



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



**CULTIVARES DE ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO EM FUNÇÃO DO**  
**MANEJO SALINO APLICADO EM DISTINTAS ÉPOCAS**

**ROBSON FELIPE DE LIMA**

**CAMPINA GRANDE, PB**

**2020**

**ROBSON FELIPE DE LIMA**

**CULTIVARES DE ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO EM FUNÇÃO DO  
MANEJO SALINO APLICADO EM DISTINTAS ÉPOCAS**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Campina  
Grande, como parte das exigências  
do Curso de Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola  
para obtenção do título de mestre em  
Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADOR: Prof. Dr. RONALDO DO NASCIMENTO - UFCG/CTRN/UAEAg

**CAMPINA GRANDE - PB**

**FEVEREIRO - 2020**

## **AGRADECIMENTOS**

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS .....	12
2.1 Geral.....	12
2.2 Específicos .....	12
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	13
3.1 Cultura da alface .....	13
3.2 Cultivo hidropônico .....	14
3.3 Cultivo hidropônico sob salinidade.....	16
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.1. Localização da área experimental .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.2. Caracterização do ambiente .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.3. Delineamento experimental e tratamento.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.4. Cultivares .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.5 Preparo e manejo da solução nutritiva .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.8. Variáveis analisadas .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.8.1. Variáveis de crescimento .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.8.3. Variáveis fisiológicas .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.8. Análises estatísticas.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5. RESULTADO E DISCURSÃO.....	29
6. CONCLUSÃO .....	49
7. REFERÊNCIAS.....	50

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Vista geral da estufa onde a pesquisa foi desenvolvida.....	18
<b>Figura 2.</b> Planta baixa da disposição das bancadas e vista lateral da bancada em sistema NFT. ....	19
<b>Figura 3.</b> Caixa água com as marcações para ver o nível da água.....	20
<b>Figura 4.</b> delineamento experimental das bancadas.....	
<b>Figura 5.</b> Condutivímetro de bancada modelo Mca 150 (A), medidor de pH modelo LUCA-210 (B) e higrômetro digital (C).....	21
<b>Figura 6.</b> Temperatura (A) umidade relativa (B) na estufa no período de condição do experimento da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.....	22
<b>Figura 7.</b> Volume de água aplicado no período de condição do experimento da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT. ....	29
<b>Figura 8.</b> Número de folhas (A) e Cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT. ....	30
<b>Figura 9.</b> Fitomassa fresca das folhas (A) e cultivares (C) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT. ....	32
<b>Figura 10.</b> Fitomassa fresca do caule (A) fitomassa fresca raiz (B) e cultivares (C) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.....	34
<b>Figura 11.</b> Fitomassa seca das folhas (A), fitomassa seca raiz (B) fitomassa seca raiz (C) e Cultivares da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.....	36
<b>Figura 12.</b> Área Foliar total da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.....	37
<b>Figura 13.</b> Taxa de crescimento absoluto para fitomassa fresca das folhas (A) e fitomassa seca das folhas (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.....	38

<b>Figura 14.</b> Taxa de crescimento relativo para fitomassa fresca das folhas (A) e fitomassa seca das folhas (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.....	39
<b>Figura 15.</b> Clorofila a (A), cultivares (B) clorofila b (C) e carotenoides (D) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.....	42
<b>Figura 16.</b> Teor relativo de água (A) e Cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT. ....	43
<b>Figura 17.</b> Taxa de fotossíntese líquida (A) e condutância estomática (B) da alface cultivada da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.....	45
<b>Figura 18.</b> Concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci), cultivares (B), taxa de transpiração (C) e cultivares (D) cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT. ....	47
<b>Figura 19.</b> Eficiência do uso da carboxilação da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT. ....	48

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para as variáveis Diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca do caule (MFC), volume de raiz (Vol. R), massa seca das folhas (MSF), massa seca da raiz (MSR), massa seca do caule (MSC) e área foliar total (AFT).....31

**Tabela 2** Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da fitomassa seca e fresca das folhas.....37

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para as variáveis clorofila a (Cla), clorofila b (Clb), clorofila total (Clt), carotenóides (Car), extravasamento de eletrólitos (EE), teor relativo de água (TRA) e índice de spad de três cultivares de alface submetidas a manejo de água salina. Campina Grande, PB 2019.....40

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância para as variáveis taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração interna de CO<sub>2</sub>(Ci), taxa de transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência do uso da carboxilação (EIC) de três cultivares de alface submetidas a manejo de água salina Campina Grande, PB 2019.....44

## **CULTIVO DA ALFACE EM HIDROPONIA COM MANEJO DA SALINIDADE EM DISTINTAS ÉPOCAS DE APLICAÇÃO**

**RESUMO:** Na região semiárida por apresentar água de elevado teor de sais e escassez hídrica associando à necessidade de se aumentar a produção agrícola, torna-se necessário à utilização da mesma, podendo essas águas causar danos e conseqüentemente redução da produção das culturas. Propõe-se, no trabalho avaliar o uso de águas salinas na solução nutritiva em distintas épocas de aplicação no cultivo hidropônico de três cultivares de alface crespa. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido, adotando-se o delineamento de parcelas subdivididas com fatorial 4 x 3 os tratamentos, o nível de condutividade elétrica utilizado na solução nutritiva foi de 5,0 dSm<sup>-1</sup> aplicado em três épocas (5, 10 e 15 dias após transplante DAT.) e uma testemunha associados a três cultivares de alface crespa ( Veneranda, Camila e Elba). O manejo de água salina na solução nutritiva ocasiona efeito negativo sobre o crescimento das plantas de alface principalmente nos M1 e M2 e a testemunha apresentou melhor crescimento. A cultivar Elba independente do manejo apresenta melhor desempenho em relação à Veneranda e Camila. O manejo de água salina na solução nutritiva compromete as taxas de crescimento absoluto e relativo principalmente nos M2 e M3, tendo esse tratamento maior redução. As plantas de alface no sistema hidropônico sob estresse salino tem menor teor de clorofilas e teor relativo de água em todos os manejos empregados o mais afetados foram os M2 e M3. O estresse salino reduz as trocas gasosas com uma maior redução quando se empregou o M3

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa*, cultivares, hortaliças, cultivo sem solo.



## 1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa L.*) é cultivada em todas as regiões do Brasil sendo a principal hortaliça folhosa consumida pela população, tanto pelo sabor e qualidade nutricional quanto pelo reduzido preço para o consumidor, essa hortaliça é consumida principalmente na forma de saladas. O Brasil possui uma área ocupa de aproximadamente 35.000 hectares de plantio alface sendo tanto pela produção intensiva, quanto por produtores familiares, gerando em torno de cinco empregos por hectare (SOUSA *et al.*, 2014). Existem diversas condições climáticas encontradas nas diferentes regiões do país, há o cultivo de diversos segmentos varietais, no entanto, o segmento predominante é o das alfaces crespas que respondem a 65% do mercado (ABCSEM, 2016).

Essa hortaliça tem boa adaptabilidade ao sistema protegido, principalmente ao sistema hidropônico, por reduzir seu ciclo curto e a técnica do filme nutriente (NFT) é a mais utilizada para produção da alface na hidropônia. A hidroponia tem despertado interesse crescente no mundo todo, devido a sua contribuição para redução dos impactos ambientais através do uso mínimo da água disponível e escassez de água doce (ALVES *et al.*, 2011; SOARES *et al.* 2020).

O cultivo hidropônico vem surgindo como uma alternativa no cultivo de hortaliças na região nordeste, em especial no semiárido, esse sistema hidropônico apresenta na região Nordeste uma área de cultivo superior a 2000 m<sup>2</sup> e existem 23 produtores, fornecedores e distribuidores (BEZERRA NETO., 2017). Nessas regiões a produção hidropônica vem ganhando destaque principalmente devido a sua maior eficiência do uso da água com relação ao cultivo convencional, e a oportunidade do aproveitamento de águas salinas (SANTOS *et al.*, 2010).

Diversas formas de utilização dessas águas vêm sendo testada para se obter melhor produtividade das culturas, como encontrar cultivares que melhor se adaptam ao cultivo hidropônico com alta salinidade na solução nutritiva. Desta forma as plantas podem apresentar tolerâncias diferentes à utilização de águas salinas na solução nutritiva que variar com estágio de desenvolvimento, do período que será empregada como o manejo utilizado.

Portanto há necessidade do conhecimento dos efeitos da salinidade sobre as plantas quando se pretende adotar práticas de manejo adequadas, visando assegurar a produção comercial com água salina (DIAS & BLANCO, 2010).

Na busca de se conviver com a utilização de águas salinas tem-se buscado formas que possam reduzir os impactos da salinidade nas plantas, dentro as estratégias de manejo o uso alternado de água salina, com água de boa qualidade pode reduzir o efeito deletério nas plantas, podendo assim ser uma opção de cultivo em regiões em que águas de boa qualidade são escassas. (SOARES *et al.*, 2015).

Aplicando o manejo adequado de águas salinas em sistema hidropônico hidroponia, com alternância de águas salina e de boa qualidade em diferentes épocas do seu ciclo pode permitir produtividades satisfatória, pois a salinização seria menos danosa do que a salinidade e aplicada constante em todo o seu ciclo, podendo assim encontrar os períodos em que a planta é mais tolerante a salinidade.

Propõe-se, no trabalho avaliar o uso de águas salinas na solução nutritiva em distintas épocas de aplicação no cultivo hidropônico de três cultivares de alface crespa.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Avaliar os efeitos do manejo de água salina na solução nutritiva em diferentes épocas de aplicação no cultivo hidropônico de cultivares da alface crespa (Veneranda, Camila e Elba).

### **2.2 ESPECÍFICOS**

Avaliar as variáveis de crescimento, fisiológicas e produção das três cultivares de alface crespa em função da aplicação de água salina na solução nutritiva nas distintas épocas de crescimento da cultura em cultivo hidropônico.

Determinar a melhor época das cultivares Veneranda, Camila e Elba, possuem maior tolerância ao manejo de água salina na solução nutritiva.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 CULTURA DA ALFACE

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea, anual, pertencente à família Asteraceae, e considerada a hortaliça folhosa mais importante na alimentação do brasileiro, o que possibilita a essa cultura expressiva importância econômica e social, sendo servida na forma in natura, na forma de salada crua, (CARVALHO *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2011).

A cultura da alface possui o sistema radicular ramificado e superficial. A raiz é pivotante e pode atingir até 0,60 m (FILGUEIRA, 2013). A alface representa uma importante fonte de sais minerais, como de cálcio e vitaminas, especialmente a vitamina A e também é fonte de vitaminas B1, B2, B5 e C e fibras. Além disso, apresenta efeito calmante, diurético e laxante (PAULA JÚNIOR & VENZON., 2007).

As partes comestíveis (folhas) crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, como também pode haver ou não a formação de uma “cabeça”, que possui uma coloração variada, podendo ter diversos tons de verde ou roxa conforme a cultivar (FILGUEIRA., 2008). A cultura por apresentar seu ciclo curto, faz com que ocorra a possibilidade de produção em todo o ano, no que resulta em rápido retorno financeiro ao produtor.

Atualmente, a alface se destaca por ser a folhosa mais consumida no Brasil possui uma área 86,8 mil hectares cultivados por mais de 670 mil produtores e possui uma produção de mais 575,5 mil de tonelada ao ano, segundo a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM, 2018).

Os principais tipos de alface cultivados e consumidos no País, em ordem de importância econômica, são: crespa, americana, lisa e romana (Embrapa, 2019). O cultivo da alface tipo crespa é preferido pelos produtores, por ser considerada adaptada ao cultivo no verão, resistente a doenças e ao pendoamento precoce, além disso, por apresentar boa disposição das folhas, resistência ao transporte, maior período pós-colheita e melhor paladar (RODRIGUES *et al.*, 2007).

Conforme Filgueira, (2008) a entrada de cultivares melhoradas geneticamente proporcionou seu cultivo em climas tropicais, com disponibilidade da cultura durante todo o ano, o uso de novas tecnologias de cultivo tem contribuído para o aumento da produção desta hortaliça, na hidropônica a alface é a espécie mais cultivada. Segundo Sala e Costa. (2012) a hidropônica é um setor em franca expansão devido aos avanços

tecnológicos, e também pela redução dos riscos, previsibilidade e constância da produção neste tipo de sistema.

Sediyama *et al.* (2007), Costa *et al.* (2018) as plantas de alface podem ter suas características de produção, como número de folhas por planta e a massa fresca da planta inteira, podem ser influenciados pela cultivar, fotoperíodo, temperatura e salinidade.

As culturas, de uma forma geral, possuem uma tolerância variada à salinidade, que pode variar com estágio de desenvolvimento das plantas, da cultivar utilizada, do tipo de sal presente no ambiente, da intensidade e duração do estresse salino, do manejo cultural, em como das condições edafoclimáticas do local de cultivo (Tester & Davenport., 2003; Munns, 2005; Taiz & Zeiger., 2013).

Diversas cultivares comerciais de alface são utilizadas, no entanto, não existem cultivares específicas para o cultivo sem solo, apenas algumas cultivares mais adaptadas ao meio hidropônico (PAULUS, 2008). Assim a escolha da cultivar de alface é decisiva para o sucesso do sistema adotado seja ele no meio hidropônico ou cultivo em solo.

### **3.2 CULTIVO HIDROPÔNICO**

De acordo com Melo *et al.* (2002), o uso da hidropônia surgiu como uma alternativa a problemas como a baixa disponibilidade de solos aptos à agricultura; a incidência de determinadas doenças de solo, dificilmente controladas por métodos químicos, sanitários ou de resistência genética; o interesse em incrementar a eficiência do uso da água e o desejo de aumentar a produção e melhorar a qualidade dos alimentos.

Assim, a abertura de novas áreas agrícolas tem sido limitada considerando o ponto de vista ambiental, logo, tornou-se necessário utilizar técnicas como a hidroponia, visando aumentar a produtividade de diferentes espécies de plantas, e garantindo a preservação dos recursos naturais como água e o solo (Corrêa *et al.*, 2012).

Acredita-se que a hidropônia em escala comercial teve início na década de 1980 no Brasil, ganhando maior abrangência na década de 1990. O Estado de São Paulo é o maior produtor de produtos hidropônicos no Brasil, onde o cultivo de produtos hidropônicos é uma atividade em expansão em todas as regiões. Na Região Nordeste tem sido uma alternativa de fundamental importância para as áreas em que os recursos hídricos são escassos (BEZERRA NETO., 2017).

Dentre os fatores que contribuíram para uma significativa expansão da hidroponia encontram-se: a produção de hortaliças de ótima qualidade; a melhor ergonomia pelo uso de bancadas; o melhor aproveitamento de espaço físico, por permitir cultivos sucessivos; a menor incidência de pragas e doenças e, portanto, uma menor aplicação de tratamentos fitossanitários; o maior tempo de prateleira para a comercialização do produto; o melhor controle do meio nutritivo para o crescimento das plantas e o aproveitamento de água e nutrientes (FURLANI., 1996; RODRIGUES., 2002; HIDROGOOD., 2007).

Ainda segundo fator relevante é diminuição das áreas de cultivo próximas aos grandes centros consumidores, devido à expansão imobiliária, visto que em pequenas áreas podem-se obter maiores produtividades o que torna o sistema hidropônico uma alternativa viável economicamente e os hidrocultores geralmente são instalados próximos aos centros consumidores, para facilitar a venda dos seus produtos a supermercados, feiras e restaurante (BEZERRA NET O., 2017).

Existem diferentes técnicas de cultivo hidropônico, sendo elas a aeroponia, cultivo por submersão e drenagem (flood and drain), hidroponia de aeração estática (floating), cultivo com substratos e a técnica do filme nutriente (NFT) ou técnica do fluxo laminar de nutrientes (BEZERRA NETO e BARRETO., 2012).

Dentre os sistemas utilizados o NFT (técnica de fluxo laminar de nutrientes), é o mais utilizado representando 90% dos produtores utilizam essa técnica de cultivo para produção de suas hortaliças, seu funcionamento se dá por um fluxo constante de solução, que é bombeada de um depósito para o canal de cultura, fluindo constantemente em forma de um filme bastante fino, que nutre a parte da planta que fica submersa, ficando a outra parte em contato com ar úmido absorvendo oxigênio e, depois de feito o processo, a solução retorna ao depósito (GOMES., (2015); MELLO., 2016).

As principais culturas produzidas de forma hidropônica são a alface, a abobrinha, o aipo, o agrião, a cebolinha, o manjericão, a menta, o morango, o pepino, o pimentão, a rúcula, a salsa e o tomate, sendo técnica NFT mais utilizada Para a produção das hortaliças folhosas como a alface (BEZERRA NETO., 2017; HIDROGOOD., 2018).

### 3.3 USO DE ÁGUAS SALINAS NO SISTEMA HIDROPÔNICO

No semiárido muitas vezes a ausência de águas de boa qualidade não permite o cultivo tradicional de hortaliças e quando é realizado é com águas ricas em sais (BEZERRA NETO., 2017). O meio salino provoca a diminuição na disponibilidade de águas para as plantas causando o efeito osmótico esse efeito independe do tipo de partícula de soluto que provoca a osmose e, geralmente, não afeta a absorção de íons ou sua remobilização na planta (JESUS., 2011; SONNEVELD., 2004).

O estresse osmótico pode ocasionar um efeito imediato sobre o crescimento das plantas, causando a inibição da expansão celular por meio do ácido abscísico (JOUYBAN., 2012), ou ainda, reduzindo a absorção de água pelas raízes, afetando deste modo, o crescimento e desenvolvimento das plantas (AL-KARAKI *et al.*, 2009). O acúmulo do Na<sup>+</sup> normalmente interfere nos processos fisiológicos e bioquímicos dependentes do K<sup>+</sup>, resultando em alterações metabólicas desfavoráveis ao desenvolvimento da planta (MEKAWY *et al.*, 2015).

O cultivo hidropônico surgiu com uma alternativa para a utilização de águas com elevada salinidade. A hipótese básica dos estudos é que na hidropônia a resposta das plantas em condições salinas é melhor que no cultivo convencional baseado no solo, visto que, na hidropônia, pode não existir o potencial mátrico, que no solo é uma das causas da diminuição da energia livre da água (SOARES *et al.*, 2007).

Ainda segundo Alves *et al.* (2011) a hidropônia poder permitir melhor eficiência no uso da água, devido à redução das perdas por evaporação, menor efeito da salinidade sobre as plantas, reduzindo ainda os riscos ambientais associados ao acúmulo de sais no ambiente

A hidropônia permite o cultivo de hortaliças com águas mais salinas quando comparada ao cultivo convencional em solo, o efeito de maior diluição dos sais presentes na solução que a planta absorve, explicam por que as plantas cultivadas em hidropônia se desenvolvem com maior facilidade que em solo sob a mesma salinidade. Água com alto conteúdo salino, por exemplo, pode ser utilizadas em cultivos hidropônicos, porém as plantas que se desenvolvem nessas águas estão limitadas àquelas denominadas como tolerantes e moderadamente tolerante à salinidade (PAULUS *et al.*, 2010).

A alface é considerada uma cultura moderadamente sensível à salinidade, porém diversos trabalhos destacam o fato de a salinidade afetar negativamente a

produção da alface e de outras folhosas, sendo que a intensidade dos efeitos deletérios varia dependendo da cultivar, do estágio fenológico, do tipo de sais, da intensidade e duração do estresse salino (TAIZ & ZEIGER., 2009; FREIRE *et al.*, 2009; ALVES *et al.*, 2011; RODRIGUES *et al.*, 2015).

Diversos trabalhos vêm estudando e utilizam águas salinas no cultivo de alface no sistema hidropônico, como Paulus *et al.* (2010) Guimaraes *et al.* (2017) nos quais pôde-se comprovar que o aumento da salinidade na solução nutritiva reduziu a produção da cultura do alface, mas não apresentou efeitos deletérios que pudessem comprometer a comercialização das plantas. Esses autores aplicaram a salinidade constante em todo o crescimento das plantas o que pode ter ocasionado essa redução.

Portando encontra períodos em que as plantas possam tolerar a utilização de águas salinas na solução nutritiva, possam manter a produção da cultura quando comparado ao cultivo sem a salinização da solução nutritiva. Para Araújo *et al.* (2016) aumentar os genótipos com potencial tolerância à salinidade é de grande importância, pois pode oferecer alta produtividade mesmo utilizando águas salinas.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Localização da área experimental**

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), nas dependências da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA). O campus está localizado na zona centro oriental do Estado da Paraíba, no Planalto da Borborema, localizado geograficamente à 7°13'11'' latitude sul e 35°53'31'' de longitude oeste, com uma altitude de 547,56 m. Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o município apresenta precipitação total anual de 802,7 mm, temperatura máxima de 27,5 °C, mínima de 19,2 °C e umidade relativa do ar de 83%.

### **4.2. Caracterização do ambiente**

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação convencional, instalada com o eixo longitudinal no sentido leste - oeste, para reduzir o sombreamento interno. A casa de vegetação possui estrutura em arcos galvanizados, com dimensões de 6,0 m de largura x 10 m de comprimento e pé-direito de 3,00 m, coberta com filme plástico transparente, e laterais envolvidas com telado que permitem a passagem parcial do vento, amenizando a temperatura interna (figura 1).



Figura 1. Vista geral da estufa onde a pesquisa foi desenvolvida

No interior da casa de vegetação possui quatro bancadas de plantio hidropônico em sistema NFT (técnica de nutrientes em filme), espaçadas uma das outras em 0,80m,

com altura inicial de 1,10m e declividade de 2% para permitir que a solução referente a cada tratamento percorra o perfil apenas por gravidade, ao final do mesmo, encontra-se uma estrutura montada para direcionar a solução à tubulação de retorno para o reservatório, também por gravidade. Salienta-se que a tubulação de retorno é fundamental para promover a oxigenação da solução. Cada bancada possui seis perfis (R80) de cultivo individualizados, constituídos por tubos de polipropileno específicos para hidropônia. O sistema ainda é constituído por mangueiras injetoras de solução nutritiva, tubos e conexões para o adequado funcionamento do sistema. Os perfis são espaçados em 0,10m e apresenta comprimento de 4,0m figura (2) e os perfis estavam espaçados em 0,25 cm entre plantas e 0,20 cm entre fileiras.

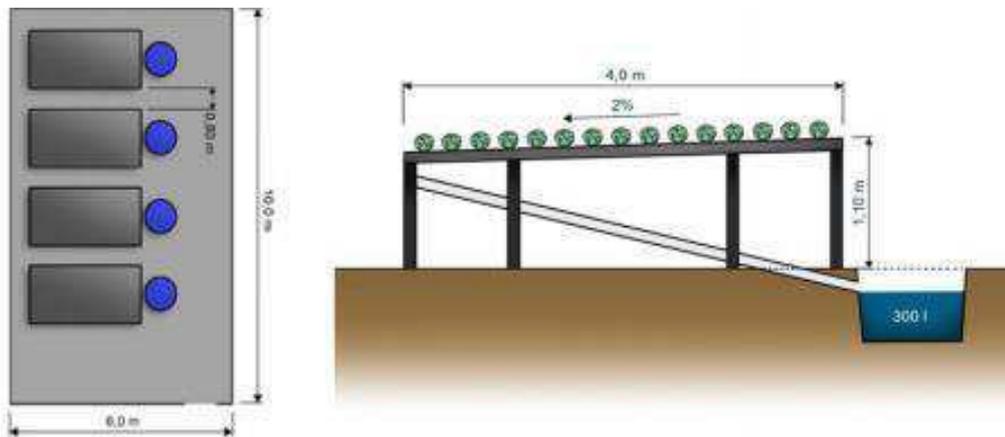


Figura 2. Planta baixa da disposição das bancadas e vista lateral da bancada em sistema NFT

Os perfis referentes a cada tratamento foram interligados a uma caixa d'água de polietileno com capacidade de 300 litros, onde foi armazenada a solução nutritiva. Nessas caixas d'água foi quantificado o volume de água total aplicado, onde foi feita uma demarcação nas caixas figura (3) colocando um volume conhecido e verificando esse volume com uma régua graduada podendo assim quantificar o volume de água utilizado no experimento.



Figura 3. Caixa d'água com as marcações para ver o nível da água.

Para a circulação da solução nutritiva foram utilizadas quatro motores bombas de potência 35w, para realizar a sucção e recalque da solução do reservatório aos perfis, as bombas trabalham ou seja, num nível inferior ao da solução (do lado de fora do reservatório) para evitar a entrada de ar no sistema (as bombas submersas não são recomendadas porque a carcaça externa sofrerá muita corrosão, já que a solução nutritiva é uma solução salina). A vazão da solução nos canais e a potência da bomba foi determinada considerando a recomendação de Furlani *et al.* (2009). Cada bomba foi conectada a um temporizador analógico, ligado a energia elétrica, que manteve a solução circulando nos horários programados. .

Os temporizadores foram programados para irrigações a cada 15 minutos durante o dia (Bliska; Honório., 1996), e intervalos de uma meia hora no período noturno.

### 4.3. Delineamento experimental e tratamento

Foram avaliados três manejo de salinidade correspondente a épocas (M1=5, M2=10 e M3=15 dias após transplântio DAT), com condutividade elétrica de  $5,0\text{dSm}^{-1}$  e uma testemunha sem adição de sais com condutividade entorno de  $1,5\text{dSm}^{-1}$ , aplicando-se em três cultivares de alface crespa ( Venerando, Camila e Elba). O delineamento experimental utilizado foi de parcelas subdivididas casualizado em esquema fatorial (4 x 3) ao acaso, com seis repetições. As parcelas foram constituídas pelas três épocas de manejo e uma testemunha e as subparcelas foram constituídas pelas três cultivares figura (4).

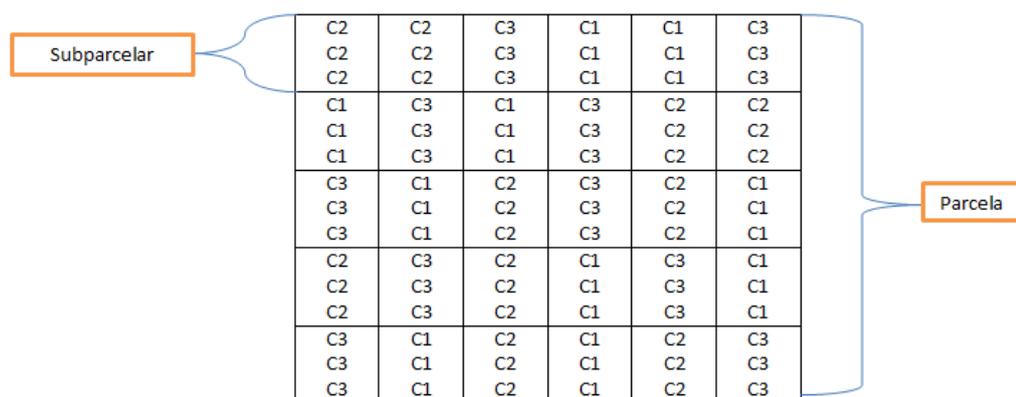


Figura 4. delineamento experimental das bancadas.

#### 4.4. Cultivares

As cultivares utilizadas no experimento foi do segmento alface crespa, cv. Veneranda, cv. Camila e cv Elba. As sementes utilizadas para produção das mudas foram compradas no mercado local. As sementes utilizadas foram peletizadas, as cultivares possuem as seguintes características: Veneranda - Planta de grande porte, tolerante ao calor, grande adaptação de cultivo. Folhas crespas, grandes, repicadas e com coloração verde claro Tolerância a LMV (lettuce mosaic virus), pendoamento precoce e altas temperaturas. Camila - Grande número de folhas e boa tolerância ao pendoamento precoce, alta adaptação para cultivo em sistema hidropônico e campo aberto cultivo o ano todo. Elba – Planta Tamanho grande, folhas largas e crespas, tolerância ao calor, baixa incidência de brotação lateral e boa uniformidade e a apresenta tolerância ao pendoamento precoce.

#### 4.5 Preparo e manejo da solução nutritiva

O preparo e manejo da solução nutritiva foram efetuados de modo a fornecer todos os nutrientes necessários durante todo ciclo da alface, conforme recomendação de Furlani *et al.* (1999) para todos os tratamentos.

A formulação utilizada para o preparo da solução foi o utilizando os seguintes nutrientes para os macronutrientes: nitrato de cálcio, fosfato monoamônico (MAP), sulfato de magnésio, sulfato de potássio, cloreto de potássio e ureia. Para os

micronutrientes foi utilizado complexo dripsol micro rexene equilíbrio que tem todos os micronutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas.

Para a testemunha a solução foi preparada com água de abastecimento proveniente da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – CAGEPA com condutividade elétrica de  $0,3 \text{ dSm}^{-1}$ , e o tratamentos com salinidade ocorreu com a adição sais na solução nutritiva na proporção 7:2:1 com a mistura de sais de NaCl,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , relação esta predominante nas águas de alta salinidade utilizadas para irrigação no Nordeste, conforme Medeiros, (1992); Audry & Suassuna, 1995, para alcança o valor da CEa proposto na pesquisa.

O monitoramento das soluções ocorreu diariamente para garantir a condutividade elétrica correspondente aos os tratamentos, a verificação foi realizada através de um condutivímetro de bancada modelo Mca 150, e se necessário, a mesma foi ajustada através da diluição do tratamento com uma solução nutritiva de ajuste, previamente preparada conforme recomendação de Furlani *et al.* (1999) e armazenada em reservatório extra, ou através da adição dos sais caso seja necessário concentrar mais a solução.

Também foi realizado o controle diário do pH, através de um pHmetro de bancada modelo LUCA-210, para que o mesmo se mantenha entre 5,5 e 6,5 (devido se tratar do intervalo ótimo para absorção de nutrientes), ajustando-o quando necessário, através de uma solução base composta por hidróxido de sódio e uma solução ácida composta por ácido sulfúrico.

Os valores de temperatura e umidade relativa do ar (máximas e mínimas) foram registrado diariamente utilizando higrômetro digital (figura 5 ).

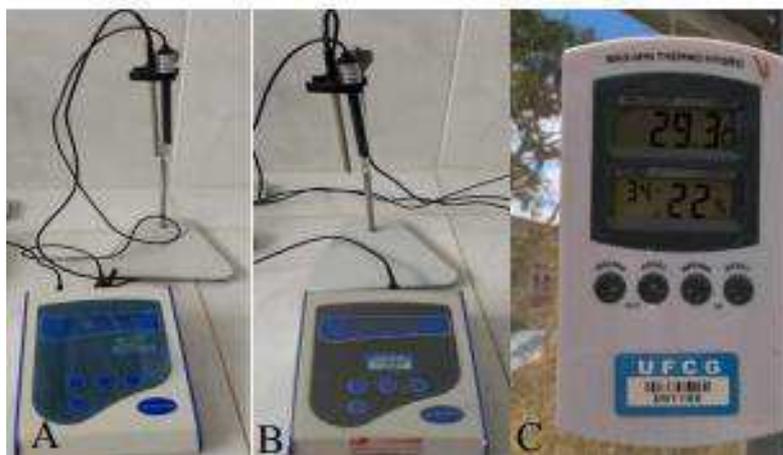


Figura 5. Condutivímetro de bancada modelo Mca 150 (A), medidor de pH modelo LUCA-210 (B) e higrômetro digital (C).

#### **4.7 Produção de mudas e condução do experimento**

As mudas foram produzidas na casa de vegetação, semeadas em espumas fenólicas (2x2x2), semeando-se uma semente peletizada por cavidade,, após uma semana germinadas as mudas foram levadas para o berçário que ficaram até quando as mudas alcançaram de 6 folhas bem definidas. No berçário foi aplicada em uma semana a solução nutritiva diluída a (50 %) para um período de adaptação das plantas, após uma semana foi aplicado à solução nutritiva a (100%) e posteriormente as mesmas foram transportadas para bancada hidropônica definitivas

A aplicação da água salina teve início após 20 dias após o transplântio para os perfis definitivos, passando 5 dias de aplicação da salinidade na solução nutritiva posteriormente era trocada a solução nutritiva, passando a solução normal e prosseguia a para outra bancada

..

#### **4.8. Variáveis analisadas**

##### **4.8.1. Variáveis de crescimento**

As avaliações foi realizada após aplicação do manejo três aos 15 dias após o transplântio (DAT), analisando-se as variáveis de crescimento, produção e fisiológicas.

##### **4.8.2 Crescimento**

Diâmetro de caule (DC) o diâmetro do caule foi utilizado paquímetro digital,, número de folhas (NF) o número de folhas foi determinado através de contagem direta, área foliar total (AFT) e as taxa de crescimento relativo e absoluto . O para se determinar a área foliar foi utilizado o método de Benincasa., (2003), onde uma amostra com área conhecida de 4 cm<sup>2</sup> será retirada da folha, e encaminhada para estufa afim de se obter a massa seca da amostra. Posteriormente a área foliar total de cada planta foram

determinada pela equação (1), razão entre o produto da área da amostra e a massa seca total das folhas, pela massa seca da amostra:

$$AFT = \frac{\text{área da amostra} * \text{massa seca total}}{\text{Massa seca da amostra}} \quad (1)$$

A TCR e a TCRap foram determinadas conforme metodologia descrita por Benincasa (2003), sendo calculada conforme equações 2 e 3.

$$TCR = (\ln B_2 - \ln B_1) / (t_2 - t_1) \quad \text{Eq. (2)}$$

$$TCA = (B_2 - B_1) / (t_2 - t_1) \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que:

TCR = taxa de crescimento relativo ( $\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ );

TCA = taxa de crescimento absoluto ( $\text{g dia}^{-1}$  por planta);

T1 e T2 = representam as épocas de amostragem;

B1 = variável de crescimento no tempo t1 ( $\text{cm mm}^{-1}$ );

B2 = variável de crescimento no tempo t2 ( $\text{cm mm}^{-1}$ ).

#### **4.8.2 Volume de raiz**

O volume do sistema radicular foi realizado utilizando uma proveta graduada de 1000 ml, colocando-se um volume conhecido. Pelo deslocamento de água na proveta obteve-se o volume da raiz em ml.

#### **4.8.3 Variáveis de produção**

#### **4.8.2.1 Fitomassa fresca e seca da parte aérea e radicular**

Para determinação da massa da fitomassa fresca e seca das plantas (g), foi realizada a separação das folhas, caules e raízes logo após retirada das plantas dos perfis em cada época de avaliação. A massa fresca das folhas (MFF), massa fresca do caule (MFC) e massa fresca da raiz (MFR) foi determinada pelo método direto da pesagem em balança de precisão. Para cálculo da massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC) e massa seca da raiz (MSR), o material fresco previamente pesado, foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados, e passarão pelo processo de secagem em estufa com circulação de ar forçado a 65°C por 72 horas, após esse procedimento, realiza-se então a pesagem da massa final para se obter a massa da matéria seca. As pesagens foi realizadas em balança analítica de precisão 0,0001g.

#### **4.8.3. Variáveis fisiológicas**

##### **4.8.3.1. Índice de Spad (SOIL PLANT ANALYSIS DEVELOPMENT)**

Foi realizado no final do manejo M3 a avaliação aos 15 DAT o índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), através do medidor portátil SPAD- 502, da empresa Minolta, seguindo os procedimentos adotados por Guimarães (1998). O SPAD-502 é um instrumento portátil que apresenta facilidade de operação e permite avaliações não destrutivas in situ. O equipamento fornece leituras que podem se relacionar com o teor de clorofila presente na folha (UDDLING *et al.*, 2007).

As leituras foram realizadas em todas as plantas nas folhas localizadas na parte mediana do caule, sendo calculada a média/folha para cada planta, e média final por tratamento.

O instrumento avalia, quantitativamente, a intensidade do verde da folha, medindo as transmissões de luz a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila e a 940 nm, onde não ocorre absorção. Com estes dois valores, o equipamento calcula um número ou índice SPAD que, normalmente, é altamente correlacionado com o teor de clorofila da folha (MARKWELL *et al.*, 1995; GUIMARÃES *et al.*, 1999).

#### 4.8.3.2 Teor de clorofila

As determinações dos teores de clorofila em laboratório foram realizadas com as mesmas folhas utilizadas na leitura com o SPAD. Para o procedimento, retiraram-se discos foliares com diâmetro de 0,771 mm da lâmina foliar por meio de um furador, entre a borda e a nervura central da folha, o peso da amostra deve variar entre 50 - 200g. Os teores de clorofilas a e b, total e os carotenoides foram quantificados por meio da extração dos pigmentos das amostras retiradas das folhas frescas que, após pesadas, foram trituradas em placas de petri em ambiente com mínima luminosidade, e colocadas em recipientes contendo 6 mL de acetona 80%, mantendo-as no escuro e sob refrigeração durante 24 horas; em seguida, coletou-se os sobrenadantes contendo os pigmentos extraídos e se procederam as leituras de absorbâncias.

Para a leitura foi utilizado o equipamento espectrofotômetro da marca Spectrum SP-2000UV, nos comprimentos de onda a 470 (carotenóides), 647 (clorofila b) e 663 (clorofila a) nanômetros, utilizando acetona 80% como branco. Os valores de absorbância são convertidos em conteúdo de clorofila a, b, total e carotenoides através das equações (4), (5), (6) e (7), respectivamente, originalmente propostas por ARNON (1949) e ainda utilizadas por outros autores (LICHTENTHALER; WELBURN, 1983; HENDRY; PRINCE, 1993):

$$\text{Clorofila a} = (12,25 \times A_{663} - 2,79 \times A_{647}) \quad (4)$$

$$\text{Clorofila b} = (21,50 \times A_{647} - 5,10 \times A_{663}) \quad (5)$$

$$\text{Clorofila total} = (7,15 \times A_{663}) + (18,71 \times A_{647}) \quad (6)$$

$$\text{Carotenoides totais} = (1000 \times A_{470} - 1,82 \text{ Cl a} - 85,02 \text{ Cl b}) / 198 \quad (7)$$

Os valores das equações foram expressos em  $\mu\text{g}$  de pigmento por mL de extrato. No entanto, esse valor foi convertido a  $\mu\text{g}$  de pigmento por grama de massa fresca, através de regra de três simples.

### 4.8.3.3 Trocas Gasosas

As variáveis de trocas gasosas foram mensuradas 15 DAT, no horário entre 7: 00 e 10 h da manhã, com uso do equipamento analisador de trocas gasosas modelo LCpro+, contendo um IRGA (Infra Red Gas Analyser). As avaliações foram realizadas em folhas da região mediana do caule, completamente expandidas e não sombreadas. O equipamento realizou leituras das seguintes variáveis: condutância estomática (gs) ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração (E) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), taxa assimilação de  $\text{CO}_2$  (A) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Ci) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ). De posse desses dados, foram estimadas a eficiência instantânea no uso da água (EUA) ( $A/E$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ ] e a eficiência instantânea da carboxilação (EiC) ( $A/Ci$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ] (MELO et al., 2009).

### 4.8.3.4 Extravasamento de Eletrólitos (EE %)

Foram coletados das folhas localizadas na parte mediana da planta, 5 discos foliares de 0,771mm, lavados com água destilada visando à retirada de outros eletrólitos aderidos às folhas, após essa etapa foram acondicionados em beckers com 50 mL de água destilada. Os beckers ficaram submetidos à temperatura ambiente de aproximadamente 25°C por 90 minutos e foi procedida a leitura da condutividade elétrica inicial (Ci); posteriormente, os beckers foram conduzidos à estufa com ventilação forçada de ar e submetidas à temperatura de 80°C, durante 90 minutos, quando então procedeu-se novamente a mensuração da condutividade elétrica final (Cf).

Desta forma, o extravasamento de eletrólitos na membrana celular foi obtido de acordo com SCOTT CAMPOS & THU PHAM THI (1997), conforme Eq . (8):

$$EE = (Ci /Cf) \times 100 \quad (8)$$

Em que: EE = extravasamento de elétrólitos na membrana (%);

Ci= condutividade elétrica inicial ( $\text{dS m}^{-1}$ );

Cf= condutividade elétrica final ( $\text{dS m}^{-1}$ );

#### **4.8.3.5 Teor relativo de água (TRA)**

Foram coletados e pesados 5 discos foliares de 0,771 mm das folhas localizadas na parte mediana da planta, em seguida esses mesmos discos foram postos em beckers com 50 mL de água destilada, onde passaram 24 horas, após foram enxugadas, pesadas e os valores anotados obtendo o peso dos discos túrgidos, depois da pesagem os discos foram colocados em estufa a 65 °C, obtendo assim o peso da matéria seca. O TRA foi encontrado com a seguinte equação abaixo, contida em Cairo (1995) conforme Eq . (9):

$$\text{TRA} = \frac{\text{PF}-\text{PS}}{\text{PT}-\text{PS}} \times 100 \quad (9)$$

Em que: PF, PS e PT representam, respectivamente, o peso da matéria fresca, o peso da matéria seca e o peso das folhas túrgidas respectivamente.

#### **4.8. Análises estatísticas**

Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância pelo teste F, quando significativo foram realizados análise teste de comparação de médias (Tukey em nível de 0,05 de probabilidade) para os manejos e cultivar com o auxílio do programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

## 5. RESULTADO E DISCURSÃO

Verifica-se nas (figura 9) as temperaturas (média, máxima e mínima) e umidade (média, máxima e mínima) entre os 01 e 36 dias de experimentação, correspondente aos meses de abril e maio, período esse que corresponde ao tempo de condução do experimento. A média de temperatura mais alta registrada durante o período foi de 45<sup>o</sup>C, a umidade relativa do ar máxima registrada foi 91%.

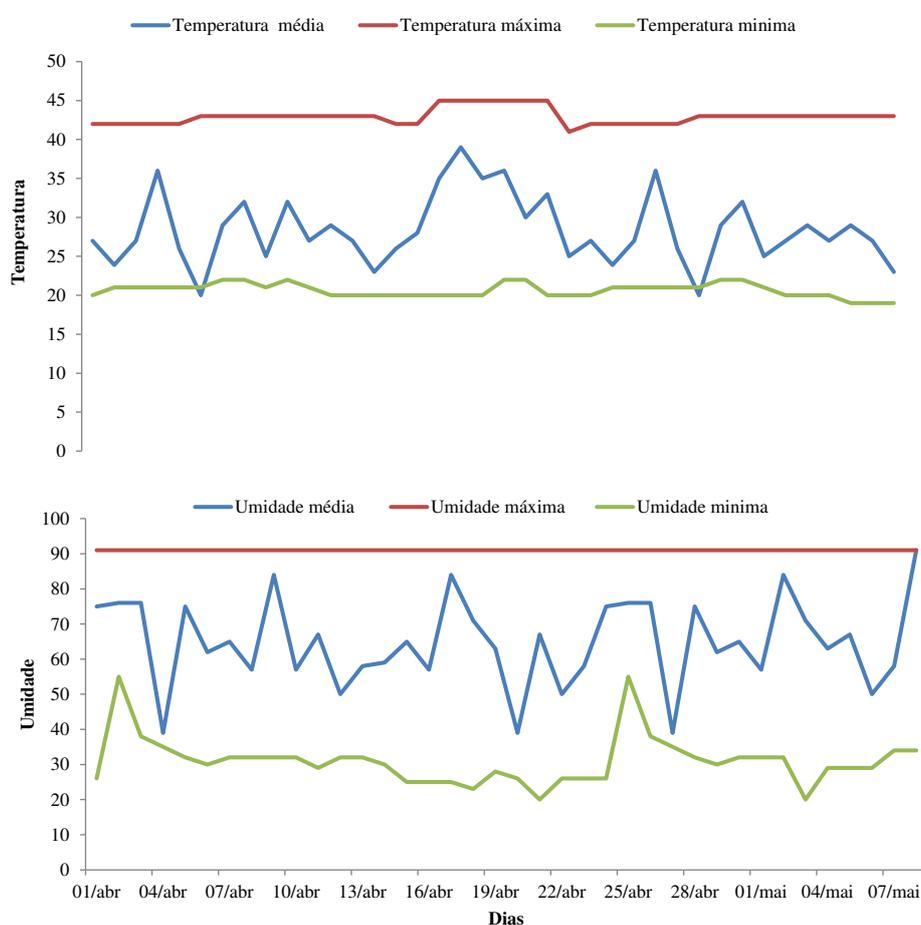


Figura 7. Temperatura (A) umidade relativa (B) na estufa no período de condição do experimento da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

Verifica-se na (figura 8) que o volume de água aplicado nos manejo estudados a testemunha foi a que consumiu o maior volume, já os tratamentos sob os manejos de

salinização da solução nutritiva apresentou consumo de 278,92, 261,11 e 276,23 em relação a testemunha respectivamente.

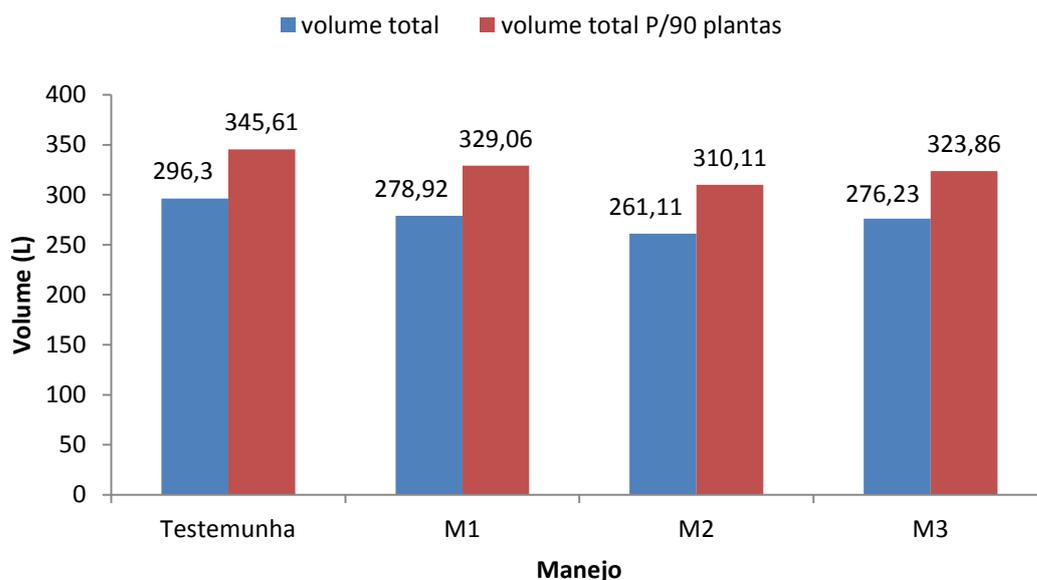


Figura 8. Volume de água aplicado no período de condição do experimento da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

Observe-se o resumo da análise de variância (Tabela 1), que os efeitos dos fatores de foram isolados foram significativos para as variáveis numero de folhas (NF), fitomassa fresca das folhas (FFF), fitomassa fresca raiz (FFR), fitomassa fresca caule (FFC), fitomassa seca das folhas (FSF), fitomassa seca raiz (FSR), fitomassa seca caule (FSC) e área foliar total (AFT), já para as cultivares o correu efeito significativo para o numero de folhas (NF), fitomassa fresca raiz (FFR), fitmassa fresca caule (FFC), volume raiz (Vol. R), fitomassa seca raiz (FSR) e fitomasa seca caule (MSC) afetando-se significativamente em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade. Para o fator da interação estudado (M x C) houve efeito significativo para as variáveis estudadas.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca do caule (MFC), volume de raiz (Vol. R), massa seca das folhas (MSF), massa seca da raiz (MSR), massa seca do caule (MSC) e área foliar total (AFT), de três cultivares de alface submetidas a manejo de água salina. Campina Grande, PB 2019.

FV	GL	DC	NF	MFF	MFR	MFC	Vol. R	MSF	MSR	MSC	AFT
		Quadrado médio									
Bloco	5	1,099	7,98	557,072	95,108	53,137	22,847	5,088	0,283	0,195	7191,21
Manejo (M)	3	0,9405 <sup>ns</sup>	80,25*	26388,93*	138,46 <sup>ns</sup>	1252,7*	154,23 <sup>ns</sup>	21,09*	0,393 <sup>ns</sup>	0,91*	13557,7*
Erro 1	15	1,373	9,892	1170,05	38,001	110,83	60,68	2,89	0,196	0,106	18343,21
Cultivar (C)	2	28,66 <sup>ns</sup>	406,09*	2214,869 <sup>ns</sup>	706,63*	2585,5*	609,7*	4,008 <sup>ns</sup>	1,86*	2,12*	19726,08 <sup>ns</sup>
M x C	6	3,829 <sup>ns</sup>	26,70 <sup>ns</sup>	1503,843 <sup>ns</sup>	79,5415 <sup>ns</sup>	161,83 <sup>ns</sup>	202,91 <sup>ns</sup>	7,860 <sup>ns</sup>	0,265 <sup>ns</sup>	0,210 <sup>ns</sup>	9862,40 <sup>ns</sup>
Erro 2	40	0,905	13,054	2390,843	102,82	60,705	103,34	4,98	0,347	0,133	10099,55
Total	71										
Media Geral	-	11,555	21,43	245,354	34,408	32,958	34,513	11,114	2,212	1,338	690,35
CV 1 (%)	-	10,14	14,68	13,94	17,92	31,94	22,57	15,3	20,02	24,41	19,62
CV 2 (%)	-	8,23	16,86	19,93	29,47	23,64	29,45	20,08	26,63	27,29	14,56

\*, \*\*, ns. Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente; CV %: coeficiente de variação. <sup>1</sup> Os dados originais foram transformados para  $\sqrt{x}$

O manejo afetou o número de folhas figura (9A) tendo seu menor valor quando se aplicou o manejo dois (M2) (15 dias após transplântio) comparado à testemunha, ocorrendo uma redução de 18, 67 % no número de folhas, as demais épocas apresentaram reduções no número de folhas de 4,88 % e 15,60 %, respectivamente sendo menos sensível. O aumento da salinidade na solução nutritiva no tratamento M2 pode ter ocasionado uma diminuição da absorção de água pelas raízes e consequentemente de nutrientes, que afetou o desenvolvimento das folhas nesse período. Segundo Dias (2019), essa redução ocorre em função da planta não possuir condições ótimas para seu desenvolvimento e torna em um mecanismo de amenização do efeito do estresse salino ajudando na manutenção do conteúdo de água dos tecidos através da redução da transpiração. Fernandes *et al* (2018) atribui há diminuição no número de folhas está associado a uma adaptação das plantas ao estresse salino para

manter a absorção de água, sendo consequência de alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, refletindo-se na perda de transpiração para manter a absorção de água.

Para as cultivares a cultivar Elba se destacou com maior número de folhas comparado as outras cultivares. Os resultados obtidos pelos genótipos mais produtivos podem ser justificados pela interação genótipo e ambiente isso porque, as plantas de cada cultivar podem responder de maneira distinta a ambientes estressantes como a salinidade. Segundo Diamante *et al* (2013) o número de folhas é de grande importância para o produtor, pois indica a adaptação do material genético ao ambiente, como para a comercialização.

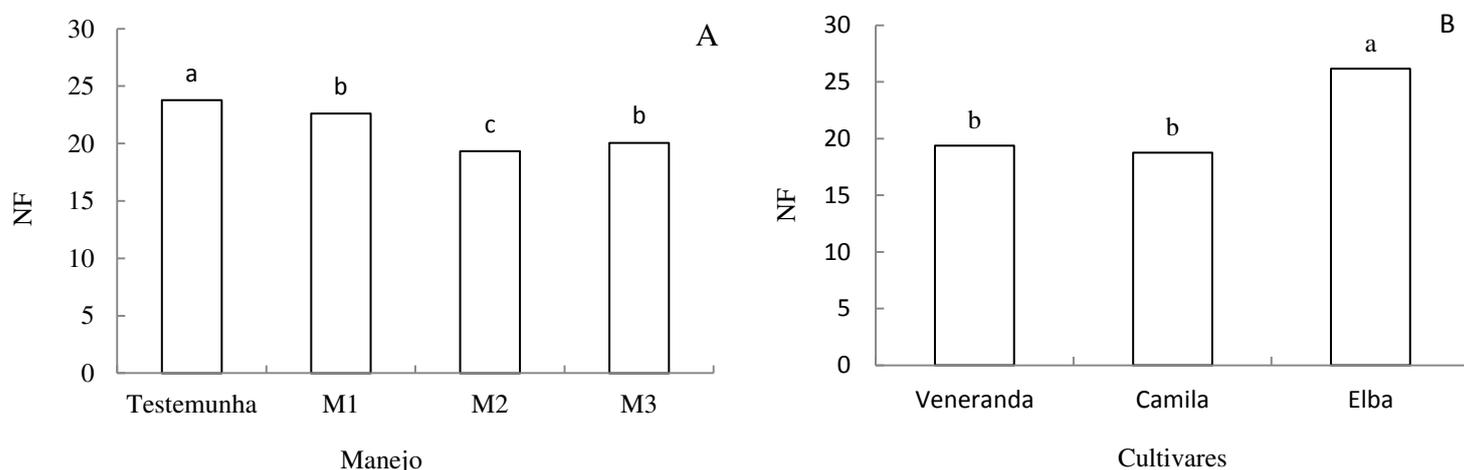


Figura 9. Número de folhas (A) e Cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

A fitomassa fresca das folhas (FFF) (figura 10A) o manejo salino as solução nutritiva casou reduções em todos os manejos empregados onde o M2 teve a menor média de (227,28) quando comparado a testemunha de média (302,29) com uma redução de 25,78 %, já os M1 e M2 apresentaram uma redução de 17,35 % e 23,15 % respectivamente em relação à testemunha. Corroborando Silva *et al* (2018), verificou que aumento da salinidade na solução nutritiva causa redução na fitomassa fresca das folhas. Mahajan e tuteja (2005) atribuem essa diminuição as altas concentrações na zona radicular da planta causando alterações nas respostas fisiológicas, desequilíbrio no balanço osmótico, desorganização das membranas, inibição na divisão e expansão celular.

Segundo Al-Karaki et al. (2009) a diminuição do potencial osmótico do meio atua de forma negativa sobre o processo fisiológico, reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática e o alongamento celular e, conseqüentemente redução no crescimento e desenvolvimento das plantas.

A cultivar Elba teve maior fitomassa fresca raiz (figura 10B) quando compara as outras cultivar a diferença comportamental entre as variedades pode ser justificada pelo fato de que entre as várias espécies de plantas há diversos estágios de desenvolvimentos, tendo a tolerância à salinidade distinta e podendo ser fortemente influenciada por condições de cultivo (DIAS, 2019). Possivelmente, a diferença entre as cultivares ocorreu devido as suas características genéticas de adaptação ao manejo salino na solução nutritiva.

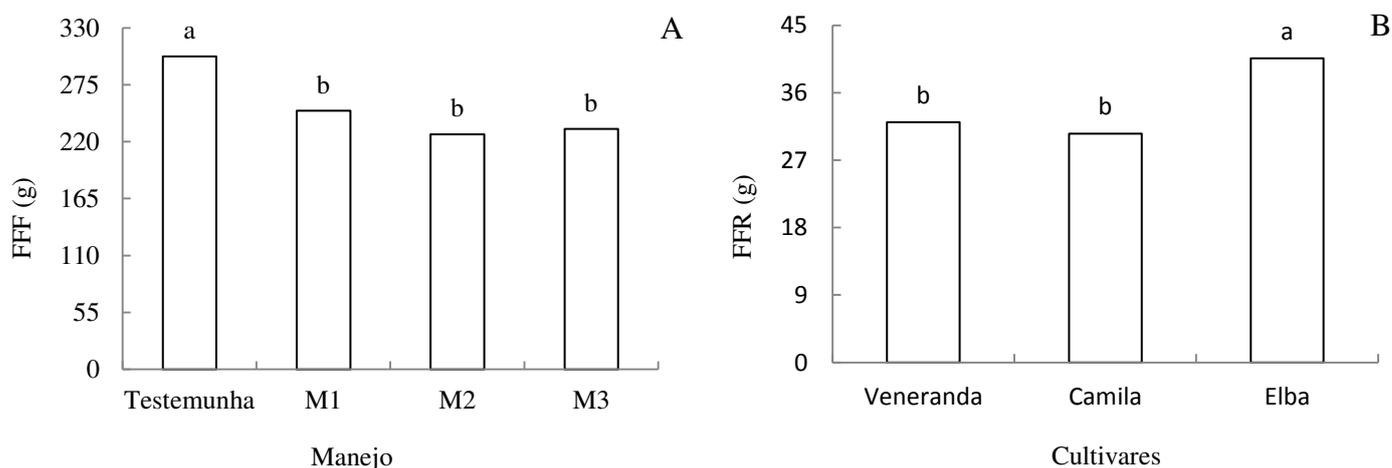


Figura 10. Fitomassa fresca das folhas (A) e cultivares (C) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

Para a variável fitomassa fresca do caule (FFC) figura (11A) o M3 não diferenciou da testemunha apresentando médias de 44,04 e 45 respectivamente e os manejos M1 e M2 implicaram na menor fitomassa com médias 31,6 e 28,9, com reduções de 29,77 % e 35,77 %. Trabalho realizado por Guimaraes et al (2017) também observou diminuição sobre essa variável sendo notório o efeito da salinidade a partir do 7 dia e os efeitos aumentaram com tempo de exposição. As cultivares Figura (11B) Veneranda e Camila obtiveram menor valor quando comparado com a cultivar Elba. A tolerância

salina varia com a espécie e, evidentemente, devem ocorrer, também, variações de tolerância salina dentre genótipos da mesma espécie (OLIVEIRA *et al.* 2011).

O Volume raiz (VLR) Figura (11C) a cultivar Elba se destacou das demais cultivares a diferença entre as cultivares ocorreu devido as suas características genéticas, o que proporcionou que essa cultivar conseguisse absolver maior quantidade de água e nutrientes que resultou em maior crescimento e desenvolvimento em relação às outras cultivares.

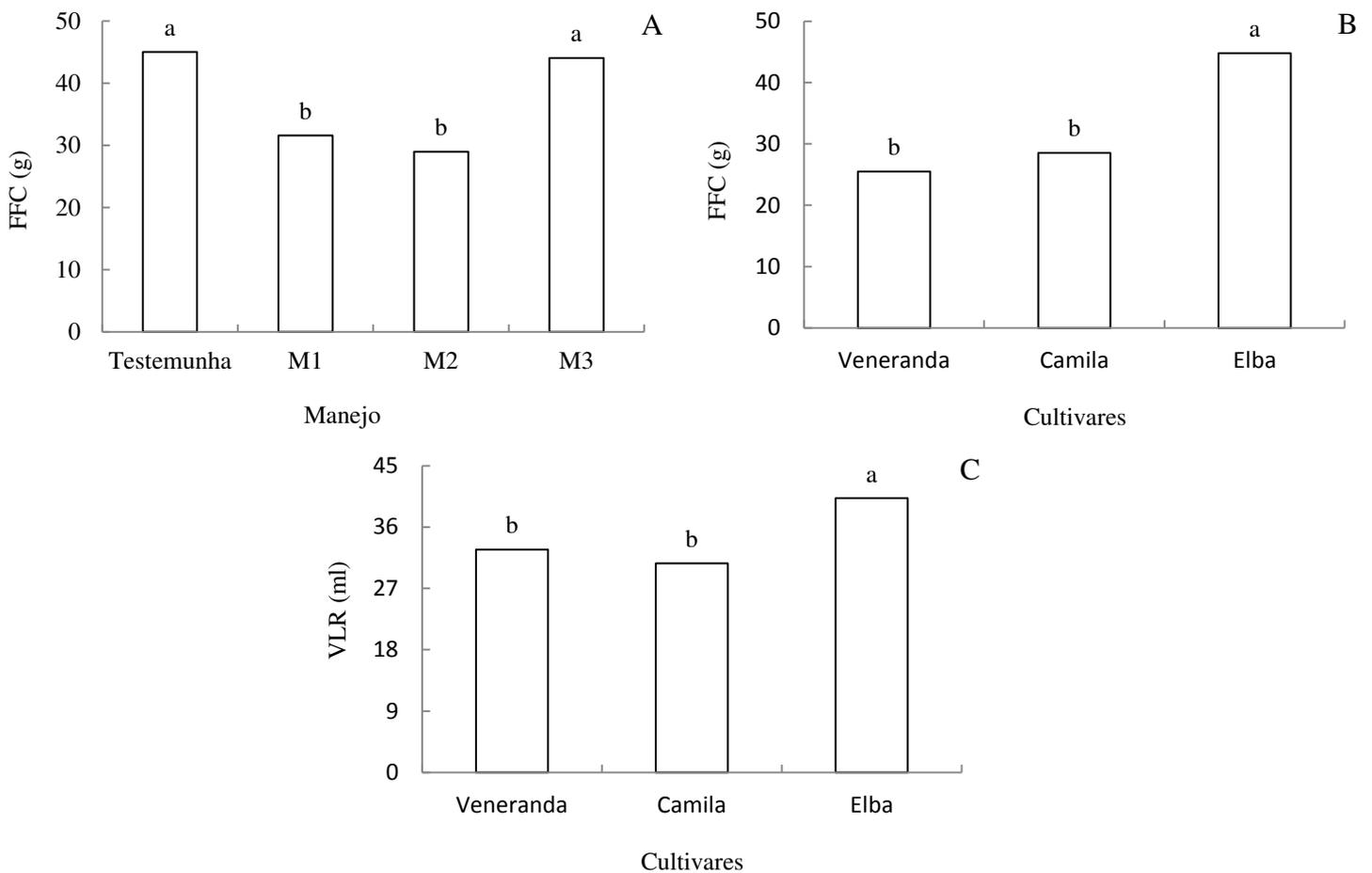


Figura 11. Fitomassa fresca do caule (A) fitomassa fresca raiz (B) e cultivares (C) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

O manejo da salinidade na solução nutritiva afetou a fitomassa seca das folhas figura (12A) diferenciando do que foi observado na massa fresca ocorrendo maior

diminuição nos M2 e M3 quando comparado à testemunha, a redução foi de 15 e 10% respectivamente, M1 não diferenciou da testemunha com médias de 11,58 e 12,40 respectivamente. Guimarães *et al.* (2017) observou que aos 7 até 21 dias após o transplante ocorreu redução na fitomassa fresca das folhas com aumento da condutividade na solução nutritiva. A redução do crescimento foliar sob estresse hídrico pode ser um mecanismo de sobrevivência, que permite a conservação de água. Por tanto valores elevados de salinidade na solução nutritiva afetam negativamente o crescimento, a expansão da superfície foliar e o metabolismo do carbono primário de muitas culturas (DE PASCALE, 2013).

Para a fitomassa seca da raiz figura (12B) apresentou mesmo resultado da massa fresca onde a cultivar Elba obteve maior média (2,52 g). Segundo Silva *et al.* (2018) água salinizada artificialmente proporcionou valores mais baixos de matéria seca da raiz. Sá *et al.* (2013) atribui a redução da fitomassa da raiz em função da salinidade pode ter surgido como uma estratégia de defesa da planta, afim de reduzir a incorporação dos íons tóxicos, possibilitando que a planta resista a salinidade por mais tempo.

A salinidade na solução nutritiva causou diminuição na fitomassa seca do caule figura (12C) em todos os manejos aplicados, tendo menores valores no M2 (10,43 g) e M3 (10,0 g), com uma redução de 12 % e 18, 81 % comparados a testemunha. Autores tem verificado que o aumento da salinidade na nutrição nutritiva tem reduzido a fitomassa seca do caule (GUIMARÃES *et al.* 2017; PAULUS *et al.* 2010). Para as cultivares fitomassa seca do caule figura (12D) teve o mesmo resultado apresentado para a fitomassa fresca da raiz, onde a cultivar Elba foi superior às demais cultivares. Segundo Xu & MOU (2015) Encontrar cultivares relativamente tolerantes podem ser valiosos para os produtores de alface podem estar mais interessados nas cultivares com alto potencial de crescimento sob condição de controle ou alta tolerância absoluta sob salinidade.

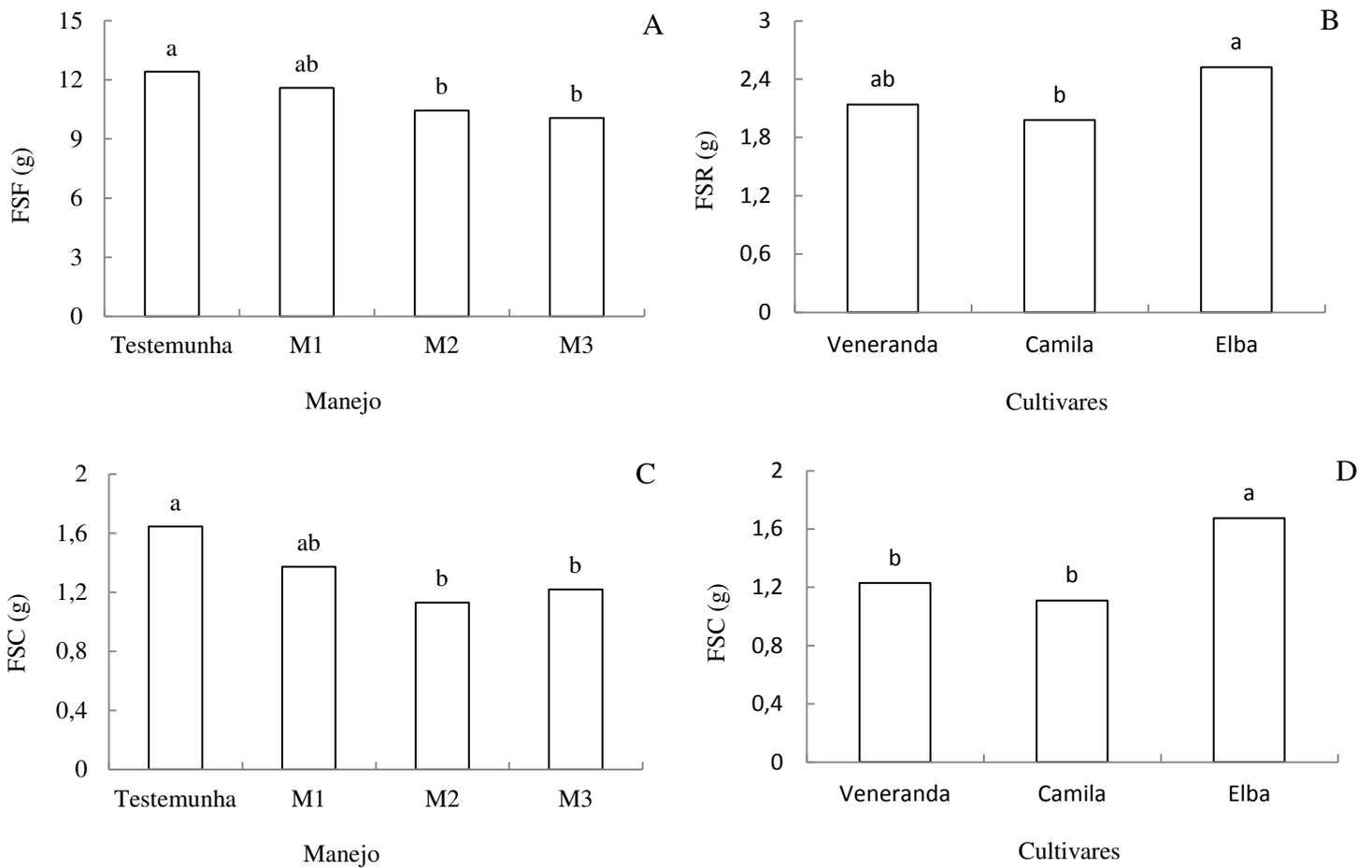


Figura 12. Fitomassa seca das folhas (A), fitomassa seca raiz (B) fitomassa seca raiz (C) e Cultivares da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

Na área foliar total das plantas de alface houve redução em função do manejo da salinidade figura (13) para todo manejos, observado as maiores reduções no M2 e M3, sendo essa diminuição de 5 %, 19,83 % e 23,76 % respectivamente em relação à testemunha que apresentou média de 816.83 cm<sup>2</sup>. Segundo Taiz e Zaiger (2009), a salinidade está associada ao estresse hídrico, assim, na medida em que decresce o conteúdo de água da planta, suas células contraem-se e diminui a pressão de turgor contra as paredes celulares, tornando a membrana plasmática mais espessa e comprimida, porque ela cobre uma área menor que a anterior. Essa redução pode ser atribuída devida à diminuição do volume de células vegetais (SOARES *et al* 2015). Apesar de ocorrer uma redução nas fitomassa fresca das folhas, fitomassa seca e Área foliar total com o manejo da salinidade na solução nutritiva, as plantas de alface não apresentaram sintomas deletérios que pudessem comprometer a comercialização.

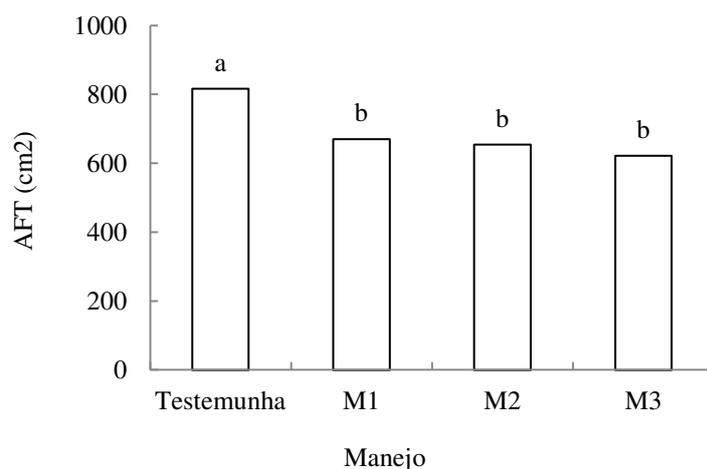


Figura 13. Área Foliar total da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

A análise de variância das taxas de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) obtidas a partir dos dados de fitomassa seca e fitomassa fresca das folhas da alface no período compreendido entre 5 e 15 DAT (Tabela 2.). Verificou-se efeito significativo para o fator manejo da salinidade para taxas de crescimento das fitomassa fresca e seca das folhas e não apresentou diferença significativa para as cultivares e interação M x C.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da fitomassa seca e fresca das folhas três cultivares de alface submetidas a manejo de água salina. Campina Grande, PB 2019.

FV	GL	TCA <sub>MFF</sub>	TCA <sub>MSF</sub>	TCR <sub>MFF</sub>	TCR <sub>MSF</sub>
		Quadrado médio			
Bloco	5	0,0571	0,0269	0,0069	0,0467
Manejo (M)	3	3,0738**	0,0384*	0,2822**	0,1101**
Erro 1	15	0,1100	0,0083	0,0178	0,0225
Cultivar (C)	2	0,3298 <sup>ns</sup>	0,0071 <sup>ns</sup>	0,0276 <sup>ns</sup>	0,0231 <sup>ns</sup>
M x C	6	0,3972 <sup>ns</sup>	0,0252 <sup>ns</sup>	0,0193 <sup>ns</sup>	0,056 <sup>ns</sup>
Erro 2	40	0,2609	0,0172	0,0376	0,0381
Total	71	-	-	-	-
Media geral	-	4.207	1,224	5,064	2,24
Cv 1 (%)	-	7,88	7,48	2,64	6,68
Cv 2 (%)	-	12,14	10,71	3,83	8,68

\*, \*\*, ns. Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente; CV %: coeficiente de variação. IOs dados originais foram transformados para  $\sqrt{x}$ .

A taxa crescimento absoluto das folhas percebe-se que o maior valor foi encontrado no tratamento onde não foi utilizado os sais para o preparo da solução nutritiva, ou seja, na testemunha ( $4,7 \text{ g dia}^{-1}$ ) como as demais variáveis de crescimento estudadas obtive menor taxa foi quando se utilizou o M1 ( $3,69 \text{ g dia}^{-1}$ ) diferenciando do demais manejo. Segundo Flowers (2004), a inibição do crescimento de plantas sob estresse salino pode ser explicada pela diminuição do potencial osmótico da solução do solo, além da possibilidade de ocorrência de toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos, em função da acumulação em excesso de determinados íons nos tecidos vegetais. Taiz & zeiger, (2013) ainda atribui a redução do crescimento causada pela salinidade a diversos fatores que podem esta ligada ao desvio da energia metabólica que ocorre a um custo metabólico relacionado à adaptação à salinidade.

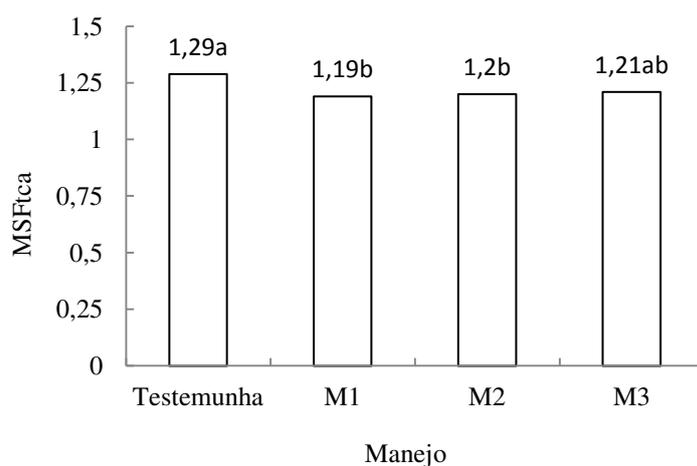
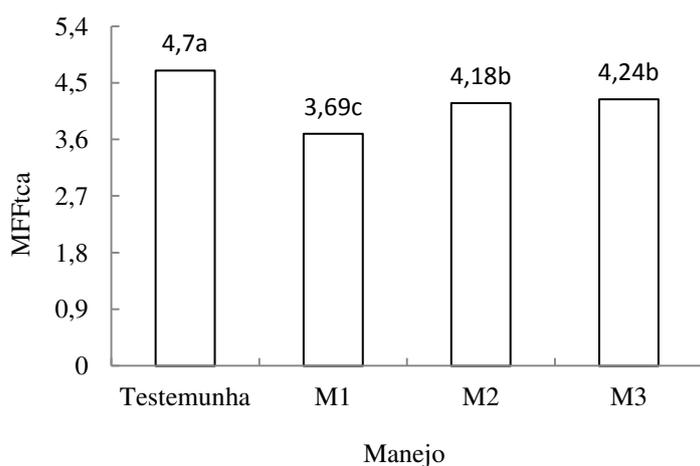


Figura 14. Taxa de crescimento absoluto para fitomassa fresca das folhas (A) e fitomassa seca das folhas (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

A taxa crescimento relativo teve resultados semelhantes á taxa de crescimento absoluto onde houve reduções quando se utilizou os manejos da salinidade na solução nutritiva, ocorrendo as maiores reduções de 4,19 %, 5,76 % e 3,81 % em relação a testemunha (5,24 g). Flowers (2004), ambientes estressantes como o salino as plantas fecham os estômatos para reduzir a transpiração e com isso haverá na redução da taxa fotossintética, podendo ser esta mudança morfofisiológica ser uma das principais causas na diminuição do crescimento das espécies nestas condições. Ainda Parirah *et al.* (2015), a redução da taxa de crescimento está relacionado aos efeitos iniciais dos estresses salinos, relacionada à diminuição do potencial osmótico da solução, restringindo, consequentemente a disponibilidade de água para as plantas.

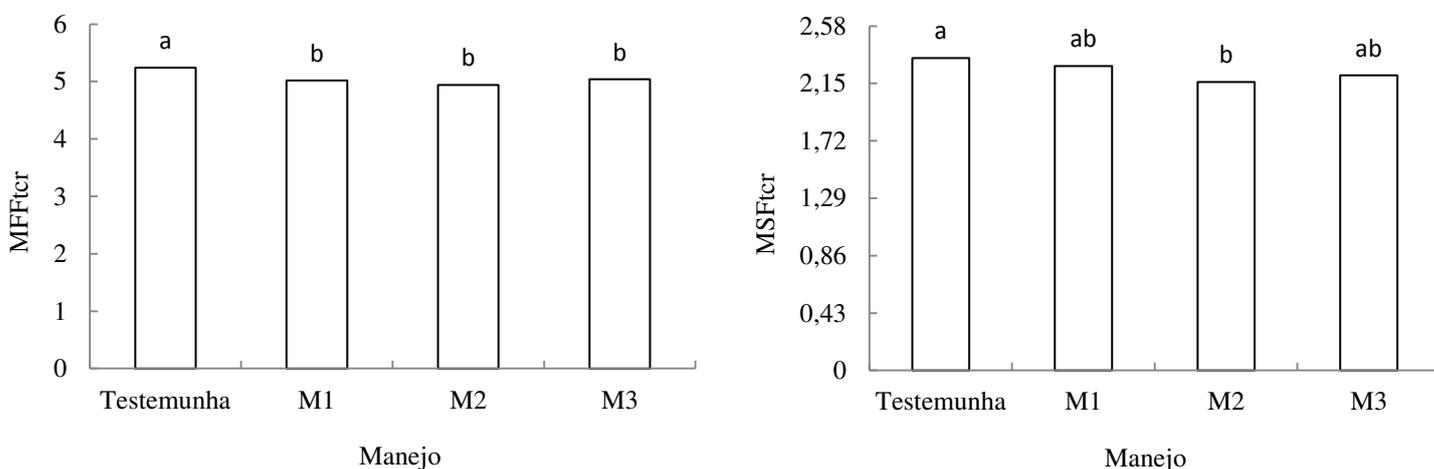


Figura 15. Taxa de crescimento relativo para fitomassa fresca das folhas (A) e fitomassa seca das folhas (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

Conforme a análise de variância (Tabela 3) verifica-se que as variáveis de pigmentos fotossintéticos nas plantas de alface quando submetidas manejo salino na solução nutritiva tiveram sua Cl a, Cl b e Carotenóides afetado significativamente, já

para o fator para as cultivares teve efeito significativo para Cla afetando-se significativamente em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade. Não foi constatado a interação do fatores estudado (M x C) não houve efeito significativo para as variáveis.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para as variáveis clorofila a (Cla), clorofila b (Clb), clorofila total (Clt), carotenóides (Car), extravasamento de eletrólitos (EE), teor relativo de água (TRA) e índice de spad (SPAD) de três cultivares de alface submetidas a manejo de água salina. Campina Grande, PB 2019.

FV	GL	Quadrado médio						
		Cla	Clb	Clt	Car	EE	TRA	SPAD
Bloco	5	0,0038	0,0026	6,5214	0,3086	60,7509	79,5054	44,3555
Manejo (M)	3	0,0133*	0,0077*	0,0004 <sup>ns</sup>	5,1048*	1180,269 <sup>ns</sup>	491,6184*	28,6819 <sup>ns</sup>
Erro 1	15	0,0076	0,0041	0,0002	0,2412	35,9748	57,1319	17,5083
Cultivar (C)	2	0,0174*	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,3333 <sup>ns</sup>	127,574 <sup>ns</sup>	190,927**	9,5116 <sup>ns</sup>
M x C	6	0,0078 <sup>ns</sup>	0,0049 <sup>ns</sup>	0,0006 <sup>ns</sup>	0,4353 <sup>ns</sup>	80,1222 <sup>ns</sup>	83,2535 <sup>ns</sup>	31,1358 <sup>ns</sup>
Erro 2	40	0,0244	0,00198	0,0001	7,6898	30,0621	53,1951	36,901
Total	71							
Media Geral	-	0,1008	0,0063	0,0036	1,7731	22,8336	76,8279	24,2958
CV 1 (%)	-	22,35	26,1	39,32	27,7	26,27	9,84	17,22
CV 2 (%)	-	24,5	35,15	32,13	24,7	24,01	9,49	25

\*, \*\*, ns. Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente; CV %: coeficiente de variação. IOs dados originais foram transformados para  $\sqrt{x}$

Com relação à clorofila na figura (16A) constatou-se que o manejo da salinidade na solução nutritiva os menores valores é nos manejo M2 e M3, isto devido que avaliação foi realizada após aplicação do tratamento M3 ou seja estava em solução salina há cinco dias e anteriormente foi aplicado no M2 observado ainda os efeitos. Segundo Ashraf & Harris, (2013) e Melo *et al.*(2017) todos os pigmentos fotossintéticos diminuem com o aumento da condutividade elétrica e o corre alterações induzidas em um conteúdo foliar de Clorofila que pode ser devido à biossíntese de degradação acelerada de pigmentos, o que pode ter ocorrido nesse experimento quando aumentou a condutividade na solução nutritiva.

As cultivares Elba figura (16B) foi superior às demais cultivares o que pode justificar porque essa cultivar teve maior crescimento pode ter sido uma alta eficiência

fotossintética de acordo com SILVA *et al.*, (2014) está diretamente relacionada com o aproveitamento da radiação disponível por esses pigmentos pode levar ao incremento de produtividade agrícola. Ainda Ashraf & Harris (2013) que a diminuição dos pigmentos depende da tolerância ao estresse varia com a espécie, variedade, duração da exposição da planta e portanto, a acumulação no teor de clorofilas pode ser um indicador com tolerância a salinidade.

O manejo da salinidade na solução nutritiva diminuiu as concentrações da clorofila b figura (16C) em todos os manejos empregados, não ocorrendo diferenciação entre eles. A redução dos pigmentos fotossintéticos, seja através comprometimento da biossíntese de pigmentos ou destruição de pigmentos, pode levar ao comprometimento dos elétrons transporte e, portanto, capacidade fotossintética reduzida maioria das plantas. (ASHRAF & HARRIS, 2013). O manejo da solução nutritiva pode ter ocasionado ambientes estressantes causando um processo de degradação das clorofilas a clorofila b pode ser convertida em clorofila a, resultando assim no aumento do conteúdo de cl a. (FANG *et al* 1998; ECKARDT 2009), o que pode ter ocorrido nesse experimento onde os teores de clorofila a foi superior a clorofila b.

Para a variável carotenoides figura (16D) a testemunha ( 2, 56 mg g<sup>-1</sup>MF), foi superior aos tratamentos que receberam os manejo da salinidade na solução nutritiva, que não diferenciaram entre si.. Esses pigmentos são necessários para a fotoproteção e exercem como um precursor na sinalização as plantas sobre o estresse (ASHRAF & HARRIS, 2013). Os carotenoides são protetores da clorofila no tocante a fotoinibição, pois auxiliam na capacidade de dissipação de energia radiante pela rota das xantofilas, com a sua redução em função do manejo da salinidade solução nutritiva, pode influenciar na capacidade de desintoxicação das plantas ao excesso de espécies reativas (TAIBI *et al.*, 2016). Às perdas de pigmentos fotossintéticos nas folhas de alface com o manejo na solução nutritiva como as clorofilas e carotenoides que são parte integrante do complexo antena de captação de luz para o processo fotossintético (Taiz; Zeiger, 2009), podem causar danos a atividade fotossintética da plantas de alface.

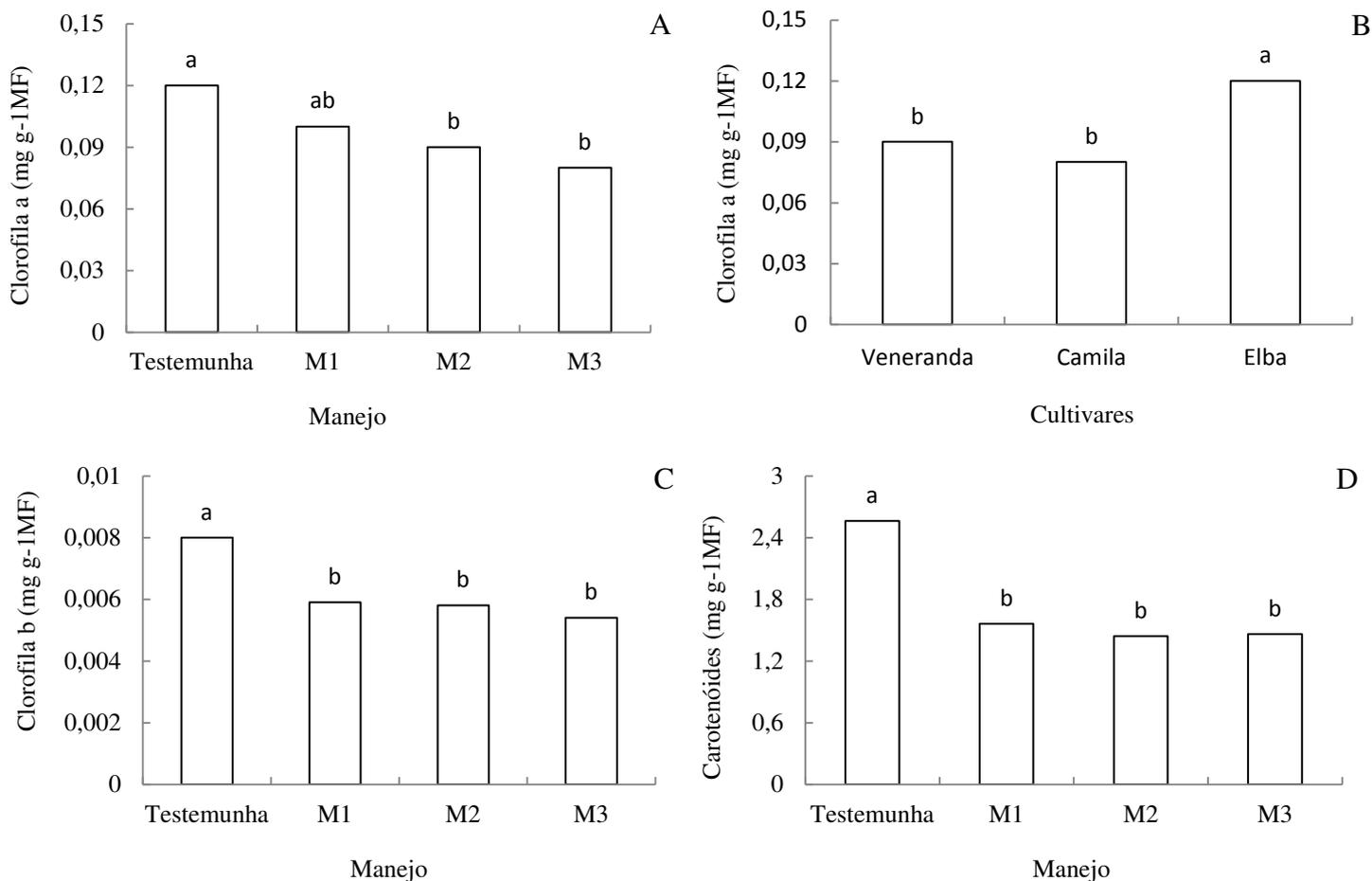


Figura 16. Clorofila a (A), cultivares (B) clorofila b (C) e carotenóides (D) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

No teor relativo de água nas plantas de alface houve redução figura (17A), para todos os tratamentos sob os manejos, não se diferenciaram entre si. A testemunha com média de 84,65% foi superior aos manejos, que apresentaram reduções de 11,87 %, 12,30 % e 12,75 %. A diminuição do teor de água da parte aérea no sistema NFT foi notada em outros trabalhos, em cultivo hidropônico com hortaliças, submetidas à salinidade (SOARES *et al.*, 2010; SILVA *et al.* 2012). O aumento da salinidade na solução nutritiva influenciou no teor de água na planta, isso pode ter ocorrido devido aos íons nos tratamentos com concentrações mais elevadas de NaCl, principalmente sódio e cloreto, e a interação entre esses íons resultaram em uma disponibilidade menor de água para as plantas. A cultivar Camilla apresentou maior teor de relativo de água

com média de (79,69), mas não diferenciou da cultivar veneranda (76,83%) figura (17B), já, a cultivar Elba apresentou menor teor reativo de água (74%) justificando os maiores valores de fitomassas. O aumento do teor de água em folhas com o aumento da salinidade da água de irrigação é reflexo do ajustamento osmótico, com a planta acumulando íons no vacúolo das células ou sintetizando compostos orgânicos visando baixar o potencial hídrico interno e garantir a absorção de água, mantendo as células túrgida (BARREIRO NETO *et al* 2017). Cushman, (2001) embora a planta podendo apresentar maior teor de água ele pode ficar menos disponível para fotossíntese com conseqüências negativas para a planta.

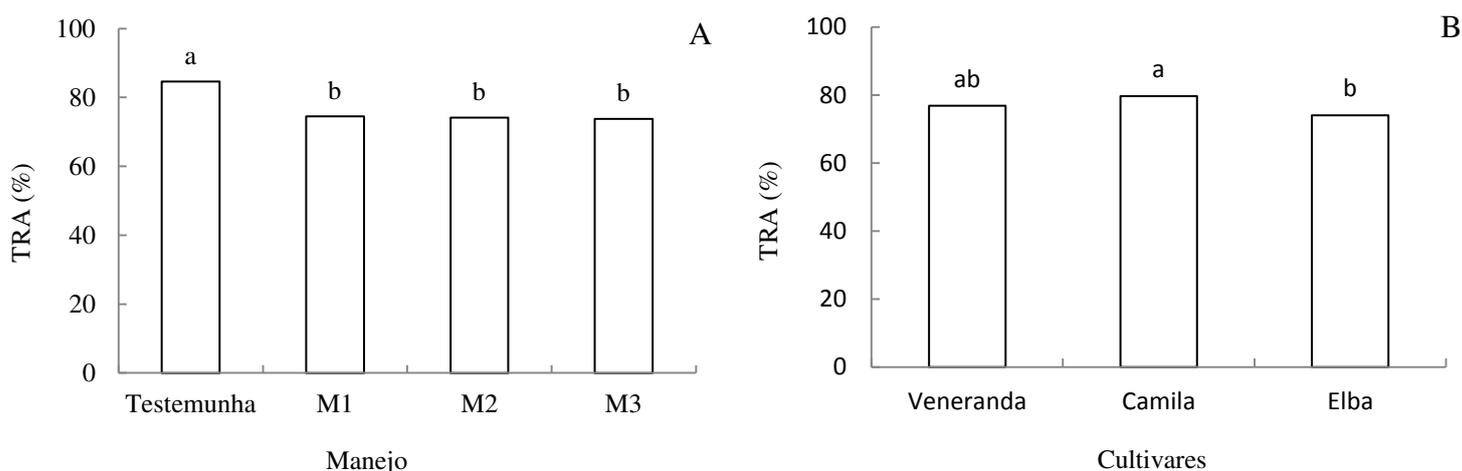


Figura 17. Teor relativo de água (A) e Cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

Na análise de variância (Tabela 3) indicou que as variáveis de fotossíntese nas plantas de alface quando submetidas manejo salino na solução nutritiva tiveram sua taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub>(Ci), taxa de transpiração (E) e eficiência do uso da carboxilação (EIC) afetado significativamente, para as cultivares o correu efeito significativo concentração interna de CO<sub>2</sub>(Ci) e taxa de transpiração (E) afetando-se significativamente em nível de 0,05 e

0,01 de probabilidade. Já o fator da interação estudado (M x C) não houve efeito significativo para as variáveis.

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância para as variáveis taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração interna de CO<sub>2</sub>(Ci), taxa de transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência do uso da carboxilação (EIC) de três cultivares de alface submetidas a manejo de água salina Campina Grande, PB 2019.

FV	GL	A	CI	E	GS	EUA	EIC
		Quadrado médio					
Bloco	5	1,4302	375,3138	0,1589	0,00409	0,2839	0,0009
Manejo (M)	3	145,1895*	1190,8421*	12,3764*	0,0582*	0,4557 <sup>ns</sup>	0,0041*
Erro 1	15	118,5226	230,7104	0,7242	0,0085	0,3835	0,0002
Cultivar (C)	2	30,405 <sup>ns</sup>	2175,5972*	1,2761*	0,0098 <sup>ns</sup>	2,4449 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>ns</sup>
M x C	6	93,6119 <sup>ns</sup>	452,4122 <sup>ns</sup>	0,5865 <sup>ns</sup>	0,0034 <sup>ns</sup>	1,1000 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>
Erro 2	40	368,7799	334,127	0,3869	0,0066	0,3177	0,0003
Total	71						
Media Geral	-	13,1608	214,1805	3,61	0,244	3,6538	0,0629
CV 1 (%)	-	21,36	17,09	23,53	37,79	16,95	23,76
CV 2 (%)	-	23,07	18,53	17,19	33,46	15,43	28,22

\*, \*\*, ns. Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente; CV %: coeficiente de variação. 10s dados originais foram transformados para  $\sqrt{x}$ .

A taxa de fotossíntese líquida (A) (Figura 18A) teve decréscimo com o manejo da salinidade na solução nutritiva verificou-se uma diminuição de 10 % no M3 época em que o manejo estava sendo aplicado. Esse declino deve ter sido ocasionado pela redução dos pigmentos fotossintéticos que captam a luz e transfere para os centros de reações, assim causando uma absorção reduzida nos fotossistemas e conseqüentemente uma redução na fotossíntese líquida. Ainda o estresse salino pode causar efeito inibitório devido a diminuição da produção de ATP e acumulação excessivas de Na<sup>+</sup> (MOUD & MAGHSOUDI 2008; CUTRISS *et al.*, 2011; ASHRAF & HARRIS 2013). Corroborando KUSVURAN (2012) o excesso de sais pode afetar os vegetais de varias formas, uma delas é a redução do potencial osmótico, o qual compromete o status

hídrico celular, proporcionando redução na condutância estomática e consequentemente restrição nas trocas gasosas, limitando os processos fotossintéticos.

Para condutância estomática (gs) (Figura 17B) teve comportamento similar á taxa de fotossíntese líquida onde o manejo da solução nutritiva ocasionou reduções sendo o mais afetado no M3, essa maior redução deve ter ocorrido devido que avaliação foi realizada após esse tratamento ter recebido o manejo, verificando que M2 não se recuperou, pois não diferenciou do M3, apesar não ter observado esse resultado na fotossíntese líquida. O fechamento estomático é um dos principais mecanismos para reduzir a perda de água em plantas sob estresse salino Lima et al., (2014), as reduções na condutância estomática foliar devido ao estresse salino limitam a entrada de CO<sub>2</sub> nas células devido à redução da abertura estomática (FREIRE et al., 2014; SILVA et al., 2014).

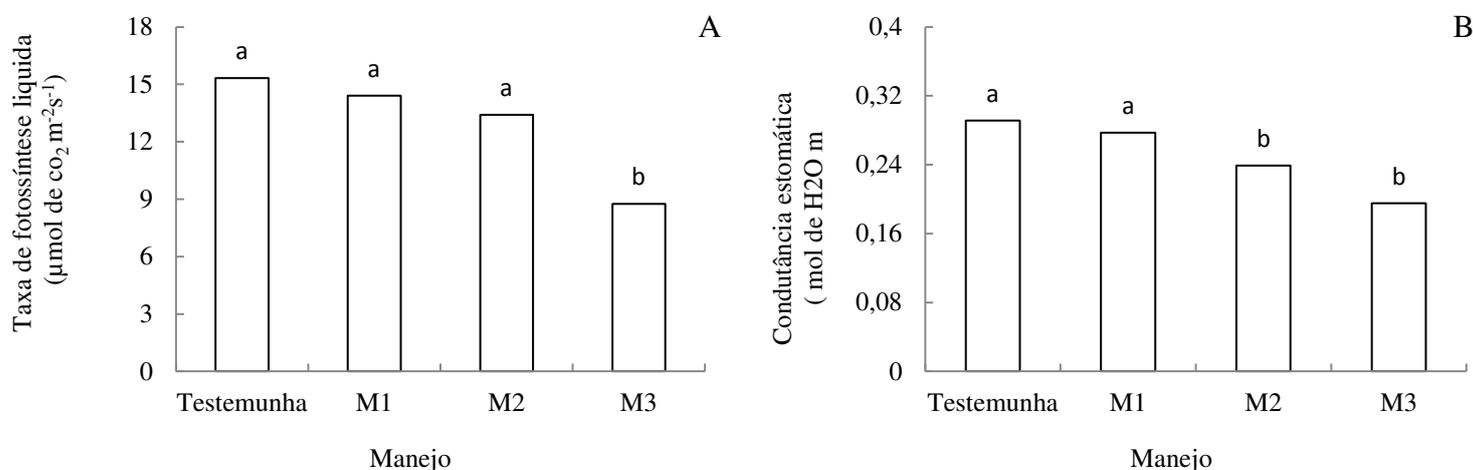


Figura 17. Taxa de fotossíntese líquida (A) e condutância estomática (B) da alface cultivada da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

Com relação à concentração interna de CO<sub>2</sub>(C<sub>i</sub>) (Figura 18A) o manejo da salinidade na solução nutritiva proporcionou aumentos na concentração de CO<sub>2</sub> produzida nos espaços intercelulares. O aumento na salinidade na solução nutritiva pode elevar concentração Cl<sup>-</sup> nas folhas, o que provoca um efeito tóxico, a redução da eficiência de carboxilação de RuBisCO, a enzima responsável para C fixação para a fase bioquímica

da fotossíntese, resultando em aumento da interna  $\text{CO}_2$  concentração nas folhas (SOUZA *et al.*, 2011). Esse comportamento possivelmente esteja relacionado ao mecanismo de aclimação da planta ao ser submetida a condições de estresse, visto que, sob essas condições, as plantas tendem a fechar seus estômatos, ocasionando redução na transpiração foliar e conseqüentemente, menor perda de água (TAIZ *et al.*, 2017).

Para a taxa de transpiração (Figura 18B), observa-se que houve redução com o manejo da salinidade na solução nutritiva com mesmo comportamento da condutância estomática e taxa de fotossíntese líquida, onde o M3 apresentou maior redução. O excesso de sais na zona de desenvolvimento radicular ocasiona efeitos deletérios às plantas, proporcionando reduções na taxa de transpiração, fechamento estomático causando pelo estresse osmótico sendo esse processo conhecido como mecanismos de aclimação ao estresse salino (SILVA *et al.*, 2018; SOUSA *et al.* 2019). Gonçalves *et al.* (2010) afirma que se tem uma relação entre E e GS, ocorrendo um fluxo de vapor de água para atmosfera que diminuem a medida que os estômatos se fecham. Logo tem-se uma diminuição na transpiração.

As cultivares apresentaram (figura 18B e D) resultados semelhantes para as variáveis de concentração interna de  $\text{CO}_2$  e transpiração, onde a cultivar Camila (204,6 e  $3,44 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) teve menor valores respectivamente comparado às outras cultivares, que não se diferenciou, veneranda com (214,25 e  $3,87 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) e a Elba com (223,66 e  $3,53 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) respectivamente.

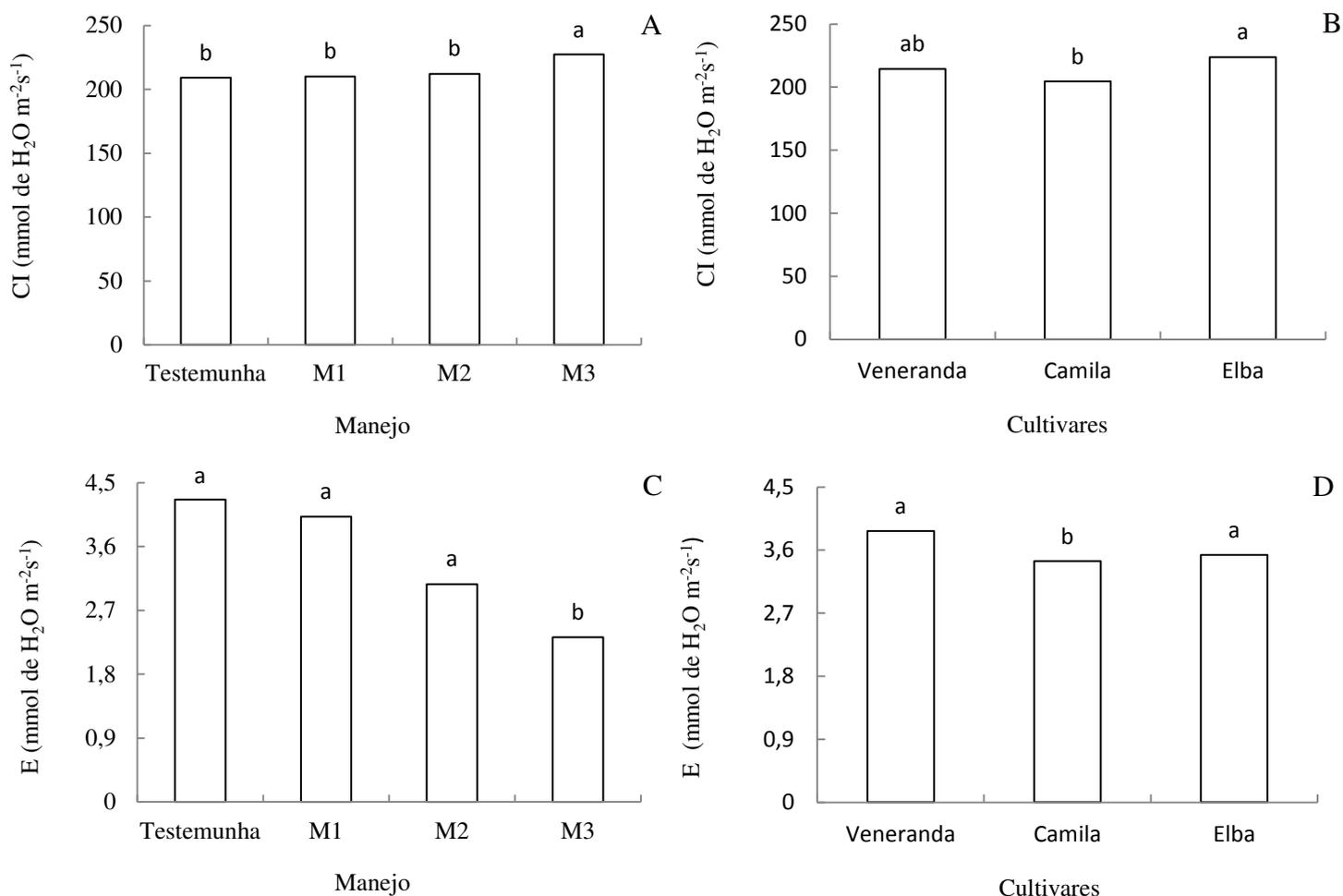
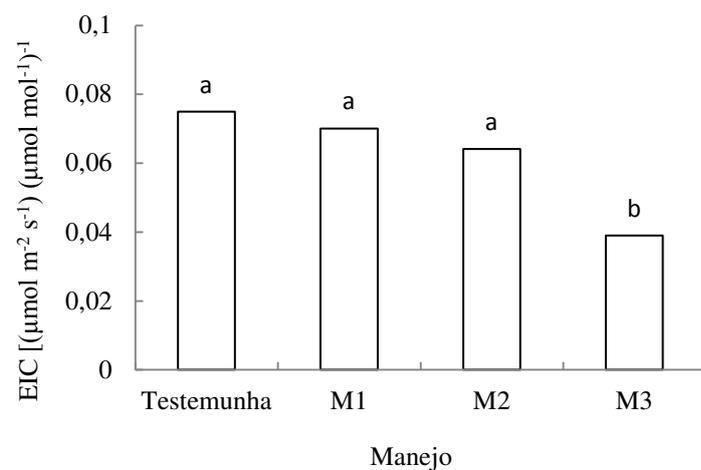


Figura 18. Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), cultivares (B), taxa de transpiração (C) e cultivares (D) cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

Para a variável eficiência do uso da carboxilação ocorreu redução (Figura 19A) quando se aplicou o M3, não sendo afetado pelo os demais manejos, que não se diferenciou da testemunha. Segundo Silva *et al* (2014) as reduções na eficiência do uso da carboxilação estão relacionadas na diminuições da condutância estomática quanto da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, em consequência do estresse salino. De acordo com Silva *et al.* (2015), com as reduções na taxa fotossintética, ocorrerá baixa disponibilidade de ATP e NADPH e do substrato para a rubisco, ainda larcher (2006) a redução eficiência do uso da carboxilação está relacionado às restrições metabólicas no ciclo de calvin, onde o carbono recebido não esta sendo fixado no estágio de carboxilação nas células mesófilas.



**Figura 19.** Eficiência do uso da carboxilação da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

## 6. CONCLUSÃO

O manejo de água salina na solução nutritiva ocasiona efeito negativo sobre o crescimento das plantas de alface principalmente nos M1 e M2 e a testemunha apresentou melhor crescimento.

A cultivar Elba independente do manejo apresenta melhor desempenho em relação à Veneranda e Camila.

O manejo de água salina na solução nutritiva compromete as taxas de crescimento absoluto e relativo principalmente nos M2 e M3, tendo esse tratamento maior redução.

As plantas de alface no sistema hidropônico sob estresse salino tem menor teor de clorofilas e teor relativo de água em todos os manejos empregados o mais afetados foram os M2 e M3.

O estresse salino reduz as trocas gasosas com uma maior redução quando se empregou o M3, ocorrendo maiores reduções na taxa de fotossíntese líquida e taxa de transpiração.

## 7. REFERÊNCIAS

- AUDRY, P.; SUASSUNA, J.A. A **qualidade da água na irrigação do trópico semiárido** - um estudo de caso. In: Seminário Franco-Brasileiro de Pequena Irrigação. Recife, Anais... Recife: CNPq, SUDENE, p.147-153, 1995.
- AL-KARAKI, G.; AL-AJMI, A.; OTHMAN, Y. Response of Soilless Grown Bell Pepper Cultivars to Salinity. **Acta Horticulturae**, v. 807, n. 2, p. 227-232, 2009.
- ALVES, M. S. et al. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p.491-498, 2011.
- ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J.P. ; OLIVEIRA, M. L. A. ; Paz, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 491-498, 2011.
- ARNON DI.. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, V .24, P. 1-15. 1949.
- ASHRAF, MHPJC; HARRIS, Phil JC. Photosynthesis under stressful environments: an overview. **Photosynthetica**, v. 51, n. 2, p. 163-190 2013.
- BARREIRO NETO, M., FERNANDES, P. D., GHEYI, H. R., LACERDA, J. T. CARVALHO, R. A. Índices fisiológicos em genótipos de abacaxizeiro sob estresse salino. **Revista Tecnologia. & Ciência Agropecuária**, v.11, n.6, p.89-99, 2017.
- BENINCASA, M. M. P. Análise do crescimento de plantas: Noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 42p .1986.
- BEZERRA NETO, E. Cadernos do semiárido riquezas & oportunidades hidropônia. P.92, 2017.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, vols. 8 e 9, p.107-137, 2011/2012.
- BLISKA J.A.; Honório, S.L. Cartilha tecnológica: hidroponia. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 51p. 1996.

- CAIRO, P.A.R. Curso básico de relações hídricas de plantas. Vitória da Conquista: UESB, 1995. P. 32.
- CARVALHO, L. E. et al. Cobertura morta do solo no cultivo de alface Cv. Regina 2000. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 935-939, 2005.
- CORRÊA, R. M.; PINTO, S. I. C.; REIS, E. S.; CARVALHO, V. A. M. Hydroponic production of fruit tree seedlings in Brazil. **Hydroponics – A standard methodology for plant biological researches**, p. 225-244, 2012.
- COSTA, F. G. B.; FERNANDES, M. B.; BARRETO, H. B. F.; OLIVEIRA, A. D. F. M.; DE OLIVEIRA SANTOS, W. Crescimento da melancia e monitoramento da salinidade do solo com TDR sob irrigação com águas de diferentes salinidades. **Irriga**, v. 17, n. 3, p. 327, 2018.
- CURTISS, J., RODRIGUEZ-URIBE, L., STEWART, J.M., ZHANG, J.: Identification of differentially expressed genes associated with semigamy in pima cotton (*Gossypium barbadense* L.) through comparative microarray analysis **Plant Biol.** V. 11, n.1, p. 49, 2011.
- CUSHMAN, J.C. Osmoregulation in plants: implications for agriculture. **American Zoologist**. v.41, n.4, p. 758 -769, 2001.
- DE PASCALE, S.; ORSINI, F.; PARDOSSI, A. Irrigation water quality for greenhouse horticulture. **Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops**, p.169, 2013.
- DIAMANTE, M. S., JÚNIOR, S. S., INAGAKI, A. M., DA SILVA, M. B., DALLACORT, R. (2013). Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. **Revista Ciência Agronômica**, v.4, n,1, p. 133-140.
- DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, p. 129-14, 2010.
- DIAS., R. H. Desempenho de cultivares de alface em sistema semi-hidropônico fertirrigadas com soluções nutritivas salinizadas. Mossoró: UFC. 23 p. 2019. (Bacharel em Agronomia).
- ECKARDT, N.A. A new chlorophyll degradation pathway. – **Plant Cell**, v. 21, 2009.

EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa. Disponível em: <<http://https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/42735426/embrapa-lanca-nova-variedade-de-alface-tolerante-ao-calor>>. Acesso em: 15 Jan. 2020.

FANG, Z., BOUWKAMP, J., SOLOMOS, T. Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. – **Journal of Experimental Botany**, v. 49, p. 503-510, 1998.

FAO Plant Production and Protection Paper 217; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2013; p. 169–204.

FERNANDES, J. M. P., FERNANDES, A. L. M., DA SILVA DIAS, N., COSME, C. R., NASCIMENTO, L. V., & DE QUEIROZ, I. S. R. Salinidade da solução nutritiva na produção de alface americana em sistema hidropônico nft. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, nº.3, p. 2570 - 2578, 2018.

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª. Ed. rev. e ampl. – Viçosa: Ed. UFV, 2013. 421p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. 421 p.

FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.4, p.307-319, 2004.

FREIRE, A. G.; OLIVEIRA, F. A.; CARRILHO, M. J. S. O.; OLIVEIRA, M. K. T.; FREITAS, D. C. Qualidade de cultivares de alface produzida em condições salinas. **Revista Caatinga**, v. 22, p. 81-88, 2009.

Freire, J. L. O.; Dias, T. J.; Cavalcante, L. F.; Fernandes, P. D.; Lima Neto, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p.82-91, 2014.

FURLANI, P. R. Hidroponia. Instituto Agronômico de Campinas, Boletim Técnico. 100: 1-277. 1996.

- FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia – NFT. Campinas: Instituto Agronômico, (Documentos IAC, 168). 30p. 1998
- GOMES, P. D. Diagnóstico do cultivo hidropônico no estado de goiás. 2015. 75 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Gonçalves, E. R., Ferreira, V. M., Silva, J. V., Endres, L., Barbosa, T. P., de G Duarte, W. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 378–386, 2010.
- GUIMARÃES, R. F. B., NASCIMENTO, R., FERREIRA, D., RAMOS, J. G., PEREIRA, M. O., CARDOSO, J. A. F., & Lima, S. C. Production of hydroponic lettuce under different salt levels of nutritive solution. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 11, p.242-252, 2017.
- GUIMARÃES, T.G. Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e de estufa, influenciados por doses de nitrogênio. Viçosa: UFV. 201 p. 1998. ( Tese doutorado).
- GUIMARÃES. T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ V., V.H.; Monnerat, P.H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. **Bragantia**, v. 58, n. 1, p. 209-216. (1999).
- HENDRY, G. A. F.; PRINCE, A. H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. p.148-152. 1993.
- Hidrogood. Sobre hidroponia. 2007. Disponível: <http://www.hidrogood.com.br>
- Hidrogood. Sobre hidroponia. 2018. Disponível: <http://www.hidrogood.com.br>
- JESUS, C. G. Estresse salino em rúcula (*Eruca sativa* Mill.) hidropônica: Aspectos fisiológicos, bioquímicos e nutricionais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 66p. 2011.
- KUSVURAN, S. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). **African Journal Agricultural Research**, v.7, p.775-781, 2012.
- LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos, SP: RiMa Artes e Textos, 2006. 532 p.

- LICHTENTHALER, H. K.; WELBURN, A. R. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, v.11, n. 3, p.591-592, 1983.
- LIMA, GS; NOBRE, RG; GHEYI, RH; SOARES, LAA; SILVA, A. O. Crescimento e produtividade de mamona sob estresse salino e doses de nitrogênio em fenofases. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 5, p. 854-866, 2014.
- MAHAJAN, SHILPI; TUTEJA, NARENDRA. Cold, salinity and drought stresses: an overview. **Archives of biochemistry and biophysics**, v.444, n. 2, p. 139-158, 2005.
- MARKWELL, J.; OSTERMAN, J.C.; MITCHELL, J.L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. **Photosynthesis Research**, v. 46, p. 467-472. 1995.
- MEDEIROS, J.F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. p. 173, 1992.
- MEKAWY, A. M. M. ASSAHA, D. V. M.; YAHAGI, H.; TADA, Y.; UEDA, A.; SANEOKA, H. Growth, physiological adaptation, and gene expression analysis of two Egyptian rice cultivars under salt stress. **Plant Physiology and Biochemistry. Versailles**, v. 87, n. 1, p. 17-25, 2015.
- MELLO, S. C. Cultivo hidropônico de hortaliças. Piracicaba: Departamento de Produção Vegetal, Esalq/usp, 2016. 90 slides, color. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/carpen2/cultivo-hidroponico-de-hortalicas>. Acesso em: Jan. 2020
- MELO, H. N. S.; MELO FILHO, C.; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, F. K. D.; ANDRADE NETO, C. O. Uso de esgoto doméstico tratado em filtros anaeróbios como fonte de macro e micronutrientes para cultivos hidropônicos. Vitória: PROSAB, 2002.
- MELO, A. S. D., JÚNIOR, S., FERNANDES, P. D., SOBRAL, L. F., BRITO, M. E. B., PAULA, J. D. M. D. D. (2009). Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação.
- MELO, H. F. de.; SOUZA, E. R. de.; DUARTE, H. H. F.; CUNHA, J. C.; SANTOS, H. R. B.; Gasexchangeandphotosyntheticpigments in bellpepperirrigatedwith saline

- water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, p.38-43, 2017.
- MOUD, A.M., MAGHSOUDI, K. Salt stress effects on respiration and growth of germinated seeds of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. – **World Journal of Agricultural Sciences**, V. 4, p. 351- 358, 2008.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: Bring them toget her. **New Phytologist**, v. 167, n. 3, p. 645–663, 2005.
- OLIVEIRA, F. D. A. D., CARRILHO, M. J. D. O., MEDEIROS, J. F. D., MARACAJÁ, P. B., & DE OLIVEIRA, M. K. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 771-777, 2011.
- PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. 101 Culturas: Manual tecnologias agrícolas. Belo Horizonte, MG: EPAMIG. p. 53-62, 2007.
- PAULUS D, DOURADO NETO D, FRIZZONE JÁ, SOARES TM. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 29-35. 2010
- PAULUS, D. Produção, qualidade e parâmetros fisiológicos e bio-químicos de alface sob hidroponia com águas salinas.. Tese Doutorado. 2008. 105 f. Piracicaba. ESALQ.
- RODRIGUES I. N.; LOPES M. T. G.; LOPES R.; GAMA A. S.; MILAGRES C. P.. Avaliação de cultivares de alface crespa para região de Manaus . In: C ongresso brasileiro de olericultura, 47. 2007.
- RODRIGUES, L.R.F. Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido. Jaboticabal: FUNEP. 762p. 2002.
- RODRIGUES, R. R.; BERTOSSI, A. P. A.; GARCIA, G. O.; ALMEIDA, J. R.; SILVA, E. A.Salinidade no desenvolvimento de cultivares de alface. **Agrarian academy**, v.2, p.70, 2015.
- SÁ, F. V. S.; MESQUITA, E. F.; BERTINO, A. M. P.; SILVA, G. A.; COSTA, J. D. Biofertilizantes na produção hidropônica de mudas de mamoeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 109 – 116, 2013.

- SALA, F. C.; COSTA, CP da. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura brasileira**, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.
- SANTOS, A. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 961-969, 2010.
- SCOTTI CAMPOS, P.; THU PHAN THI, A. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subject to osmotic stress. **Plant Science**, v. 130, p. 11-18, 1997.
- SEDIYAMA, M.A.N.; RIBEIRO, J. M. O.; PEDROSA, M. W. Alface (*Lactuca sativa* L.) Culturas: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p.53-62.
- SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 29, n.2, p.242-245, 2011.
- SILVA, J. A., SILVA, G. N., NETO, J. F. B produção hidropônica de cultivares de alface em duas concentrações da solução nutritiva. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v. 16, n. 1, 2020.
- SILVA, J. S. Uso de águas salobras do Semiárido e do Recôncavo Baiano na produção de hortaliças folhosas em sistema hidropônico NFT. 2012. 160 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2012.
- SILVA, J. S., DA SILVA PAZ, V. P., SOARES, T. M., DE ALMEIDA, W. F. FERNANDES, J. P. Production of lettuce with brackish water in NFT hydroponic system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 947-962, 2018.
- SILVA, L. A. DE., BRITO, M. E., DA S, S., FRANCISCO, V., MOREIRA, R. C., SOARES FILHO, W. D. S., & FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Agriambi**, v. 18, p. 1-7, 2014.

- SOARES, H. R. ; SILVA, E. F. F. ; SILVA, G. F. ; PEDROSA, E. M. R. ; ROLIM, M. M. ; SANTOS, A. N. Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 636-642, 2015.
- SOARES, T. M. Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao Semi-árido 111 brasileiro. 2007. 267 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- SONNEVELD, C. La nutrición mineral y salinidad en los cultivos sin suelo: su manejo. In: Gavilán, M. U. (coord.). Tratado de cultivo sin suelo. Madrid: Mundi Prensa, 2004. Cap.8, p.305- 367.
- SOUSA, J. R., Gheyi, H. R., Brito, M. E. B., Xavier, D. A., Furtado, G. D. F. Impact of saline conditions and nitrogen fertilization on citrus production and gas exchanges. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2 , p. 415-424, 2016.
- SOUSA, T. P. de.; SOUZA NETO, E. P.; SILVEIRA, L. R. de S.; SANTOS FILHO, E. F. dos.; MARACAJÁ, P. B. Produção de alface (*Lactuca sativa* L.), em função de diferentes concentrações e tipos de biofertilizantes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 168–172, 2014.
- SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.586-592, 2011.
- TAIBI, K.; TAIBI, F.; ABDERRAHIM, L. A.; ENNAJAH, A.; BELKHODJA, M.; MULET , J. M. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. **South African Journal of Botany**, v. 105, p. 306-312, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 19p
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p
- TESTER, M., DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, n. 1, p. 503–527, 2003.

- UDDLING, J.; GELANG-ALFREDSSON, J.; PIIKKI, K. & PLEIJEL, H. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis Research*, Dordrecht, v.91, n.1, p.37-46, 2007.
- XU, C., & MOU, B. Evaluation of lettuce genotypes for salinity tolerance. **HortScience**. *V.50, n. 10*, p. 1441-1446, 2015.