



PRISCILA DE MELO EVANGELISTA MAIA

**CULTIVO DE HORTALIÇAS EM SUBSTRATO
DE FIBRA DE COCO SOB ESTRESSE SALINO E
APLICAÇÃO FOLIAR DE ÁCIDO ASCÓRBICO**

**LAVRAS – MG
2017**

PRISCILA DE MELO EVANGELISTA MAIA

**CULTIVO DE HORTALIÇAS EM SUBSTRATO DE FIBRA DE
COCO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO FOLIAR DE
ÁCIDO ASCÓRBICO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, linha de pesquisa em Saneamento Ambiental, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Luiz Fernando Coutinho de Oliveira
Orientador

Prof. Dr. Francisco de Assis de Oliveira
Coorientador

**LAVRAS – MG
2017**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Maia, Priscila de Melo Evangelista.

Cultivo de hortaliças em substrato de fibra de coco sob estresse salino e aplicação foliar de ácido ascórbico / Priscila de Melo Evangelista Maia. - 2017.

96 p. : il.

Orientador(a): Luiz Fernando Coutinho de Oliveira.

Coorientador(a): Francisco de Assis de Oliveira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. salinidade. 2. produção de hortaliças. 3. estresse oxidativo. I. Oliveira, Luiz Fernando Coutinho de. II. Oliveira, Francisco de Assis de. III. Título.

PRISCILA DE MELO EVANGELISTA MAIA

**CULTIVO DE HORTALIÇAS EM SUBSTRATO DE FIBRA DE
COCO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO FOLIAR DE
ÁCIDO ASCÓRBICO
CULTIVATION OF VEGETABLES IN SUBSTRATE OF
COCONUT FIBER UNDER SALT STRESS AND FOLIAR
APPLICATION OF ASCORBIC ACID**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, linha de pesquisa em Saneamento Ambiental, para a obtenção do título de Doutor.

Aprovada em 27 de abril de 2017

Dra. Luciene Alves Batista Siniscalchi - UFLA
Dr. Fábio Ponciano de Deus - UFLA
Dr. Daniel Fonseca de Carvalho – UFRRJ
Dr. Osvaldo Nogueira de Sousa Neto - UFERSA

Prof. Dr. Luiz Fernando Coutinho de Oliveira
Orientador

Prof. Dr. Francisco de Assis de Oliveira
Coorientador

**LAVRAS – MG
2017**

*Aos meus pais Irenice e Joaquim
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, e por cada oportunidade dada.

À Universidade Federal de Lavras, por oferecer uma estrutura que possibilita o crescimento pessoal e profissional dos seus alunos.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, instituição em que cursei a graduação, o mestrado e onde também pude desenvolver esta pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa concedida.

Ao professor Luiz Fernando Coutinho de Oliveira, pela orientação, paciência, confiança e apoio durante todo o curso de doutorado.

Ao professor e amigo Francisco de Assis de Oliveira (Thikão) pelo acolhimento, orientação, confiança, amizade, pela contribuição na realização deste trabalho por seus ensinamentos não somente acadêmicos, mas para a vida.

Aos professores do PPGRH-UFLA pelo aprendizado compartilhado.

Ao grupo de pesquisa Irriganutri (UFERSA) que colaboraram de forma indispensável na realização dos experimentos, meu sincero agradecimento e em especial a Raíza, Lília, Ricardo, Adailha, Ítalo, Sandy, Luan e Sérgio.

Aos meus pais pela educação, apoio, amor, confiança, incentivo e compreensão que nunca me faltaram. E aos meus irmãos Paloma e Pablo por todo apoio e companheirismo sempre que foi necessário.

A Nicolly, Samuel, Rogério, Joyce, Fabiana, Magno, João Paulo, Herlon, Malu, Fernando e Lucas pela amizade e apoio que recebi. E a todos os colegas e funcionários do PPGRHSA.

A José, Natany e Bruno pelo incentivo, torcida e amizade.

Aos membros da banca muito obrigada pelas contribuições dadas a este trabalho, e a todos que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho, muito obrigada.

“A presença ou ausência de água escreve a história, cria culturas e hábitos, determina a ocupação de territórios, vence batalhas, extingue ou dá vidas às espécies, e determina o futuro das gerações”.

(Denise Bacci; Ermelinda Pataca).

RESUMO

A escassez mundial de recursos hídricos e a necessidade de se produzir alimentos induzem o uso da água de qualidade inferior na irrigação das culturas ou em sistemas hidropônicos, mesmo com perdas de produção. Essas perdas são consequência do estresse osmótico e iônico que por sua vez, estão diretamente relacionados com o excesso de sais na solução do solo ou solução nutritiva hidropônica. Adicionalmente também se atribui parte dessa perda ao estresse oxidativo, que ocorre de forma secundária. Para minimizar tais perdas, a utilização de antioxidantes aplicados de forma exógena é citada na literatura como uma alternativa, sendo o Ácido Ascórbico (AsA) um dos mais importantes antioxidantes. Neste sentido, objetivou-se, avaliar o efeito da interação entre a aplicação de Ácido Ascórbico via foliar e a salinidade da água utilizada no preparo das soluções nutritivas sobre a produção das culturas. Os trabalhos foram desenvolvidos em ambiente protegido na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, na cidade de Mossoró-RN, no cultivo quatro hortaliças (alface crespa, alface americana, rúcula e coentro) em sistema de produção hidropônico utilizando fibra de coco como substrato. Foram utilizadas duas condições de estresse obtidas com e sem a adição de NaCl na água de preparo da solução nutritiva. Foi realizada uma aplicação de AsA por ciclo, em cinco concentrações diferentes (0, 0,25, 0,50, 0,75 e 1,00 mol L⁻¹), o AsA foi borrifado nas folhas, de forma que todas fossem totalmente molhadas. Ao final dos ciclos de produção as plantas foram colhidas e analisadas as seguintes variáveis em cada cultura: alfaces crespa e americana: massa fresca de plantas (MFP), comprimento do caule (COMP), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e massa seca de plantas (MSP), rúcula: massa fresca de plantas (MFP), altura de plantas (ALT), massa seca de plantas (MSP) e área foliar (AF) e coentro: massa fresca de plantas (MFP), altura de plantas (ALT), número de hastes por planta (NHP) e massa seca de plantas (MSP). A resposta da aplicação foliar de Ácido Ascórbico sobre as variáveis de produção foi dependente da cultura, da condição de estresse e da concentração de AsA utilizada. Para a alface crespa nas plantas sob estresse, observou-se que as variáveis de produção comportaram-se de forma crescente até a concentração de 0,5 mol L⁻¹. A interação dos fatores sobre a cultura da alface americana influenciou a MFP, AF e MSP, porém de forma negativa, diminuindo assim a produção. A aplicação de AsA na cultura da rúcula proporcionou acréscimos nas variáveis MFP e ALT até a concentração de 0,6 mol L⁻¹. O efeito benéfico do AsA foi observado até a concentração de 0,5 mol L⁻¹, nas variáveis MFP, ALT e MSP, apenas nas plantas de coentro não submetidas ao estresse.

Palavras-chave: salinidade, produção de hortaliças, estresse oxidativo.

ABSTRACT

The global shortage of water resources and the necessary food production induce the use of water of low quality in irrigation of crops or in hydroponics systems, even with losses of production. These losses are a consequence of the osmotic and ionic stress which in turn are directly related to the excess of salts in the soil solution or hydroponic nutrient solution. In addition, part of this loss is also attributed to oxidative stress, which occurs secondary. To minimize such losses, the use of exogenously applied antioxidants is cited in the literature as an alternative, with ascorbic acid (AsA) being one of the most important antioxidants. In this sense, the objective was to evaluate the effect of the interaction between the application of ascorbic acid via leaf and the salinity of the water used in the preparation of the nutrient solutions on the production of the crops. The works were developed in a protected environment at the Federal Rural Semi-Arid University, in the city of Mossoró-RN, in the cultivation of four vegetables (crisp lettuce, american lettuce, arugula and coriander) in a hydroponic production system using coconut fiber as a substrate. Two stress conditions were obtained with and without the addition of NaCl in the preparation water of the nutrient solution. An application of AsA per cycle was performed in five different concentrations (0, 0.25, 0.50, 0.75 and 1.00 mol L⁻¹), the AsA was sprayed on the leaves, so that all were completely Wet. At the end of the production cycles the plants were harvested and the following variables were analyzed in each culture: crisp and American lettuces: fresh plant mass (FPM), stem length (LENG), number of leaves (NL), diameter of Stem (DS), leaf area (LA) and dry mass of plants (DMP); Arugula: fresh plant mass (FPM), plant height (HEIG), dry mass of plants (DMP) and leaf area (LA); Coriander: fresh plant mass (FPM), plant height (HEIG), number of stems per plant (NSP) and dry mass of plants (DMP). The response of the foliar application of ascorbic acid on the production variables was dependent on the culture, the stress condition and the concentration of AsA used. For the crisp lettuce in the plants under stress, it was observed that the production variables behaved increasing from to the concentration of 0.5 mol L⁻¹. The interaction of the factors on the American lettuce culture influenced the FPM, LA and DMP, but in a negative way, thus reducing the production. The application of AsA in the arugula culture provided increases in the FPM and HEIG variables up to the concentration of 0.6 mol L⁻¹. The beneficial effect of AsA was observed up to the concentration of 0.5 mol L⁻¹ in the FPM, HEIG and DMP, only in non-stressed coriander plants.

Key words: salinity, vegetable production, oxidative stress.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Casa de vegetação utilizada no experimento.....	44
Figura 2 - Detalhe das estruturas utilizadas nos experimentos I (A) e II (B).....	46
Figura 3 - Detalhe das estruturas utilizadas nos experimentos III (A) e IV (B).....	47
Figura 4 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: massa fresca de plantas (A) e comprimento do caule (B), na cultura da alface crespa.	57
Figura 5 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: diâmetro do caule (A) e área foliar (B) na cultura da alface crespa.....	60
Figura 6 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre a variável massa seca das plantas de alface crespa.....	62
Figura 7 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre a massa fresca de plantas na cultura da alface americana.....	67
Figura 8 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: área foliar (A) e massa seca das plantas (B) na cultura da alface americana.	69
Figura 9 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: Massa fresca das plantas (A) e altura de plantas (B) na cultura da rúcula.....	74
Figura 10 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: Massa seca das plantas (A) e área foliar (B) na cultura da rúcula.	76

Figura 11 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: Massa fresca das plantas (A) e Altura de plantas (B) na cultura do coentro.	82
Figura 12 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: Número de hastes por planta (A) e Massa seca de plantas (B) na cultura do coentro.	85

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Descrição dos experimentos realizados 43
- Tabela 2 - Resumo da análise de variância para massa fresca das plantas (MFP) comprimento do caule (COMP), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), massa seca das plantas (MSP) e equações de regressão da alface crespa submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico. 54
- Tabela 3 - Valores médios observados das variáveis: massa fresca das plantas (MFP) comprimento do caule (COMP), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e massa seca das plantas (MSP) da alface crespa submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico. 55
- Tabela 4 - Resumo da análise de variância para massa fresca das plantas (MFP) comprimento do caule (COMP), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), massa seca das plantas (MSP) e equações de regressão da alface americana submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico. 64
- Tabela 5 - Valores médios de massa fresca das plantas (MFP), área foliar (AF) e massa seca das plantas (MSP) da alface americana submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico. .. 65
- Tabela 6 - Resumo da análise de variância para massa fresca das plantas (MFP) altura das plantas (ALT), massa seca das plantas (MSP) e área foliar (AF) e equações de regressão de rúcula submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico. 71
- Tabela 7 - Valores médios de massa fresca das plantas (MFP) altura das plantas (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC),

área foliar (AF) e massa seca das plantas (MSP) da rúcula submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico... 72

Tabela 8 - Resumo da análise de variância para massa fresca das plantas (MFP) altura das plantas (ALT), número de hastes por planta (NHP), massa seca das plantas (MSP) e equações de regressão de coentro submetido a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico..... 78

Tabela 9 - Valores médios de massa fresca das plantas (MFP) altura das plantas (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e massa seca de plantas (MSP) de coentro submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico... 79

LISTA DE SIGLAS

AD	Área do disco
AF	Área foliar
ALT	Altura das plantas
APX	Ascorbato peroxidase
AsA	Ácido Ascórbico
CAT	Catalase
CE	Condutividades elétricas
COMP	Comprimento do caule
DC	Diâmetro do caule
ERO	Espécies reativas de oxigênio
ETc	Evapotranspiração da cultura
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
GSH	Glutathiona redutase
MFP	Massa fresca das plantas
MSD	Massa seca dos discos
MSF	Massa seca das folhas
MSP	Massa da matéria seca das plantas
ND	Número de discos
NF	Número de folhas
NFT	Técnica do Filme Nutriente
NHP	Número de hastes por planta
PO	Pressão osmótica
PPO	Polifenol oxidase
Prx	Peroxiredoxina
S	Salinidade
SOD	Superóxido dismutase

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVO GERAL	19
3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
4	HIPÓTESE.....	23
5	REVISÃO DE LITERATURA.....	25
5.1	Escassez de recursos hídricos	25
5.2	Sistema hidropônico como alternativa de uso de águas salobras.....	28
5.3	Efeito da salinidade em plantas.....	30
5.4	Estresse oxidativo	32
5.5	O uso de antioxidantes para redução do estresse oxidativo.....	34
5.6	Ácido Ascórbico como antioxidante.....	35
5.7	Produção de hortaliças.....	36
5.7.1	Alface (<i>Lactuca sativa</i> L).....	37
5.7.2	Rúcula (<i>Eruca sativa</i>).....	39
5.7.3	Coentro (<i>Coriandrum sativum</i> L.).....	40
6	MATERIAL E MÉTODOS	43
6.1	Localização.....	43
6.2	Delineamento estatístico e tratamentos	44
6.3	Unidades experimentais	46
6.3.1	Alface crespa e alface americana (Experimentos I e II).....	46
6.3.2	Rúcula e Coentro (Experimentos III e IV).....	47
6.4	Instalação das culturas.....	47
6.5	Solução nutritiva.....	48
6.6	Irrigação	49
6.7	Aplicação foliar de Ácido Ascórbico	50
6.8	Variáveis analisadas	50
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53

7.1	Alface Crespa	53
7.2	Alface Americana	64
7.3	Rúcula.....	71
7.4	Coentro	78
	REFERÊNCIAS	89

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável para a manutenção das mais variadas formas de vida existentes na Terra. O Brasil é um país privilegiado em quantidade de recursos hídricos, mesmo assim nos últimos anos tem-se observado bastante irregularidade nas precipitações ocasionando redução na disponibilidade de água em praticamente todas as regiões do país.

No semiárido brasileiro, onde historicamente ocorrem épocas de estiagem prolongadas, o volume de água nos reservatórios superficiais é bastante limitado. Nestes casos, o volume reduzido de água disponível superficialmente tem seu uso restrito para o abastecimento humano e dessedentação animal. Para garantir a produção de alimentos se faz necessária a exploração de mananciais subterrâneos, pois a prática da agricultura, neste caso, depende de irrigação.

Nas regiões produtoras do Rio Grande do Norte tem sido comum a utilização de águas provenientes de poços freáticos para a irrigação de culturas. O aquífero mais comumente explorado tem sido o Jandaíra, que apresenta como vantagens: um grande potencial hídrico e baixo custo de coleta, entretanto este aquífero apresenta como limitação a possibilidade de suas águas apresentarem elevada concentração de sais dissolvidos. Essas águas têm sido utilizadas para irrigação, porém, sem a adoção de um manejo adequado, podendo provocar salinização do solo e conseqüentemente, influenciará o crescimento e desenvolvimento das culturas, causando redução nos rendimentos.

O crescimento e o desenvolvimento das culturas, por sua vez, são resultados de fatores genéticos e ambientais e suas interações, e a quantificação dos fatores ambientais possibilita a melhoria nas técnicas de produção (OLIVEIRA et al., 2010). E, no que concerne ao fator sistema de produção, as plantas cultivadas em hidroponia são mais tolerantes aos efeitos da salinidade do que as cultivadas nos sistemas convencionais (DIAS et al., 2011a). Essa maior

tolerância deve-se, no caso da hidroponia em substrato, ao fato deste ser relativamente inerte.

Outro problema preocupante relacionado à qualidade de água é o destino dado ao rejeito do processo de dessalinização, que é utilizado em diversas comunidades rurais, pois é comum que este seja despejado no solo sem manejo algum. Contudo, quanto mais informações houver disponíveis sobre a tolerância de culturas, assim como a viabilidade de utilização nos sistemas de produção possibilitando a produção com menores impactos, maior a possibilidade de se conseguir conviver com a escassez de água no Semiárido.

As hortaliças desempenham um papel de grande importância na alimentação humana e tem sido cada vez mais comum a presença na mesa da população brasileira. Na região Semiárida, sobretudo, o cultivo de hortaliças também representa grande importância econômica e social, sendo produzido principalmente pela agricultura familiar de forma agroecológica ou por pequenas e médias empresas produtoras.

Os produtores de hortaliças normalmente estão localizados em pequenas áreas e próximo aos centros urbanos, onde se encontra o mercado consumidor, facilitando o transporte devido à alta perecibilidade dos produtos. Apesar de serem em geral classificadas como sensíveis à salinidade, pesquisas tem sido desenvolvidas objetivando a manutenção da produtividade de hortaliças nessas condições e principalmente utilizando técnicas de cultivo hidropônico.

De acordo com Lima (2008), além dos aspectos iônico e osmótico, o estresse salino também pode induzir ao estresse oxidativo que é representado pelo aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (ERO). EROs são altamente reativas e podem alterar o metabolismo celular normal, causando danos a lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos.

Essas moléculas tóxicas são formadas durante funções metabólicas normais nos peroxissomos ou induzidas por estímulos ambientais aos quais as

plantas estão constantemente expostas (MITTLER, 2002; EAUX, 2007). O principal ponto de produção de ERO na célula durante o estresse são as organelas com alta atividade de oxidação metabólica ou com fluxo de elétrons sustentado: cloroplastos e mitocôndrias (BREUSEGEM et al., 2001).

As plantas protegem suas células e compartimentos sub-celulares dos efeitos citotóxicos das EROs com o auxílio de enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), glutathione redutase (GSH), peroxiredoxina (Prx), catalase (CAT), polifenol oxidase (PPO) e metabólitos, como a glutathione, Ácido Ascórbico, α -tocoferol e carotenóides (SCANDALIOS, 1993; INZÉ; MONTAGU, 1995; MITTLER, 2002, SOARES; MACHADO, 2007).

Os antioxidantes não enzimáticos são produzidos pelas plantas como metabólitos secundários, contribuindo na resposta da planta ao estresse. O Ácido Ascórbico (AsA), popularmente conhecido como vitamina C, é descrito na literatura como um dos mais importantes antioxidantes não enzimáticos, e sua concentração endógena pode ser aumentada pela aplicação exógena.

Diante da necessidade de se garantir a produção de alimentos nos locais que a disponibilidade de água de boa qualidade é escassa, e partindo da hipótese que a aplicação foliar de AsA se constitui uma alternativa para reduzir o dano oxidativo causado pelo estresse salino, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da interação entre a aplicação de Ácido Ascórbico via foliar e salinidade da solução nutritiva, sobre as variáveis de produção de quatro cultivares de hortaliças: *Lactuca sativa* L. (tipo crespa e americana), *Eruca sativa* L., e *Coriandrum sativum* L., em cultivo hidropônico utilizando fibra de coco como substrato.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da interação entre a aplicação de Ácido Ascórbico via foliar e salinidade da solução nutritiva, sobre as variáveis de produção de quatro cultivares de hortaliças: *Lactuca sativa* L. (tipo crespa e americana), *Eruca sativa* L., e *Coriandrum sativum* L., cultivadas em sistema hidropônico utilizando fibra de coco como substrato.

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar individualmente cada hortaliça sob influência da salinidade da água e aplicação exógena de Ácido Ascórbico.

Analisar o comportamento dos componentes de produção das hortaliças na presença e na ausência de estresse salino.

Avaliar se a aplicação de Ácido Ascórbico reduz os efeitos negativos do estresse salino sobre as variáveis de produção.

Avaliar o comportamento dos componentes de produção das hortaliças em função das crescentes concentrações de Ácido Ascórbico.

Indicar a possibilidade de utilização do Ácido Ascórbico via foliar como manejo em condições de estresse salino.

Indicar para cada cultivar estudada qual a concentração entre as estudadas trará melhores ganhos de produção.

Gerar dados para que estudos futuros possam ser desenvolvidos em diferentes condições de cultivo e/ou culturas.

4 HIPÓTESE

O Ácido Ascórbico aplicado via foliar nas plantas poderá atuar como antioxidante, reduzindo os efeitos negativos do estresse oxidativo sofrido em condições de elevada salinidade.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Escassez de recursos hídricos

A água é um bem essencial à vida, dotada de valor econômico, e que cumpre seu ciclo global a partir das precipitações, retornando a atmosfera pela evaporação de corpos de água e transpiração de vegetais. Os componentes do ciclo hidrológico se distribuem desuniformemente entre as diversas regiões do planeta, razão por que são afetados por ações antrópicas capazes de alterar sua disponibilidade, em termos quantitativos e qualitativos (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012).

Os dados de distribuição de água no mundo já nos remetem à ideia de escassez, uma vez que de toda a água do planeta apenas uma pequena porcentagem apresenta-se disponível para o consumo humano na superfície terrestre. No entanto o Brasil é um país privilegiado por possuir a maior porcentagem de água doce no mundo, pois conta com 12% de toda a água doce do planeta (BRASIL, 2010).

Azevedo e Barbosa (2011) relatam a existência de uma má distribuição da água no território brasileiro, podendo-se verificar que a região Amazônica possui 68% da oferta desse recurso, porém a região tem 45% do território nacional e 7% da população. A situação da região Norte contrasta com a da região Sudeste que tem 6% dos recursos hídricos, 11% da superfície do território e 43% da população e em outras regiões como no semiárido brasileiro as populações vivem o drama da escassez de água.

Montenegro e Montenegro (2012) destacam as zonas semiáridas dentre as regiões submetidas aos cenários de escassez de água, estando sujeitas a chuvas de distribuição irregular, no tempo e no espaço, produzindo períodos de estiagem aguda, e ao mesmo tempo, concorrendo para eventos de enchentes.

Segundo os mesmos autores é também nas zonas semiáridas que ocorrem taxas elevadas de evapotranspiração, acentuando os déficits hídricos nos períodos sem chuvas.

A região do Semiárido brasileiro foi oficialmente definida em 2005 pelo Ministério da Integração Nacional. Segundo Pereira Júnior (2007), esta região corresponde a um conjunto de municípios que atende a, pelo menos, um dos três critérios a seguir: precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm; índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; risco de seca ou prolongamento da estação seca, de um ano para outro, maior que 60% tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

A delimitação atual do Semiárido brasileiro, portanto, abrange 1135 municípios inseridos nos estados nordestinos (exceto o Maranhão), e inclui os do extremo norte e nordeste do estado de Minas Gerais (MEDEIROS et al., 2012).

Importante ressaltar que a condição climática da região não é algo que possa ser solucionado, porém para que os seus efeitos sejam menos impactantes há necessidade de se desenvolver meios de convivência com o semiárido. Devido a isso, tecnologias simples para captação de água da chuva como cisternas de placa e calçadão, barragens subterrâneas e represas têm sido bastante utilizadas em comunidades rurais, no entanto só esta água muitas vezes não é suficiente, pois o período sem chuvas é muito extenso. Sendo também bastante comum, como alternativa para suprir as necessidades de água, a exploração de mananciais subterrâneos.

A bacia Potiguar ocupa uma área de 48.000 km², nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, sendo que 40% deste total representam sua porção emersa e o restante sua porção submersa (MATOS; CASTRO; PEDROZA JÚNIOR, 2010).

A bacia Potiguar, geologicamente, é constituída de rochas carbonáticas da formação Jandaíra, que corresponde à unidade mais recente da sequência cretácea que a integra (MELO et al., 2007).

Na região Oeste do Rio Grande do Norte, parte da água utilizada para irrigação é proveniente de poços profundos, que apesar da boa qualidade, apresenta alto custo de obtenção, que, às vezes, inviabiliza seu uso na agricultura. Entretanto, há também poços abertos no calcário Jandaíra que mesmo apresentando custo de obtenção mais baixo, possui água com níveis de salinidade elevada (OLIVEIRA et al., 2013).

Por ação do governo, equipamentos de dessalinização das águas salobras subterrâneas têm sido instalados em várias comunidades rurais na região Nordeste do Brasil, objetivando a geração de água doce para o consumo humano. Com a distribuição de dessalinizadores nessas comunidades foi dada uma solução para a falta de água potável.

Durante o processo de dessalinização, no entanto, há a geração de uma quantidade considerável de rejeito altamente salino, e, uma das opções de aproveitamento desse rejeito seria a sua utilização na irrigação de culturas tolerantes (MAIA, 2014) ou nas soluções nutritivas de cultivos hidropônicos (DIAS et al., 2011b; SANTOS et al., 2012).

Dentro do contexto hidroagrícola, a qualidade da água a ser utilizada na irrigação das culturas, especialmente em regiões áridas e semiáridas, tem sido um redutor significativo da sua disponibilidade. A maioria dos mananciais superficiais e subsuperficiais oferecem água com elevados níveis de sais para irrigação sem o devido manejo, além de salinizar os solos, tornando-os improdutivos, ocasiona às plantas, um conjunto de alterações em virtude do efeito tóxico provocado pelos íons Na^+ e Cl^- e, também, pelo aumento da energia necessária para a extração de água devido ao efeito no potencial osmótico no solo (XIONG; ZHU, 2002).

O uso dessas águas subterrâneas de qualidade inferior tem sido possível na agricultura, pois manejado adequadamente pode trazer benefícios consideráveis. Como na região Nordeste a economia está diretamente ligada à atividade agropecuária, embora que boa parte desta seja praticada extensivamente, dentro do contexto hídrico vigente, a irrigação é uma prática responsável pelo aumento dos rendimentos com essas atividades.

5.2 Sistema hidropônico como alternativa de uso de águas salobras

O aumento da área irrigada e a diminuição da disponibilidade de água de boa qualidade têm incrementado a utilização de águas marginais, com diferentes níveis de salinidade. Desta forma, o grande desafio dos pesquisadores é o uso de práticas de manejo que possibilitem o desenvolvimento de uma agricultura irrigada, com o uso de águas salinas, com menor impacto ambiental e máximo retorno econômico (OLIVEIRA et al., 2011).

Um relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) informando sobre a situação dos solos, lançado em 2015 revela que 33% dos solos do mundo estão degradados. A erosão, salinização, compactação, acidificação e contaminação estão entre os principais problemas relacionados à degradação dos solos. A acumulação de sais no solo reduz o rendimento das culturas e pode eliminar completamente a produção vegetal. A salinidade induzida por ações antrópicas afeta um número estimado de 760.000 km² de terra em todo o mundo, o que corresponde a uma área maior do que toda a terra arável no Brasil (SANTOS, 2015).

No Brasil, a região mais afetada por este problema é a Nordeste, geralmente provocada por irrigação em áreas impróprias (SANTOS, 2015). Os solos da região Semiárida brasileira, segundo Vital et al. (2015), por encontrarem-se baixa atividade bioclimática, pluviometria inferior a 800 mm e

evaporação médias de 2000 mm anuais, tais solos são propensos ao processo de salinização primária (pelo processo natural de formação dos solos) e secundária (por ação antrópica), trazendo severos prejuízos à produtividade agrícola, além de promover problemas ambientais e sociais severos.

De acordo com a etimologia, o termo hidroponia (do grego: *hydro* = água e *ponos* = trabalho) quer dizer trabalho com água. No entanto, hidroponia significa o conjunto de técnicas empregadas para cultivar plantas sem o uso do solo, de forma que os nutrientes minerais essenciais são fornecidos às plantas na forma de uma solução nutritiva (FURLANI, 2004; BEZERRA NETO; BARRETO; 2012).

Os vários sistemas de cultivo hidropônico diferem entre si quanto a forma de sustentação da planta (meio líquido e substrato), ao reaproveitamento da solução nutritiva (circulantes ou não circulantes), ao fornecimento da solução nutritiva (contínua ou intermitente) (BEZERRA NETO; BARRETO; 2012).

O cultivo em substratos com o fornecimento de solução nutritiva também é denominado semi-hidropônico e, segundo Jardina et al. (2017), a quantidade de água consumida nesse sistema é bem menor se comparada ao convencional pois este sistema faz uso de solução nutritiva em conjunto com substrato sólido inerte (areia, fibra de coco) que mantém a umidade nas calhas sendo de suma importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Os sistemas hidropônicos têm se constituído em uma das alternativas que buscam equacionar os problemas relativos à salinidade na agricultura (SANTOS JÚNIOR et al., 2011). Santos et al. (2010) estudaram a utilização de águas salobras no cultivo hidropônico da alface e concluíram que o sistema hidropônico com uso de água salobra proporcionou maior tolerância à salinidade da solução nutritiva quando comparada com o cultivo em solo.

As pesquisas realizadas objetivando avaliar a tolerância de diferentes hortaliças, em condições de cultivo hidropônico, ao estresse salino

demonstraram que há perdas de produção, mas que até um determinado nível de salinidade é viável a utilização dessas águas na irrigação. Rebouças et al. (2013) observaram este comportamento em coentro cultivado em substrato de fibra de coco, com uso de rejeito salino da dessalinização da água salobra, recomendando o seu uso na proporção de até 25% em solução nutritiva, apesar da redução de 30% na produção de fitomassa seca.

Sousa Neta et al. (2013) estudando os efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento de rúcula cultivada em diferentes substratos hidropônicos, também observaram um decréscimo nas variáveis de produção com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva.

Dias et al. (2011a) estudaram o uso de rejeito da dessalinização na solução nutritiva da alface cultivada em fibra de coco e concluíram que as águas residuárias do processo de dessalinização podem ser usadas como fonte potencial de água para a produção hidropônica de alface, embora as perdas de produção tenham aumentado com a salinidade

5.3 Efeito da salinidade em plantas

A salinidade possui dois componentes que são responsáveis pelo estresse: um osmótico e outro iônico. O componente osmótico altera o balanço hídrico da planta, enquanto que o componente iônico é responsável pelos efeitos sobre o desbalanceamento nutritivo e pelos efeitos tóxicos dos íons (LÄUCHLI; GRATTAN, 2007, MUNNS; TESTER, 2008). A predominância de um desses fatores irá depender das características e condições do estresse (PRISCO; GOMES FILHO, 2010).

Os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais são: seca fisiológica, proveniente da diminuição do potencial osmótico, desbalanceamento nutricional devido à elevada concentração iônica, especialmente o Sódio,

inibindo a absorção de outros nutrientes e efeito tóxico de íons, particularmente o Cloreto e Sódio (COSME, 2011).

As plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida no solo. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico e, portanto, a magnitude do problema de escassez de água na planta. O aumento da pressão osmótica (PO) causado pelo excesso de sais solúveis poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar essa PO e, em consequência, a planta não irá absorver água, mesmo de um solo aparentemente úmido (seca fisiológica) (DIAS; BLANCO, 2010).

Os problemas de toxicidade normalmente surgem quando certos íons, constituintes do solo ou da água, são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos em concentrações suficientemente altas para provocar danos e reduzir seus rendimentos (AYERS; WESTCOT, 1999). Porém, segundo Pizarro (1985), o efeito por toxicidade de íons específicos não é devido ao efeito direto dos íons e, sim, por estes induzirem as alterações no metabolismo, ocasionando o acúmulo de produtos tóxicos.

De uma forma geral, os danos em culturas sensíveis ocorrem em concentrações iônicas relativamente baixas e se manifestam como queimaduras nas bordas e clorose na área internerval das folhas e, se a acumulação de íons for suficientemente elevada, produzirá redução significativa nos rendimentos (AYERS; WESTCOT, 1999).

Os efeitos da salinidade sobre o balanço nutricional das plantas são denominados também de efeitos indiretos, pois segundo Dias e Blanco (2010) estes acontecem quando as altas concentrações de Sódio ou outros cátions na solução interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de alguns

elementos, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas, indiretamente.

5.4 Estresse oxidativo

A tolerância à salinidade tem sido geralmente estudada com base nos mecanismos de regulação da homeostase iônica e osmótica. Dessa forma, muitas vezes o que comumente se diagnostica como sintomas de efeitos negativos do estresse salino, são, na realidade, respostas fisiológicas normais das plantas para superar ou se aclimatar àquela situação adversa (SILVEIRA et al., 2010).

Durante a década de 1990, vários pesquisadores demonstraram que plantas produzem metabólitos intermediários, conhecidos como EROs (Espécies Reativas de Oxigênio), tais como o íon superóxido (O_2^-), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o radical hidroxila (OH^\cdot) (PRISCO; GOMES FILHO, 2010). Essas EROs são altamente reativas e podem alterar o metabolismo celular normal, causando danos oxidativos a lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos (AZEVEDO NETO et al., 2005; LIMA, 2008).

As plantas estão sujeitas a fatores ambientais além da salinidade excessiva que acarretam no estresse oxidativo, tais como: luz excessiva, herbicidas, baixa disponibilidade de nutrientes, alta concentração de metais pesados, poluição do ar, dentre outros.

Espécies radicalares, na presença de oxigênio, podem causar peroxidação de lipídeos dentro das membranas citoplasmáticas e das organelas. As interações lipídeo-radical liberam peróxidos que são em si espécies reativas, iniciando a subsequente redução de outro ácido graxo. Segue-se uma cadeia de reações auto catalíticas, resultando em extenso dano à membrana citoplasmática e das organelas (OLSZEWER, 2008, PEREIRA; CARDOSO, 2012).

Nos cloroplastos, a formação de ERO está relacionada com eventos da fotossíntese. O fenômeno de fotorrespiração nos peroxissomos é outra forma de produção de H_2O_2 . A produção de ERO em mitocôndrias de plantas recebeu pouca atenção no passado, mas dados recentes sugerem que tais organelas podem ser fontes de ERO sobre condições de estresse específicas (BREUSEGEM et al., 2001, SOARES; MACHADO, 2007).

O primeiro passo na redução de O_2 produz radicais de vida relativamente curta, os superóxidos. Esses radicais de oxigênio não conseguem atravessar membranas biológicas, ficando confinados no compartimento onde foram gerados. Os superóxidos formam hidroxiperóxidos com duplas ligações (enos) ou duplas ligações alternadas (dienos), além de oxidar aminoácidos específicos, como metionina, histidina e triptofano. O superóxido também pode causar peroxidação de lipídeos no ambiente celular e nas membranas celulares. Posteriormente, a redução do oxigênio gera peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que, apesar de não ser um radical livre, atravessa as biomembranas e se distribui a partir do local de sua produção (BREUSEGEM et al., 2001).

A última e mais reativa espécie a ser formada nessa reação é o radical hidroxil ($OH\cdot$). Esse radical é formado pela redução do H_2O_2 por íons metálicos (Fe^{2+} e Cu^{2+}) na reação de Fenton e tem grande afinidade por moléculas biológicas em seu sítio de produção. O hidroxil apresenta uma meia-vida muito curta, pois reage muito rapidamente com moléculas biológicas, sequestrando aleatoriamente um átomo de hidrogênio (BREUSEGEM et al., 2001).

Prisco e Gomes Filho (2010) reafirmam que a salinidade altera, inicialmente, a absorção de água, de nutrientes e a permeabilidade das membranas celulares. Os autores acrescentam que essas alterações refletem no balanço hídrico e nutricional das plantas provocando mudanças no seu metabolismo, no balanço hormonal, nas trocas gasosas e na produção de EROs. Todas essas mudanças comprometem a expansão e divisão das células, o

crescimento vegetativo e reprodutivo e a aceleração da senescência das folhas, que resultam na eventual morte da planta. Entretanto, as mudanças no metabolismo e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da planta irão depender das interações que ocorrem entre as características do estresse e as características do vegetal que está sendo submetido ao estresse.

Como a salinidade é o agente estressor primário, o estresse oxidativo é considerado como um estresse secundário. O termo EROs é aplicado às espécies químicas intermediárias, que aparecem durante a redução do O_2 a H_2O ($O_2 + 4e^- + 4H^+ \rightarrow H_2O$) (PRISCO; GOMES FILHO, 2010).

Nas condições normais, as plantas não sofrem esses danos porque há um equilíbrio entre a produção de EROs e a de antioxidantes (enzimas e outros compostos orgânicos). Entretanto, sob condição de estresse, há o acúmulo celular de EROs, pois nessas condições a planta não produz antioxidantes suficientes para neutralizar os efeitos deletérios desses poderosos oxidantes. Recentemente, esse estresse secundário tem recebido muita atenção dos pesquisadores, tendo em vista que a tolerância à salinidade parece estar correlacionada com a atividade antioxidante dos diferentes órgãos do vegetal (AZEVEDO NETO; GOMES FILHO; PRISCO, 2008).

5.5 O uso de antioxidantes para redução do estresse oxidativo

A fim de minimizar os danos causados pelas EROs, as plantas podem lançar mão de um complexo sistema de defesa que envolve substâncias antioxidantes (FILLIPI, 2004; AZEVEDO NETO, 2005; LIMA, 2008).

Os antioxidantes são capazes de interceptar os radicais livres gerados pelo metabolismo celular ou por fontes exógenas, impedindo o ataque sobre os lipídeos, os aminoácidos das proteínas, a dupla ligação dos ácidos graxos

poliinsaturados e as bases do DNA, evitando a formação de lesões e a perda da integridade celular (BIANCHI; ANTUNES, 1999).

As enzimas antioxidantes estão presentes em diferentes compartimentos celulares e contribuem para o controle das EROs nas plantas, o que confere um estado de homeostase redox no sistema. Destacam-se entre as enzimas antioxidantes a Superóxido Dismutase, Ascorbatoperoxidase, Glutationaredutase, Peroxidases, Catalase e Polifenoloxidase (BARBOSA et al., 2014).

O sistema celular de defesa antioxidante começa com uma cascata enzimática, mas envolve também componentes não enzimáticos, dentre os quais se destacam o Ascorbato, a Glutationa, o β -Caroteno e o α -Tocoferol. Tais antioxidantes podem evitar a formação de radicais livres, sequestrá-los ou promover sua degradação, prevenindo a ocorrência de danos às células das plantas (SERKEDJIEVA, 2011; BARBOSA et al., 2014). O Ácido Ascórbico, no entanto, é um dos antioxidantes mais importantes na proteção de plantas contra o estresse oxidativo gerado por estresse abiótico (CASTRO, 2014).

5.6 Ácido Ascórbico como antioxidante

O AsA é um dos mais importantes antioxidantes não enzimáticos e pode inativar várias EROs (DINAKAR; DJILIANOV; BARTELS, 2012, BARBOSA et al., 2014). Assim, o AsA endógeno elevado em plantas é necessário para neutralizar o estresse oxidativo, além de outros processos do metabolismo vegetal. O AsA endógeno pode ser aumentado pela aplicação exógena de AsA na fase de enraizamento (CHEN; GALLIE, 2004), pela pulverização foliar ou na preparação de sementes para o plantio (ATHAR; KHAN; ASHRAF; 2008).

Segundo Hameed et al. (2015) o Ácido Ascórbico (AsA) desempenha papel chave na tolerância ao sal de muitas plantas halófitas e é prontamente

absorvido após a aplicação exógena movendo-se dentro da planta, sendo, portanto, a aplicação foliar de AsA capaz de melhorar a tolerância das plantas ao sal de alguma maneira.

Athar, Khan e Ashraf (2008) estudaram o efeito do Ácido Ascórbico aplicado exogenamente no alívio o estresse oxidativo induzido pelo sal em trigo, e os resultados os levaram a concluir que o AsA aplicado no enraizamento neutraliza os efeitos adversos do estresse salino sobre o crescimento do trigo, melhorando a capacidade fotossintética e mantendo a homeostase dos íons.

Elhamid, Sadak e Tawfik (2014) ao avaliarem o alívio dos efeitos adversos do estresse salino em cultivares de trigo por tratamento foliar com antioxidantes, concluíram que, o tratamento foliar de cultivares de trigo com um composto de ácido ascórbico e ácido cítrico, pode atenuar parcialmente o efeito nocivo da salinidade.

5.7 Produção de hortaliças

O último dado apresentado pela Embrapa Hortaliças, com base em números já oficializados de 2014, indica diminuição do espaço cultivado de 32 produtos em relação a dois anos anteriores e inclusive menor produção em comparação a 2013. Mas o rendimento físico por área evoluiu nos dois anos, passando de 23,5 para 24,3 toneladas por hectare. Sendo que em 2015, as principais folhosas ocuparam 23,3 mil hectares em São Paulo (CARVALHO; KIST; TREICHEL, 2016).

Segundo Carvalho; Kist e Treichel (2016), a escassez de chuva afeta a produção de folhosas, como aconteceu em algumas regiões do Estado de São Paulo em 2014 e 2015. Alguns produtores paulistas reduziram as áreas devido à falta de água para a irrigação.

A olericultura se posiciona entre os segmentos com maior expressão produtora no destacado agronegócio brasileiro. Ainda em vias de definir mais profundamente seu perfil, já se sabe que está entre os primeiros lugares na produção agrícola (CARVALHO; KIST; POLL, 2013).

A produção de olerícolas possui algumas características que a diferem de outras culturas. Por não necessitar de grandes áreas, representa uma alternativa atrativa para os pequenos agricultores. Outra característica desse segmento é a participação das famílias nos trabalhos de produção. A maioria são culturas que demandam cuidados permanentes e diários, contribuindo também para evitar o êxodo rural, fazendo com que os produtores familiares permaneçam no campo (SEAB, 2012).

O estado de São Paulo é o principal produtor de hortaliças no Brasil em três grupos: verduras, legumes frutos, bulbos raízes e tubérculos. O estado é importante produtor de folhosas, batata, cebola e tomate, que também são cultivadas nas outras regiões brasileiras, a exceção da região Norte. As 40 principais espécies cultivadas em São Paulo têm área cultivada superior a 400 hectares. As principais folhosas respondem por 25% da área de hortaliças, é o grupo que mais depende de irrigação e da estabilidade do clima e as que mais perdem em produção e qualidade com a falta de água e calor (IEA, 2015).

5.7.1 Alface (*Lactuca sativa* L)

A alface (*Lactuca sativa* L) originária da Europa e da Ásia, pertence à família Asteraceae. É uma planta anual, herbácea, delicada, com o caule pequeno, em que as folhas crescem em forma de roseta podendo apresentar diferentes formatos que variam de lisas a crespas, bastante recortadas ou não, com ou sem formação de cabeça. Também existem alfaces com folhas roxas e diferentes tons de verde de acordo com cada cultivar. O sistema radicular não se

aprofunda muito, exigindo dessa forma solos leves (de textura arenosa), ricos em matéria orgânica e com uma quantidade adequada de nutrientes e que estes estejam disponíveis para a absorção pela planta. O ciclo vegetativo, dependendo dos fatores genéticos e das condições climáticas, duram em média de 40 a 70 dias (FILGUEIRA, 2008).

A alface certamente é uma das hortaliças mais populares e consumidas no Brasil e no mundo. Praticamente todas as cultivares de alface desenvolvem-se bem em climas amenos, principalmente no período de crescimento vegetativo. A ocorrência de temperaturas mais elevadas acelera o ciclo cultural e, dependendo do genótipo, pode resultar em plantas menores porque o pendoamento ocorre mais precocemente (HENZ; SUINAGA, 2009).

O cultivo de alface na região Nordeste é realizado em sua grande maioria por pequenos agricultores devido a sua facilidade e precocidade de ciclo após o transplântio (permanecendo aproximadamente 20 a 25 dias no campo). A maioria dessas plantações se localiza próximo aos centros urbanos, pois a alface é bastante perecível, e quanto mais rápido for o transporte do campo até a mesa do consumidor maior será a qualidade do produto (SILVA, 2014).

No Brasil, o cultivo da alface crespa teve início com uma cultivar conhecida como Grande Rapids, que é o padrão varietal e referencial de alface crespa. O segmento de alface crespa vem liderando o mercado nacional nos últimos 10 anos, devido a sua adaptação ao cultivo no verão e adequação ao sistema de comercialização, em caixas de madeira com o mínimo de injúrias (SALA; COSTA, 2012).

Nos últimos anos, aumentou o interesse de produtores e consumidores pelo tipo repolhuda crespa ou americana, já ofertada de forma regular em todos os mercados brasileiros. Além de ser apreciada na forma in natura, esta cultivar é amplamente utilizada pela indústria de processamento mínimo pelo fato de

suportar melhor o processamento, quando comparada com outras cultivares (HENZ; SUINAGA, 2009).

A alface americana também é muito utilizada por redes de lanchonetes como ingrediente de sanduíches por sua crocância, textura e sabor. Esta alface também apresenta melhor conservação pós-colheita, e resistência ao transporte e manuseio. Mais exótica, a alface romana de folhas roxas é o tipo menos conhecido de alface no Brasil, mas seu cultivo pode ser interessante para atender nichos de mercado, em especial consumidores mais sofisticados (HENZ; SUINAGA, 2009).

Segundo Ayers e Westcot (1999) a alface é considerada moderadamente sensível à salinidade, sendo seu rendimento potencial alcançado quando a condutividade elétrica do extrato saturado atinge o valor limiar de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ com redução de 13% do rendimento por aumento unitário de salinidade acima do valor limite.

5.7.2 Rúcula (*Eruca sativa*)

A rúcula (*Eruca sativa*), também chamada de mostarda persa, pertence à família Brassicaceae, sendo uma hortaliça herbácea, anual, apresentando no momento da colheita altura de 15 a 20 cm. É uma cultura que vem se destacando entre as hortaliças folhosas pela sua composição, com altos teores de Potássio, Enxofre, Ferro e vitaminas A e C, pelo sabor picante e odor agradável (FILGUEIRA, 2008). O cultivo desta hortaliça concentra-se principalmente entre médios e pequenos produtores, o que lhe confere importância econômica e social, sendo fator de agregação do homem ao campo (SOUSA NETA, 2013).

De acordo com Oliveira et al. (2013) o cultivo de rúcula em substrato pode ser realizado utilizando solução nutritiva de condutividade elétrica até $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, sem perdas na produção de matéria fresca.

Silva et al. (2011) também observaram decréscimo linear no acúmulo de massa fresca em resposta ao aumento da salinidade. Já Santos et al. (2012), trabalhando com a cultura da rúcula cultivada em fibra de coco, observaram comportamento quadrático, com maiores valores de massa fresca ocorrendo na salinidade de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Em estudo desenvolvido por Silva et al. (2011) utilizando soluções nutritivas com diferentes condutividades elétricas, os autores verificaram que o incremento da salinidade na solução nutritiva proporcionou menor consumo hídrico das plantas e que, as plantas submetidas a níveis de salinidades acima de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ não apresentaram valor comercial.

Oliveira et al. (2013) verificaram que a cultivar de nome Cultivada apresenta maior tolerância à salinidade que a cultivar Folha Larga, para cultivo em substrato. Tais resultados foram confirmados por Jesus et al. (2015) avaliando o efeito da salinidade na cultura da rúcula em sistema hidropônico NFT (Técnica do Filme Nutriente), os quais também verificaram a cultivar Folha Larga apresentou maior tolerância à salinidade, apesar destes autores terem observado redução linear na massa fresca de ambas as cultivares.

Souza Neta et al. (2013) avaliaram o efeito da salinidade da solução nutritiva na cultura da rúcula cultivada em substrato e verificaram que as maiores produções de massa fresca ocorreram na condutividade elétrica de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$. Além disso, os autores constataram que o efeito da salinidade sobre a rúcula depende do tipo de substrato utilizado.

5.7.3 Coentro (*Coriandrum sativum* L.)

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) também conhecido como cheiro-verde, é uma Apiaceae de porte reduzido e ciclo curto que se adapta bem em regiões de clima quente (JOLY, 2002). O coentro é cultivado em canteiros,

semeados superficialmente em linhas espaçadas de 20 cm e, a colheita é feita de 3 a 5 semanas após a semeadura (FILGUEIRA, 2008).

O coentro é uma hortaliça amplamente consumida no Brasil e de grande importância socioeconômica, sendo bastante utilizada na culinária da região Nordeste, seja em ramos verdes ou sementes moídas, conferindo um sabor especial a vários pratos (SILVA; COELHO JÚNIOR; SANTOS, 2012). Segundo Pereira et al. (2011), a pioneira entre os agricultores de hortaliças das proximidades de Mossoró-RN.

Lima (2008) ao estudar as respostas fisiológicas e bioquímicas de duas cultivares de coentro submetidas ao estresse salino, observou efeito deletério do NaCl na maioria das variáveis de crescimento avaliadas em ambas cultivares, atingindo perdas de crescimento na ordem de 67% quando comparadas ao controle (sem adição de NaCl à solução nutritiva). Os resultados obtidos das variáveis fisiológicas analisadas evidenciaram, segundo a autora, o caráter oxidativo do estresse salino, sendo as cultivares capazes de ativar o sistema enzimático de defesa contra o excesso de EROs.

Silva et al. (2015) em pesquisa sobre o cultivo de coentro com diferentes disponibilidades de solução nutritiva e níveis de águas salobras para reposição da evapotranspiração da cultura (ETc) em hidroponia NFT, observaram que os tipos de águas influenciaram apenas aos 21 dias após o transplante na massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas. Assim, a combinação de água doce para o preparo da solução nutritiva e águas salobras para repor a ETc pode ser uma alternativa para incrementar a produção de coentro em sistema hidropônico.

Lira et al. (2016) estudaram o cultivo de coentro em diferentes níveis de salinidade e umidade do solo, e, observaram perdas sob o desenvolvimento do coentro com o aumento da salinidade no solo, sendo este efeito agravado pela redução da umidade. Ainda concluíram que no nível de salinidade mais baixo, os

efeitos da umidade sobre as variáveis estudadas foram mais predominantes, havendo menor rendimento e crescimento com as menores umidades. Porém, com o aumento dos níveis de salinidade os efeitos da umidade se tornam indiferentes.

6 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação, no período de maio a novembro de 2015. Nesse período foram realizados quatro experimentos (Experimento I, II, III e IV), com as culturas da alface crespa, alface americana, rúcula e coentro (TABELA 1).

Tabela 1 - Descrição dos experimentos realizados

Experimento	Cultura	Estrutura	Período
I	Alface crespa	Vasos	Maio a julho
II	Alface americana	Vasos	Julho a setembro
III	Rúcula	Calhas	Junho a agosto
IV	Coentro	Calhas	Setembro a novembro

Fonte: Do autor (2017).

Todos os experimentos foram realizados em sistema hidropônico aberto, sendo os dois primeiros em vasos com capacidade para 3,0 L de substrato, e os dois seguintes em calhas de PVC com capacidade para 30,0 L de substrato. Utilizou-se como substrato o pó de coco composto (Golden Mix Granulado), fabricado a partir de 100% de fibra de coco, de textura fina, sem adubação de base.

6.1 Localização

Os experimentos foram desenvolvidos em casa de vegetação do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, localizada nas dependências da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), campus Oeste, Mossoró, RN, Brasil. A casa de vegetação está localizada nas coordenadas 5° 12' 04,03" Sul de latitude e 37° 19' 38,05" Oeste de longitude na

altitude média de 18 m. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo BSwH (quente e seco), com precipitação pluviométrica irregular e média anual de 673,9 mm; temperatura média de 27°C e umidade relativa do ar média de 68,9% (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995).

A casa de vegetação utilizada apresenta cobertura de polietileno de baixa densidade transparente com 0,10 mm de espessura, tratada contra a ação de raios ultravioletas e em formato tipo arco, com 7,0 m de largura e 21,0 m de comprimento e pé direito com 3,0 m de altura. As paredes laterais e frontais são confeccionadas com telas anti-afídeos e rodapé de 0,30 m em concreto armado (FIGURA 1).

Figura 1 - Casa de vegetação utilizada no experimento



Fonte: Nunes Júnior (2013).

6.2 Delineamento estatístico e tratamentos

Os experimentos foram conduzidos utilizando o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, com três repetições,

resultando em 30 unidades experimentais em cada experimento. Os tratamentos foram resultantes da combinação, de águas de diferentes condutividades elétricas (CE) utilizadas para a preparação da solução nutritiva ($S_1 = 0,5$ e $S_2 = 3,5$ dS m^{-1}), com cinco níveis de concentração de Ácido Ascórbico ($C_1 = 0$; $C_2 = 0,25$; $C_3 = 0,5$, $C_4 = 0,75$ e $C_5 = 1,0$ mol L^{-1}).

As duas águas, de diferentes qualidades, representavam as condições de ausência e presença de estresse salino, e foram utilizadas na preparação das soluções nutritivas. Na condição de ausência de estresse utilizou-se a água conforme é disponibilizada pela companhia de águas e esgoto do RN, cujas análises físico-químicas demonstraram: pH= 7,5; CE= 0,5 dS m^{-1} ; Ca= 2,0; Mg= 0,9; Na= 2,8; K= 0,4; $HCO_3 = 0,2$; $CO_3 = 1,8$; Cl= 1,8; RAS= 2,32 mmol L^{-1} , representando então a melhor condição possível.

A condição de estresse foi obtida com adição de NaCl em 0,5 m^3 da água de abastecimento municipal de Mossoró, até a CE de 3,5 dS m^{-1} , visto que este valor de condutividade é uma média da CE dos poços com águas de maior perigo de salinização, além de abranger as condutividades apresentadas pelas águas de rejeito conforme caracterização da qualidade das águas da zona rural do município de Mossoró feita por Cosme (2011).

As concentrações de AsA utilizadas foram obtidas pela dissolução de Ácido Ascórbico - L PA-ACS de massa molar: 176,12 g/mol. Foram pesadas em balança analítica as quantidades relativas às concentrações utilizadas. No caso da concentração zero, aplicou-se apenas água destilada.

Essas concentrações foram determinadas com base na metodologia utilizada por Khan et al. (2006) quando estudou o efeito da aplicação foliar de Ácido Ascórbico e salinidade em mudas de trigo. Como a concentração máxima utilizada pelos autores (100 mg L^{-1}) não melhorou o crescimento das cultivares de trigo sob condições salinas, as concentrações utilizadas neste trabalho

abrangeram um intervalo maior (0,0 a 176,12g L⁻¹) equivalente, respectivamente, a 0,0 e 1,0 mol L⁻¹.

6.3 Unidades experimentais

6.3.1 Alface crespa e alface americana (Experimentos I e II)

Cada unidade experimental foi constituída por uma planta acondicionada em um vaso plástico com diâmetro de 19 cm, altura de 16 cm e capacidade de aproximadamente 3,0 L, sendo preenchidos com substrato proveniente da fibra de coco. Para possibilitar a drenagem os vasos foram perfurados em sua base, e colocada uma camada de 1,0 cm de brita, recoberta com manta geotêxtil. Os vasos foram dispostos sobre uma bancada de 0,7 m de altura e distribuídos de forma que se mantivesse um espaçamento entre plantas de 0,25 m.

Figura 2 - Detalhe das estruturas utilizadas nos experimentos I (A) e II (B).



Fonte: Do autor (2017).

6.3.2 Rúcula e Coentro (Experimentos III e IV)

Nos experimentos III e IV foi utilizada uma estrutura formada por 10 calhas de PVC, com as dimensões de 3,0 x 0,1 x 0,1 m e capacidade para 30 L, montadas sobre cavaletes de madeira, com altura de 0,65 m (FIGURA 2). As calhas foram espaçadas em 0,10 m e foram divididas em três seções de 1,0 m contendo covas espaçadas a cada 0,1 m com duas plantas por cova, sendo cada unidade experimental constituída por um metro linear de plantas, totalizando assim 20 plantas por unidade experimental.

Figura 3 - Detalhe das estruturas utilizadas nos experimentos III (A) e IV (B).



Fonte: Do autor (2017).

6.4 Instalação das culturas

As cultivares de alface cultivadas nos experimentos foram propagadas por meio de mudas. Utilizaram-se mudas de alface crespa cv. Thaís, que foram adquiridas com um produtor comercial na cidade de Mossoró e transplantadas, aos 25 dias após a semeadura. As mudas de alface americana cv. Winslow foram

adquiridas com um produtor comercial da cidade de Governador Dix-sept Rosado e transplantadas aos 25 dias após a semeadura.

A semeadura da rúcula foi realizada diretamente nas canaletas, sendo abertas em cada parcela experimental dez covas, nas quais foram semeadas dez sementes de rúcula cv. *Apresiasi* Folha Larga em cada cova. Após 3 dias da semeadura se observou 80% de emergência, e 5 dias após a emergência realizou-se o desbaste deixando-se duas plantas por cova.

Da mesma forma da rúcula, a semeadura do coentro foi efetuada diretamente nas canaletas. Em cada parcela experimental, foram abertas dez covas, nas quais foram semeadas cinco sementes de coentro cv. *Verdão* em cada cova, 7 dias após a semeadura se observou em torno de 80% de germinação e 5 dias após a emergência realizou-se o desbaste deixando-se duas plantas por cova.

6.5 Solução nutritiva

Para a preparação da solução nutritiva foram adicionadas às águas as seguintes quantidades de fertilizantes (por 1000 L de solução): 500g Nitrato de Cálcio, 370 g Nitrato de Potássio, 140 g de MAP, 270 g Sulfato de Magnésio (DIAS et al., 2011b).

Como fonte de micronutriente utilizou-se *Rexolin*[®] (YaraVita), na concentração 30 g para 1000 L, conforme recomendação do fabricante. Esta fonte mineral apresenta as seguintes concentrações de nutrientes: 11,6% de Óxido de Potássio (K₂O), 1,28% de Enxofre (S), 0,86% de Magnésio (Mg), 2,1% de Boro (B), 2,66% de Ferro (Fe), 0,36% de Cobre (Cu), 2,48% de Manganês (Mn), 0,036% de Molibdênio (Mo), 3,38% de Zinco (Zn). Os nutrientes Zn, Fe, Mn e Cu apresentam-se 100% quelatizados por EDTA.

Após a adição dos fertilizantes às águas, as soluções nutritivas obtidas apresentaram valores médios de CE no decorrer do experimento de 1,55 e 4,50 dS m^{-1} , para as águas sem e com sal, respectivamente.

6.6 Irrigação

No período compreendido entre a semeadura e o desbaste das culturas propagadas por semeadura direta, a irrigação foi realizada utilizando-se apenas a água de abastecimento, e, após o desbaste, as irrigações foram realizadas utilizando as soluções nutritivas, de acordo com cada tratamento. No caso das alfaces dois dias após o transplântio das mudas foi iniciado o fornecimento das soluções nutritivas.

Para cada tipo de água foi utilizado um sistema de irrigação localizada, independente, sendo composto por um reservatório de PVC (500 L), uma eletrobomba de circulação Metalcorte/Eberle, autoventilada, modelo EBD250076 (acionada por motor monofásico, 210 V de tensão, 60 Hz de frequência), linhas laterais de irrigação de 12 mm.

Em todos os experimentos foi utilizado método de irrigação localizada, por gotejamento, utilizaram-se emissores do tipo microtubos, com diâmetro interno de 0,8 mm, comprimento de 40 cm para o cultivo em vasos (alfaces), e para o cultivo em calhas (rúcula e coentro) comprimento de 5 cm. Inseriu-se a extremidade de cada microtubo em um pequeno fragmento de mangueira de PVC de aproximadamente 2,0 cm a fim dissipar a energia e evitar a formação de um jato de água pelo emissor.

As fertirrigações foram realizadas com frequência de cinco eventos diários, em intervalos de três horas (6:00, 9:00, 12:00, 15:00, 18:00 h), controlados com um temporizador digital, modelo TE-2163 fabricado pela Decorlux®. A duração de cada evento de fertirrigação foi determinada de forma

que os tempos de funcionamento do sistema fossem suficientes para haver drenagem mínima dos vasos.

6.7 Aplicação foliar de Ácido Ascórbico

Inicialmente foram obtidas as soluções de Ácido Ascórbico com as respectivas dissoluções e diluições, em água destilada, totalizando quatro soluções de concentrações diferentes (0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 mol L⁻¹), para as plantas do tratamento testemunha foi utilizado apenas água destilada.

Essas soluções foram aplicadas manualmente utilizando um borrifador, em uma parcela experimental por vez e tendo-se o cuidado de colocar barreiras físicas a fim de que não atingisse as parcelas próximas. Conforme metodologia utilizada por Yildirim, Turan e Guvenc (2008) borrifou-se o suficiente para que as superfícies foliar inferior e superior fossem totalmente molhadas. A aplicação foi feita apenas uma vez durante o ciclo, dez dias após ter iniciado o tratamento com estresse salino.

6.8 Variáveis analisadas

Nas quatro culturas as colheitas foram realizadas aos 30 dias após o início da exposição ao estresse salino, totalizando ciclos de 55, 55, 38 e 42 dias para alface crespa, alface americana, rúcula e coentro, respectivamente.

A colheita das plantas de alface foi realizada procedendo-se um corte na base da planta, rente ao substrato, e para as demais culturas (rúcula e coentro) foi feito o arranquio das plantas, com posterior remoção do excesso de substrato das suas raízes.

Após a colheita de cada hortaliça, o material foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e encaminhados para o Laboratório de

Irrigação da UFERSA, onde foram realizadas as avaliações das variáveis de produção. Para a alface, foram avaliadas a massa fresca das plantas (MFP), o comprimento do caule (COMP), o diâmetro do caule (DC), o número de folhas (NF), a massa da matéria seca das plantas (MSP) e, a área foliar (AF).

Nas plantas de rúcula foram avaliadas a massa fresca das plantas (MFP), a altura das plantas (ALT), a massa da matéria seca das plantas (MSP) e a área foliar (AF). Para a cultura do coentro avaliou-se a altura das plantas (ALT), a massa fresca de plantas (MFP), o número de hastes por planta (NHP) e a massa da matéria seca de plantas (MSP).

A determinação da massa fresca foi realizada por pesagem em balança de precisão ($\pm 0,01$ g) logo após a chegada ao laboratório de forma que as plantas não perdessem umidade após o momento da colheita. Posteriormente a massa da matéria seca foi determinada após o material vegetal permanecer em estufa de circulação forçada de ar a 65°C , até atingir peso constante.

As alturas das plantas foram determinadas medindo-se com uma régua graduada cada planta a partir do colo até o ápice da parte aérea. Nos casos em que a unidade experimental foi composta por mais de uma planta, utilizaram-se os valores médios. O comprimento do caule da alface foi determinado medindo-se com uma régua graduada cada planta a partir do colo até o ápice do caule.

Para a determinação do diâmetro do caule, utilizou-se um paquímetro digital (Digital Caliper), medindo-se esta variável na base do caule (mm).

A área foliar (AF) foi determinada pelo método dos discos foliares, utilizando para tal, um vazador com diâmetro interno de 2,47 cm sendo retirados dez discos de cada amostra. Os discos foram retirados de pontos distribuídos em todo o comprimento da folha. Após isso as folhas e os discos foram acondicionados separadamente em sacos de papel e levados para uma estufa de circulação forçada de ar a 65°C . Após apresentarem peso constante foram

novamente pesadas determinando-se assim a massa seca das folhas (MSF), e estimando-se a AF pela seguinte equação:

$$AF = \frac{[(MSF + MSD) \times ND \times AD]}{MSD} \quad (1)$$

em que:

AF = Área foliar (cm²);

MSF = Massa seca das folhas (g);

MSD = Massa seca dos discos (g);

ND = Número de discos;

AD = Área do disco (cm²).

6.9 Análises de dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, fazendo-se o desdobramento dos fatores para os casos que ocorreram efeito significativo da interação entre os fatores estudados. Para as variáveis que apresentaram resposta significativa, foram ajustadas a equações de regressão para avaliar efeito dos níveis de Ácido Ascórbico, e teste de Tukey ao nível de 5% para avaliar o efeito da salinidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico Sisvar desenvolvido por Ferreira (2008).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Alface Crespa

De acordo com a análise de variância (TABELA 2) para as variáveis da produção da alface crespa, houve efeito significativo da interação dos fatores ($p < 0,01$) para as variáveis MFP, ALT, DC, AF e MSP, não ocorrendo resposta significativa para NF ($p > 0,05$). Para a salinidade, verificou-se resposta significativa ($p < 0,01$) para MFP, DC, AF e MSP, não ocorrendo resposta significativa para ALT e NF ($p > 0,01$). As concentrações de Ácido Ascórbico influenciaram significativamente as variáveis ALT, AF ($p < 0,01$) e MFP ($p < 0,05$).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para massa fresca das plantas (MFP) comprimento do caule (COMP), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), massa seca das plantas (MSP) e equações de regressão da alface crespa submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico.

FV	Valores de Quadrado médio					
	MFP	COMP	NF	DC	AF	MSP
Salinidade (S)	5773,25 ^{**}	7,80 ^{ns}	4,80 ^{ns}	71,73 ^{**}	1755836,01 ^{**}	0,29 ^{ns}
Ácido Ascórbico (AsA)	597,60 [*]	17,49 ^{**}	7,62 ^{ns}	1,59 ^{ns}	706999,21 ^{**}	0,55 ^{ns}
S x AsA	3600,73 ^{**}	21,64 ^{**}	1,22 ^{ns}	32,17 ^{**}	519933,56 ^{**}	6,47 ^{**}
Reg. Linear (S ₁)	760,03 ^{**}	19,23 ^{**}	---	40,83 ^{**}	1061824,53 ^{**}	1,20 ^{ns}
Reg. Quadrática (S ₁)	11968,59 ^{**}	2,07 ^{ns}	---	15,22 ^{ns}	849161,52 ^{**}	3,43 ^{**}
Reg. Linear (S ₂)	294,53 [*]	36,30 ^{**}	---	30,00 ^{**}	864,04 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Reg. Quadrática (S ₂)	6339,43 ^{**}	66,88 ^{**}	---	27,52 [*]	473821,93 ^{**}	6,09 ^{**}
Resíduo	207,76	3,05	5,53	3,65	37471,83	0,83
CV (%)	10,18	16,15	12,25	10,99	12,88	16,59

*, ** - Significativos 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F. Fonte: Do autor (2017).

Pelos resultados obtidos observou-se que as concentrações crescentes do Ácido Ascórbico aplicadas via foliar em plantas de alface submetidas a S₂, CE = 3,5 dS/m), proporcionaram aumento nos valores médios das variáveis de produção estudadas apenas nas concentrações intermediárias, ocorrendo que na maior concentração de AsA utilizada (1,0 mol L⁻¹) esses valores apresentaram uma redução quando comparadas ao tratamento controle (TABELA 3).

Tabela 3 - Valores médios observados das variáveis: massa fresca das plantas (MFP) comprimento do caule (COMP), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e massa seca das plantas (MSP) da alface crespa submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico.

Salinidade	Concentrações de AsA (mol L ⁻¹)				
	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
Massa fresca de planta (g)					
0,5 (dS/m)	191,87A	132,60A	127,28B	112,02B	176,21A
3,5 (dS/m)	121,12B	139,35A	164,35A	149,39A	101,18B
Comprimento do caule (cm)					
0,5 (dS/m)	13,16A	12,00A	9,76B	10,16A	9,83A
3,5 (dS/m)	11,00A	12,00A	14,16A	10,83A	6,00B
Número de folhas					
0,5 (dS/m)	21,33A	17,33A	20,33A	20,00A	19,00A
3,5 (dS/m)	19,33A	17,66A	19,00A	16,67A	18,33A
Diâmetro o caule (mm)					
0,5 (dS/m)	23,09A	19,95A	19,23A	16,51A	18,02A
3,5 (dS/m)	11,99B	16,34A	17,19A	17,46A	16,17A
Área foliar (cm ²)					
0,5 (dS/m)	1520,45A	1371,19A	1131,41A	1855,11A	2219,58A
3,5 (dS/m)	855,24B	1469,51A	1257,93A	1170,67B	978,18B
Massa seca de planta (g)					
0,5 (dS/m)	6,59A	4,91A	5,89A	4,43B	6,15A
3,5 (dS/m)	4,91B	5,98A	4,89A	6,21A	3,98B

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2017).

Nas plantas que não foram submetidas ao estresse salino observou-se um comportamento inverso, ocorrendo primeiramente uma redução desses valores com o aumento das concentrações de AsA utilizadas, e, nas concentrações mais elevadas (0,75 e 1,00 mol L⁻¹), o efeito observado foi uma tendência de crescimento de produção, contrastando-se assim com a situação anterior. As médias encontradas para as variáveis estudadas para cada situação descrita estão apresentadas na Tabela 3.

O comportamento das plantas não submetidas ao estresse evidenciou que a aplicação foliar do ácido, nessas condições, não traz incrementos à

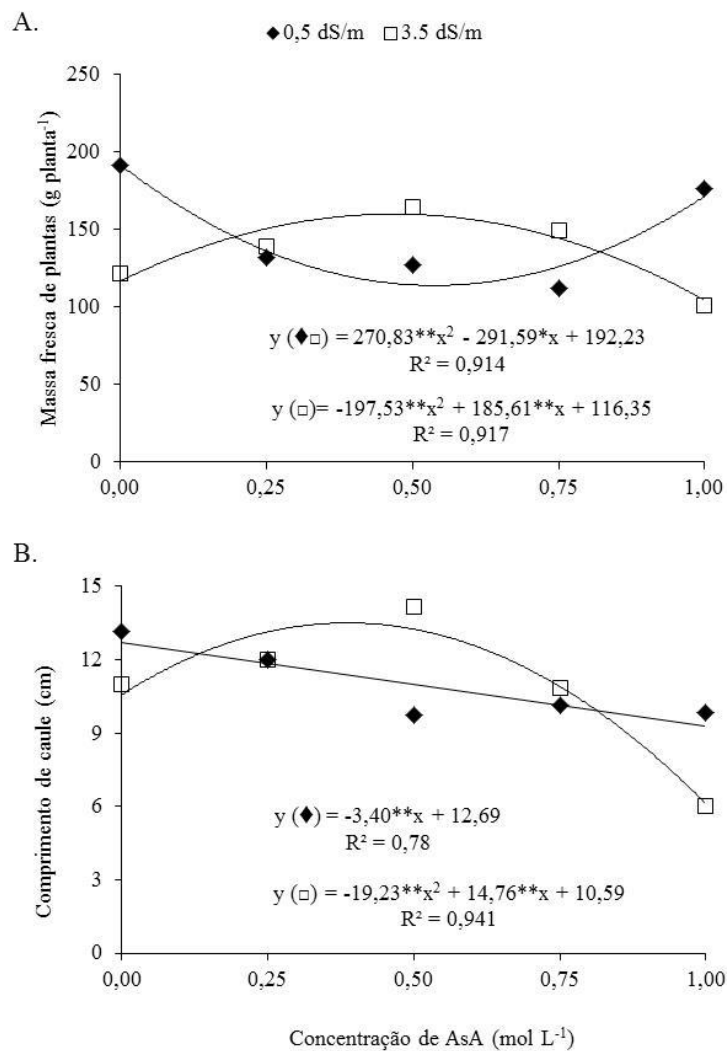
produção, não justificando assim o seu uso. É possível que, nesta situação, na alface crespa, o AsA tenha atuado como sinalização de estresse, e desencadeado redução nas variáveis avaliadas com alguma resposta fisiológica adaptativa.

A variável massa fresca das plantas de alface crespa foi reduzida com o estresse salino apenas na ausência e na maior concentração de AsA. Por outro lado, as plantas cultivadas sobre estresse salino foram superiores quando se aplicaram as concentrações de 0,50 e 0,75 mol L⁻¹. No entanto, na maior concentração de AsA os maiores valores foram observados na ausência de estresse salino, o que pode ser atribuído ao efeito fitotóxico acumulativo do AsA em conjunto com o estresse salino.

O efeito negativo da salinidade da solução nutritiva sobre a variável MFP foi também observado por Dias et al. (2011b) e Paulus et al. (2012) ao utilizarem águas com elevadas concentrações de sais no preparo das soluções nutritivas. Sendo as perdas totais observadas por Dias et al. (2011b), para alface crespa, da ordem de 35,54% semelhante ao observado no presente trabalho que foram de 37,0%.

Na presença do estresse salino, a MFP apresentou uma tendência de crescimento até a concentração de 0,50 mol L⁻¹ relativa a um valor de massa fresca de 160 g, com posterior diminuição deste parâmetro com o aumento das concentrações de AsA (FIGURA 4A). Para as plantas que não foram submetidas ao estresse salino, o comportamento dessa mesma variável foi oposto, não sendo observado, portanto, efeito positivo da utilização de Ácido Ascórbico até a concentração estudada.

Figura 4 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: massa fresca de plantas (A) e comprimento do caule (B), na cultura da alface crespa.



Fonte: Do autor (2017).

Os valores de MFP encontrados foram superiores aos observados por Dias et al. (2011a) que encontraram variação de massa fresca das plantas de 70 a 100 g para alface crespa cv. Verônica utilizando água de rejeito da

dessalinização em sistema hidropônico NFT, na cidade de Mossoró - RN, possivelmente devido às diferenças de duração do ciclo que foi de 40 dias (15 dias menor). Entretanto, os valores de MFP foram semelhantes aos encontrados por Paulus et al. (2012), que obtiveram valores variando de 100 a 250g com o aumento da salinidade, estudando o crescimento da alface, cv. Verônica, em sistema hidropônico NFT, utilizando-se água salina no preparo da solução nutritiva e na reposição da evapotranspiração.

As plantas apresentaram valores de massa fresca que de acordo com as normas do programa brasileiro para padronização da horticultura, estariam nas classes 10 e 20 (HORTIBRASIL, 2013). Segundo estas normas, a classificação é feita de acordo com os limites inferior e superior de massa em gramas por planta (classe 10 = 100 a <150 g; 15 = 150 a <200 g;).

Embora haja uma classificação, não há um requisito mínimo de massa e comprimento da alface para que atinja um padrão de comercialização. O programa brasileiro para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros, entretanto categoriza quanto à incidência de defeitos e graus de limpeza e hidratação (HORTIBRASIL, 2013). As variáveis MFP e COMP, por sua vez, influenciam na apresentação do produto, competitividade dos produtos e conseqüentemente, na sua preferência pelos consumidores. Plantas que sejam visualmente maiores serão preferidas pelos consumidores.

O comprimento do caule foi afetado pelas concentrações de AsA, tendo o comportamento ajustado ao modelo quadrático na condição de estresse e linear decrescente na ausência de estresse. Nas plantas sem estresse salino verificou-se que o aumento das concentrações de AsA, em uma unidade de mol L⁻¹, proporcionou redução nesta variável de 3,40 cm (FIGURA 4B).

Para as plantas submetidas ao estresse salino, o comprimento do caule aumentou até a concentração de 0,38 mol L⁻¹ (13,4 cm), e decresceu a partir desta concentração (FIGURA 3B). Esses resultados assemelham-se, em partes,

ao apresentado por Alhasnawi et al. (2015). Esses autores trabalharam com plantas de arroz, os quais também verificaram resposta positiva da aplicação de AsA sobre a altura em plântulas submetidas a estresse salino.

O comprimento do caule também foi afetado significativamente pela interação dos fatores estudados, de forma que apresentou diferenças significativas nas concentrações de Ácido Ascórbico de 0,50 e 1,00 mol L⁻¹ sendo que nesta primeira concentração, os maiores valores foram observados nas plantas sob estresse e na maior concentração as plantas sem estresse apresentavam valores mais elevados. Embora a maior concentração de ácido utilizada tenha resultado em diferença significativa entre as plantas estressadas e não estressadas, esta não causou efeito positivo sobre esta variável na ausência do estresse salino, pois as médias observadas todas foram inferiores à observada no tratamento controle.

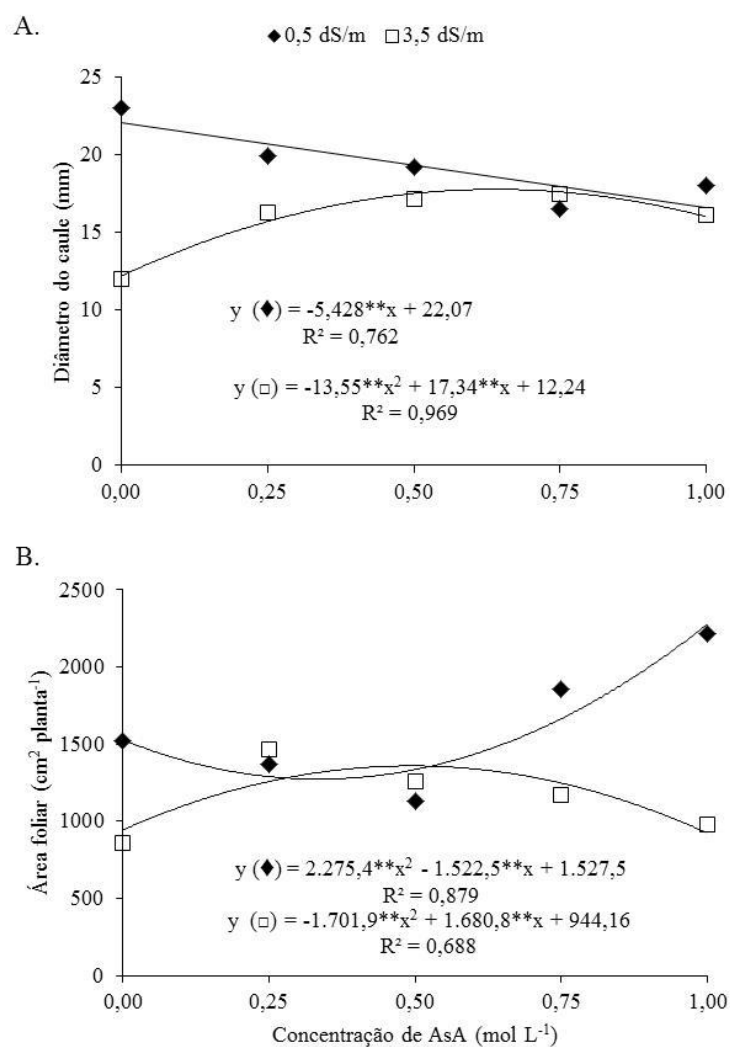
O menor crescimento das plantas observado em condições de estresse salino tanto pode ser atribuído à menor expansão celular ocasionada pelo déficit hídrico, ou ainda como estratégia adaptativa da planta para manter-se com uma menor demanda dos recursos limitantes. Neste caso para as variáveis de crescimento em questão a concentração de 0,5 mol L⁻¹ interagiu diminuindo os efeitos da salinidade sobre a cultura da alface crespa.

Os maiores valores de diâmetro de caule foram observados nas plantas que não estavam sob a condição de maior salinidade e que também não foram expostas à aplicação exógena do Ácido Ascórbico. Houve um aumento nesta variável em condição de estresse, ocorrendo comportamento decrescente com ajuste linear nas que estavam em ausência de estresse salino de forma que as médias dessa variável não diferiram para as concentrações de ácido de 0,25 a 1,00 mol L⁻¹, independente da salinidade (FIGURA 5A).

A área foliar foi afetada positivamente até a concentração de 0,5 mol L⁻¹ em condição de estresse, quando apresentou valor de 1359,15 cm². Entretanto

sem a condição de estresse as maiores médias foram observadas nas concentrações de 0,75 e 1,00 mol L⁻¹, quando apresentaram valores de 1855,11 e 2219,58 cm², respectivamente (FIGURA 5B).

Figura 5 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: diâmetro do caule (A) e área foliar (B) na cultura da alface crespa.

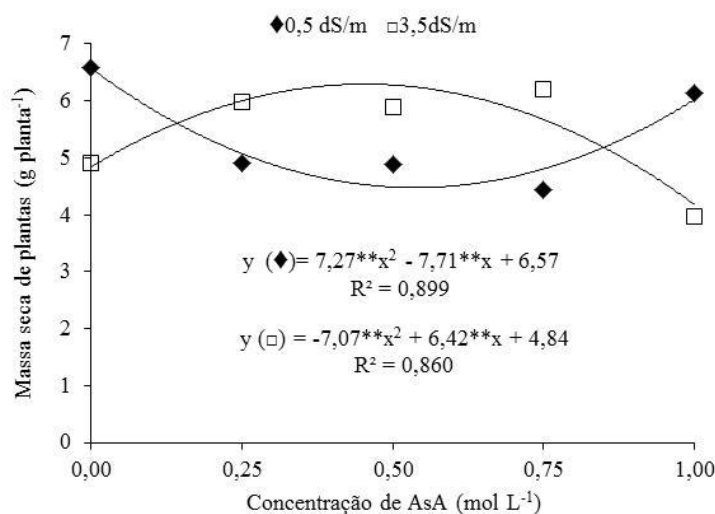


Fonte: Do autor (2017).

Para a salinidade de 3,5 dS/m, verificou-se o mesmo comportamento tanto para o diâmetro do caule como para área foliar, sendo a concentração de AsA de $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ capaz de amenizar o efeito da salinidade sobre essas duas variáveis (FIGURA 5A e B). Em condições de elevada salinidade é esperado haver redução na atividade metabólica e no fluxo de seiva devido o efeito osmótico sobre a absorção de água pelas raízes, como consequência disso há diminuição do crescimento das plantas, principalmente da área foliar que representa o principal órgão fotossinteticamente ativa nas plantas.

As médias dos valores de massa da matéria seca das plantas ajustaram-se ao modelo de equação quadrático, sendo o efeito das concentrações de ácido positivo até aproximadamente a concentração de $0,4 \text{ mol L}^{-1}$, apresentando o valor máximo de aproximadamente 6,0 g, tendendo a decrescer nas concentrações subsequentes. Já nas plantas não submetidas ao estresse este valor decresceu até a concentração de aproximadamente $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, sendo, a partir daí, crescente com o aumento das concentrações aplicadas até a concentração de $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ (FIGURA 6).

Figura 6 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre a variável massa seca das plantas de alface crespa.



Fonte: Do autor (2017).

Os resultados apresentados indicam que, na concentração 0,0 de ácido, as variáveis de produção decresceram em resposta à salinidade, corroborando com os resultados apresentados Oliveira et al. (2011), Dias et al. (2011b) e Paulus et al. (2012), ao trabalharem com estresse salino na cultura da alface, seja em função da salinidade da água de irrigação ou solução nutritiva.

Além disso, a aplicação do Ácido Ascórbico na cultura da alface crespa cv. Thais influenciou positivamente as variáveis de produção nas plantas submetidas ao estresse salino, evidenciando que o uso desta substância pode ser uma estratégia no cultivo de alface em que seja inevitável o uso de água salina.

As respostas positivas encontradas nos presentes resultados, no entanto, limitaram-se às menores concentrações utilizadas (0,25 e 0,50 mol L⁻¹). Este comportamento possivelmente deve-se ao efeito antioxidante do Ácido Ascórbico atuando sobre o estresse oxidativo. Entretanto, é possível que em

concentrações mais elevadas, o Ácido Ascórbico, possa ter eliminado uma maior quantidade de espécies reativas de oxigênio (ERO) e que influencie na sinalização do estresse osmótico e iônico sofrido pela planta, uma vez que de acordo com Foyer e Noctor (2003) as EROs são também conhecidos por servir como intermediários de sinalização em células guarda para promover o fechamento estomático. E ainda segundo Soares e Machado (2007) em baixas concentrações, EROs induzem genes de defesa e resposta adaptativa, uma vez que são mecanismos defensivos produzidos pelas células vegetais.

7.2 Alface Americana

De acordo com a análise de variância para os componentes da produção da alface americana, verificou-se efeito significativo da interação entre os fatores salinidade e concentrações de Ácido Ascórbico para as variáveis MFP, AF e MSP ($p < 0,05$). A variável: COMP foi influenciado isoladamente pela salinidade ($p < 0,01$), enquanto as variáveis NF e DC não foram afetadas pelos fatores estudados, sejam isolados ou interação (TABELA 4).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para massa fresca das plantas (MFP) comprimento do caule (COMP), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), massa seca das plantas (MSP) e equações de regressão da alface americana submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico.

FV	Valores de Quadrado Médio					
	MFP	COMP	NF	DC	AF	MSP
Salinidade (S)	717,36 ^{ns}	83,33 ^{**}	0,53 ^{ns}	3,22 ^{ns}	154697,41 ^{ns}	0,70 ^{ns}
Ácido Ascórbico (AsA)	1299,11 ^{ns}	0,66 ^{ns}	6,55 ^{ns}	4,08 ^{ns}	1449333,35 ^{**}	6,56 ^{**}
S x AsA	3676,27 [*]	4,21 ^{ns}	6,45 ^{ns}	0,77 ^{ns}	367839,28 [*]	1,66 [*]
Reg. Linear (S ₁)	1778,70 ^{ns}	---	---	---	905845,63 ^{**}	3,33 ^{**}
Reg. Quadrática (S ₁)	2961,93 [*]	---	---	---	222505,93 ^{ns}	0,87 ^{ns}
Reg. Linear (S ₂)	30,00 ^{ns}	---	---	---	1694563,33 ^{**}	7,51 ^{**}
Reg. Quadrática (S ₂)	5952,38 ^{**}	---	---	---	2344899,43 ^{**}	17,36 ^{**}
Resíduo	917,31	1,83	2,87	1,16	120623,47	0,45
CV (%)	15,75	15,87	11,34	11,01	17,79	17,77

*, ** - Significativos 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F. Fonte: Do autor (2017).

A massa fresca de plantas foi afetada negativamente pela salinidade apenas nas plantas submetidas às concentrações de 0,25 e 0,50 mol L⁻¹ de AsA, com perdas de 35,9 e 25,8%, respectivamente, não ocorrendo resposta ao estresse salino nas demais concentrações de AsA (TABELA 5).

Para área foliar, verificou-se que, com exceção das concentrações 0,0 e 1,0 mol L⁻¹, o uso de água salina no preparo da solução nutritiva provocou redução desta variável, sendo o efeito do estresse salino mais evidente nas concentrações 0,25 mol L⁻¹ (38,6%) e 0,50 (30,9%) (TABELA 5).

Analisando o efeito da salinidade sobre a massa seca de plantas, foi observado um comportamento semelhante ao ocorrido para a área foliar, em que o estresse salino provocou redução nas plantas submetidas às concentrações de 0,25 e 0,50 mol L⁻¹ de AsA, obtendo-se perdas de 38,5 e 47,1%, respectivamente (TABELA 5).

Tabela 5 - Valores médios de massa fresca das plantas (MFP), área foliar (AF) e massa seca das plantas (MSP) da alface americana submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico.

Salinidade	Concentrações de AsA (mol L ⁻¹)				
	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
Massa fresca de planta (g)					
0,5 (dS/m)	215,43A	230,17A	223,12A	202,82A	190,82A
3,5 (dS/m)	211,52A	147,36B	165,45B	178,54A	200,78A
Área foliar (cm ²)					
0,5 (dS/m)	2623,44A	2213,34A	1930,12A	1938,57A	1769,60A
3,5 (dS/m)	2813,58A	1208,42B	1332,67 B	1452,96B	1503,12A
Massa seca de planta (g)					
0,5 (dS/m)	5,58A	5,32A	4,10A	3,90A	3,76A
3,5 (dS/m)	5,98A	2,57B	2,17B	3,08A	3,19A
Comprimento do caule (cm)					
0,5 (dS/m)	11,66A	10,16A	10,33A	9,50A	9,33A
3,5 (dS/m)	5,83 B	6,00 B	7,50 B	7,66 A	7,33A

*Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si na coluna, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2017).

O comprimento do caule foi afetado apenas pela qualidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva, para a qual as plantas submetidas ao estresse salino apresentaram médias de 10,20 e 6,88 cm nas condições de menor e maior salinidade, respectivamente, o que representa redução de 33,1%

(TABELA 5). Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2011) avaliando o desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, também constataram redução do comprimento do caule em resposta à salinidade.

A característica comprimento do caule é importante na cultura da alface americana, principalmente, quando destinada à indústria de beneficiamento. Ele deve ser bastante reduzido, proporcionando, dessa forma, menores perdas durante o processamento, além de seu efeito na qualidade final do produto, por prejudicar a compacidade da cabeça (YURI et al., 2002).

Na prática, caules com comprimento de até 6,0 cm seriam os mais adequados, sendo aceitáveis até o patamar de 9,0 cm e inaceitáveis ou menos recomendados para processamento acima disto (RESENDE et al., 2005). Os valores de COMP encontrados são considerados acima do ideal em ambos os tratamentos, podendo ser atribuído as elevadas temperaturas, Suinaga (2015) afirma que o caule alongado é característica da alface plantada em regiões muito quentes o que também impossibilita a hortaliça de fechar a cabeça.

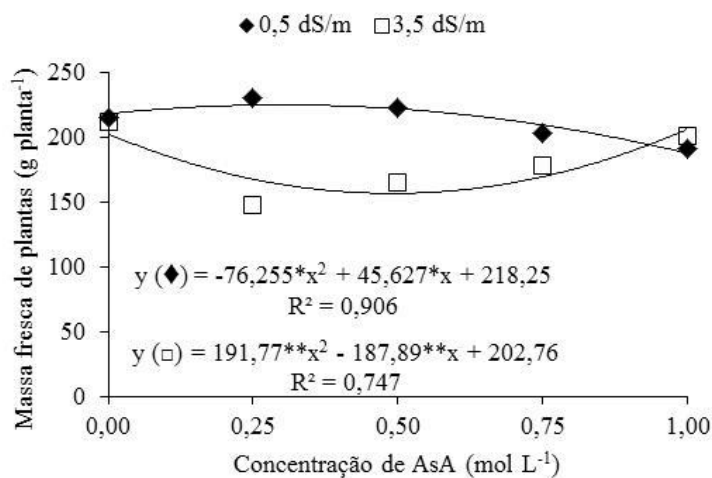
Na literatura são escassos os estudos sobre o efeito dos fatores utilizados nesses experimentos com a cultura da alface, sendo encontradas apenas pesquisas com os fatores isolados. Assim, considerando a ausência de Ácido Ascórbico, constatou-se que o nível de salinidade utilizado ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$) não provocou redução nas variáveis (MFP, AF e MSP) da cultivar utilizada, provavelmente devido ao sistema de cultivo, pois, conforme Soares et al. (2007) o cultivo hidropônico tende a proporcionar maior tolerância das plantas à salinidade devido a ausência de potencial matricial. Outro motivo para a ausência de resposta à salinidade pode ser atribuído à tolerância da cultivar utilizada, a esta condição.

As concentrações de AsA afetaram a massa fresca das plantas, no entanto a resposta variou de acordo com a qualidade da água utilizada no

preparo da solução nutritiva. Na ausência de estresse salino o aumento das concentrações de AsA proporcionou incremento da massa fresca até a concentração de $0,30 \text{ mol L}^{-1}$, com produção máxima de 225,1g, e decrescendo a partir desta concentração. Apesar de ter ocorrido resposta quadrática, verificou-se que houve pouco aumento da massa fresca em relação à obtida na ausência do AsA (FIGURA 7).

Nas plantas submetidas ao estresse salino foi observado que o aumento das concentrações de AsA provocou, inicialmente, redução na massa fresca até a concentração de $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ (165,45 g por planta) apresentando aumento na massa fresca nas maiores concentrações. Entretanto verificou-se que, mesmo a maior concentração de AsA ($200,1 \text{ g planta}^{-1}$) utilizada neste trabalho não proporcionou ganhos em relação à ausência de AsA ($211,5 \text{ g}$) (FIGURA 7).

Figura 7 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre a massa fresca de plantas na cultura da alface americana.



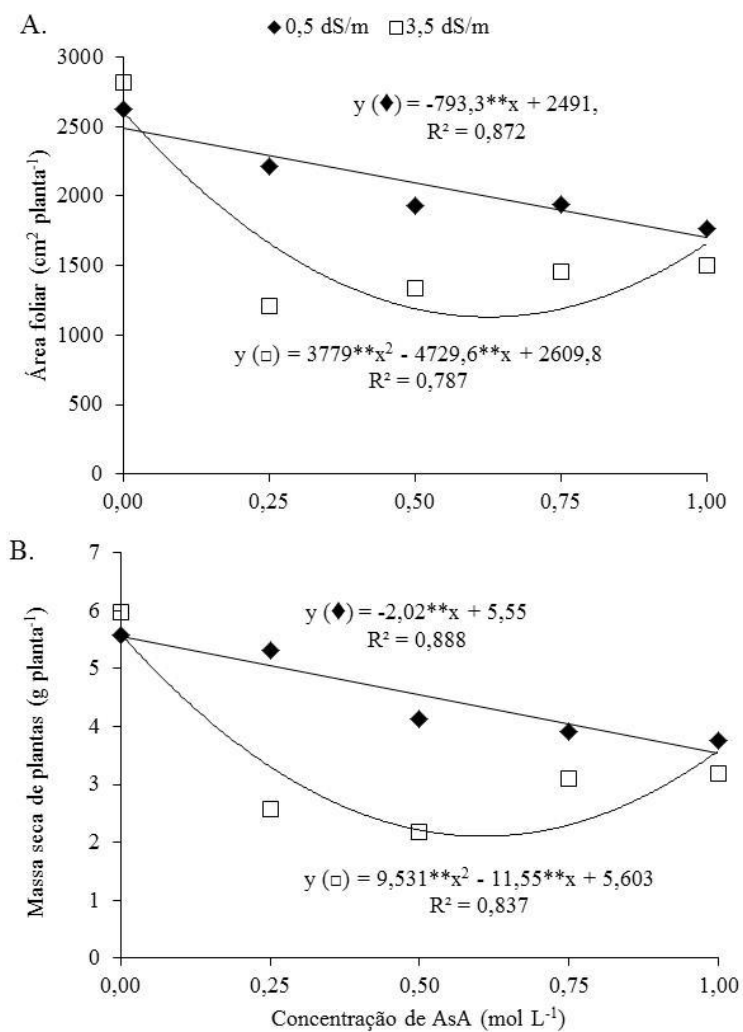
A massa fresca média de cultivares de alface, encontradas por Silva (2014) para o grupo americana, quando avaliou o desempenho produtivo e qualitativo de cultivares de alface em diferentes épocas de plantio em Mossoró-RN, foi de $132,57 \text{ g planta}^{-1}$, sendo inferior aos valores encontrados no presente trabalho, demonstrando que as condições de cultivo protegido e o meio hidropônico podem ter favorecido o desempenho das plantas independente da condição de estresse.

Para as variáveis: área foliar e massa seca das plantas ocorreram respostas semelhantes à aplicação foliar de Ácido Ascórbico, em virtude da massa seca da alface estar diretamente relacionada com o desenvolvimento foliar (FIGURAS 8A e B).

A área foliar foi reduzida com o aumento das concentrações de Ácido Ascórbico em ambas as salinidades. Decresceu linearmente na ordem de $793,3 \text{ cm}^2$ por acréscimo de 1 mol L^{-1} de AsA na salinidade de $0,5 \text{ dS/m}$. Na condição de maior salinidade o comportamento desta variável teve ajuste quadrático decrescendo até o nível de $0,6 \text{ mol L}^{-1}$. Percebe-se que nas plantas submetidas ao estresse salino as maiores concentrações tendem a proporcionar incremento na área foliar, apesar de que mesmo a concentração mais elevada não foi suficiente para justificar o seu uso (FIGURA 8A).

O aumento nas concentrações de AsA provocou diminuição na massa seca de plantas independentemente do nível de salinidade utilizado. Na menor salinidade a redução nesta variável ocorreu linearmente de forma que o acréscimo de 1 mol L^{-1} de AsA resultou em uma diminuição de MSP de $2,02 \text{ g}$ (FIGURA 8B).

Figura 8 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: área foliar (A) e massa seca das plantas (B) na cultura da alface americana.



Fonte: Do autor (2017).

Analisando a massa seca das plantas sob estresse salino, verificou-se que ocorreu comportamento quadrático, assim como observado na ausência de salinidade, no entanto, a redução desta variável foi mais acentuada. O aumento

na concentração do AsA até o nível $0,6 \text{ mol L}^{-1}$ proporcionou menor produção de massa seca ($2,1 \text{ g planta}^{-1}$), porém ocorreu resultados positivos a partir desta concentração (FIGURA 8B).

Não houve efeito da salinidade sobre o número de folhas e diâmetro do caule, obtendo-se valores médios de 15 folhas por planta e diâmetro de caule de 9,8 mm. Khan et al. (2006) estudaram o efeito interativo entre Ácido Ascórbico aplicado via foliar e estresse salino no trigo (*Triticum aestivum* L.) na etapa de muda e concluíram que a pulverização foliar com Ácido Ascórbico não melhorou o crescimento das duas cultivares de trigo em condições salinas.

A alface americana cv. Winslow teve suas variáveis de produção pouco afetadas pelos tratamentos utilizados, demonstrando que as aplicações de Ácido Ascórbico não influenciaram positivamente a produção desta cultura em nenhuma das condições de salinidade, não justificando, portanto, o seu uso. Contudo, o fato de não ter sido observado efeito isolado da salinidade demonstra uma maior tolerância desta cultivar à condição de estresse em questão. E pelo fato da cultivar já apresentar um ajuste fisiológico para tolerar este tipo de estresse, é possível que a exposição ao AsA tenha causado de alguma forma um desajuste neste equilíbrio.

7.3 Rúcula

De acordo com a análise de variância para os componentes de produção da rúcula, verificou-se que houve efeito significativo da interação entre os dois tratamentos estudados sobre todas as variáveis, sendo ALT ao nível de 5% de probabilidade, e as demais (MFP, MSP e AF) ao nível de 1% de probabilidade. Verificou-se ainda que as variáveis: massa fresca de planta (MFP) e altura (ALT) foram influenciadas isoladamente pela salinidade ($p < 0,01$). O efeito das concentrações de Ácido Ascórbico influenciou significativamente as variáveis ALT ($p < 0,05$) e AF ($p < 0,01$) (TABELA 6).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para massa fresca das plantas (MFP) altura das plantas (ALT), massa seca das plantas (MSP) e área foliar (AF) e equações de regressão de rúcula submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico.

FV	Valores de Quadrado médio			
	MFP	ALT	MSP	AF
Salinidade (S)	34194,83 ^{**}	346,80 ^{**}	1,88 ^{ns}	101484,55 ^{ns}
Ácido Ascórbico (AsA)	124,14 ^{ns}	6,13 [*]	2,30 ^{ns}	226797,09 ^{**}
S x AsA	640,04 ^{**}	6,86 [*]	16,35 ^{**}	427323,88 ^{**}
Reg. Linear (S ₁)	12,77 ^{ns}	3,40 ^{ns}	20,29 ^{**}	21920,14 ^{ns}
Reg. Quadrática (S ₁)	513,87 ^{**}	2,33 ^{ns}	5,33 ^{ns}	240344,59 ^{**}
Reg. Linear (S ₂)	176,27 ^{ns}	6,63 [*]	45,10 ^{**}	1393669,14 ^{**}
Reg. Quadrática (S ₂)	538,37 ^{**}	23,63 ^{**}	0,06 ^{ns}	4198,58 ^{ns}
Resíduo	54,77	1,66	1,11	41153,56
CV (%)	7,43	6,39	11,64	14,25

*, ** - Significativos 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F. Fonte: Do autor (2017).

As variáveis de produção avaliadas na cultura da rúcula, cujos valores médios estão apresentados na Tabela 7, apresentaram uma maior produção nas plantas mantidas sem condição de estresse, para todas as concentrações de Ácido Ascórbico. Entretanto em cada variável observou-se comportamentos distintos em função do aumento das concentrações de AsA.

O efeito da salinidade sobre a produção já era esperado, uma vez que estudos anteriores já foram realizados e constataram sensibilidade da cultura para esta condição. Silva et al. (2013) estudaram o cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina e semelhante ao efeito da salinidade no presente trabalho. Os resultados obtidos pelos autores demonstram que o aumento nos níveis de salinidade proporcionou redução em todos os parâmetros avaliados.

Em estudo realizado utilizando cultivo em substrato, para avaliar a resposta à salinidade de duas cultivares de rúcula, Oliveira et al. (2013), verificaram que a salinidade da solução nutritiva afetou negativamente o desenvolvimento das rúculas cultivadas em substrato, sendo que, de acordo com este estudo, o cultivo de rúcula em substrato pode ser realizado utilizando solução nutritiva de condutividade elétrica até 2,36 dS m⁻¹.

Tabela 7 - Valores médios de massa fresca das plantas (MFP) altura das plantas (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e massa seca das plantas (MSP) da rúcula submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico.

Salinidade	Concentrações de AsA (mol L ⁻¹)				
	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
	Massa fresca de planta (g)				
0,5 (dS/m)	140,78A	125,49A	125,01A	128,82A	135,85A
3,5 (dS/m)	63,16B	74,04B	84,65B	78,87B	72,87B
	Altura de plantas (cm)				
0,5 (dS/m)	22,67A	22,77A	24,67A	24,00A	23,73A
3,5 (dS/m)	15,87B	18,33B	18,80B	15,83B	14,77B
	Massa seca de planta (g)				
0,5 (dS/m)	11,52A	9,19A	7,98A	8,46B	7,77B
3,5 (dS/m)	6,66B	8,38A	9,10A	10,61A	11,68A
	Área foliar (cm ²)				
0,5 (dS/m)	1581,21A	1223,67A	1123,34A	1070,00B	1522,88A
3,5 (dS/m)	1165,46B	1098,23A	1433,23A	1576,9A	1734,65A

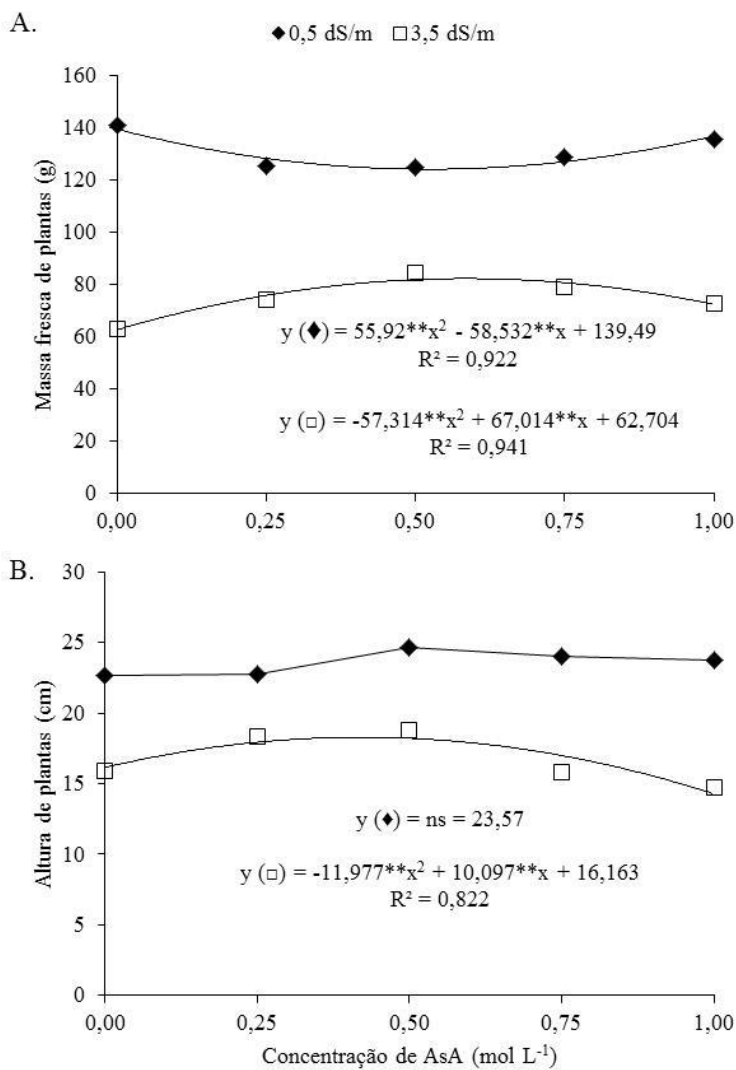
*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2017).

O aumento nas concentrações de AsA afetou a MFP de forma distinta para a condição de estresse salino. Nas plantas irrigadas com água de menor salinidade verificou-se uma resposta quadrática, obtendo-se, redução na MFP até a concentração de $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e aumentou a partir desta. O comportamento desta mesma variável nas plantas sob a condição de estresse salino apesar de também ter ajuste ao modelo quadrático, as menores concentrações de AsA proporcionaram inicialmente aumento até o nível $0,6 \text{ mol L}^{-1}$ quando apresentou massa de 82,3 g apresentando decréscimo a partir daí (FIGURA 9A).

A ação do AsA é bastante variável em diferentes culturas, Khan et al. (2006) ao estudar o efeito interativo de Ácido Ascórbico aplicado foliarmente e estresse de sal em trigo (*Triticum Aestivum* L.) observou que a aplicação de Ácido Ascórbico como pulverização foliar causou um aumento significativo nos pesos seco e fresco das brotações de ambas as cultivares sob ausência de condição salina. Ou seja proporcionou efeito estimulante sem a presença de estresse, o que até a concentração utilizada não pode ser observado para a rúcula.

A altura das plantas sob a salinidade de 0,5 dS/m não foi influenciada pela aplicação das concentrações de Ácido Ascórbico, apresentando altura média de 23,5 cm. Entretanto, as plantas que estavam sob a condição de elevada salinidade da solução nutritiva, apresentaram resposta quadrática, em que os maiores valores foram obtidos na concentração $0,42 \text{ mol L}^{-1}$ (18,3 cm), representando aumento de 13,2% em relação à altura obtida nas plantas tratadas com a concentração de $0,0 \text{ mol L}^{-1}$ (16,16 cm) (FIGURA 9B).

Figura 9 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: Massa fresca das plantas (A) e altura de plantas (B) na cultura da rúcula.



Fonte: Do autor (2017).

Observando a Figura 9B constatou-se que apesar da salinidade ter afetado a altura das plantas, com exceção da concentração de 1,0 mol L⁻¹, os

tratamentos proporcionaram desenvolvimento de plantas com altura atendendo a exigência comercial, que de acordo com Minami e Tessariolo Neto (1998) a altura mínima de rúcula para comercialização é de 15 cm.

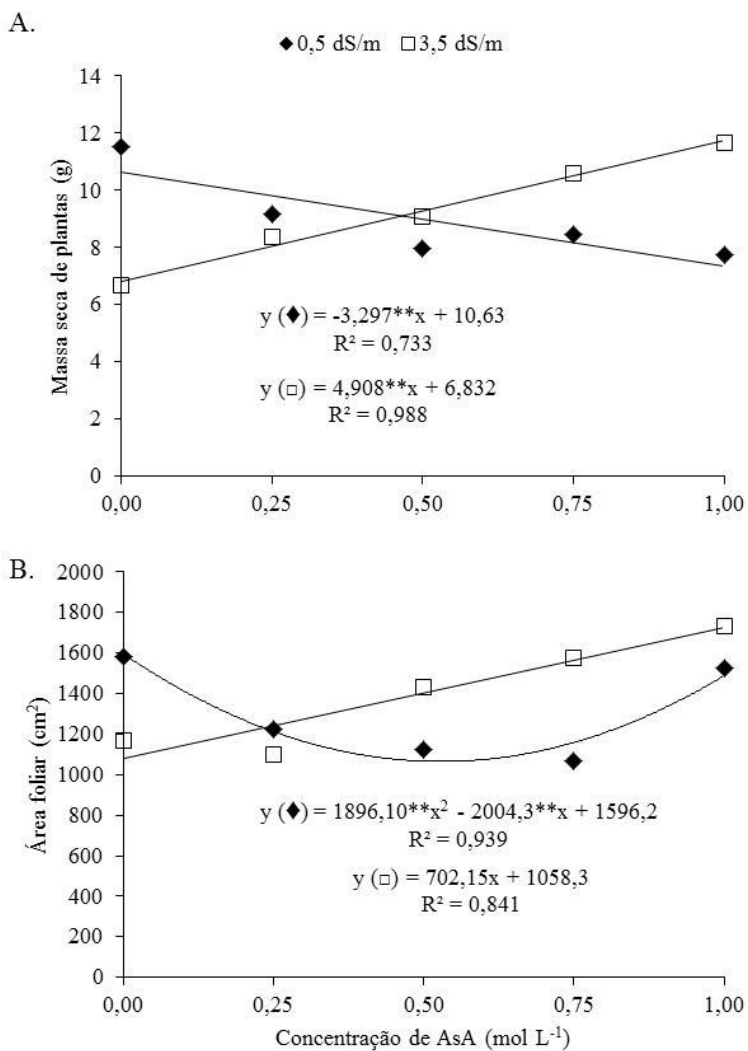
A massa seca das plantas (MSP) foi afetada pela interação dos fatores concentrações de AsA e salinidade. Nas plantas fertirrigadas com solução não salina, o aumento nas concentrações de AsA provocou redução linear na massa seca, sendo esta redução de 3,97g a cada acréscimo de 1 mol L^{-1} de AsA (FIGURA 10A).

Para as plantas submetidas ao estresse salino verificou-se uma resposta linear e positiva ao aumento das concentrações de AsA, ocorrendo aumento de 4,908 g por aumento unitário nas concentrações do AsA, resultando em aumento total de 71,84% na maior concentração em comparação com a massa seca obtida na ausência do ácido.

A redução da biomassa fresca e seca em condições salinas está relacionada ao efeito osmótico da salinidade, e ao suprimento inadequado de nutrientes devido a um desequilíbrio iônico provocado pelo excesso de íons Na^+ e Cl^- (TESTER; DAVENPORT, 2003).

As plantas de guar (*Cymopsis Tetragonoloba*), avaliadas por Gul, Ahmad e Hamayun (2015) tiveram os valores de biomassa seca influenciados negativamente em função do aumento da salinidade, entretanto os efeitos deletérios causados pela salinidade foram amenizados em função da aplicação foliar do Ácido Ascórbico, resultados estes que corroboram com os apresentados no presente estudo.

Figura 10 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: Massa seca das plantas (A) e área foliar (B) na cultura da rúcula.



Fonte: Do autor (2017).

Para a variável área foliar, verificou-se que as concentrações de Ácido Ascórbico também proporcionaram efeitos distintos de acordo com a presença

ou ausência de estresse salino, sendo observado o aumento linear com incremento das concentrações, nas plantas submetidas ao estresse salino, de forma que os maiores valores foram obtidos na concentração de $1,0 \text{ mol L}^{-1}$. Por outro lado, na ausência de estresse salino a aplicação de AsA provocou redução na área foliar, sendo observado valores inferiores às sobre estresse salino quando se utilizaram concentrações acima de $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ (FIGURA 10B).

A área foliar tem sua importância por ser uma variável de crescimento indicativa da produtividade, visto que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química, sendo este um processo que ocorre diretamente na folha (TAIZ; ZEIGER, 2009). No caso de folhosas essa variável indica também maior desenvolvimento da parte comercial da cultura.

Para cultivar a mesma cultivar (Folha Larga) Oliveira et al. (2013) verificou que área foliar em função de soluções nutritivas com diferentes salinidades, teve equação de regressão linear e decrescente, de forma que foi observada redução de aproximadamente $100 \text{ cm}^2 10 \text{ plantas}^{-1}$, por aumento unitário na salinidade da solução nutritiva. Sendo observado comportamento inverso em função aplicação do AsA, no presente trabalho.

As plantas sob condições de salinidade mais elevadas, sobrem alterações fisiológicas como efeito adaptativo à condição adversa, nesses casos a exposição ao AsA tem ação de amenizar o nível de estresse, o que não pode ser observado em plantas que não sofreram exposição a elevada salinidade.

7.4 Coentro

De acordo com a análise de variância para os componentes da produção do coentro, foi constatado efeito significativo da interação entre os fatores salinidade (S) e concentrações de Ácido Ascórbico (AsA) para as variáveis massa fresca de plantas (MFP), altura (ALT) ($p < 0,01$) e número de hastes por planta (NHP) ($p < 0,05$), não sendo observado resposta significativa para a variável massa seca de plantas (MSP). Considerando os fatores isolados, verificou-se efeito significativo da salinidade sobre as variáveis MFP, ALT e MSP ao nível de 1% de probabilidade, não sendo observada resposta significativa para a variável NHP. Para o fator Ácido Ascórbico, verificou-se uma resposta significativa apenas para a altura das plantas ao nível de 1% de probabilidade (TABELA 8).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância para massa fresca das plantas (MFP) altura das plantas (ALT), número de hastes por planta (NHP), massa seca das plantas (MSP) e equações de regressão de coentro submetido a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico.

FV	Valores de Quadrado médio			
	MFP	ALT	NHP	MSP
Salinidade (S)	32,53 ^{**}	320,13 ^{**}	0,28 ^{ns}	0,276 ^{**}
Ácido Ascórbico (AsA)	0,47 ^{ns}	33,72 ^{**}	0,79 ^{ns}	0,018 [*]
S x AsA	2,01 ^{**}	93,22 ^{**}	1,16 [*]	0,016 [*]
Reg. Linear (S1)	0,02 ^{ns}	38,53 ^{**}	6,53 ^{**}	0,018 ^{ns}
Reg. Quadrática (S1)	4,67 ^{**}	85,71 ^{**}	0,11 ^{ns}	0,087 ^{**}
Reg. Linear (S2)	4,03 ^{**}	362,70 ^{**}	0,13 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Reg. Quadrática (S2)	0,21 ^{ns}	10,50 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Resíduo	0,31	4,70	0,35	0,004
CV (%)	10,43	10,46	12,58	8,75

*, ** - Significativos 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F. Fonte: Do autor (2017).

O estresse salino reduziu significativamente a massa fresca de plantas na maioria das concentrações de Asa, com exceção da concentração 0,50 mol L⁻¹, na qual não houve diferença significativa entre as salinidades. Verificou-se ainda que as maiores reduções ocorreram nas concentrações 0,75 e 1,00 de AsA, com perdas de 49,6 e 40,2%, respectivamente (TABELA 9). Esses resultados mostram que o uso de AsA, na concentração 0,50 mol L⁻¹ apresentou um potencial para amenizar o efeito da salinidade sobre a cultura do coentro.

Tabela 9 - Valores médios de massa fresca das plantas (MFP) altura das plantas (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e massa seca de plantas (MSP) de coentro submetida a estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico.

Salinidade	Concentrações de AsA (mol L ⁻¹)				
	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
	Massa fresca de planta (g)				
0,5 (dS/m)	5,90A	6,94A	6,53A	7,21A	6,21A
3,5 (dS/m)	4,62B	4,50B	4,91A	3,63B	3,71B
	Altura de plantas (cm)				
0,5 (dS/m)	19,33A	26,00A	22,33A	28,66A	23,67A
3,5 (dS/m)	22,67A	21,67B	19,67A	12,66B	10,67B
	Número de hastes por planta				
0,5 (dS/m)	5,80A	4,80A	4,03B	4,00A	4,40A
3,5 (dS/m)	4,76B	4,40A	4,80A	4,60A	4,90A
	Massa seca das plantas (g)				
0,5 (dS/m)	1,07A	1,28A	1,25A	1,15A	1,01A
3,5 (dS/m)	0,98A	0,95B	0,96B	0,92B	0,92A

*Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si na coluna, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Do autor (2017).

Referente ao efeito da salinidade sobre o acúmulo de biomassa fresca, constatou-se que os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com os apresentados por Rebouças et al. (2013) trabalhando com a cultura do coentro em fibra de coco e por Silva et al. (2015) trabalhando em sistema hidropônico NFT, os quais também observaram redução na massa fresca de plantas em reposta à salinidade.

Para a altura de plantas, foi constatado que não houve efeito da salinidade sobre esta variável nas concentrações 0,00 e 0,50 mol L⁻¹ de AsA, por outro lado, nas demais concentrações de AsA verificou-se redução na altura das plantas quando a irrigação era realizada com água salina, sendo as maiores perdas observadas nas concentrações 0,75 mol L⁻¹ (55,8%) e 1,00 mol L⁻¹ (54,9%) (TABELA 9). A redução na altura de plantas de coentro também foi observada por Oliveira et al. (2010) e Rebouças et al. (2013), por outro lado, diverge dos resultados obtidos por Silva et al. (2015), os quais não verificaram efeito da salinidade sobre esta variável.

Analisando o efeito da salinidade sobre o número de hastes, verificou-se uma resposta significativa apenas nas plantas submetidas concentrações 0,0 e 0,50 mol L⁻¹ de AsA, apresentando aumento nesta variável na ausência de AsA (17,9%). Entretanto, a salinidade favoreceu o número de hastes quando a aplicou-se a concentração 0,50 de AsA (19,1%) (TABELA 9).

A redução na emissão de folhas ou de hastes nas plantas de coentro submetidas à salinidade tem sido observada em outros estudos realizados por Oliveira et al. (2010), Rebouças et al.(2013) e Silva et al.(2015), bem como em outras hortaliças, como alface por Dias et al.(2011b), Oliveira et al. (2011), Paulus et al. (2012) e rúcula por Oliveira et al.(2013), Souza Neta et al. (2013).

A redução do número de hastes e, conseqüentemente, da área foliar, é importante mecanismo adaptativo de plantas cultivadas em condições de excesso de sais e estresse hídrico, visto que, sob tais condições, é interessante a redução na transpiração e, conseqüentemente, diminuição do carregamento de íons Na⁺ e Cl⁻ no xilema e concomitante conservação de água nos tecidos das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Com relação à massa seca de plantas, o uso de água salina provocou redução nesta variável nas plantas submetidas às concentrações 0,25, 0,50 e 0,75

mol L⁻¹ de AsA, com perdas de 26,0, 23,0 e 20,0%, respectivamente, não ocorrendo redução nas demais concentrações (TABELA 9).

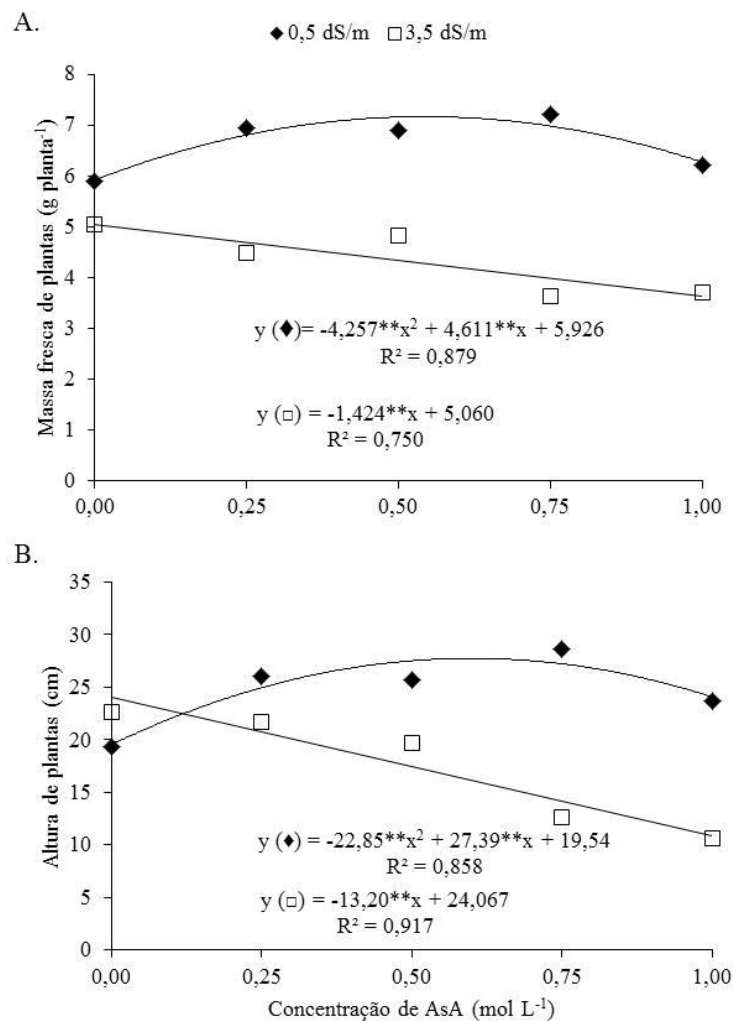
Lima (2008), ao estudar os aspectos fisiológicos e bioquímicos do estresse salino em coentro verificou efeito deletério da salinidade na maioria das variáveis de crescimentos estudadas, mostrando sensibilidade da cultura à condição de salinidade. Willadino e Câmara (2010) mencionam que o componente osmótico resultante das elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do substrato, diminui, conseqüentemente, a disponibilidade da água para a planta. Taiz e Zeiger (2009) enumeram como o primeiro efeito mensurável do estresse hídrico a diminuição no crescimento, causada pela redução da expansão celular.

As concentrações de AsA influenciaram positivamente as plantas de coentro não submetidas ao estresse, observando-se portanto, acréscimo da massa fresca das plantas até aproximadamente a concentração de 0,5mol L⁻¹ quando o valor médio de MFP seria de aproximadamente 7,0g planta⁻¹, sendo que os valores observados para esta variável decresceram a partir desta concentração. Na condição de estresse, o aumento das concentrações do ácido provocou decréscimo linear de 1,42 g planta⁻¹ na massa fresca das plantas, por unidade de concentração acrescentada (FIGURA 11A).

A aplicação de AsA exógeno em plantas de coentro proporcionou acréscimos nas variáveis de produção quando não foram submetidas ao estresse, no entanto a interação com a salinidade nesta cultura não trouxe benefícios para a produção.

Comportamento semelhante ao da MFP foi observado para a altura das plantas (FIGURA 11 A e B), uma vez que este é um componente bastante importante na composição da massa fresca das plantas, de modo especial o coentro que possui além das folhas, as hastes como produto final utilizado pelos consumidores.

Figura 11 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: Massa fresca das plantas (A) e Altura de plantas (B) na cultura do coentro.



Fonte: Do autor (2017).

Khafagy, Arafa e El-Banna (2009) avaliaram o poder do Ácido Ascórbico em aliviar os efeitos nocivos da salinidade em pimenta doce, observando que o AsA utilizado na pré-imersão de sementes de pimentão

proporcionou acréscimos nas variáveis de produção tanto nos tratamentos controle como em condições de salinidade. Entretanto, esses acréscimos foram reduzidos quando se combinaram o aumento das concentrações de AsA e o aumento da salinidade, indicando assim que concentrações elevadas de AsA juntamente com a salinidade podem influenciar negativamente na produção de algumas espécies vegetais.

O comportamento da altura das plantas não submetidas ao estresse em função do aumento das concentrações de AsA, foi ajustado ao modelo quadrático, alcançando o valor máximo na concentração de aproximadamente $0,6 \text{ mol L}^{-1}$, correspondente a altura de 27,0 cm, podendo-se indicar que foi benéfica a aplicação do AsA até esta concentração para esta variável (FIGURA 11B).

Gul, Ahmad e Hamayun (2015) avaliando o impacto do Ácido Ascórbico aplicado de forma exógena no crescimento em alguns componentes bioquímicos e na composição iônica de guar (*cymopsis tetragonoloba*) submetido ao estresse salino, verificaram que a aplicação de AsA não só atenuou os efeitos inibitórios do estresse salino, mas também induziu um efeito estimulador em todos os parâmetros de crescimento.

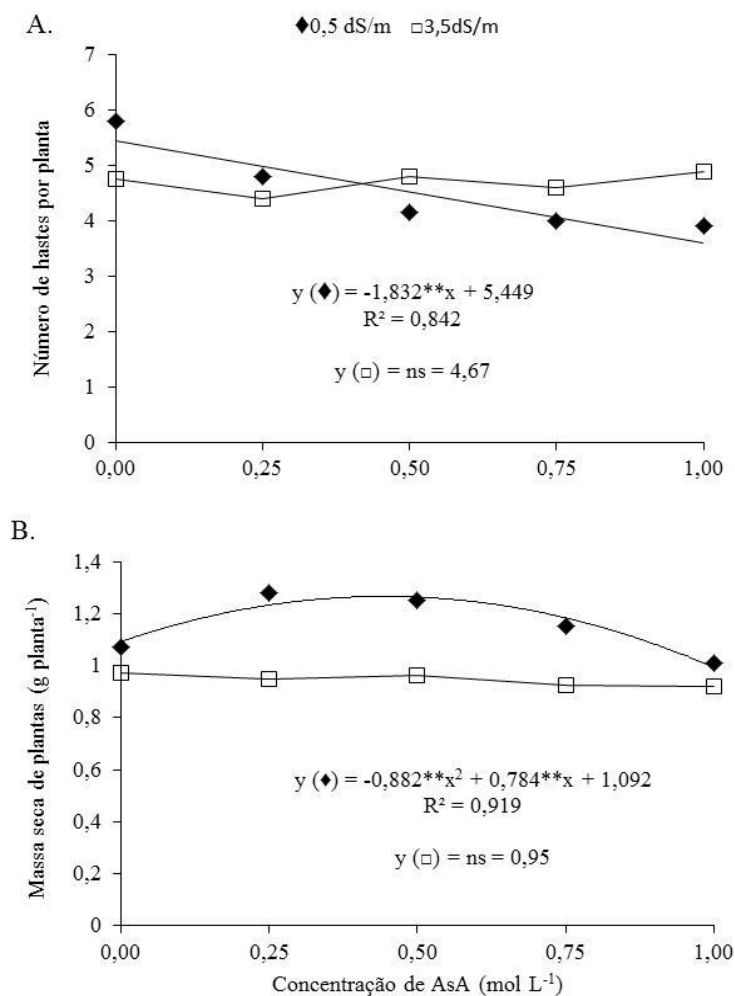
O efeito estimulante do crescimento foi observado nas plantas de coentro que não estavam sob a condição de estresse, entretanto o efeito inibidor do estresse salino não foi observado no presente trabalho para a cultura em questão, pelo contrário, a altura das plantas mantidas em condição de estresse decresceu linearmente com o aumento das concentrações de AsA.

Ainda assim, os valores de altura observados foram superiores aos encontrados por Rebouças et al. (2013) que, trabalhou na região de Mossoró - RN utilizando rejeito salino na preparação da solução nutritiva de coentro hidropônico, encontrando valores máximos de altura de plantas de 15,0 cm.

Diferentemente das variáveis anteriores, a aplicação exógena de AsA não estimulou a emissão de hastes, sendo que o número de hastes das plantas não submetidas ao estresse salino, foi reduzido linearmente com redução de 34% na maior concentração utilizada. Nas plantas que estavam sob a condição de elevada salinidade não foi observado efeito das concentrações de ácido sobre esta mesma variável, sendo o valor médio de 4,67 hastes por planta (FIGURA 12A).

A massa seca das plantas não submetidas ao estresse salino teve resposta positiva às concentrações de AsA, sendo suas médias ajustadas ao modelo quadrático apresentando o valores máximos quando submetida à concentração de AsA de $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, correspondendo à 1,3 g por planta. Por outro lado, não houve efeito significativa da aplicação de AsA sobre a massa seca de plantas, sendo observado no entanto valor médio de 0,95 g por planta (FIGURA 12B).

Figura 12 - Efeito da interação entre estresse salino e concentrações de Ácido Ascórbico aplicado via foliar sobre as variáveis: Número de hastes por planta (A) e Massa seca de plantas (B) na cultura do coentro.



Fonte: Do autor (2017).

Alhasnawi et al. (2015) estudaram a aplicação exógena de Ácido Ascórbico em pré-tratamento contra os efeitos nocivos do estresse salino em mudas de arroz e a interação entre os dois fatores, NaCl e Ácido Ascórbico, mostrou que o comprimento máximo de crescimento e o peso fresco e seco das

mudas foram observados para Ácido Ascórbico $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ sob estresse com NaCl em comparação com outros tratamentos. Quando se utilizaram concentrações de AsA acima deste valor, as variáveis de produção apresentaram redução indicando portanto que o efeito positivo depende da concentração utilizada.

As repostas observadas tanto em função da salinidade como na ação do Ácido Ascórbico variam entre culturas, podendo também variar com a origem do estresse. Segundo Willadino e Câmara (2010) as características da planta, incluindo identidade do órgão ou tecido, estágio de desenvolvimento e genótipo influenciam a resposta ao estresse.

8 CONCLUSÕES

Com exceção do número de folhas todas as variáveis da alface crespa sofreram influência da interação dos fatores salinidade e Ácido Ascórbico. A aplicação de Ácido Ascórbico interagiu positivamente com a presença de estresse salino na alface crespa ocasionando efeito positivo sobre a produção até a concentração de $0,5 \text{ mol L}^{-1}$.

A alface americana foi pouco influenciada pela salinidade e a interação dos fatores estudados foi observada apenas para MFP, AF e MSP, porém essas variáveis foram reduzidas pela aplicação de ácido. Não sendo, portanto, vantajosa a aplicação do AsA nas concentrações utilizadas. O número de folhas e o diâmetro do caule das plantas de alface americana não foram influenciados por nenhum dos fatores estudados.

A rúcula teve suas variáveis reduzidas pela salinidade, porém a aplicação de AsA foi capaz de amenizar o efeito da salinidade. As variáveis MFP e ALT, das plantas sob salinidade, apresentaram acréscimos até a concentração de $0,6 \text{ mol L}^{-1}$. A MSP e AF das plantas de rúcula sob estresse cresceram linearmente com a aplicação do AsA.

O AsA não proporcionou acréscimos às variáveis do coentro em condições de salinidade. A MFP e ALT das plantas de coentro sob estresse salino decresceram com o aumento das concentrações de AsA. Foi observado, para as plantas não submetidas à salinidade, até a concentração de $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, incrementos nas variáveis MFP, ALT e MSP do coentro.

REFERÊNCIAS

- ALHASNAWI, A. N. et al. Exogenous application of ascorbic acid ameliorates detrimental effects of salt stress in rice (MRQ74 and MR269) seedlings. **Asian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 3, p. 186-196, 2015.
- ATHAR, H.; KHAN, A.; ASHRAF, M. Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, n. 1, p. 224-231, 2008.
- AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. GHEYI, H. R., MEDEIROS, J. F., DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).
- AZEVEDO NETO, A. D.; GOMES-FILHO, E.; PRISCO, J. T. Salinity and oxidant stress. In : KHAN, N. A.; SINGH, S. (eds.). **Abiotic stress and plant responses**. New Delhi: I. K. International, 2008. cap.4, p.57-82.
- AZEVEDO NETO, A. D. et al. Hydrogen peroxide pretreatment induces salt-stress acclimation in maize plants. **Journal of Plant Physiology**, v.162, n. 10, p.1114-1122, 2005.
- AZEVEDO, H. A. M. A., BARBOSA, R. P. Gestão de recursos hídricos no distrito federal: uma análise da gestão dos comitês de bacias hidrográficas. **Ateliê geográfico**, v. 5, n. 13, p.162-182, 2011.
- BARBOSA, M. R. et al. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 453-460, 2014.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 9, n.1, p.107-137, 2012.
- BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G.. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v. 12, n. 2, p. 123-30, 1999.
- BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Legislação e órgãos**: Lei das águas, 2010. Disponível em < <http://www.brasil.gov.br/sobre/meio-ambiente/legislacao-e-orgaos/lei-das-aguas>> Acesso em 15 dez. 2016.
- BREUSEGEM, F. V. et al. The role of active oxygen species in plant signal transduction. **Plant Science**, v. 161, n. 3, p. 405-414, 2001.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: ESAM, 1995. 62p. (Coleção Mossoroense, série B).

CARVALHO, C.; KIST, B. B.; POLL, H. **Anuário brasileiro de hortaliças** 2013. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2013.

CARVALHO, C.; KIST, B. B.; TREICHEL, M. **Anuário brasileiro de hortaliças** 2016. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016.

CASTRO, J. L. S. **A toxicidade do ácido ascórbico em plantas de arroz silenciadas nas APXs cloroplásticas induz estresse oxidativo não dependente da fotossíntese**. 2014. 80 f. Tese (doutorado em bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

CHEN, Z., GALLIE, D.R. The ascorbic acid redox state controls guard cell signaling and stomatal movement. **Plant Cell**, v. 16, p. 1143–1162, 2004.

COSME, C. R. **Avaliação da qualidade da água proveniente de estações de tratamento de água salobra na zona rural do município de Mossoró, RN**. 2011. 74f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.

DIAS, N. S. et al. Resposta de cultivares de alface à salinidade da solução nutritiva com rejeito salino em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v.15, n.10, p.991–995, 2011 b.

DIAS, N. S. et al. Uso de rejeito da dessalinização na solução nutritiva da alface, cultivada em fibra de coco. **Revista Ceres**, v. 58, n.5, p. 632-637, 2011 a.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap. 9, p.129-141.

DINAKAR, C.; DJILIANOV, D.; BARTELS, D. Photosynthesis in desiccation tolerant plants: energy metabolism and antioxidative stress defense. **Plant Science**, v.182, n. 1, p.29-41, 2012.

ÉAUX, B.; TOLEDANO, M. B. Ros as signalling molecules: mechanisms that generate specificity in ROS homeostasis. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 8, n. 10, p. 813 – 824, 2007.

ELHAMID, E. M. A.; SADAK, M. S.; TAWFIK, M. M. Alleviation of adverse effects of salt stress in wheat cultivars by foliar treatment with antioxidant 2— changes in some biochemical aspects, lipid peroxidation, antioxidant enzymes and amino acid contents. **Agricultural Sciences**, v. 5, n. 13, p. 1269-1280, 2014.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, n. 2, p.36-41, 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 2008.

FILIPPI, S. B. **Papel da alantoína na nutrição nitrogenada e respostas antioxidativas de células de café em suspensão**. 2004. 103 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

FOYER, C. H.; NOCTOR, G. Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. **Physiologia Plantarum**, v. 119, n. 3, p. 355-364, 2003.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAIY, G.B. (ed.). **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2004. Cap. 2, p. 40-75.

GUL, H.; AHMAD, R.; HAMAYUN, M. Impact of Exogenously Applied Ascorbic Acid on Growth, Some Biochemical Constituents and Ionic Composition of Guar (*Cymopsis Tetragonoloba*) Subjected to Salinity Stress. **Pakhtunkhwa J. Life Sci.** v. 3, n. 01-02, p 22-40, 2015.

HAMEED, A. et al. Effects of salinity and ascorbic acid on growth, water status and antioxidant system in a perennial halophyte. **AoB Plants**, v. 7, n. 4, p. 1-11, 2015.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. A. Tipos de alface cultivados no Brasil. **Embrapa Hortaliças**. Comunicado Técnico, 2009.

HORTIBRASIL. Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. **Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br>> Acesso em 08 maio 2017.

IEA - INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **A Produção Agropecuária Paulista e a anomalia climática**. São Paulo, 2015. Disponível em <<http://www.iea.sp.gov.br>>. Acesso em 15 dez. 2016.

INZÉ, D.; MONTAGU, M. V. Oxidative stress in plants. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 6, n. 2, p. 153-158, 1995.

JARDINA, L. L., et al. Desempenho produtivo e qualidade de cultivares de rúcula em sistema semi-hidropônico. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 78-82, 2017.

JESUS, C. G. et al. Production of rocket under salt stress in hydroponic systems. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 493-497, 2015.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Nacional. 2002.

KHAFAGY, M. A.; ARAFA, A. A.; EL-BANNA, M. F. The effect of glycinebetaine or ascorbic acid on grain germination and leaf structure of sorghum plants grown under salinity stress. **Australian Journal of Crop Science**, v. 3, n. 5, p. 294-304, 2009.

KHAN, A.; et al. Interactive effect of foliarly applied ascorbic acid and salt stress on wheat (*Triticum aestivum* L.) at the seedling stage. **Pak. J. Bot**, v. 38, n. 5, p. 1407-1414, 2006.

LÄUCHLI, A.; GRATTAN, S. R. Plant growth and development under salinity stress. In: JENKS, M. A.; HASEGAWA, P. M.; JAIN, S.M. (eds.). **Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops**. New York, Springer, 2007. Cap. 1, p. 1-32.

LIMA, A. B. **Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de coentro (*Coriandrum sativum* L.) submetidas ao estresse salino**. 2008. 55 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2008.

LIRA, R. M. et al. Cultivo de coentro em diferentes níveis de salinidade e umidade do solo. **Revista Geama**, v. 3, n. 1, p. 51-61, 2016.

MAIA, P. M. E. **Interação salinidade e nitrogênio sobre os componentes nutricionais e de produção do capim tanzânia** 2013. 70f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

MATOS, J. P. L.; CASTRO, D. L.; PEDROSA JUNIOR, N. C. Comportamento geoeletrico da sequencia drifte da bacia potiguar (RN/CE). **Revista Brasileira de Geofisica**, v. 28, n. 3, 2010.

MEDEIROS, S. S. et al. **Sinopse do Censo Demografico para o Semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2012. Disponível em: <<http://www.insa.gov.br/censosab/publicacao/sinopse.pdf>> Acesso em: 23 mar. 2017.

MELO, J. G. et al. Aspectos Hidrogeoquímicos e Classes de Água do Aquífero Cárstico Jandaíra para Irrigação, Baraúna, RN. **Águas Subterrâneas**, v. 21, n. 1, 2007.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J. **A cultura da rúcula**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1998.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant in Science**, v. 7, n. 9, p. 405-410, 2002

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: GHEYI, H. R. et al. (eds.). **Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. Cap. 1, p. 2-24.

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

NUNES JÚNIOR, E. S. **Fertirrigação nitrogenada e potássica no cultivo do pimentão em ambiente protegido**. 2013. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2013.

OLIVEIRA, F. A. et al. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 4, p. 479-484, 2010.

OLIVEIRA, F. A. et al. MEDEIROS, J. F. Desempenho de cultivares de rúcula sob soluções nutritivas com diferentes salinidades. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 7, n. 2, p. 170-178, 2013.

OLIVEIRA, F. D. A. et al. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 37-45, 2011.

OLSZEWER, E. Radicais livres. In: _____. **Clínica ortomolecular**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2008. Cap. 1, p. 3-8.

PAULUS, D. et al. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, v. 59, n. 1, p. 110-117, 2012.

PEREIRA JÚNIOR, J. S. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Biblioteca digital da Câmara dos deputados. Centro de Documentação e Informação. Brasília, DF. 24p. 2007.

PEREIRA, M. F. S. et al. Desempenho agrônômico de cultivares de coentro (*Coriandrum Sativum* l.) fertilizado com composto. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 235-239, 2011.

PEREIRA, R. J., CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, 2012.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. 2.ed. Madrid: Editorial Española S.A.,1985.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura**. Fortaleza, INCT Sal, 2010. Cap. 10, p. 143-160.

REBOUÇAS, J. R. L. et al. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 624-634, 2013.

RESENDE GM; et al. Resposta da alface americana (*Lactuca sativa* L.) a doses e épocas de aplicação de cobre. **Ciência Agrotecnologia**, v. 29, n. 6, p. 1209-1214, 2005.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.

SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. Sunflower cultivation in a hydroponic system under different salinity levels. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 842-849, 2011.

SANTOS, A. N. et al. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 961-969, 2010.

SANTOS, E. **Relatório da FAO com participação da Embrapa revela que 33% dos solos do mundo estão degradados**. 2015. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias> > Acesso em 20 jan. 2017.

SANTOS, R. S. S. et al. Uso de águas salobras na produção de rúcula cultivada em substrato de fibra de coco. **Revista Caatinga**, v.25, n.1, p.113-118, 2012.

SCANDALIOS, J.G. Oxygen stress and superoxide dismutase. **Plant Physiology**, v. 101, n. 1, p. 7-12, 1993.

SEAB/DERAL - Secretaria da Agricultura e do Abastecimento - Departamento de Economia Rural do Estado do Paraná. **Olericultura - Análise da conjuntura agropecuária** (2012). Acesso em: 15 nov. 2016.

SERKEDJIEVA, J. Antioxidant effects of plant polyphenols: a case study of a polyphenol-rich extract from *Geranium sanguineum* L. In: GUPTA, S. D. (ed.). **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants**. Kharagpur: Science Publishers, 2011. Cap. 13, p.275-293.

SILVA, A. O. et al. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido -PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.147-155, 2011.

SILVA, M. A. D.; COELHO JÚNIOR, L. F.; SANTOS, A. P. Vigor de sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) provenientes de sistemas orgânico e convencional. **Revista Brasileira de plantas medicinais**, v.14, n. esp., p.192-196, 2012.

SILVA, M. G. et al. Produção de coentro em hidroponia nft com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 4, p. 246, 2015.

SILVA, O. M. P. **Desempenho produtivo e qualitativo de cultivares de alface em diferentes épocas de plantio em Mossoró-RN**. 2014. 102 f.. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014.

- SILVEIRA, J. A. et al. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, HR; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. Cap. 11, p. 161-180.
- SOARES, A. M. S.; MACHADO, O. L. T.. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica–Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 1, n. 1, p. 9-19, 2007.
- SOARES, T. M. et al. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v. 12, n. 2, p. 235-248, 2007.
- SOUZA NETA, M. L. et al. Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento de rúcula cultivada em diferentes substratos hidropônicos. **Revista Agro ambiente**, v. 7, n. 2, p. 154-161, 2013.
- SUINAGA, F. **Calor prejudica desenvolvimento da alface**. 2015. Disponível em: <revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/gr-responde> Acesso em: 10 maio 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Sunderland: Sinauer Associates, 2009.
- TESTER, M., DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, n. 5, p.503-527, 2003.
- VITAL, A. D. F. M. et al. Caracterização de um solo salinizado em área irrigada da região Semiárida. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 28-32, 2015.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2010.
- XIONG, L.; ZHU, J. K. Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. **Plant, Cell & Environment**, v. 25, n. 2, p. 131-139, 2002.
- YILDIRIM, E.; TURAN, M.; GUVENC, I. Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. **Journal of plant nutrition**, v. 31, n. 3, p. 593-612, 2008.
- YURI, J. E. et al. Comportamento de cultivares de alface tipo americana em Boa Esperança. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p.229-232, 2002.