L⁻¹, ocorrendo decréscimo a partir dessa concentração, com valor mínimo (8,07 mm) sendo observado na concentração mais elevada (10 mL L⁻¹).

Semelhantemente ao diâmetro do caule, para massa seca da folha houve resposta quadrática ao efeito das doses do regulador de crescimento, obtendo-se até 10,17 g na dose de 4,79 mL L⁻¹ (Figura 5B). A partir dessa concentração ocorreu redução da biomassa, alcançando o menor valor na dose de 10 mL L⁻¹, com 9,03 g. Para Oliveira et al. (2016) os efeitos benéficos do regulador vegetal no crescimento das plantas são inibidos de acordo com a intensidade do estresse salino, fato este, que pode explicar o efeito quadrático nos valores de diâmetro do caule e massa seca da folha.

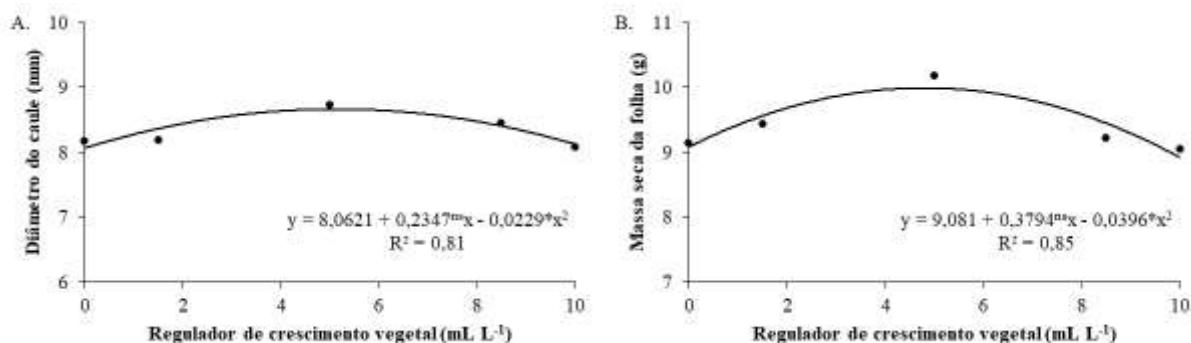


Figura 5. Diâmetro do caule (A) e massa seca da folha (B) em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a doses de regulador de crescimento vegetal. Areia-PB, 2019.

CONCLUSÕES

1. O estresse salino provoca redução dos parâmetros de desenvolvimento do manjericão (*Ocimum basilicum* L.), com exceção das biomassas da inflorescência, onde ocorre elevação até a condutividade elétrica de 5,2 dS m⁻¹;
2. A cultivar de manjericão Maria bonita pode ser considerada tolerante à condutividade elétrica da água de irrigação de até 3,25 dS m⁻¹;
3. Aplicações exógenas de regulador de crescimento vegetal surte efeitos positivos para diâmetro do caule e massa seca da folha do manjericão quando as plantas são submetidas ao estresse salino.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. 1^a ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 234 p.

ALVES, E. S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017.

BIONE, M. A.; PAZ, V. D. S.; SILVA, F.; RIBAS, R. F.; SOARES, T. M. Crescimento e produção de manjericão em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1228-1234, 2014.

BLANK, A. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTOS NETO, A. L.; ALVES, P. B.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R.; MENDONÇA, M. C. Caracterização morfológica e agronômica de acessos de manjericão e alfavaca. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 113-116, 2004.

CALISKAN, O.; KURT, D.; TEMIZEL, K. E.; ODABAS, M. S. Effect of salt stress and irrigation water on growth and development of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). **Open Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 589-594, 2017.

CASTRO, P. R. C.; PACHECO, A. C.; MEDINA, C. L. Efeitos de Stimulate e de micro-citros no desenvolvimento vegetativo e na produtividade da laranjeira pêra (*Citrus sinensis* L. osbeck). **Scientia Agricola**, v. 55, n. 2, p. 338-341, 1998.

CIRAK, C.; BERTOLI, A. Aromatic profiling of wild and rare species growing in Turkey: *Hypericum aviculareifolium* Jaub. and Spach subsp. *depilatum* (Freyn and Bornm.) Robson var. *depilatum* and *Hypericum pruinatum* Boiss. and Bal. **Natural product research**, v. 27, n. 2, p. 100-107, 2013.

CODY, R. **An introduction to SAS® university edition**. Cary: SAS Institute, 2015. 366 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. S.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA. S.; LACERDA, C. F. (ed.) **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTS, 2010. cap 13, p. 205-216.

KALTEH, M.; ALIPOUR, Z. T.; ASHRAF, S.; ALIABADI, M. M.; NOSRATABADI, A. F. Effect of silica nanoparticles on basil (*Ocimum basilicum*) under salinity stress. **Journal of Chemical Health Risks**, v. 4, n. 3, p. 49-55, 2014.

MAGGIONI, M. S.; ROSA, C. B. C. J.; ROSA JÚNIOR, E. J.; SILVA, E. F.; ROSA, Y. B. C. J.; SCALON, S. P. Q.; VASCONCELOS, A. A. Desenvolvimento de mudas de manjericão (*Ocimum basilicum* L.) em função do recipiente e do tipo e densidade de substratos. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 16, n. 1, p. 10-17, 2014.

MAIA, S. S. S.; SILVA, R. C. P.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, O. M. P.; SILVA, A. C.; CANDIDO, W. S. Responses of basil cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 44-49, 2017.

MARTINS, I. P. **Crescimento e consumo de água por manjericão (*Ocimum basilicum* L.) sob diferentes regimes hídricos.** 2016. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.

MATEUS, N. B.; BARBIN, D.; CONAGIN, A. Viabilidade de uso do delineamento composto central. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 6, p. 1537-1546, 2001.

MAY, A.; BOVI, O. A.; MAIA, N. B.; BARATA, L. E. S.; SOUZA, R. C. Z.; SOUSA, E. M. R.; MORAES, A. R. A.; PINHEIRO, M. Q. Basil plants growth and essential oil yield in a production system with successive cuts. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 385- 389, 2008.

MUNNS, R.; HUSAIN, S.; RIVELLI, A. R.; RICHARD, A. J.; CONDON, A. G.; MEGAN, P. L.; EVANS, S. L.; SCHACHTMAN, D. P.; HARE, R. A. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. **Plant and Soil**, v. 247, p. 93-105, 2002.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; CUNHA, R. C.; SOUZA, M. W. L.; LIMA, L. A. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 307-315, 2016.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. R. A.; FREIRE, A. G.; SOARES, L. C. S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 279-287, 2012.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; LIMA, L. A.; ALVES, R. C.; RÉGIS, L. R. L.; SANTOS, S. T. Estresse salino e biorregulador vegetal em feijão caupi. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 314-329, 2017.

OLIVEIRA, F. A.; PINTO, K. S. O.; BEZERRA, F. M. S.; LIMA, L. A.; CAVALCANTE, A. L. G.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F. Tolerância do maxixeiro, cultivado em vasos, à salinidade da água de irrigação. **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 147-154, 2014.

SILVA, T. I.; CHAVES, J. T. L.; BEZERRA, A. E.; SILVA, J. D. S.; SANTOS, H. R.; MARCO, C. A. Phytomass production and *Ocimum basilicum* L. essential oil content submitted to saline stress. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 2, p. 71-80, 2017.

SILVA, T. I.; MELO FILHO, J. S.; GONÇALVES, A. C. M.; SOUSA, L. V.; MOURA, J. G.; DIAS, T. J.; ALVAREZ-PIZARRO, J. C.; PEREIRA, W. E.; MENDONÇA, R. M. N. Salicylic Acid Effect on *Ocimum basilicum* L. during Growth in Salt Stress and Its Relationship between Phytomass and Gas Exchange. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 22, n. 4, p. 1-10, 2018.

SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, F. A.; TORRES, S. B.; SOUZA, A. A. T.; SILVA, D. D. A.; SANTOS, S. T. Gherkin cultivation in saline medium using seeds treated with a biostimulant. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, n. 1, p. 1-10, 2018.

STOLLER DO BRASIL. **Stimulate Mo em hortaliças**: informativo técnico. Cosmopolis: Stoller do Brasil. Divisão Arbore, 1998. 1v.

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

TESTER, M.; DAVÉNPORT, R. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, n. 5, p. 503-527, 2003.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.

ARTIGO II

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS NO ESTRESSE SALINO E REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL EM MANJERICÃO (*Ocimum basilicum* L.)

Resumo

Em regiões semiáridas a irrigação é uma prática comumente aplicada para se obter produção agrícola. No entanto, a salinidade hídrica pode acarretar modificações na fisiologia vegetal. Na literatura existem poucas informações referentes a fisiologia do manjericão, principalmente sob condições de salinidade e utilização de reguladores de crescimento. O objetivo do trabalho foi avaliar as respostas fisiológicas do manjericão submetido ao estresse salino e regulador de crescimento vegetal. O experimento foi conduzido na Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia, Paraíba, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em fatorial 5×5 , combinadas segundo a matriz experimental Composto Central de Box, referente a cinco condutividades elétricas da água de irrigação e cinco doses de regulador de crescimento vegetal, com valores mínimos ($-\alpha$) e máximos (α), respectivamente de $0,5$ e $6,0$ dS m^{-1} e $0,0$ e $10,0$ mL L^{-1} , totalizando nove tratamentos, com quatro repetições e 4 plantas por parcela. Aos 57 dias após o transplantio foram analisadas as variáveis de índice de clorofila, fluorescência da clorofila e trocas gasosas. Não houve interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação e as doses de regulador de crescimento vegetal, assim como, não ocorreu efeito entre as doses de regulador de crescimento para nenhuma variável estudada. O estresse salino causa modificações na fisiologia do manjericão (*Ocimum basilicum* L.) provocando incrementos na maioria das variáveis estudadas. Aplicações do regulador de crescimento vegetal até a dose de 10 mL L^{-1} influencia a fisiologia do manjericão sob estresse salino.

Palavras-chave: Trocas gasosas, salinidade hídrica, hormônios vegetais.

Abstract

In semi-arid regions irrigation is a commonly applied practice for agricultural production. However, water salinity can lead to changes in plant physiology. In the literature there is little information regarding the physiology of basil, mainly under conditions of salinity and use of growth regulators. The objective of this work was to evaluate the physiological responses of saline stress and plant growth regulator. The experiment was conducted at the Federal University of Paraíba, Campus II, Areia, Paraíba, Brazil. The experimental design was a randomized block, in a factorial of 5×5 , combined according to the Central Compound Experimental of Box, referring to five electrical conductivities of the irrigation water and five

doses of plant growth regulator, with minimum values ($-\alpha$) and max (α), respectively of 0.5 and 6.0 dS m⁻¹ and 0.0 and 10.0 mL L⁻¹, totaling nine treatments, with four replications and two plants per plot. At 57 days after transplanting, the variables chlorophyll index, chlorophyll fluorescence and gas exchange were analyzed. There was no interaction between the electrical conductivities of the irrigation water and the doses of plant growth regulator, as well as, there was no effect between the doses of growth regulator for any variable studied. Saline stress causes changes in the physiology of basil (*Ocimum basilicum* L.) causing increases in most of the studied variables. Applications of the plant growth regulator up to the dose of 10 mL L⁻¹ influence the physiology of basil under saline stress.

Key words: Gaseous exchanges, water salinity, plant hormones.

INTRODUÇÃO

O manjericão (*Ocimum basilicum* L.) é uma espécie vegetal pertencente à família Lamiaceae, originalmente nativa da Índia e de outras regiões da Ásia, sendo encontrada atualmente em várias regiões do mundo (LU et al., 2014). Suas folhas contêm óleos essenciais de aroma forte, sendo utilizadas principalmente na indústria farmacêutica e na culinária (SANTOS et al., 2012).

As regiões áridas e semiáridas do planeta caracterizam-se por baixas precipitações pluviométricas, elevadas temperaturas e alta evaporação, sendo necessário a prática da irrigação para o desenvolvimento e produção agrícola (OLIVEIRA et al. 2012).

No entanto, além da disponibilidade hídrica outro fator fundamental para o cultivo agrícola é a qualidade da água de irrigação, visto que nessas regiões as águas podem possuir elevados teores de sais em suas composições, podendo provocar a salinização dos solos e consequentemente a redução do crescimento e desenvolvimento vegetal (MEDEIROS et al., 2008).

Quantidades elevadas de sais na água de irrigação podem acarretar modificações nas funções fisiológicas das plantas, através da regulação da abertura estomática, nas alterações de absorção e utilização dos nutrientes, além do acúmulo de íons tóxicos, principalmente Na⁺ e Cl⁻ no metabolismo vegetal (TAIZ et al., 2017).

Alguns autores já demonstraram que o manjericão é uma espécie tolerante ao estresse salino (MAIA et al., 2017). No entanto, em trabalho realizado recentemente por Silva et al. (2018), demonstraram que o estresse salino reduz o crescimento e desenvolvimento vegetal da espécie, além de promover modificações na fisiologia das plantas ocasionando alterações na

fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂, déficit de pressão de vapor, eficiência do uso de água e eficiência instantânea de carboxilação.

O desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que permitam o uso de águas salinas na agricultura sem acarretar efeitos deletérios nas plantas constituem uma das atividades essenciais para a produção agrícola, visto que a utilização de águas salinas em regiões áridas e semiáridas é imprescindível. Diante disso, estudos tem sido realizado com o objetivo de utilizar águas salinas sem que isso acarrete efeitos deletérios nas plantas, destacando-se a utilização de reguladores de crescimento vegetal (OLIVEIRA et al., 2016).

Os reguladores de crescimento são amplamente utilizados na agricultura, principalmente por possuírem em sua composição hormônios vegetais como auxina, giberelina e citocinina. Esses produtos promovem o crescimento e desenvolvimento vegetal através da divisão e alongamento celular além do aumento de absorção de água e nutrientes (VIEIRA & CASTRO, 2001).

Pesquisadores já relataram que o uso de regulador de crescimento vegetal promove aumento no crescimento, desenvolvimento e produção de biomassa das plantas. Entretanto, seus efeitos benéficos podem ser influenciados pelo estresse salino (SOUZA NETA et al., 2018).

Apesar da grande importância do manjericão, existem poucos relatos disponíveis na literatura sobre as respostas fisiológicas da espécie, principalmente sob condições de estresse salino e utilização de reguladores de crescimento. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar as respostas fisiológicas do manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido ao estresse salino e regulador de crescimento vegetal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, Paraíba, Brasil, entre os meses de janeiro e abril de 2018. Os dados atmosféricos da casa de vegetação durante o experimento são apresentados na Figura 1.

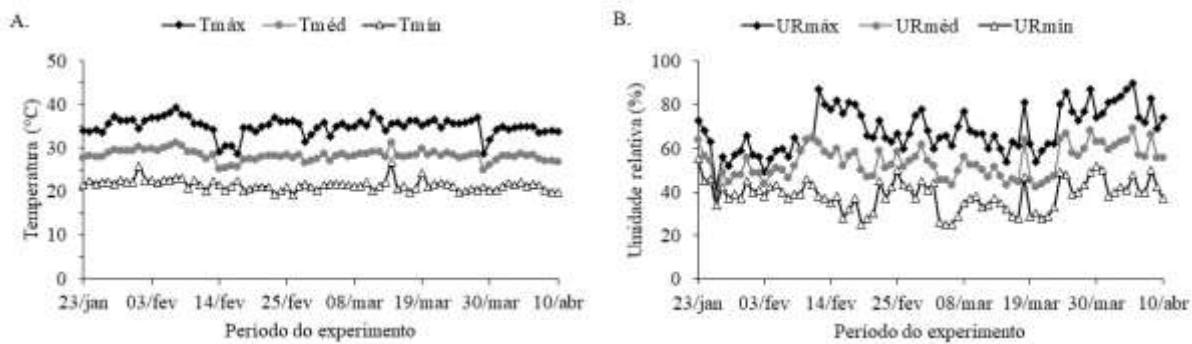


Figura 1. Temperaturas máximas, médias e mínimas (A) e valores máximos, médios e mínimos de umidade relativa (B) da casa de vegetação durante o experimento. Areia-PB, 2019.

As unidades experimentais foram representadas por vasos plásticos com capacidade para 5,0 dm³, contendo uma planta. Os vasos foram preenchidos com substrato composto por um solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013) e esterco bovino na proporção de 3:1. Os resultados da análise química do substrato são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do substrato utilizado no experimento. Areia-PB, 2019.

pH (H ₂ O 1:2,5)	MO (%)	P ---mg dm ⁻³ ---	K ⁺ ---mg dm ⁻³ ---	V (%)	CEs dS m ⁻¹
5,85	3,24	82,07	67,08	90,73	0,84
<hr/>					
Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	SB
<hr/>					
-----cmol _c dm ⁻³ -----					
1,50	4,30	2,10	0,00	0,83	8,07
<hr/>					
CTC					
<hr/>					
8,90					

MO: Matéria orgânica; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação por bases; CE_s: Condutividade elétrica do extrato saturado.

Utilizou-se a cultivar de manjericão Maria Bonita, cuja semeadura foi realizada em bandeja plástica de 200 células, colocando-se de 5 a 10 sementes por célula. Logo após a emergência foi feito o desbaste deixando-se em cada célula apenas a plântula mais vigorosa. Aos 20 dias após semeadura realizou-se o transplantio para os vasos, onde foram iniciados os tratamentos referentes ao manejo de irrigação com estresse salino.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em fatorial 5 x 5, combinadas segundo a matriz experimental Composto Central de Box, referente a cinco condutividades elétricas da água de irrigação (CE_a) e cinco doses de regulador de crescimento vegetal, com

valores mínimos ($-\alpha$) e máximos (α), respectivamente de 0,5 e 6,0 dS m⁻¹ e 0,0 e 10,0 mL L⁻¹, totalizando nove tratamentos, com quatro repetições e 4 plantas por parcela.

Tabela 2. Composto Central de Box utilizado no experimento. Areia-PB, 2019.

Tratamentos	Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	Regulador de crescimento (mL L ⁻¹)
1	0,50	5,0
2	1,30	1,5
3	1,30	8,5
4	3,25	0,0
5	3,25	5,0
6	3,25	10,0
7	5,20	1,5
8	5,20	8,5
9	6,00	5,0

O controle da irrigação aferido através de lisímetria de drenagem (ALVES et al., 2017). A água com menor condutividade elétrica (0,5 dS m⁻¹) foi proveniente do sistema de abastecimento da UFPB. Na preparação das águas com maiores condutividades elétricas foi adicionado NaCl a água com 0,5 dS m⁻¹ (SOUZA NETA et al., 2018), utilizando para aferição das águas salinas condutivímetro portátil microprocessado Instrutherm® (modelo CD-860). As características químicas quanto as qualidades das águas para fins de irrigação são apresentadas na Tabela 3.

O regulador de crescimento vegetal utilizado possui em sua composição 0,005% de ácido giberélico, 0,005% de ácido indolbutírico, 0,009% de cinetina e 99,981% de outros ingredientes (STOLLER DO BRASIL, 1998). As aplicações foram feitas via foliar aos 7; 21; 35 e 49 dias após o transplantio, com auxílio de um atomizador com capacidade para 500 mL. Juntamente com as doses do regulador de crescimento foi adicionado o adjuvante Tween 80®, na concentração de 0,0002%. Aplicou-se água e adjuvante nas plantas que não receberam as doses do regulador de crescimento.

Tabela 3. Características químicas das águas utilizadas no experimento. Areia-PB, 2019.

CEa dS m ⁻¹	pH	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS
0,50	6,5	2,77	0,09	0,43	0,25	1,40	0,00	1,75	3,00	0,48

1,30	7,2	3,25	0,09	2,70	0,30	1,23	0,00	2,25	12,75	3,09
3,25	7,1	4,51	0,09	13,83	0,35	1,15	0,00	2,25	33,75	15,97
5,20	7,3	4,22	0,09	23,55	0,38	1,38	0,00	1,75	51,75	25,18
6,00	7,1	5,54	0,10	27,76	0,40	1,15	0,00	1,50	58,50	31,53

CEa: Condutividade elétrica da água de irrigação; RAS: Relação de adsorção de sódio.

Aos 57 dias após o transplantio foram analisadas as variáveis de índice de clorofila (clorofilas *a*, *b*, total e razão clorofila *a/b*), fluorescência da clorofila (fluorescência inicial – F0, fluorescência máxima – Fm, fluorescência variável – Fv, rendimento quântico potencial do fotossistema II – Fv/Fm e rendimento quântico efetivo do fotossistema II – Fv/F0) e trocas gasosas (fotossíntese líquida – *A*, transpiração – *E*, condutância estomática – *gs*, concentração interna de CO₂ – *Ci*, eficiência do uso da água – EUA (*A/E*), eficiência intrínseca do uso da água – EiUA (*A/gs*) e eficiência instantânea de carboxilação – EiC (*A/Ci*)).

Os índices de clorofila foram obtidos com auxílio de um clorofilômetro eletrônico portátil (modelo CFL 1030, ClorofiLOG®), realizando-se duas leituras por planta em folhas recém-expandidas.

As análises de fluorescência da clorofila foram feitas com auxílio de um fluorômetro modulado Plant Efficiency Analyser – PEA II® (Hansatech Instruments Co., UK). Foram colocadas pinças foliares 30 minutos antes das leituras para adaptação ao escuro (KONRAD et al., 2005).

As determinações das trocas gasosas foram realizadas com auxílio de um analisador de gases infravermelho (IRGA, modelo portátil LI-6400XT, LICOR®, Nebraska, USA), com as leituras sendo realizadas entre 09:00min e 10:00min. Os teores de CO₂ foram fixados em 400 umol m⁻² s⁻¹ e a intensidade luminosa em 1200 umol de fôtons m⁻² s⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos as análises de variância e regressão, usando o software SAS University (CODY, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre as condutividades elétricas da água de irrigação (CEa) e as doses de regulador de crescimento vegetal, assim como, não ocorreu efeito entre as doses de regulador de crescimento para nenhuma variável estudada. Entretanto, foi constatada diferença entre as CEa para os índices clorofilas *a*, *b*, clorofila total e razão clorofila *a/b*, fluorescência inicial, rendimento quântico potencial e efetivo do fotossistema II, concentração interna de CO₂,

eficiência do uso da água, eficiência intrínseca do uso da água e eficiência instantânea de carboxilação.

A clorofila *a* foi elevada linearmente em resposta ao aumento das condutividades elétricas (Figura 2A), sendo observado aumento de 31,94% nas plantas irrigadas com água com maior CEa ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$) em comparação com aquelas irrigadas com água de menor CEa ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$). Resultados divergentes foram observados por Kalteh et al. (2014), que verificaram efeito decrescente do índice de clorofila *a* em decorrência do aumento das CEa.

Na Figura 2B é demonstrado o efeito das CEa na clorofila *b*, no qual pode-se observar aumento linear dos teores de clorofila *b* com o aumento das salinidades, com maior valor ocorrendo nas plantas irrigadas com a condutividade de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, correspondendo ao aumento de 48,79% em relação as plantas irrigadas com água contendo $0,5 \text{ dS m}^{-1}$. Efeito inverso ao obtido por Heidare (2012) que trabalhando com dois genótipos de manjericão, observou redução da clorofila *b* com o aumento das salinidades.

De acordo com Jamil et al. (2007) o conteúdo de clorofila aumenta em plantas tolerantes e diminui em plantas sensíveis ao estresse salino, fato que pode apontar que os incrementos obtidos nos índices de clorofila *a* e *b*, ocorreram devido a cultivar de manjericão utilizada nesse trabalho apresentar relativa tolerância ao estresse salino, no entanto, os efeitos da salinidade sobre os teores de clorofila dependem também de fatores como a concentração e o tipo de cátion.

Semelhantemente aos índices de clorofila *a* e *b*, para clorofila total ocorreu efeito linear crescente com a elevação das condutividades elétricas, de forma que os maiores teores de clorofila (35,40) foram obtidos na CEa com $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, enquanto que os menores valores (22,77) foram apresentados na menor CEa ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), (Figura 2C). De acordo com Coelho et al. (2016) o aumento do teor de clorofila pode significar um processo de adaptação da planta a salinidade, assim como pode ser um indicativo de tolerância ao estresse salino.

Quanto a razão de clorofila *a/b* (Figura 2D), verificou-se que ocorreu redução também linear em resposta ao aumento das CEa, com maiores razões de clorofila sendo apresentados na menor condutividade ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), com redução de 23,45%, em comparação com as plantas submetidas ao tratamento com maior salinidade ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$), efeito causado devido aos índices de clorofila *a* terem apresentados incrementos inferiores aos de clorofila *b*, como verificado nas Figuras 2A e 2B.

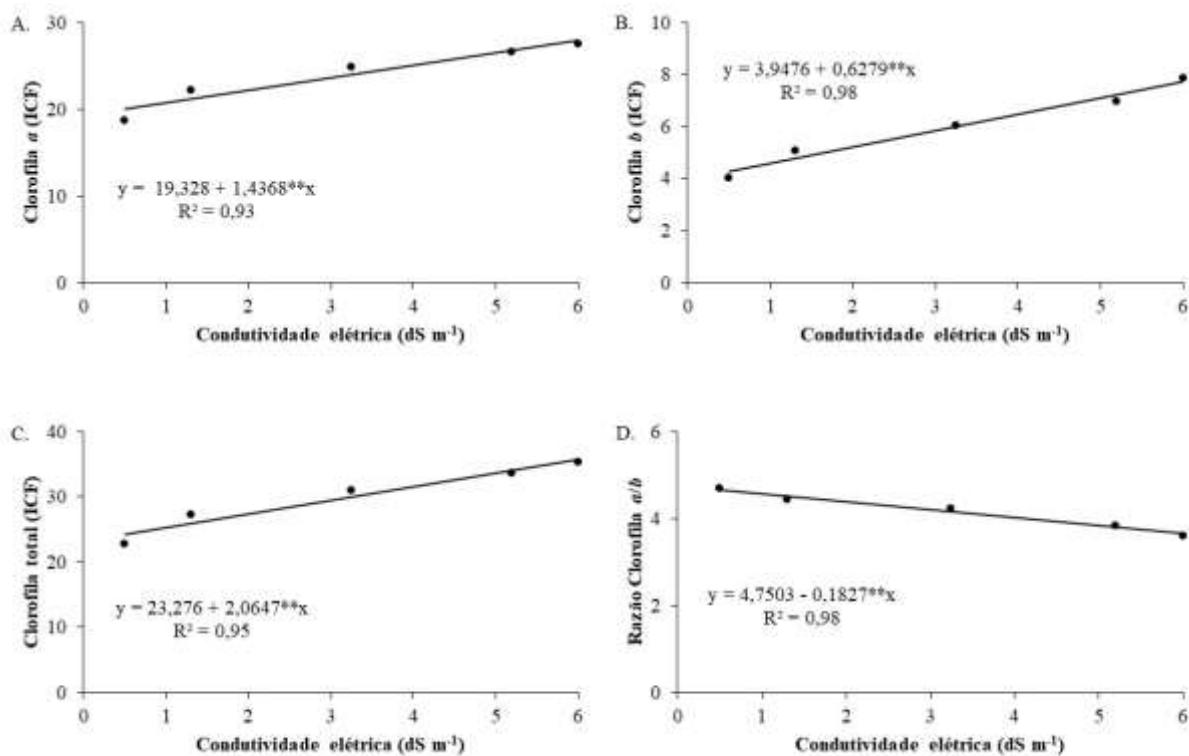


Figura 2. Índices de clorofila *a* (A), clorofila *b* (B) clorofila total (C) e razão clorofila *a/b* (D) em manjeriocão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.

Para fluorescência inicial (F0), houve efeito significativo com as respostas variando de acordo com as diferentes condutividades elétricas. Verificou-se que os maiores valores de 64,00 foram encontrados na CEA de 1,26 dS m⁻¹, enquanto que os menores de 55,38 foram apresentados na CEA de 5,2 dS m⁻¹ (Figura 3A). Baker & Rosenqvist (2004) relatam que plantas submetidas ao estresse salino sofrem reduções no potencial da água na folha, reduzindo a condutância estomática, e ocasionalmente, inibindo o metabolismo fotossintético, resultando em modificações na fluorescência da clorofila.

O incremento das condutividades elétricas promoveu efeito significativo nos valores de rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm) (Figura 3B), e conforme equações de regressão, verificou-se que o menor valor foi de 0,73 obtido na CEA de 2,08 dS m⁻¹, enquanto que o maior foi de 0,76 registrado na CEA contendo 5,12 dS m⁻¹. Resultados contrários foram observados por alguns autores que obtiveram redução no Fv/Fm em resposta ao estresse salino (MONTEIRO et al., 2018; SÁ et al., 2018).

No entanto, Tatagiba et al. (2014) relatam que em algumas situações, nem sempre o estresse salino pode interferir diretamente na fotossíntese, podendo ocorrer indiretamente através do desbalanceamento nutricional e na queda do potencial de turgescência das folhas.

Para rendimento quântico efetivo do fotossistema II (F_v/F_0), observou-se resposta positiva com o aumento das condutividades elétricas (Figura 3C), com valor mínimo (2,50) ocorrendo no tratamento com $1,4 \text{ dS m}^{-1}$, sendo registrado acréscimo a partir dessa condutividade, atingindo-se valor máximo (3,25) na maior CEA ($5,50 \text{ dS m}^{-1}$). A ocorrência desse efeito evidencia que o manjericão pode sofrer incrementos no rendimento quântico do fotossistema II quando irrigado com águas contendo altas concentração de sais, principalmente Na^+ e Cl^+ .

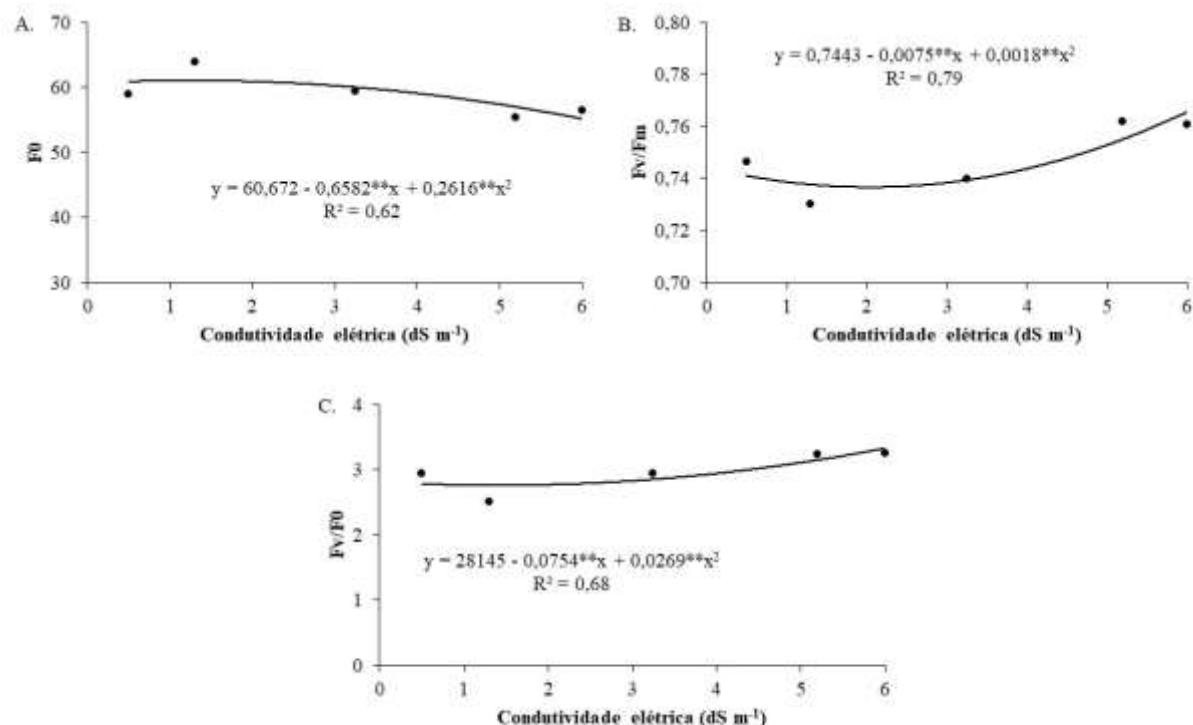


Figura 3. Fluorescência inicial – F_0 (A), rendimento quântico potencial do fotossistema II – F_v/F_m (B) e rendimento quântico efetivo do fotossistema II – F_v/F_0 (C) em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.

Na Figura 4A, são mostrados os resultados obtidos para concentração interna de CO_2 (C_i) em função das condutividades elétricas da água de irrigação. Observou-se que o valor máximo foi apresentado na CEA de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, havendo redução dos valores de C_i até a CEA de $4,89 \text{ dS m}^{-1}$, com posterior aumento nos valores nas condutividades elétricas mais elevadas. Em pesquisa desenvolvida por Silva et al. (2018), trabalhando com as mesmas condutividades

elétricas foi observado resposta divergente das encontradas nesse trabalho, com os menores valores sendo encontrados na menor CEa ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), enquanto que os maiores foram obtidos na condutividade elétrica de $3,25 \text{ dS m}^{-1}$. Bezerra et al. (2018) relatam que quando as plantas são submetidas ao estresse salino pode ocorrer comprometimento na abertura estomática em decorrência do baixo potencial hídrico do solo, resultando em menor condutância estomática e consequentemente a redução Ci .

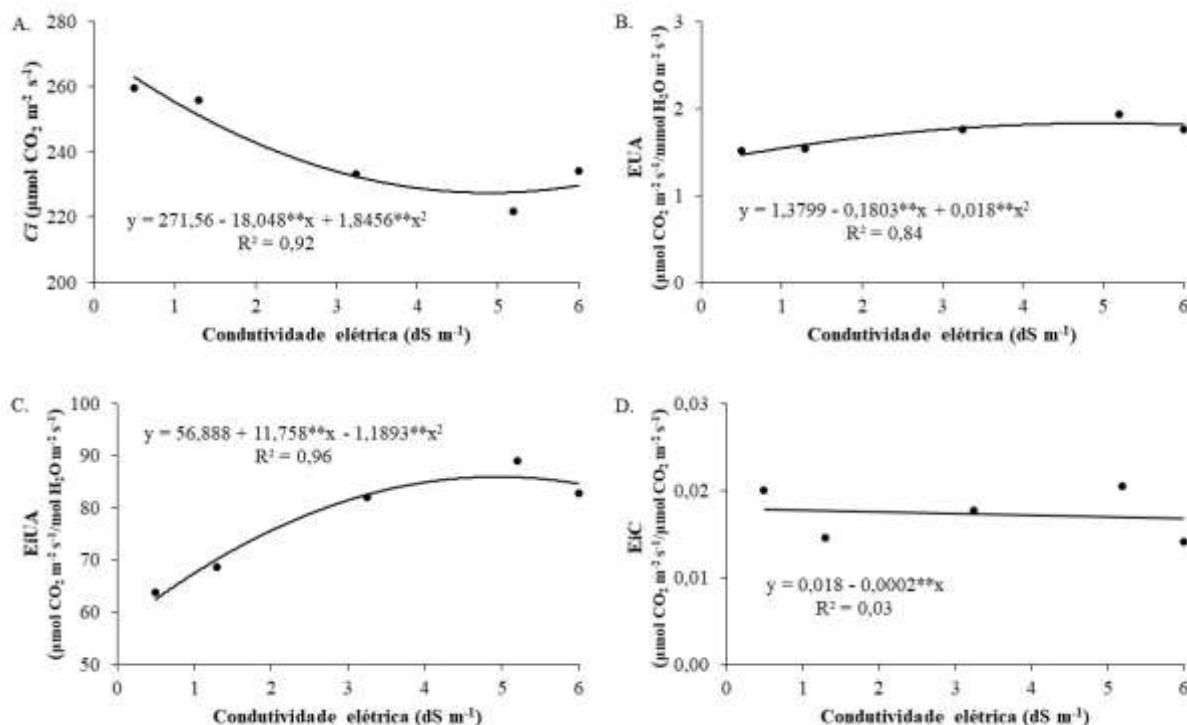


Figura 4. Concentração interna de CO_2 – Ci (A), eficiência do uso da água – EUA (B), eficiência instantânea do uso da água – EiUA (C) e eficiência instantânea de carboxilação – EiC (D) em manjericão (*Ocimum basilicum L.*) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.

Para eficiência do uso da água (EUA) (Figura 4B) e eficiência instantânea do uso da água (EiUA) (Figura 4C), verificou-se que a elevação das condutividades elétricas proporcionou aumento nos valores das duas variáveis. Incrementos de EUA e EiUA em resposta ao aumento da salinidade da água de irrigação já foram relatados por outros autores (OLIVEIRA et al., 2017). Brito et al. (2016) também observaram que plantas tolerantes ao estresse salino mantêm ou aumentam os valores de EUA.

A eficiência instantânea de carboxilação (EiC) sofreu alterações discretas com as aplicações das CEa (Figura 4D), obtendo-se maior eficiência na condutividade elétrica de $5,2 \text{ dS m}^{-1}$, com $0,020 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, enquanto que a maior eficiência foi

encontrada na CEa ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$) com $0,013 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Efeito semelhante foi observado por Silva et al. (2018), que relataram poucas alterações na EiC em decorrência do estresse salino.

Para fluorescência máxima e fluorescência variável, não ocorreu efeito significativo para as CEa, no entanto, de acordo com as médias obtidas dentro dos intervalos de confiança, os menores valores foram obtidos na condutividade elétrica de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$, ocorrendo incremento nos valores até a maior CEa, onde obteve-se as maiores médias. Resultados semelhantes foram observados por Sá et al. (2018) que trabalhando com condutividades elétricas da água de irrigação variando de $0,6$ a $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ não observaram efeito significativo tanto para Fv como Fm, ficando evidente que as plantas submetidas ao estresse salino podem não sofrer alterações significativas na sua eficiência fotossintética.

Verificou-se que para fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática não houve significância para a irrigação com as condutividades elétricas, apesar disso, ocorreu respostas semelhantes para as variáveis supracitadas, com as maiores médias sendo obtidas na CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, enquanto que a maior CEa ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$) proporcionou os menores valores.

De acordo com Taiz et al. (2017), nas plantas submetidas ao estresse salino, a eficiência fotossintética pode aumentar devido ao fechamento parcial dos estômatos. Entretanto, à medida que o estresse se torna mais severo a relação entre CO_2 absorvido na fotossíntese e o vapor de água perdido na transpiração diminui, e consequentemente a inibição do metabolismo da folha se acentua. Na literatura, alguns pesquisadores já relataram efeitos negativos do estresse salino sobre as trocas gasosas do manjericão (TARCHOUNE et al., 2012; SILVA et al., 2018).

A aplicação de regulador de crescimento vegetal não causou efeitos significativos para nenhum fator estudado, todavia, os valores médios das variáveis fisiológicas são apresentados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Valores médios para índice de clorofila *a* (Ca), clorofila *b* (Cb) clorofila total (Ct) e razão clorofila *a/b* (Ca/Cb), fluorescência inicial (F0), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm) e rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Fv/F0) em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a doses de regulador de crescimento vegetal. Areia-PB, 2019.

Bioestimulante (mL L ⁻¹)	Ca	Cb	Ct	Ca/Cb	F0	Fm	Fv	Fv/Fm	Fv/F0
0,0	26,82	6,25	33,07	4,56	57,75	230,75	173,00	0,74	3,07

1,5	25,51	6,04	31,55	4,31	59,50	226,87	167,37	0,73	2,85
5,0	23,08	5,79	28,87	4,16	58,67	233,25	174,58	0,74	2,99
8,5	23,30	5,99	29,29	3,96	59,87	231,37	171,50	0,74	2,89
10,0	24,85	6,37	31,22	3,91	60,00	238,75	178,75	0,75	2,99

Observou-se que a ausência do regulador de crescimento apresentou as maiores médias para clorofila *a* (26,82), clorofila total (33,07), razão clorofila *a/b* (4,56) e rendimento quântico efetivo do fotossistema II (3,07). Quanto ao índice de clorofila *b* a maior média foi obtida na maior dose do regulador de crescimento (10 mL L⁻¹), com 6,37, sendo o mesmo comportamento observado para fluorescência inicial (60,00), fluorescência máxima (238,75), fluorescência variável (178,75) e rendimento quântico potencial do fotossistema II, com 0,75 (Tabela 4).

De acordo com Taiz et al. (2017) as respostas das plantas dependem dentre outros fatores das concentrações dos hormônios vegetais. Além disso, aplicações exógenas de hormônios não significa necessariamente que o hormônio endógeno está envolvido na regulação natural do sistema (POSPÍŠILOVÁ, 2003). Dessa forma, a utilização do regulador de crescimento de forma exógena pode não causar efeitos na fisiologia vegetal.

Tabela 5. Valores médios para fotossíntese líquida (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO₂ (*Ci*), eficiência do uso da água (EUA), eficiência instantânea do uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a doses de regulador de crescimento vegetal. Areia-PB, 2019.

Bioestimulante (mL L ⁻¹)	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	EUA (<i>A/E</i>)	EiUA (<i>A/gs</i>)	EiC (<i>A/Ci</i>)
0,0	5,306	3,053	0,071	237,502	1,741	77,416	0,022
1,5	4,084	2,466	0,059	242,453	1,693	76,452	0,017
5,0	3,928	2,452	0,055	240,798	1,674	77,349	0,016
8,5	4,169	2,391	0,052	234,789	1,763	80,875	0,018
10,0	3,632	2,072	0,045	233,135	1,759	82,679	0,016

A: $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; *E*: $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; *gs*: $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; *Ci*: $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; EUA: $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; EiUA: $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; EiC: $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Na tabela 5, são apresentadas as médias das variáveis de trocas gasosas submetidas as doses de regulador de crescimento vegetal. Com a ausência do regulador de crescimento foram obtidos os maiores valores para fotossíntese líquida ($5,306 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração ($3,053 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática ($0,071 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e eficiência instantânea de carboxilação ($0,022 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Já para concentração interna de CO_2 a maior resposta foi observada na dose de $1,5 \text{ mL L}^{-1}$ ($242,453 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Já o tratamento com $8,5 \text{ mL L}^{-1}$ de regulador de crescimento proporcionou maior média para eficiência do uso da água, com $1,763 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Enquanto que para eficiência instantânea do uso da água a maior dose (10 mL L^{-1}) promoveu maior valor ($82,679 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

De acordo com Taiz et al. (2017) os hormônios vegetais desempenham um papel importante na transformação e em mudanças de expressão gênica necessárias para adaptação das plantas a condições ambientais desfavoráveis. Entretanto, aplicações exógenas de regulador de crescimento vegetal parecem não surtir resultados significativos nas trocas gasosas do manjericão nas condições em que o presente trabalho foi desenvolvido.

CONCLUSÕES

1. As trocas gasosas da cultivar de manjericão Maria bonita é afetada negativamente pela irrigação com águas salinas;
2. O estresse salino causa modificações na fisiologia do manjericão (*Ocimum basilicum* L.) provocando incrementos nos índices de clorofila, rendimento quântico potencial, rendimento quântico efetivo do fotossistema II, eficiência do uso da água e eficiência instantânea do uso da água e reduções nos valores de fluorescência inicial, concentração interna de CO_2 e eficiência instantânea de carboxilação;
3. Aplicações do regulador de crescimento vegetal até a dose de 10 mL L^{-1} não influencia a fisiologia do manjericão sob estresse salino.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. *Irriga*, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura.** 2.ed. Campina Grande: UFPB, FAO, 1999, 153p. (Estudos Irrigação e Drenagem, 29).

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004

BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. D.; SANTOS, J. B. D.; FERNANDES, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. **Revista Ambiente & Água**, v. 13, n. 3, 2018.

BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SOARES FILHO, W. S.; SILVA, L. A.; FERNANDES, P. D. **Gas exchange and fluorescence of citrus rootstocks varieties under saline stress**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 38, n. 2: P. 1-8, 2016.

CODY, R. **An introduction to SAS® university edition**. Cary: SAS Institute, 2015. 366 p.

COELHO, J. B. M.; BEZERRA NETO, E.; BARROS, M. F. C.; ALBUQUERQUE, R. G. M. Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos no feijão vigna submetido ao estresse salino. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 13, p. 242-256, 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

HEIDARI, M. Effects of salinity stress on growth, chlorophyll content and osmotic components of two basil (*Ocimum basilicum* L.) genotypes. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 2, p. 379-384, 2012.

JAMIL, M.; REHMAN, S.; LEE, K. J.; KIM, J. M.; KIM, H. S.; RHA, E. S. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. **Scientia Agrícola**, v. 64, n. 2, p. 111- 118, 2007.

KALTEH, M.; ALIPOUR, Z. T.; ASHRAF, S.; ALIABADI, M. M.; NOSRATABADI, A. F. Effect of silica nanoparticles on basil (*Ocimum basilicum*) under salinity stress. **Journal of Chemical Health Risks**, v. 4, n. 3, p. 49-55, 2014.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 339-347, 2005.

LU, Y.; GAO, B.; CHEN, P.; CHARLES, D.; YU, L. L. Characterisation of organic and conventional sweet basil leaves using chromatographic and flow-injection mass spectrometric (FIMS) fingerprints combined with principal component analysis. **Food Chemistry**, v. 154, p. 262-268. 2014.

MAIA, S. S. S.; SILVA, R. C. P.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, O. M. P.; SILVA, A. C.; CANDIDO, W. S. Responses of basil cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 44-49, 2017.

MATEUS, N. B.; BARBIN, D.; CONAGIN, A. Viabilidade de uso do delineamento composto central. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 6, p. 1537-1546, 2001.

MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; BARROS, A. D. Manejo da irrigação e tolerância do meloeiro a salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 3, p. 242-247, 2008.

MONTEIRO, D. R.; MELO, H. F.; LINS, C. M. T.; DOURADO, P. R. M.; SANTOS, H. R. B.; SOUZA, E. R. Chlorophyll a fluorescence in saccharine sorghum irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 10, p. 673-678, 2018.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; CUNHA, R. C.; SOUZA, M. W. L.; LIMA, L. A. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 307-315, 2016.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. R. A.; FREIRE, A. G.; SOARES, L. C. S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 279-287, 2012.

OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; CUNHA, J. C.; SILVA, É. F. F.; VELOSO, V. L. Leaf gas exchange in cowpea and CO₂ efflux in soil irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 32-37, 2017.

POSPÍŠILOVÁ, J. Participation of phytohormones in the stomatal regulation of gas exchange during water stress. **Biologia Plantarum**, v. 46, n. 4, p. 491-506, 2003.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A. Water salinity, nitrogen and phosphorus on photochemical efficiency and growth of west indian

cherry. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 158-163, 2018.

SANTOS, F. C. C.; VOGEL, F. S. F.; MONTEIRO, S. G. Efeito do óleo essencial de manjericão (*Ocimum basilicum* L.) sobre o carapato bovino *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* em ensaios *in vitro*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, p. 1133-1139, 2012.

SILVA, T. I.; MELO FILHO, J. S.; GONÇALVES, A. C. M.; SOUSA, L. V.; MOURA, J. G.; DIAS, T. J.; ALVAREZ-PIZARRO, J. C.; PEREIRA, W. E.; MENDONÇA, R. M. N. Salicylic Acid Effect on *Ocimum basilicum* L. during Growth in Salt Stress and Its Relationship between Phytomass and Gas Exchange. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 22, n. 4, p. 1-10, 2018.

SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, F. A.; TORRES, S. B.; SOUZA, A. A. T.; SILVA, D. D. A.; SANTOS, S. T. Gherkin cultivation in saline medium using seeds treated with a biostimulant. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, n. 1, p. 1-10, 2018.

STOLLER DO BRASIL. **Stimulate Mo em hortaliças**: informativo técnico. Cosmopolis: Stoller do Brasil. Divisão Arbore, 1998. 1v.

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

TARCHOUNE, I.; DEGL'INNOCENTI, E.; KADDOUR, R.; GUIDI, L.; LACHAÂL, M.; NAVARI-IZZO, F.; OUERGHI, Z. Effects of NaCl or Na₂SO₄ salinity on plant growth, ion content and photosynthetic activity in *Ocimum basilicum* L. **Acta physiologiae plantarum**, v. 34, n. 2, p. 607-615, 2012.

TATAGIBA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. L. T.; PELOSO, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 2, p. 138-149, 2014.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.

ARTIGO III

ESTRESSE SALINO E BIOESTIMULANTE VEGETAL EM MANJERICÃO: EFEITOS NA PLANTA E NO SOLO

Resumo

Na região semiárida do Brasil o manjericão é considerado uma cultura secundária, sendo cultivada em pequena escala, devido principalmente a qualidade da água disponível para irrigação, já que essa região possui problemas com sais na água. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos na planta e no solo da aplicação de bioestimulante em manjericão cultivado sob estresse salino. O experimento foi realizado na Universidade Federal da Paraíba, em Areia, Paraíba, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em fatorial 5 x 5, combinadas segundo a matriz experimental Composto Central de Box, referente a cinco condutividades elétricas da água de irrigação e cinco doses de regulador de crescimento vegetal, com valores mínimos ($-\alpha$) e máximos (α), respectivamente de 0,5 e 6,0 dS m⁻¹ e 0,0 e 10,0 mL L⁻¹, totalizando nove tratamentos, com quatro repetições e 4 plantas por parcela. Aos 57 dias após o transplantio avaliou-se: número de folhas, massa seca de plantas, produção de massa fresca e produtividade de massa fresca. Posteriormente foram analisados: teor de potássio, sódio, condutividade elétrica do extrato de saturação, capacidade de troca catiônica, soma de bases e saturação por bases. Para as condutividades elétricas foram constatados efeitos significativos para todas as variáveis estudadas. O estresse salino provoca redução no crescimento, fitomassa verde e seca e componentes de produção do manjericão. Irrigações com altas condutividades elétricas da água provocam aumentos nos teores de potássio e sódio no solo.

Palavras-chave: *Ocimum basilicum* L, fertilidade do solo, hormônios vegetais.

Abstract

In the semi-arid region of Brazil, basil is considered a secondary crop, being cultivated on a small scale, mainly due to the water quality available for irrigation, since this region has problems with salts in the water. The objective of this work was to evaluate the effects on plant and soil of the application of biostimulant in basil under saline stress. The experiment was carried out at the Federal University of Paraíba, in Areia, Paraíba, Brazil. The experimental design was a randomized block, in a factorial of 5 x 5, combined according to the Central Composite matrix of Box, referring to five electrical conductivities of the irrigation water and five doses of plant growth regulator, with minimum values ($-\alpha$) and (α), respectively 0.5 and

6.0 dS m⁻¹ and 0.0 and 10.0 mL L⁻¹, totaling nine treatments, with four replications and four plants per plot. At 57 days after transplanting, leaf number, dry mass of plants, fresh mass production and fresh mass yield were evaluated. Subsequently, the content of potassium, sodium, electrical conductivity of the saturation extract, cation exchange capacity, base sum and base saturation were analyzed. For the electrical conductivities, significant effects were observed for all variables studied. Saline stress causes reduced growth, green and dry biomass and components of basil production. Irrigations with high electrical conductivities of the water cause increases in potassium and sodium contents in the soil.

Key words: *Ocimum basilicum* L, soil fertility, plant hormones.

INTRODUÇÃO

O manjericão (*Ocimum basilicum* L.) é uma planta anual que é cultivada em várias regiões do mundo, sendo utilizada amplamente na culinária (KADHIM et al., 2016). O óleo essencial dessa espécie também é usado com destaque na indústria de fármacos e perfumaria (CHIANG, 2005; MAY et al., 2008).

Na região Nordeste do Brasil o manjericão é considerado uma cultura secundária, com pequena escala de cultivos comerciais, sendo comum encontrar plantas de manjericão em meio a espécies ornamentais em jardins residenciais. Essa região possui condições climáticas bem específicas, com precipitações pluviométricas irregulares e alta taxa de evaporação, apresentando clima predominantemente semiárido (LUCENA et al., 2018).

Uma das tecnologias fundamentais para fomentar a produção de espécies vegetais pouco cultivadas é a prática da irrigação (CONCEIÇÃO et al., 2018). No entanto, as águas usadas para este fim no semiárido nordestino, constantemente possuem altos teores de sais dissolvidos em suas composições, podendo acarretar a salinização dos solos e a redução do desenvolvimento vegetal (MEDEIROS et al., 2008).

De acordo com Dias & Blanco (2010) nas plantas o estresse salino pode causar dificuldades na absorção de água, toxicidade de íons específicos e interferência nos processos fisiológicos. Já no solo os principais efeitos da salinidade são desestruturação, aumento da densidade aparente e da retenção de água e redução da infiltração de água pelo excesso de íons sódicos (RHOADES et al., 1999).

Tendo em vista que o uso de águas salinas na região semiárida do Nordeste para irrigação é imprescindível, pois diversos estudos têm sido realizados com o objetivo de desenvolver alternativas que atenuem os efeitos deletérios dos sais no solo e na planta. Entre

esses estudos destaca-se a utilização de bioestimulantes vegetais (OLIVEIRA et al., 2016; SOUSA et al., 2018). O uso dessas substâncias pode ser uma alternativa para amenizar os efeitos deletérios dos sais, por possuírem em suas composições hormônios vegetais que atuam aumentando a absorção de água e nutrientes pelas plantas (VIEIRA & CASTRO, 2001).

Pesquisas têm sido desenvolvidas para investigar respostas da utilização de bioestimulantes como a de Oliveira et al. (2017), que relataram os benefícios dos bioestimulantes podem ser influenciados negativamente por altas condutividades elétricas da água de irrigação. No entanto, as vantagens dos bioestimulantes podem ser influenciados por fatores como o modo de aplicação, concentração do produto, espécie vegetal e estádio de desenvolvimento da planta.

Dessa forma, informações sobre a utilização de bioestimulantes em manjericão são escassas, principalmente seu uso sob condições de estresse salino. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos na planta e no solo da aplicação de bioestimulante vegetal em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) cultivado sob estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em ambiente protegido (casa de vegetação), no Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, Paraíba, Brasil, entre os meses de janeiro e abril de 2018. Os dados atmosféricos na casa de vegetação durante o período experimental são mostrados na Figura 1.

Utilizou-se a cultivar de manjericão Maria Bonita, cuja semeadura foi realizada em bandeja plástica de 200 células, colocando-se entre 5 e 10 sementes por célula. Logo após a emergência foi feito o desbaste deixando-se a plântula mais vigorosa de cada célula. Aos 20 dias após semeadura realizou-se o transplantio para vasos plásticos, onde foram iniciados os tratamentos referentes ao manejo de irrigação com estresse salino.

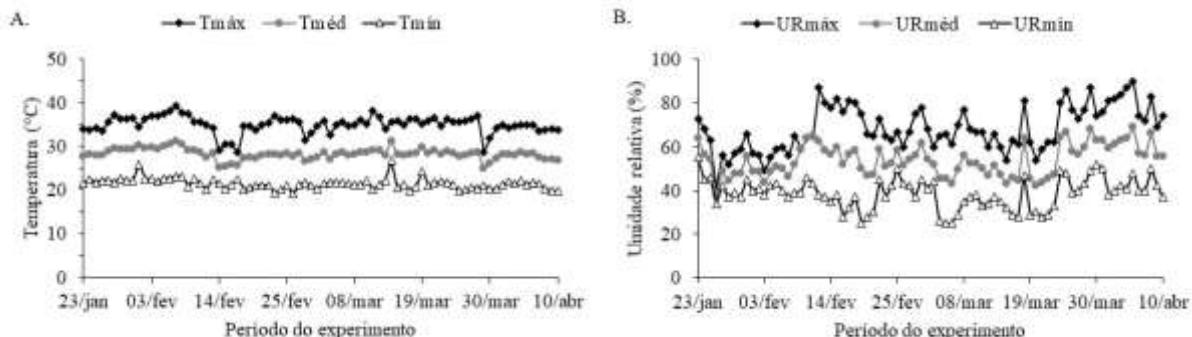


Figura 1. Temperaturas máximas, médias e mínimas (A) e umidades relativas máximas, médias

e mínimas (B) na casa de vegetação durante o experimento. Areia-PB, 2019.

As unidades experimentais foram representadas por vasos plásticos com capacidade para 5,0 dm³, contendo uma planta. O espaçamento adotado entre vasos foi de 0,60 x 0,40 m, resultando em uma densidade populacional de 41.667 plantas por hectare. Os vasos foram preenchidos com substrato composto por solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013) e esterco bovino curtido na proporção de 3:1. Os resultados da análise química do substrato são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do substrato utilizado no experimento. Areia-PB, 2019.

pH (H ₂ O 1:2,5)	MO (%)	P ---mg dm ⁻³ ---	K ⁺ ---mg dm ⁻³ ---	V (%)	CEs dS m ⁻¹	
5,85	3,24	82,07	67,08	90,73	0,84	
Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	SB	CTC
-----cmol _c dm ⁻³ -----						
1,50	4,30	2,10	0,00	0,83	8,07	8,90

MO: Matéria orgânica; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação por bases; CEs: Condutividade elétrica do extrato saturado.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, na matriz experimental Composto Central de Box (MATEUS et al., 2001), em esquema fatorial de 5 x 5, referente a cinco condutividades elétricas da água de irrigação (0,5; 1,3; 3,25; 5,2 e 6,0 dS m⁻¹) e cinco doses de bioestimulante vegetal (0; 1,5; 5; 8,5 e 10 mL L⁻¹ de água), com quatro repetições e 4 plantas por repetição, conforme representado na Tabela 2.

Tabela 2. Composto Central de Box utilizado no experimento. Areia-PB, 2019.

Tratamentos	Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	Bioestimulante vegetal (mL L ⁻¹)
1	0,50	5,0
2	1,30	1,5
3	1,30	8,5
4	3,25	0,0
5	3,25	5,0
6	3,25	10
7	5,20	1,5

8	5,20	8,5
9	6,00	5,0

O controle da irrigação foi aferido através de lisímetria de drenagem (ALVES et al., 2017). A água com menor condutividade elétrica (0,5 dS m⁻¹) foi proveniente do sistema de abastecimento da UFPB. Na preparação das águas com maiores condutividades elétricas foi adicionado NaCl a água com 0,5 dS m⁻¹. Para aferição das condutividades elétricas foi utilizado o condutivímetro portátil microprocessado Instrutherm® (modelo CD-860). As características químicas das águas utilizadas no experimento são apresentadas na Tabela 3.

As aplicações das doses de bioestimulante foram feitas via foliar com auxílio de um atomizador com capacidade para 500 mL, sendo aplicadas aos 7; 21; 35 e 49 dias após o transplantio. O bioestimulante utilizado possui em sua composição 0,005% de ácido giberélico, 0,005% de ácido indolbutírico, 0,009% de cinetina e 99,981% de outros ingredientes (STOLLER DO BRASIL, 1998). Juntamente com as doses do bioestimulante foi adicionado o adjuvante Tween 80®, na concentração de 0,0002%. As plantas que não receberam tratamento com bioestimulante aplicou-se apenas água e adjuvante.

Tabela 3. Características químicas das águas utilizadas no experimento. Areia-PB, 2019.

CEa dS m ⁻¹	pH	SO ₄ ²⁻ mg L ⁻¹	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS
0,5	6,5	2,77	0,09	0,43	0,25	1,40	0,00	1,75	3,00	0,48
1,3	7,2	3,25	0,09	2,70	0,30	1,23	0,00	2,25	12,75	3,09
3,25	7,1	4,51	0,09	13,83	0,35	1,15	0,00	2,25	33,75	15,97
5,2	7,3	4,22	0,09	23,55	0,38	1,38	0,00	1,75	51,75	25,18
6,0	7,1	5,54	0,10	27,76	0,40	1,15	0,00	1,50	58,50	31,53

CEa: Condutividade elétrica da água de irrigação; CE: Condutividade elétrica; RAS: Relação de adsorção de sódio.

Aos 57 dias após o transplantio foi realizada a coleta das plantas, onde avaliou-se as variáveis, número de folhas: contando-se as folhas desenvolvidas de cada planta; massa seca de plantas: resultado do somatório de massa seca da raiz e massa seca da parte aérea; produção de massa fresca: obtida através de balança de precisão (0,01 g); e produtividade de massa fresca: resultado da produção de massa fresca por área ocupada.

Após a coleta das plantas, foram coletadas amostras de solo de cada tratamento e posteriormente analisadas as características químicas, teor de potássio: através de fotometria de chama; teor de sódio: por fotometria de chama; condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}): obtida por condutivímetro de bancada BEL® (modelo w12d); capacidade de troca catiônica (CTC): resultado da soma de $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + H^+ + Al^{3+}$; soma de bases (SB): resultado da soma de $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+$ e saturação por bases (V%): pela fórmula $V\% = 100 \times SB/CTC$.

Os dados obtidos foram submetidos as análises de variância e regressão, usando o software SAS University (CODY, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre as doses de bioestimulante vegetal e as condutividades elétricas da água de irrigação (CEa), assim como, não ocorreu efeito entre as doses de bioestimulante para nenhuma variável. Entretanto, para as CEa foram constatadas diferenças significativas para todas as variáveis estudadas.

Analizando-se os dados referentes as variáveis de desenvolvimento vegetal (número de folhas, massa seca de plantas, produção de massa fresca e produtividade de massa fresca) observou-se resposta linear negativa mediante o aumento das CEa. Já em relação aos atributos químicos do solo irrigado, houve efeito contrário, ocorrendo resposta linear positiva mediante aumento da CEa para potássio (K^+), sódio (Na^+), condutividade elétrica (CE_{es}), capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB) e saturação por bases (V%).

O número de folhas teve decréscimo devido ao estresse salino, com perda de 23 folhas por planta em resposta ao aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, de forma que na CEa de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ houve redução total de 33,89% em comparação a CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, cuja valores foram de 436 e 288 folhas planta^{-1} , respectivamente (Figura 2A). O comportamento está compatível com o apresentado por Silva et al. (2018) que trabalhando com semelhantes condutividades elétricas da água de irrigação contataram diminuição do número de folhas em plantas de manjericão.

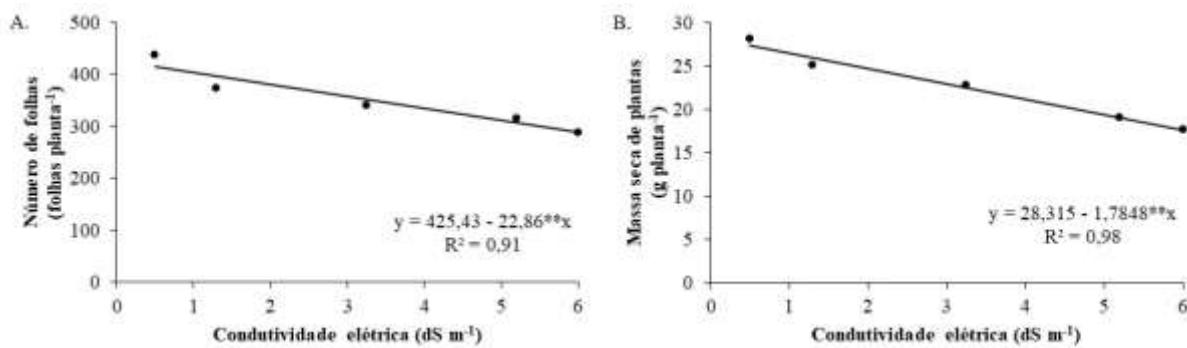


Figura 2. Número de folhas (A) e massa seca de plantas (B) em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.

Na Figura 2B, observa-se que para massa seca de plantas ocorreu efeito linear decrescente em resposta ao estresse salino, sendo observado redução de 37,12% nas plantas irrigadas com maiores CEs (6,0 dS m⁻¹) em comparação com as irrigadas com as menores CEs (0,5 dS m⁻¹), no qual os valores foram 28,07 e 17,65 g planta⁻¹. Tendência semelhante foi apresentada por Maia et al. (2017) que constataram redução linear da massa seca nas cultivares Verde e Roxa irrigadas com águas salinas.

O aumento das CEs reduziu a produção de massa fresca de 95,5 g planta⁻¹ nas plantas irrigadas com CEa de 0,5 dS m⁻¹ para 59,5 g planta⁻¹ nas submetidas a CEa de 6,0 dS m⁻¹, de modo que ocorreu perda de 60,5% (Figura 4A). Silva et al. (2018) estudando a biomassa fresca da cultivar canela submetida as mesmas condutividades elétricas da água de irrigação obtiveram efeitos semelhantes aos encontrados neste trabalho.

A produtividade de massa fresca do manjericão (Figura 4B), foi reduzida com o aumento das CEs de 0,5 dS m⁻¹ para 6,0 dS m⁻¹ provocando queda na produtividade de 3,98 para 2,48 t ha⁻¹, totalizando perda de 1,5 t ha⁻¹, que equivale a redução de 60,5%.

De acordo com Taiz et al. (2017) entre os efeitos do estresse salino nas plantas pode-se destacar a diminuição no crescimento da parte aérea e a inibição da formação de gemas laterais, o que interfere diretamente no desenvolvimento vegetal e consequentemente no potencial produtivo das plantas.

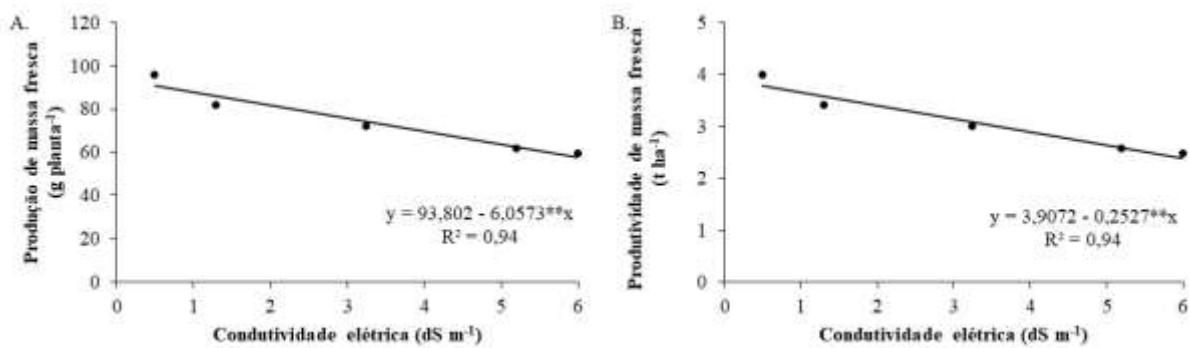


Figura 3. Produção de massa fresca (A) e produtividade de massa fresca (B) em manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.

Houve aumento dos teores de potássio no solo com elevação da salinidade de água de irrigação, obtendo incremento unitário de $5,38 \text{ mg dm}^{-3}$ de K^+ no solo, a cada aumento na concentração de salinidade do solo (Figura 4A). Valores superiores foram constatados na maior CEa ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$), observando-se médias de $92,7 \text{ mg dm}^{-3}$, o que corresponde a 59% da CEa que apresentou menores valores ($1,3 \text{ dS m}^{-1}$).

Grande parte do potássio pode ter sido oriundo da irrigação, uma vez que o sal utilizado contém potássio em sua composição. O potássio é importante no desenvolvimento vegetal, sobretudo em condições de estresse abiótico como o estresse salino, atuando na turgidez tecidual, abertura e fechamento de estômatos, transporte de carboidratos, transpiração, resistência à seca e estresse salino (MARSCHNER, 2012, TAIZ et al., 2017). Nesse sentido, Hashi et al. (2015) afirma, no entanto, que esse estresse salino pode ser amenizado pelo aumento da oferta de K^+ .

Os teores de sódio aumentaram linearmente em resposta ao aumento das CEa, exibindo teor mais elevado ($10,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), na CEa de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 4B). Maiores teores de sódio eram esperados nas CEa mais elevadas, uma vez que se estava adicionando sódio ao solo via água de irrigação. Considerando as condições dos solos da região semiárida, é preciso monitorar, periodicamente, as concentrações deste elemento, pois o manejo inadequado pode levar ao desbalanço nutricional e comprometer o desenvolvimento vegetal além da degradação de terras agricultáveis (PAES et al., 2013; DALIAKOPoulos et al., 2016).

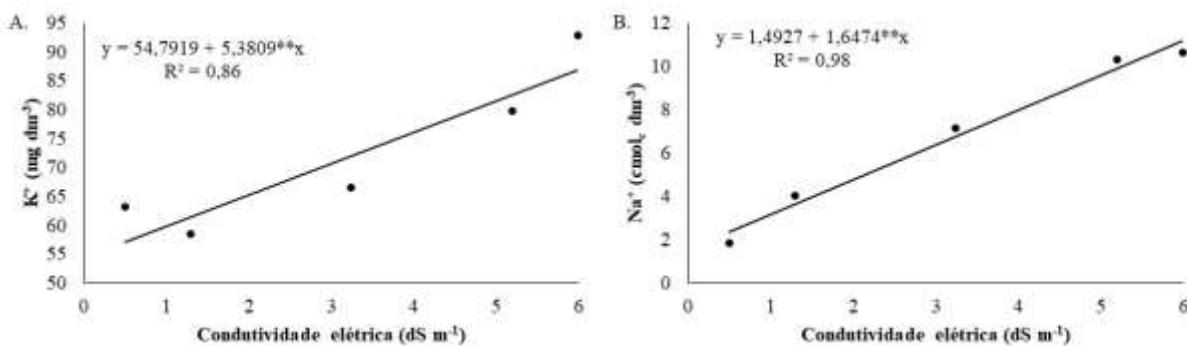


Figura 4. Teores de potássio (A) e sódio (B) em solo cultivado com manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.

Concomitantemente a irrigação com CEa mais elevadas, houve incrementos lineares para os valores de condutividade elétrica (CE_{es}), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%) (Figura 5).

O aumento da condutividade elétrica (CE_{es}) reflete a presença de sais trocáveis na solução do solo, provenientes da água de irrigação (Figura 5A). A maioria das águas das regiões semiáridas apresentam teores elevados de sais, os quais, quando não manejados, podem trazer prejuízos à produção agrícola e a qualidade do solo (MEDEIROS & GHEYI, 1994). O excesso de íons de sais no solo principalmente o NaCl, pode ocasionar distúrbios nutricionais, através da competição química, absorção competitiva, toxicidade, transporte ou distribuição de elementos essenciais dentro da planta (MUNNS & TESTER, 2008).

No que concerne à capacidade de troca de cátions (CTC), constatou-se acréscimos lineares mediante aumento na CEa, obtendo maiores valores nas salinidades mais elevadas (Figura 5B). Esse aumento da CTC, está associado ao aumento de sódio decorrente da irrigação com sais ricos em NaCl. A origem das cargas negativas em solos altamente intemperizados, como os Latossolos, depende do pH e sua mudança interfere, de maneira significativa na adsorção dos cátions (NOVAIS et al., 2007). Elevando o pH, ocorre a desprotonação dos grupamentos ácidos da matéria orgânica e dos grupamentos OH⁻ das bordas dos argilominerais, na formação de hidróxidos, gerando mais cargas negativas (BRADY & WEIL, 2013).

Observou-se aumento para a soma de bases (Figura 5C) e saturação por bases (Figura 5D) no solo associadamente ao aumento da condutividade elétrica da água de irrigação com valores maiores de 18,21 cmolc dm⁻³ e 93%. Valores acentuados de SB e V% são decorrentes principalmente da predominância do sódio presente na solução salina, atuando significativamente no complexo de troca, sobretudo, nas salinidades mais elevadas.

Adicionalmente, em condições de estresse salino, a absorção de água pelas plantas é reduzida e, consequentemente, resultará em mais cátions presentes na solução do solo. Os sais solúveis na solução do solo aumentam as forças de retenção de água devido ao efeito osmótico, ocorrendo redução na absorção de água pela planta, podendo ocorrer em alguns casos, perda de água da planta para o solo (DIAS et al., 2016). Resultados semelhantes ao presente estudo foram constatados por Garcia et al. (2008), estudando irrigação salina em três tipos de solo no cultivo do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).

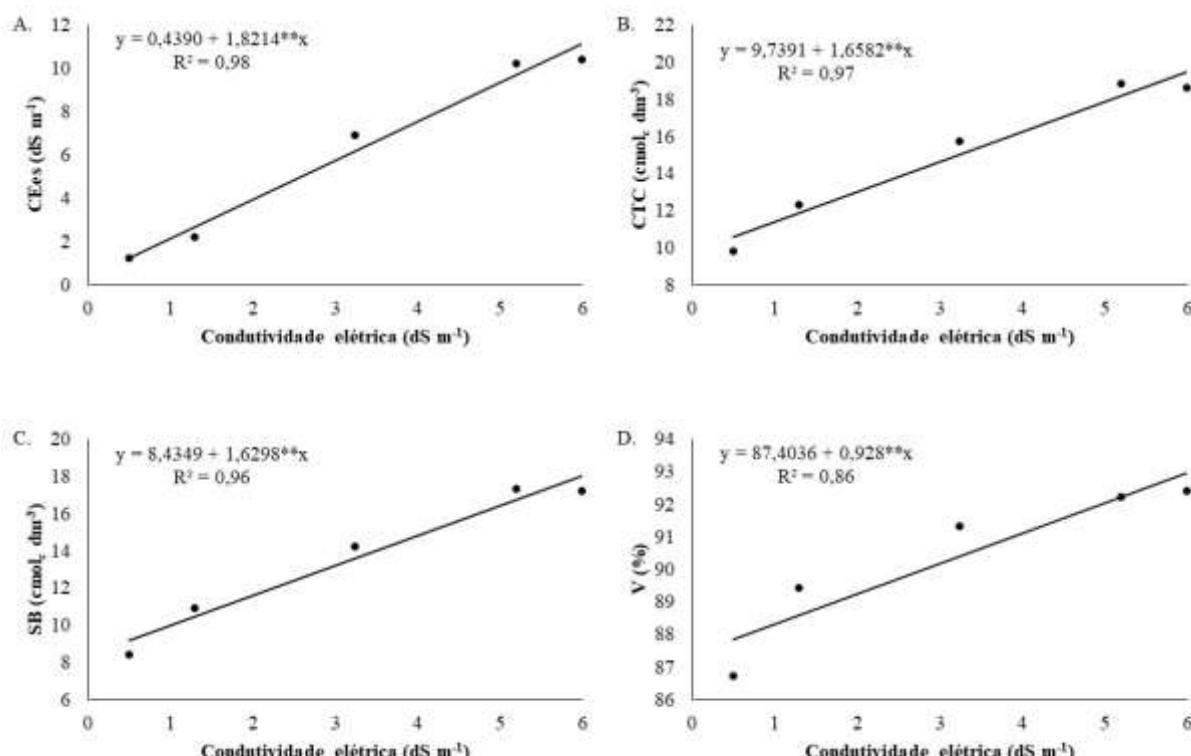


Figura 5. Condutividade elétrica do extrato de saturação (A), capacidade de troca catiônica (B), soma de bases (C) e saturação por bases (D) em solo cultivado com manjericão (*Ocimum basilicum* L.) submetido a condutividades elétricas da água de irrigação. Areia-PB, 2019.

CONCLUSÕES

1. O estresse salino provoca redução no crescimento, fitomassa verde e seca e componentes de produção do manjericão;
2. Irrigações com altas condutividades elétricas da água provocam no solo aumentos nos teores de potássio, sódio, na condutividade elétrica do extrato de saturação, capacidade de troca catiônica, soma de bases e saturação por bases;

3. Aplicações do bioestimulante vegetal até a dose de 10 mL L⁻¹ não surte efeitos sobre as plantas de manjericão e a fertilidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704p.
- CHIANG, L. C. Antiviral activities of extracts and selected purê constituents of Ocimum basilicum. **Clinical and Experimental Pharmacology Physiology**. v. 32, n. 10 p. 811-816, 2005.
- CODY, R. **An introduction to SAS® university edition**. Cary: SAS Institute, 2015. 366 p.
- CONCEIÇÃO, C. G.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; PARIZA, A. R. C.; CONCEIÇÃO J. A. Desenvolvimento vegetativo do feijoeiro irrigado com diferentes lâminas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 2, p. 2406-2417, 2018.
- DALIAKOPoulos, I. N.; TSANIS, I. K.; KOUTROULIS, A.; KOURGIALAS, N. N.; VAROUCHAKIS, A. E.; KARATZAS, G. P.; RITSEMA, C. J. The threat of soil salinity: A European scale review. **Science of the Total Environment**, v. 573, p.727–739, 2016.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSAL. 2010. p.129–141.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; NETO, O. N. S.; QUIROZ, I. S. R. (2016). Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de; Gomes Filho, E. (ed.) **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza, INCTSAL, p.151-162.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

GARCIA, G. O.; MARTINS FILHO, S.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; NAZÁRIO, A. A. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, p. 7-18, 2008.

HASHI, U. S.; KARIM, A.; SAIKAT, H. M.; ISLAM, R.; ISLAM, M. A. Effect of Salinity and Potassium Levels on Different Morpho-Physiological Characters of two Soybean (*Glycine max* L.) Genotypes. **Rice Research: Open Access**, v. 3, n. 3, p. 1-5, 2015.

KADHIM, M. J.; SOSA, A. A.; HAMEED, I. H. Evaluation of anti-bacterial activity and bioactive chemical analysis of *Ocimum basilicum* using Fourier transform infrared (FT-IR) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) techniques. **Journal of pharmacognosy and phytotherapy**, v. 8, n. 6, p. 127-146, 2016.

LUCENA, C. Y. S.; SANTOS, D. J. R.; SILVA, P. L. S.; COSTA, E. D.; LUCENA, R. L. O reuso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 1-17, 2018.

MAIA, S. S. S.; SILVA, R. C. P.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, O. M. P.; SILVA, A. C.; CANDIDO, W. S. Responses of basil cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 44-49, 2017.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012. 643p.

MATEUS, N. B.; BARBIN, D.; CONAGIN, A. Viabilidade de uso do delineamento composto central. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 6, p. 1537-1546, 2001.

MAY, A.; BOVI, O. A.; MAIA, N. B.; BARATA, L. E. S.; SOUZA, R. C. Z.; SOUSA, E. M. R.; MORAES, A. R. A.; PINHEIRO, M. Q. Basil plantas growth and essencial oil yiel in a production system with successive cuts. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 385-389, 2008.

MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; BARROS, A. D. Manejo da irrigação e tolerância do meloeiro a salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 3, p. 242-247, 2008.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. **A qualidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1994. 60p.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017p.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; CUNHA, R. C.; SOUZA, M. W. L.; LIMA, L. A. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 307-315, 2016.

OLIVEIRA, F. D. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; LIMA, L. A.; ALVES, R. C.; RÉGIS, L. R. L.; SANTOS, S. T. Estresse salino e biorregulador vegetal em feijão caupi. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 314-329, 2017.

PAES, J. L. A.; RUIZ, H. A.; FERNANDES, R. B. A.; FREIRE, M. B. G. S.; BARROS, M. F. C.; ROCHA, G. C. Dispersão de argilas em solos afetados por sais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n. 11, p.1135–1142, 2013.

RHOADES, J. D. KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 200. 117p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).

SILVA, T. I.; MELO FILHO, J. S.; GONÇALVES, A. C. M.; SOUSA, L. V.; MOURA, J. G.; DIAS, T. J.; ALVAREZ-PIZARRO, J. C.; PEREIRA, W. E.; MENDONÇA, R. M. N. Salicylic Acid Effect on *Ocimum basilicum* L. during Growth in Salt Stress and Its Relationship between Phytomass and Gas Exchange. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 22, n. 4, p. 1-10, 2018.

SOUSA, L. V.; RIBEIRO, R. M. P.; SANTOS, M. G.; OLIVEIRA, F. S.; FERREIRA, H.; GERÔNIMO, F. R. R.; ARAÚJO, A. G. R.; SILVA, T. I.; BARROS JÚNIOR, A. P. Physiological responses of cowpea (*Vigna unguiculata*) under irrigation with saline water and biostimulant treatment. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 12, p. 24-33, 2018.

STOLLER DO BRASIL. **Stimulate Mo em hortaliças**: informativo técnico. Cosmopolis: Stoller do Brasil. Divisão Arbore, 1998. 1v.

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

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.