



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



**CULTIVO HIDROPÔNICO DA ALFACE CRESPA SOB DIFERENTES NÍVEIS
DE SALINIDADE**

RAFAELA FELIX BASILIO GUIMARÃES

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

FEVEREIRO, 2018

RAFAELA FELIX BASILIO GUIMARÃES

**CULTIVO HIDROPONICO DA ALFACE CRESPA SOB DIFERENTES NÍVEIS
DE SALINIDADE**

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 – PARAÍBA

FEVEREIRO, 2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G963c Guimarães, Rafaela Felix Basílio.
Cultivo hidropônico da alface crespa sob diferentes níveis de salinidade /
Rafaela Felix Basílio Guimarães. – Campina Grande, 2018.
85 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal
de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.
"Orientação: Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento".
Referências.

1. Condutividade Elétrica. 2. Hortaliças. 3. *Lactuca sativa* L.. 4.
Hidroponia. I. Nascimento, Ronaldo do. II. Título.

CDU 635.52(043)



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

RAFAELA FELIX BASILIO GUIMARÃES

**CULTIVO HIDROPONICO DA ALFACE CRESPA SOB DIFERENTES NÍVEIS
DE SALINIDADE**

BANCA EXAMINADORA

Dr. Ronaldo do Nascimento
Orientador – UAEA/CTRN/UFPA

Dra. Soahd Arruda Rached Farias
Examinadora – UAEA/CTRN/UFPA

Dra. Josilda de França Xavier
Examinadora – EMEPA

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

FEVEREIRO, 2018

Dedico este trabalho a minha mãe Fátima Cabral, a meu pai Ricardo Basílio, a meu irmão Rafael Felix e meu marido Diogo Guimarães pelo apoio, confiança e amor incondicional em todos os momentos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, saúde, oportunidades, forças e discernimento durante toda a minha vida, sempre me conduzindo pelos caminhos corretos.

Aos meus pais, pelo amor e dedicação à mim, por acreditar na minha capacidade e serem minha motivação diária para prosseguir nos momentos difíceis, tudo que tenho e sou ofereço à vocês, à vocês ofereço todo meu amor.

Ao meu irmão Rafael, que mesmo do jeito discreto dele sempre mostrou o carinho que sente por mim.

Ao meu esposo Diogo que tanto amo, pelas palavras de carinho, por renovar as minhas forças com seu amor e sua compreensão a cada dia, por caminhar junto à mim em busca do meu sonho.

Ao orientador professor Dr. Ronaldo do Nascimento pelos ensinamentos durante a condução desta pesquisa, sempre com muita competência e boa vontade com seus alunos.

À Universidade Federal de Campina Grande, em particular à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos e apoio financeiro ao projeto de pesquisa.

A todos os professores do curso que foram fundamentais para minha formação.

Aos amigos pela amizade sincera e apoio incondicional sempre, por compartilhar sonhos, alcançar metas e acreditar que juntos todo sonho é possível.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelo companheirismo, e aos funcionários dos Laboratórios de Engenharia de Irrigação e Drenagem e de Irrigação e Salinidade, pela agradável convivência.

A todos os funcionários da Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG, pela atenção dispensada e pela disponibilidade em ajudar.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

CULTIVO HIDROPONICO DA ALFACE CRESPA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE

RESUMO: A escassez de água para irrigação é um entrave ao desenvolvimento agrícola e social de regiões áridas e semiáridas. A utilização de águas de qualidade inferior na agricultura, como a água salina, é uma alternativa bastante adequada a estes locais, uma vez que irá promover a elevação da oferta de água impulsionando a atividade agrícola e contribuindo para o desenvolvimento econômico e social na região. Apesar dos potenciais benefícios o uso de água salina na agricultura não é isenta de riscos, haja vista que a presença de elevadas concentrações de sais pode ocasionar danos às culturas irrigadas. Desta forma é importante estudar a eficiência de técnicas alternativas que possibilitem o uso de águas salinas de modo que permitam sua utilização de forma segura nos cultivos. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva no cultivo hidropônico de duas cultivares da alface. Para este fim, instalou-se um experimento em ambiente protegido na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus I, durante o período 01 a 22 de setembro de 2016. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4x2, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{SN}) (1,6; 3,6; 5,6 e 7,6 $dS\ m^{-1}$) e duas variedades de alface, Valentina (C1) e Alcione (C2), totalizando 8 tratamentos com 3 repetições, resultando em 24 unidades experimentais. A solução com menor salinidade (S1) foi preparada com água da chuva e os demais tratamentos (S2, S3 e S4) foram preparados com água do sistema de abastecimento local de Campina Grande – PB cuja condutividade elétrica encontrava-se em 1,69 $dS\ m^{-1}$, sendo portanto, necessário a adição de NaCl (cloreto de sódio) para alcançar os valores de CE propostos na pesquisa. Segundo os resultados obtidos, o uso de água salina para preparo da solução nutritiva no cultivo hidropônico das duas cultivares de alface estudadas nesta pesquisa é benéfica, permitindo obter plantas bem nutridas e com crescimento vegetativo adequado, resultando em bons índices de rendimento da cultura.

Palavras-chave: Condutividade elétrica. Hortaliças. *Lactuca sativa* L. Hidroponia.

CULTIVATION OF LETTUCE CRISPY UNDER DIFFERENT LEVELS OF SALINITY

ABSTRACT: Water scarcity for irrigation is an obstacle to the agricultural and social development of arid and semi-arid regions. The use of lower quality water in agriculture, such as salt water, is a very adequate alternative to these places, since it will promote the increase of the supply of water boosting the agricultural activity and contributing to the economic and social development in the region. Despite the potential benefits, the use of saline water in agriculture is not without risk, since the presence of high salt concentrations can cause damage to irrigated crops. In this way it is important to study the efficiency of alternative techniques that allow the use of salt water in a way that allows its use in a safe way in the crops. In view of the above, the present work had the objective of evaluating the effects of different levels of salinity of the nutrient solution in the hydroponic cultivation of two lettuce cultivars. To this end, an experiment was set up in a protected environment at the Federal University of Campina Grande (UFCG), Campus I, during the period from 01 to 22 September 2016. The experimental design was completely randomized (CRD) which involved 4×2 factorial scheme with four levels of electrical conductivity of the nutrient solution (1,6; 3,6; 5,6 and 7,6 dS m^{-1}) and two lettuce cultivars, Valentina (C1) and Alcione (C2), totaling 8 treatments with 3 replicates, resulting in 24 experimental units. The solution with lower salinity (S1) was prepared with rainwater and the other treatments (S2, S3 and S4) were prepared with water from the local supply system of Campina Grande - PB, whose electrical conductivity was 1,69 dS m^{-1} , being therefore, an addition of NaCl (sodium chloride) is required to reach the CE values proposed in the research. According to the results, the use of saline water to prepare the nutrient solution in the hydroponic cultivation of the two lettuce cultivars studied in this research is beneficial, allowing to obtain well - nourished plants with adequate vegetative growth, resulting in good crop yield indexes.

Keywords: Electrical conductivity. Vegetables. *Lactuca sativa* L. Hydroponics.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	15
CONSIDERAÇÕES INICIAIS, OBJETIVOS, REVISÃO DE LITERATURA E METODOLOGIA	15
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	16
1.2 REVISÃO DE LITERATURA	17
1.2.1 Recursos Hídricos	17
1.2.2 Efeito dos Sais Sob As Plantas.....	18
1.2.3 Cultivo Hidropônico.....	19
1.2.4 Solução Nutritiva.....	20
1.2.5 Cultura da Alface	21
1.3 METODOLOGIA	22
1.3.1 Localização dos experimentos.....	22
1.3.2 Caracterização do ambiente.....	23
1.3.3 Condução dos experimentos e delineamento experimental.....	25
1.3.4 Cultivares	26
1.3.5 Preparo e manejo da solução nutritiva	27
1.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
CAPÍTULO 2	32
CRESCIMENTO DA ALFACE HIDROPÔNICA CRESPA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA SOLUÇÃO NUTRITIVA	32
2.1 INTRODUÇÃO	35
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	36
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
2.3.1 Número de folhas (NF)	38
2.3.2 Área foliar (AF).....	40
2.3.3 Comprimento do caule (CC)	41
2.3.4 Diâmetro do caule (DC)	42
2.3.5 Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) e Taxa de Crescimento Relativo (TCR)	43
1.4 CONCLUSÕES.....	46
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CAPÍTULO 3	51
PRODUÇÃO DE ALFACE CRESPA CULTIVADA EM HIDROPONIA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA SOLUÇÃO NUTRITIVA	51
3.1 INTRODUÇÃO	54
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	55
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
3.3.1 Fitomassa de folhas	57

3.3.2 Fitomassa do caule	59
3.3.3 Fitomassa da raiz.....	62
3.4 CONCLUSÕES.....	63
3.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
CAPÍTULO 4.....	67
TROCAS GASOSAS DE ALFACE CRESPA SOB CULTIVO HIDROPÔNICO SUBMETIDA A DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE	67
4.1 INTRODUÇÃO	70
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	70
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
4.4. CONCLUSÕES.....	83
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. 1. Localização do experimento na UFCG.....	23
Figura 1. 2. Visão geral da estufa onde o projeto foi desenvolvido.....	23
Figura 1. 3. Planta baixa disposição das bancadas e vista lateral da bancada em sistema NFT.....	24
Figura 1. 4. Planta baixa disposição das bancadas (A), delineamento experimental das bancadas 1 e 2 (B) e bancadas 3 e 4 (C).....	25
Figura 1. 5. Produção das mudas em espuma fenólica.....	26
Figura 1. 6. Mudas prontas para transplântio	26
Figura 1. 7. Condutímetro de bancada modelo Mca 150 (A), medidor de pH modelo LUCA-210 (B) e higrômetro digital (C).....	28

CAPÍTULO 2

Figura 2. 1. Número de folhas da alface em sistema hidropônico (A) e comportamento da cultivar Valentina e Alcione (B) em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva aos 7 DAT.....	39
Figura 2. 2. Número de folhas entre as cultivares Valentina (C1) e Alcione (C2) sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva, aos 21 DAT. As letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).	40
Figura 2. 3. Área foliar da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 21 DAT.....	41
Figura 2. 4. Comprimento do caule da alface em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 7, 14 e 21 DAT.....	42
Figura 2. 5. Análise de regressão da variável diâmetro do caule da alface em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 7, 14 e 21 DAT.	43
Figura 2. 6. Análise de regressão da taxa de crescimento absoluto (A) e taxa de crescimento relativo (B) da fitomassa seca das folhas da alface hidropônica nos diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva, entre os 7 e 21 DAT.	44

CAPÍTULO 3

Figura 3. 1. Fitomassa fresca das folhas (FFF) de alface em função da condutividade elétrica da solução nutritiva aos 7, 14 e 21 DAT.	57
Figura 3. 2. Fitomassa seca das folhas (FSF) de alface em função da condutividade elétrica da solução nutritiva às 7, 14 e 21 DAT.	58
Figura 3. 3. Fitomassa seca das folhas (FSF) para as cultivares Valentina (C1) e Alcione (C2) sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva aos 14 DAT. As letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....	59
Figura 3. 4. Fitomassa fresca do caule (FFC) de alface em função da condutividade elétrica da solução nutritiva às 7, 14 e 21 DAT	60
Figura 3. 5. Fitomassa fresca do caule (FFC) para as cultivares Valentina (C1) e Alcione (C2) sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva aos 21 DAT. As letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....	61
Figura 3. 6. Fitomassa seca do caule (FSC) de alface em função da condutividade elétrica da solução nutritiva aos 7, 14 e 21 DAT.	61
Figura 3. 7. Fitomassa fresca das raízes (FFR) de alface em função da condutividade elétrica da solução nutritiva às 7, 14 e 21 DAT.	62

CAPÍTULO 4

Figura 4. 1. Transpiração (A) e condutância estomática (B) e taxa de fotossíntese líquida (C) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 7 DAT. Os dados de condutância estomática foram transformados por x^2	73
Figura 4. 2. Eficiência do uso de água (EUA) e concentração interna de carbono (E) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 7 DAT.....	74
Figura 4. 3. Concentração interna de carbono (C_i) na alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 7 DAT.....	75
Figura 4. 4. Transpiração (A) e taxa de fotossíntese líquida (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 14 DAT.....	76
Figura 4. 5. Condutância estomática (gs) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 14 DAT.....	76

Figura 4. 6. Condutância estomática (gs) da alface, cultivares Valentina (C1) e Alcione (C2), cultivadas em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva aos 14 DAT. Médias \pm Erro padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).	77
Figura 4. 7. Eficiência do uso de água (EUA) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 14 DAT.....	78
Figura 4. 8. Concentração interna de carbono (Ci) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 14 DAT.....	78
Figura 4. 9. Transpiração (A) e taxa de fotossíntese líquida (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 21 DAT.....	80
Figura 4. 10. Condutância estomática (gs) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 21 DAT. Os dados foram transformados por x^2	81
Figura 4. 11. Eficiência do uso de água (A) e concentração interna de carbono (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 21 DAT.	82
Figura 4. 12. Condutância estomática (gs) da alface, cultivares Valentina (C1) e Alcione (C2), em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 21 DAT. Médias \pm Erro padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$). .	83

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 2. 1. Resumo da análise de variância referente às variáveis número de folhas (NF), comprimento de caule (CC), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) aos 7,14 e 21 dias após transplântio (DAT). 37

Tabela 2. 2. Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto e relativo da fitomassa seca e fresca das folhas da alface hidropônica submetida a diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva, no período entre 7 e 21 dias após transplântio (DAT). 44

CAPÍTULO 3

Tabela 3. 1. Resumo da análise de variância para fitomassa fresca das folhas (FFF), fitomassa seca das folhas (FSF), fitomassa fresca do caule (FFC), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa fresca das raízes (FFR) e fitomassa seca das raízes (FSR) aos 7, 14 e 21 DAT. 56

CAPÍTULO 4

Tabela 4. 1. Análise de variância referente às variáveis transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese líquida (A), eficiência do uso de água (EUA) e concentração interna de CO₂ (Ci) da alface hidropônica aos 7,14 e 21 DAT. 71

CAPÍTULO 1

**CONSIDERAÇÕES INICIAIS, OBJETIVOS, REVISÃO DE LITERATURA E
METODOLOGIA**

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O semiárido nordestino apresenta características edafoclimáticas que favorecem a escassez de água superficial, não apenas no que se refere à quantidade disponível, mas também em relação à sua qualidade CAVALCANTE et al., (2011), o que pode limitar ou inviabilizar o seu uso para diversos fins.

Dentro desta perspectiva, as águas subterrâneas têm se tornado uma alternativa ao desenvolvimento socioeconômico dessas regiões; entretanto, como o território nordestino é em mais de 80 % constituído por rochas cristalinas, havendo predominância de águas com teor elevado de sais (CIRILO, 2008). Diante deste cenário, destaca-se a relevância de desenvolvimento de projetos de pesquisa e geração de tecnologias que possibilitem o uso de água com alto teor de salinidade para produção de alimentos (PAULUS et al., 2010).

Assim, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de viabilizar o uso destas águas salinas como insumo para o cultivo hidropônico, sendo o enfoque voltado principalmente para hortaliças folhosas como rúcula, agrião e, sobretudo, alface (PAULUS et al., 2010; SANTOS et al., 2010; SOARES et al., 2010; ALVES et al., 2011; DANTAS, 2012; MACIEL et al., 2012).

Segundo SANTOS (2012), o cultivo hidropônico, em termos de produtividade, é muito superior ao cultivo convencional, podendo alcançar uma produtividade de 46 toneladas por hectare, enquanto a alface cultivada no solo a produtividade gira em torno de 18 toneladas por hectare.

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a planta cultivada em maior escala no cultivo hidropônico através da Técnica do NFT (Nutrient Film Technique ou fluxo laminar de solução) devido à sua fácil adaptação ao sistema (OHSE, et al., 2001). Neste sistema, o solo ou substrato, é substituído por uma solução nutritiva que fornece todos os nutrientes essenciais para o crescimento e o desenvolvimento da planta.

Nos sistemas hidropônicos, os valores de condutividade elétrica (CE) são proporcionais à concentração dos vários íons presentes na solução, este fator pode afetar a extração e o acúmulo de nutrientes pelas plantas, a absorção de água, e ainda a produtividade, o acúmulo de matéria seca e a suscetibilidade a distúrbios fisiológicos (SHANNON, 1997).

Em trabalhos realizados com a alface hidropônico utilizando água salina, SOARES (2007) concluiu que em sistema NFT, a tolerância à salinidade foi maior em

relação ao plantio no solo, pois neste tipo de cultivo o potencial mátrico é desprezível, facilitando deste modo a absorção de água pelas plantas.

Logo, percebe-se a necessidade de explorar ainda mais essa técnica de cultivo com uso de água salina, determinando as cultivares que melhor se adaptam ao sistema. Deste modo, objetiva-se avaliar os efeitos de diferentes níveis de salinidade no cultivo hidropônico de duas cultivares da alface crespa sob variáveis de crescimento, produção e fisiológicas ao longo do estágio de desenvolvimento da cultura.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Recursos Hídricos

A problemática da escassez de água no mundo tem se intensificado ao longo dos anos. Um novo estudo foi divulgado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO), citado por SCHMITT (2015), sobre os efeitos das mudanças no clima que afetarão drasticamente o nível de precipitação na América do Sul até o fim do século 21. Os relatórios “O Estado Mundial da Agricultura e da Alimentação (SOFA, na sigla em inglês) ” e “Mudanças Climáticas e Segurança Alimentar e Nutricional da América Latina e Caribe” mostram uma diminuição de 22% das chuvas no nordeste brasileiro, enquanto o Sul enfrentará um aumento de 25%. A conclusão do estudo é que estas alterações terão importantes efeitos sobre a agricultura latino-americana e caribenha, e será cada vez mais difícil realizar colheitas, criar animais, gerir florestas e pescar nos mesmos locais e da mesma forma que anteriormente.

Estes dados apontam para a importância da gestão dos recursos hídricos no Brasil e no mundo. De acordo com o último relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, da Agência Nacional de Águas (ANA) citado por SCHMITT (2015), a atividade agrícola é responsável pelo uso de 72% dos recursos hídricos utilizados no Brasil, onde grande parte dessa água é utilizada pelas plantas para a manutenção da produção agrícola e pecuária. Logo, o grande desafio atualmente é encontrar alternativas tecnológicas viáveis para o melhor aproveitamento de água de qualidade inferior na agricultura, priorizando água de boa qualidade para funções mais nobres.

No semiárido brasileiro, a predominância de rochas cristalinas no subsolo impõe características salobras e salinas às águas subterrâneas, dificultando seu aproveitamento para consumo humano (BRITO et. al., 2016). No entanto, águas desta natureza, com elevado teor de sais, podem ser utilizadas racionalmente, como alternativa para

agricultura em situações de escassez desde que se apliquem técnicas viáveis que visem uma produção continuada sem ocasionar prejuízos ao plantio e ao solo (DANTAS, 2012).

1.2.2 Efeito dos Sais Sob As Plantas

O meio salino interfere na nutrição mineral das culturas, devido à redução do potencial osmótico da solução, diminuindo a disponibilidade de água para as plantas, além de proporcionar efeito tóxico de certos íons. Em ambientes salinos, o NaCl é o sal predominante e o que causa maiores danos às plantas por causa da absorção excessiva dos íons Na^+ e Cl^- e ao aumento da pressão osmótica que dificulta a absorção de água pelas plantas, levando ao fenômeno conhecido como “seca fisiológica”, diminuindo, assim, a absorção dos nutrientes (JESUS, 2011).

Um efeito imediato do estresse osmótico sobre o crescimento da planta é a inibição da expansão celular, direta ou indiretamente, por meio do ácido abscísico (JOUYBAN, 2012), reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática e, conseqüentemente, redução no crescimento e desenvolvimento das plantas (ALKARAKI et al., 2009).

O excesso de sais na zona radicular tem em geral um efeito deletério no crescimento das plantas que se manifesta por uma equivalente redução na taxa de transpiração e crescimento. A excessiva salinidade reduz o desenvolvimento devido ao aumento de energia que precisa ser despendida para absorver água do solo e ao ajustamento bioquímico necessário para sobreviver sob estresse (HOLANDA et al., 2010). Os efeitos da salinidade do solo e/ou da água já são amplamente discutidos na literatura, especialmente em relação à sua influência na redução da produção (SILVA et al., 2014).

Cada espécie de planta é sensível a maiores ou menores teores de sais na água. Algumas produzem rendimentos aceitáveis com altos níveis de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos (OLIVEIRA et al., 2013).

Nos sistemas de cultivo em solo, o potencial mátrico tem grande contribuição na diminuição do potencial total da água, dificultando a absorção de águas pelas plantas. Esta diminuição é ainda maior quando o potencial mátrico soma-se ao potencial osmótico das águas salobras (CARDOSO & KLAR, 2009).

Para SILVA et al., (2013), no cultivo hidropônico o potencial mátrico é desprezível, o que se constitui numa vantagem quando se utilizam águas salinas, pois

possibilita uma absorção maior de água e nutrientes pelas plantas, com menor gasto energético, para uma mesma quantidade de sais em relação ao cultivo em solo.

1.2.3 Cultivo Hidropônico

A hidroponia é um sistema de cultivo, onde o solo ou substrato é substituído por uma solução nutritiva que fornece todos os nutrientes essenciais para o crescimento e o desenvolvimento da planta. Neste caso, as plantas crescem fixadas em substrato ou são diretamente dispostas em canais de cultivo por onde circula uma solução. O termo hidroponia, significa o cultivo de plantas em meio líquido. É derivado de duas palavras de origem grega: hydro, que significa água, e ponos que significa trabalho.

Essa técnica já tem sido desenvolvida há anos, mas em 1860, o botânico alemão Julius von Sachs demonstrou que a fase sólida do solo pode ser dispensada no cultivo de plantas. Ele preparou, sem saber disso, soluções de sais contendo os nutrientes essenciais para as plantas. Já em 1936, Hoagland & Broyer formularam uma solução nutritiva que, com modificações, ainda é amplamente usada (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

O grande marco da Hidroponia, no entanto, foi a descoberta da técnica NFT (Nutrient Film Technique), pelo inglês Alan Cooper nos anos 70. A técnica NFT define-se como método de produção no qual a planta desenvolve seu sistema radicular parcialmente submerso em fluxo de água reciclada, com dissolução de todos os elementos necessários, denominada solução nutritiva. A solução é bombeada do reservatório, onde se encontra armazenada, aos canais de cultivo, onde escoar por gravidade formando uma pequena lâmina de solução que irá irrigar as raízes das plantas (FURLANI et al., 1999).

Para PAULUS et al., (2010); PAULUS et al., (2012), o cultivo hidropônico pode ser considerado uma alternativa ao cultivo convencional, apresentando vantagens para o consumidor, produtor e para o ambiente, tendo em vista a obtenção de produtos de alta qualidade, maior produtividade, menor gasto de água, de insumos agrícolas e de mão de obra. Os autores ainda apontam a alface (*Lactuca sativa*), como a mais importante hortaliça produzida em sistema hidropônico NFT (fluxo laminar de nutrientes) no Brasil, e asseguram que o uso de soluções nutritivas, preparadas com água de baixa qualidade têm sido consideradas como alternativas para a produção dessa cultura.

Dentre os fatores que contribuíram para uma significativa expansão da hidroponia encontram-se: a produção de hortaliças de ótima qualidade, melhor ergonomia pelo uso de bancadas, aproveitamento de espaço físico, por permitir cultivos sucessivos, menor incidência de pragas e doenças e, portanto, uma menor aplicação de tratamentos

fitossanitários, maior tempo de prateleira para a comercialização do produto, melhor controle do meio nutritivo para o crescimento das plantas e ainda maior aproveitamento de água e nutrientes (FURLANI, 1996; RODRIGUES, 2002; HIDROGOOD, 2007).

1.2.4 Solução Nutritiva

Um aspecto fundamental para o sucesso do cultivo hidropônico é a escolha da solução nutritiva, esta deve ser formulada visando o requerimento nutricional da espécie a ser cultivada, contendo proporções adequadas de todos os nutrientes essenciais para o seu crescimento.

Na perspectiva de se obter a máxima eficiência da cultura, surgiram várias propostas de soluções nutritivas, no entanto, a maioria é preconizada pela solução proposta por Hoagland & Arnon em 1938 (HOAGLAND & ARNON, 1950). Todavia, a mais utilizada atualmente é a solução nutritiva proposta por FURLANI et al., (1999).

A solução nutritiva é composta de macro e micronutrientes (FURLANI et al., 1999; HIDROGOOD, 2007). Cada cultura possui exigência nutricional própria, portanto, não há uma solução nutritiva que seja adequada para todas as culturas. Entretanto, as plantas têm grande capacidade de se adaptarem a diferentes soluções nutritivas, pois a sua absorção dos nutrientes é seletiva. Logo, os limites de pH, a pressão osmótica e proporção entre nutrientes, devem ser considerados para que um não interfira na absorção de outros nutrientes e não ocorram precipitações de compostos insolúveis. Assim, a manutenção de um meio favorável ao desenvolvimento das plantas não envolve apenas a escolha de uma solução apropriada no plantio, mas do seu controle contínuo, o qual determinará a adição de sais, ajuste de pH e substituição periódica de toda a solução (MARTINEZ, 2002).

Devido não ter capacidade tampão, o pH das soluções nutritivas, tende a variar continuamente, não se mantendo dentro de uma faixa ideal para absorção dos nutrientes. As variações de pH que ocorrem na solução nutritiva são ocasionadas devido a absorção diferenciada de cátions e ânions (FURLANI et al., 2009).

Recomenda-se que para o cultivo da alface no sistema NFT, o volume de solução no tanque não deve ser inferior a 1 litro por planta, visando minimizar alterações na concentração dos nutrientes na solução. Logo, o volume de água evapotranspirada deve ser repostado diariamente, bem como efetuado o monitoramento do pH e CE (FAQUIN et al., 1996). Para FAQUIN & FURLANI (1999), o acompanhamento da solução deve ser feito diariamente através de um peagâmetro, mantendo seu valor na faixa de 5,5 a 6,5. Em valores acima de 7,0, geralmente ocorre a precipitação de micronutrientes catiônicos

na solução, induzindo deficiências nas plantas; bem como o controle da CE, pois esta estima quanto há de nutrientes na solução possibilitando deste modo, a realização do ajuste necessário. Os autores também ressaltam a relevância da oxigenação da solução nutritiva para a respiração das raízes.

A vida útil da solução nutritiva de um sistema hidropônico fechado é de três a quatro semanas, dependendo da fase de desenvolvimento da planta e da estação do ano (CASTELLANE & ARAÚJO, 1995).

A circulação da solução nutritiva pelos canais de cultivo é intermitente, a irrigação é controlada por temporizador, utilizando-se períodos de 15 a 20 minutos de circulação e de 10 a 15 minutos de descanso durante o dia (6:00 às 18:00 horas), e a noite (18:00 às 6:00 horas), 15 minutos ligado e 3 a 4 horas desligado (FAQUIN & FURLANI, 1999). Entretanto, BLISKA & HONÓRIO (1996) recomendam, de modo geral, uma frequência de 15 minutos de irrigação, com 15 minutos de intervalo.

1.2.5 Cultura da Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.), segundo RYDER & WITAKER (1976), tem como provável centro de origem o sul da Europa e o oeste da Ásia. Depois de ser difundida por toda Europa, foi introduzida nas Américas, sendo então trazida ao Brasil no ano de 1647, com a vinda dos portugueses.

A alface é herbácea, delicada, com caule diminuto, ao qual se prendem as folhas. Estas são amplas e crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma cabeça, com coloração em vários tons de verde ou roxa, conforme a cultivar, e são essas características que determinam à preferência do consumidor (FILGUEIRA, 2003).

Atualmente, essa folhosa se destaca por ser mais consumida no Brasil e a 3ª maior hortaliça em volume de produção, conforme a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM, 2013). De acordo com a entidade, a alface movimenta anualmente, em média, um montante de R\$ 8 bilhões apenas no varejo, com uma produção de mais de 1,5 milhão de toneladas ao ano, e que o principal segmento em termos de consumo é o da alface crespa (mais de 50% do total).

No entanto, devido principalmente à alta perecibilidade da alface, associada à grande extensão de nosso país, tem-se procurado produzir alface praticamente em todas as regiões, durante o ano todo, com o objetivo de ofertar produto de qualidade diariamente ao consumidor. Em vista disso, cultivares tem sido desenvolvidas e adaptadas para

condições climáticas diferentes, principalmente quanto à temperatura, umidade e fotoperíodo, visando a oferta de produtos o ano inteiro. Para FILGUEIRA, (2008) o uso de novas tecnologias de cultivo tem contribuído para o aumento da produção desta hortaliça, sendo o cultivo hidropônico o mais utilizado atualmente.

No Brasil, 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. Portanto, a escolha de cultivares em hidroponia requer certos cuidados, devendo-se considerar o tipo mais aceito pelo mercado consumidor, a capacidade de adaptação às condições locais de clima, produtividade, qualidade, manejo da cultura, ciclo, resistência às doenças, pragas e ao pendoamento precoce (SCHMIDT, 1999). De acordo com DANTAS (1997), a alface é uma hortaliça exigente em água, onde a quantidade e a qualidade da mesma influem na produtividade.

Conforme AYERS & WESTCOT (1999), a alface pode ser considerada como ‘moderadamente sensível’ à salinidade. Porém, essa tolerância depende da cultivar, do estágio fenológico, do tipo de sais, da intensidade e duração do estresse salino (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Outros fatores que afetam a produtividade da cultura estão diretamente relacionados ao clima. Em regiões quentes, ou em época de verão, se a alface é exposta a temperaturas elevadas durante o crescimento vegetativo, ela passa rapidamente para a fase reprodutiva, ocorrendo o estiolamento (alongamento do caule) e, posteriormente, o surgimento da inflorescência, o que desvaloriza a produção comercial ao promover colheitas antecipadas e de qualidade inferior (FILGUEIRA, 2003).

Da mesma forma que a temperatura, a umidade relativa do ar é citada por FILGUEIRA (2000), como tendo influência sobre a transpiração. A umidade relativa mais adequada ao bom desenvolvimento da alface varia de 60 a 80%, mas em determinadas fases de seu ciclo apresenta melhor desempenho com valores inferiores a 60%. Umidade muito elevada favorece a ocorrência de doenças, fato que constitui um dos problemas da cultura produzida em estufa plástica (CERMEÑO, 1990, citado por RADIN et al., 2004).

1.3 METODOLOGIA

1.3.1 Localização dos experimentos

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 (Figura 1.1). 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%.



Figura 1. 1. Localização do experimento na UFCG.

Fonte: Google Maps, 2018.

1.3.2 Caracterização do ambiente

O experimento foi instalado e conduzido em ambiente protegido (estufa), instalada com o eixo longitudinal no sentido leste - oeste, para reduzir o sombreamento interno. A estufa possuía estrutura em arcos galvanizados, com dimensões de 6,0 m de largura x 10m de comprimento e pé-direito de 3,00m, coberta com filme plástico transparente e laterais envolvidas com telado que permitem a passagem parcial do vento, amenizando a temperatura interna (Figura 1.2).



Figura 1. 2. Vista geral da estufa onde a pesquisa foi desenvolvida.

No interior da estufa possuía 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, encontrava-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 hidroponia fabricados e doados pela empresa Hidrogood, referência em cultivo hidropônico. 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 1.3).

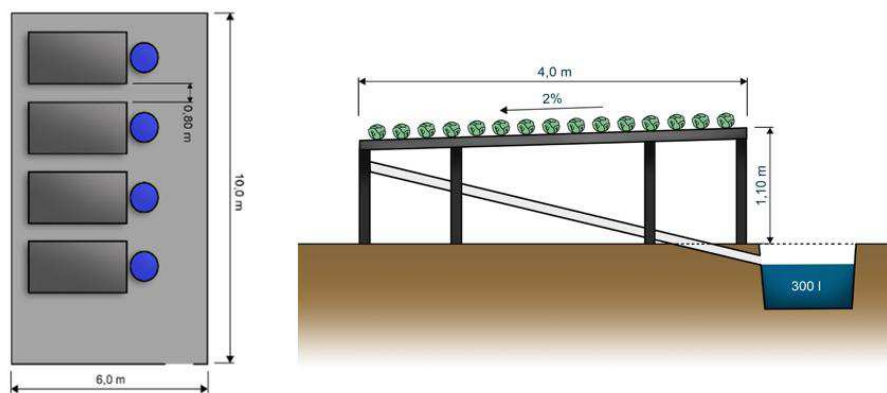


Figura 1. 3. Planta baixa da disposição das bancadas e vista lateral da bancada em sistema NFT.

Nos perfis foram transplantadas 12 plantas de alface espaçadas em 0,25m entre plantas. Os perfis referentes a cada tratamento foram interligados a um reservatório de plástico rígido com capacidade de 300 litros, onde foi armazenada a solução nutritiva.

Para a circulação da solução nutritiva foram utilizadas quatro bombas d'água, para realizar a sucção e recalque da solução do reservatório aos perfis, as bombas trabalham “afogada”, 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 à energia elétrica, que manteve a solução circulando automaticamente.

Os temporizadores foram programados para irrigações a cada 15 minutos durante o dia (BLISKA Jr. & HONÓRIO, 1996), e intervalos de uma hora no período noturno.

1.3.3 Condução dos experimentos e delineamento experimental

O experimento foi instalado em setembro de 2017.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), onde os fatores estudados foram arranjados em esquema fatorial 4 x 2, sendo duas variedades de alface, a Valentina (C1) e a Alcione (C2) tratadas em quatro níveis de condutividade elétrica (1,6; 3,6 ; 5,6 e 7,6 dS m⁻¹), totalizando oito tratamentos com 3 repetições (cada repetição é representada por um perfil). Os perfis foram nomeados com cada tratamento e sua respectiva repetição (C1S1R1, C1S1R2, C1S1R3, C1S2R1, C1S2R2, C1S2R3, C1S3R1, C1S3R2, C1S3R3, C1S4R1, C1S4R2, C1S4R3, C2S1R1, C2S1R2, C2S1R3, C2S2R1, C2S2R2, C2S2R3, C2S3R1, C2S3R2, C2S3R3, C2S4R1, C2S4R2, C2S4R3), onde C representa a cultivar, S representa o nível de salinidade do menor para o maior e R a repetição (Figura 1.4).

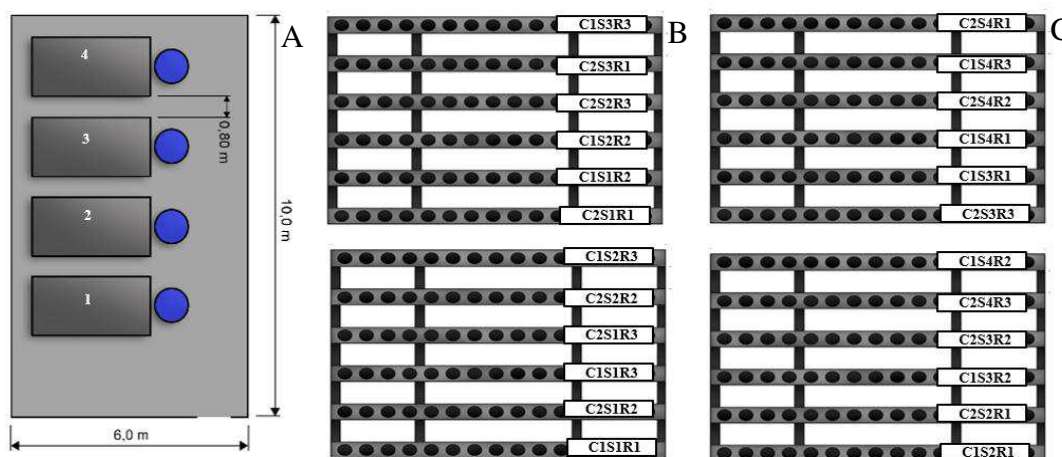


Figura 1. 4. Planta baixa disposição das bancadas (A), delineamento experimental das bancadas 1 e 2 (B) e bancadas 3 e 4 (C).

Em cada repetição foram transplantadas 12 plantas, onde semanalmente utilizou-se três unidades para avaliação. Ressalta-se que foi deixado como bordadura duas plantas de cada perfil, a primeira e a última, com o intuito das plantas terem o mesmo nível de competição por luz e espaço para o seu crescimento normal. Não houve aplicação de agrotóxicos (inseticidas e fungicidas) durante o período de condução do experimento.

A coleta de dados de crescimento, produção e fisiológicos foi realizada a cada 7 dias após transplântio (DAT), totalizando 3 avaliações ao final do experimento (7, 14 e 21 DAT). As coletas de dados foram iniciadas sempre às 8h da manhã.

1.3.4 Cultivares

As cultivares utilizadas no experimento foram do segmento alface crespa, cv. Alcione e cv. Valentina. As sementes utilizadas para produção das mudas foram doadas para o programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. A empresa Tecnoseed sementes, forneceu sementes peletizadas da cultivar Alcione, e a empresa SC TEC, afiliada do grupo Sakata, foi a responsável pelo fornecimento da cultivar Valentina.

As sementes foram semeadas em espuma fenólica (Figura 1.5) e irrigadas nos três primeiros dias com água da chuva, posteriormente procedeu-se com subirrigação com a solução nutritiva proposta por FURLANI et al., (1999) diluída a 50%. O desenvolvimento das mudas ocorreu na estrutura hidropônica da Hortifrut Sempre Verde, localizado no município de Lagoa Seca – PB.



Figura 1. 5. Produção das mudas em espuma fenólica

Quando as mudas alcançaram de 6 a 8 folhas definitivas (Figura 1.6) (aproximadamente 30 dias), foram transportadas para o campus I da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, onde realizou-se o transplântio para bancada hidropônica definitiva da estufa.



Figura 1. 6. Mudas prontas para transplântio

1.3.5 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 composto Hidrogood Fert, que contém todos os macronutrientes: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Magnésio (Mg), Enxofre (S) e micronutrientes: Boro (B), Cobre (Cu), Molibdênio (Mo), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) necessários para o desenvolvimento da cultura. O mesmo foi utilizado junto com o Nitrato de Cálcio e Ferro quelatizado, também da Hidrogood Fert. As recomendações indicadas na embalagem pelo fabricante, para o preparo da solução consiste em adicionar para 1.000 litros de água, 750g Composto Hidrogood Fert + 500/600g Nitrato de Cálcio + 20/30g Fe EDDHA ou EDDHMA.

Para o tratamento S1, a solução foi preparada com água da chuva, devido à baixa salinidade que esta apresenta, tendo em vista que este tratamento será a testemunha e portanto, necessita de água com melhor qualidade e condutividade elétrica (CE) mais baixa. Os demais tratamentos (S2, S3 e S4), foram preparados com água do sistema de abastecimento local de Campina Grande – PB, proveniente da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – CAGEPA, cuja condutividade elétrica encontrava-se em $1,69 \text{ dS m}^{-1}$, sendo, portanto, necessária a adição de NaCl (cloreto de sódio) para alcançar os valores de CE propostos na pesquisa.

O monitoramento das soluções foram realizados diariamente para garantir a condutividade elétrica correta de cada tratamento, a verificação foi realizada através de um condutivímetro de bancada, modelo Mca 150 (Figura 1.6 A), e quando necessário, a mesma foi ajustada através da diluição do tratamento com uma solução nutritiva de ajuste, previamente preparada segundo a recomendação de FURLANI et al., (1999) e armazenada em reservatório extra ou através da adição de NaCl, caso fosse necessário concentrar mais a solução.

Também se realizou o controle diário do pH, através de um pHmetro de bancada, modelo LUCA-210 (Figura 1.6 B), para que o mesmo se mantivesse 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 anotados diariamente utilizando higrômetro digital (Figura 1.6 C).

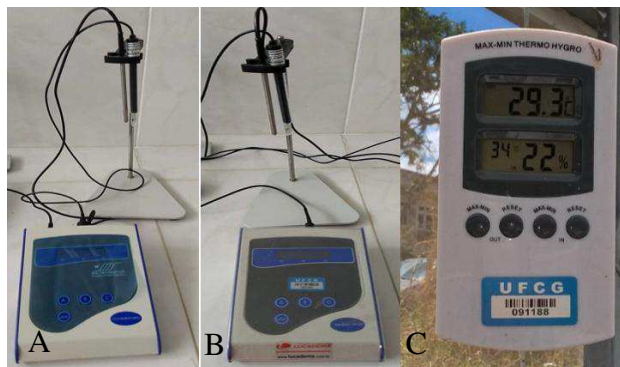


Figura 1. 7. Condutivímetro de bancada modelo Mca 150 (A), medidor de pH modelo LUCA-210 (B) e higrômetro digital (C).

1.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCSEM - Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (2013). Projeto para o levantamento dos dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil.
- Al-Karaki, G., Al-Ajmi, A., Othman, Y. (2009). Response of soilless grown bell pepper cultivars to salinity. *Acta Horticulturae*, 807(2).
- Alves, M. S., Soares, T. M., Silva, L. T., Fernandes, J. P., Oliveira, M. L., & Paz, V. P. (2011). Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 15(5).
- Ayers, R. S., Westcot, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. *Estudos FAO: Irrigação e Drenagem*, 29 Revisado
- Bliska Junior, A., & Honorio, S. L. (1996). Cartilha tecnológica de hidroponia. *Campinas: Unicamp*. 51p.
- Brito, L. T., Pereira, L. A., Melo, R. F. (2016). Disponibilidade hídrica subterrânea. *Agência Embrapa de Informação Tecnológica*.
- Cardoso, G. G. G., Klar, A. E. (2009). Potenciais de água no solo na produção de alface. *Irriga*, 14(2), 170-179.
- Castellane, P. D., Araújo, J. A. C. (1995). Cultivo sem solo – hidroponia. *Jaboticabal: FUNEP*, 43 p.
- Cermeño, Z.S. (1990). Estufas- instalações e manejo. *Lisboa. Litexa Editora, Ltda*. 355 p.
- Cirilo, J.A. (2008). Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido brasileiro. *Universidade de São Paulo, São Paulo*, V.63: 61-82.

- Dantas, R. M. L. (2012). *Hidroponia utilizando águas salobras nos cultivos de agrião e couve chinesa*. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Tecnologia Rural, Recife.
- Dantas, R. T. (1997). *Parâmetros agrometeorológicos e análise de crescimento de alface (Lactuca sativa L.) em ambientes natural e protegido*. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu.
- Epstein, E., Bloom, A. (2006). *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Tradução de M.E.T. Nunes. 2.ed. Londrina: Editora Planta. 403 p.
- Faquin, V., Furlani, P. R. (1999). Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, v. 20, n. 200/201, p. 99-104.
- Faquin, V., Furtini Neto, A.E., Vilela, L.A.A. (1996). *Produção de alface em hidroponia. Lavras: UFLA*. 50p.
- Filgueira, F. A. R. (2008). *Novo manual de olericultura*. Viçosa: UFV, 3º Ed. p.300.
- Filgueira, F. A. R. (2003). *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, 2ª ed.
- Filgueira, F.A.R. (2000). *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, 402 p.
- Furlani, P. R. (1996). *Hidroponia. Instituto Agrônomo de Campinas, Boletim Técnico*. 100: 1-277.
- Furlani, P.R., Silveira, L.C.P., Bolonhezi, D., Faquin, V. (1999). *Cultivo hidropônico de plantas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 52 p. (Boletim Técnico, n. 180).
- Furlani, P.R., Silveira, L.C.P., Bolonhezi, D., Faquin, V. (2009). *Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 2 - Solução Nutritiva*. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidroponiap2/index.htm>. Acesso em: 8/11/2016
- Hidrogood (2007). *Sobre hidroponia*. Disponível: <http://www.hidrogood.com.br>
- Hoagland Dr; Arnon Di. (1950). *The water-culture method for growing plants without soil*. Berkeley, CA: Agric. Exp. Stn., Univ. of California. (Circ. 347).
- Holanda, J. S., Amorim, J. R. A., Ferreira Neto, M., Holanda, A. C. (2010). *Qualidade da água para irrigação*. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.(eds.). *Manejo da*

- salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados*. Fortaleza, CE: INCTSal. p. 43-61.
- Jesus, C. G. (2011). *Estresse salino em rúcula (Eruca sativa Mill.) hidropônica: Aspectos fisiológicos, bioquímicos e nutricionais*. 66p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Tecnologia Rural, Recife.
- Jouyban, Z. (2012). The effects of salt stress on plant growth. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, v. 2, n. 1, p. 7-10.
- Maciel, M. P., Soares, T. M., Gheyi, H. R., Rezende, E. P. L., Oliveira, G. X. S. (2012). Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.165- 172.
- Martinez, H.E.P. (2002). O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa. *Viçosa : UFV*, 61 p. Caderno Didático, n.1.
- Ohse S; Dourado Neto D; Manfron Pa; Santos Os. (2001). Qualidade de cultivares de alface produzidas em hidroponia. *Scientia Agrícola* 58: 181-185.
- Oliveira, F. N.; Torres, S. B.; Benedito, C. P.; Marinho, J. C. (2013). Comportamento de três cultivares de maxixe sob condições salinas. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 6, p. 2753-2762.
- Paulus, D., Dourado Neto, D., Frizzone, J. A.; Soares, T. M. (2010). Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. *Horticultura Brasileira*, v.28, n.1, p.29-35.
- Paulus, D., Dourado Neto, D., Paulus, E. (2012). Análise sensorial, teores de nitrato e de nutrientes de alface cultivada em hidroponia sob águas salinas. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.1, p.18-25.
- Radin, B., Reisser Júnior, C.; Matzenauer, R. (2004). Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.2, p.178-181.
- Rodrigues, L.R.F. (2002). Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido. *Jaboticabal: FUNEP*. 762 p.
- Ryder, E. J.; Whitaker, T. N. (1976). Lettuce. Evolution of crop plants. *New York: Longman Group*. p. 39-41.

- Santos, A. N.; Soares, T. M.; Silva, E. F. F., Silva, D. J. R.; Montenegro, A. A. A. (2010). 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.
- Schmidt, D. (1999). *Soluções nutritivas, cultivares e forma de sustentação de alface cultivada em hidroponia*. 79 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Schmitt, L. F. (2015). *O consumo de água e o futuro da nutrição na agricultura*. Disponível em < <https://www.campograndenews.com.br/artigos/o-consumo-de-agua-e-o-futuro-da-nutricao-na-agricultura> > Acesso em 23 de Janeiro de 2018.
- Shannon, M. C. (1997). Adaptation of plants to salinity. *Advances in Agronomy*, Newark, v. 60, n. 1, p. 75-120.
- Silva, F. V.; Duarte, S. N.; Lima, C. J. G. S.; Dias, N. S.; Santos, R. S. S.; Medeiros, P. R. F. (2013). Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 8, n. 3, p. 476-482.
- Silva, W. P., Almeida, C. D. G. C., Rolim, M. M., Silva, E. F. F., Pedrosa, E. M. R., Silva, V. G. F. (2014). Monitoramento da salinidade de águas subterrâneas em várzea cultivada com cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 4, p. 394-401.
- Soares, T. M. (2007). *Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semiárido brasileiro*. Piracicaba: ESALQ/USP. 268p. Tese Doutorado.
- Soares, T. M.; Duarte, S. N.; Silva, E. F. F.; Jorge, C. (2010). Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.705-714.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2009). *Plant physiology*. 4nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc. Publishers. 848p.

CAPÍTULO 2

**CRESCIMENTO DA ALFACE HIDROPÔNICA CRESPA SOB DIFERENTES
NÍVEIS DE SALINIDADE DA SOLUÇÃO NUTRITIVA**

CRESCIMENTO DA ALFACE HIDROPÔNICA CRESPA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

RESUMO: Objetivou-se com presente trabalho avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade no crescimento de duas cultivares da alface crespa sob cultivo hidropônico. A pesquisa foi realizada em ambiente protegido na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), estado da Paraíba durante o período de 1 a 22 de setembro de 2016. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4×2 , sendo quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (1,6; 3,6; 5,6 e 7,6 dS m^{-1}) e duas cultivares de alface, Valentina (C1) e Alcione (C2), com 8 tratamentos com 3 repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Verificou-se que o número de folhas foi afetado significativamente pela salinidade aos 7DAT, mas que os valores não decresceram com incremento salino. A área foliar apresentou decréscimo aos 21 DAT a partir da CEsn de 3,6 dS m^{-1} . O comprimento do caule foi afetado em todas as épocas, mas o diâmetro não apresentou diferença estatística. As maiores taxas de crescimento (TCA e TCR) foram observadas na CEsn de 3,6 dS m^{-1} para fitomassa seca e fresca das folhas.

Palavras-chave: *Lactuca Sativa* L. Água salina. Hidroponia.

GROWTH OF CRISP HYDROPONIC LETTUCE CULTIVARS UNDER DIFFERENT LEVELS OF SALINITY OF THE NUTRIENT SOLUTION

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effects of different levels of salinity on the growth of two cultivars of crisp lettuce under hydroponic cultivation. The research was performed in a protected environment at the Federal University of Campina Grande (UFCG), state of Paraíba, during in the period from 1 to 22 September 2016. The experimental design was completely randomized (CRD) which involved 4×2 factorial scheme with four levels of electrical conductivity of the nutrient solution (1.6, 3.6, 5.6 and 7.6 dS m^{-1}) and two lettuce cultivars, Valentina (C1) and Alcione (C2),. It was found that the number of leaves was significantly affected by the salinity at 7DAT, but that the values did not decrease with saline increase. The leaf area showed a decrease at 21 DAT from the ECsn of 3.6 dS m^{-1} . The stem length was affected at all times, but the diameter showed no statistical difference. The highest absolute and relative growth rates (TCA and TCR) were observed in the CEsn of 3.6 dS m^{-1} for dry and fresh leaf biomass.

Keywords: *Lactuta Sativa* L. Saline water. Hydroponics.

2.1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos disponíveis encontram-se cada vez mais limitados, e devido este recurso ter papel relevante no desenvolvimento econômico e social de uma região, pode ocasionar frequentes conflitos pelo seu uso.

A agricultura é a atividade responsável pelo consumo de aproximadamente 70% dos recursos hídricos captados de reservatórios superficiais e subterrâneos de todo o mundo (WWAP, 2012). No entanto, o manejo adequado da irrigação possibilita o uso de água de qualidade inferior para atender a demanda da irrigação agrícola (SILVA et al., 2014), priorizando o uso de água de melhor qualidade para fins mais nobres e tornando a produção agrícola menos susceptível às variações climáticas. A prática viabiliza ainda, a implantação de cultivos no período de seca, garantindo colheitas múltiplas e contribuindo positivamente para viabilidade econômica das atividades agrícolas.

No Nordeste do Brasil especificamente, cuja área está inserida em grande parte na região semiárida, uma das barreiras encontradas pelos produtores rurais à cadeia produtiva da alface é a irregularidade das chuvas e a falta de água superficial de boa qualidade, já que essas fontes são consideradas alternativas primárias à irrigação, e tendo em vista que as águas das reservas subterrâneas têm alta concentração de sais (DIAS et al., 2011).

Assim, sendo a qualidade das águas disponíveis nas regiões semiáridas inadequadas para o cultivo da alface, é necessário que se busque alternativas que permitam o uso de água salobra para o cultivo desta hortaliça. LEAL et al., (2008), alegaram que várias práticas podem ser usadas para produzir satisfatoriamente em condições de água com alto teor de sais, dentre as quais se destaca o uso de plantas tolerantes ou ainda o uso de sistemas de cultivo hidropônico, pois neste tipo de cultivo não há efeito da salinidade sobre a matriz do solo, logo, a absorção de água pelas plantas é afetada apenas pelo potencial osmótico da solução nutritiva.

ALBORNOZ et al., (2007) citam ainda como outra vantagem do sistema hidropônico a reciclagem de nutrientes, que além de minimizar custos, atenua a contaminação ambiental ocasionada pela lixiviação na fertirrigação, resultando em economias consideráveis de água e fertilizantes, otimizando o consumo e a eficiência do uso da água nos sistemas de produção agrícola.

Baseado nos argumentos citados, este estudo teve como objetivo analisar as variáveis de crescimento de duas cultivares de alface crespa cultivadas em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva, tendo em vista que a

análise de crescimento, segundo LIEDGENS (1993) é um instrumento que tem sido usado com o objetivo primordial de gerar descrição clara do padrão de crescimento da planta ou de partes dela, permitindo comparações entre situações distintas, podendo ser aplicada às mais diversas modalidades de estudos.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Conforme descrito no Capítulo 1, os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 4 x 2, sendo duas variedades de alface, a Valentina (C1) e a Alcione (C2) tratadas em quatro níveis de condutividade elétrica (1,6, 3,6, 5,6 e 7,6 dS m⁻¹), totalizando oito tratamentos com 3 repetições (cada repetição é representada por um perfil) cada. Em cada repetição foram transplantadas 12 plantas, onde semanalmente utilizou-se três plantas de cada perfil para avaliação. A coleta de dados foi realizada a cada 7 dias após transplântio (DAT), totalizando 3 avaliações ao final do experimento (7, 14 e 21 DAT). As coletas dos dados iniciarão sempre as 8:00 h da manhã. O preparo e manejo da solução nutritiva foram realizados conforme recomendação de FURLANI et al., (1999) para todos os tratamentos.

Determinaram-se aos 7, 14 e 21 dias após transplântio das mudas, o número de folhas, o comprimento do caule, o diâmetro do caule e área foliar de cada planta. O número de folhas (NF) foi determinado através do desfolhamento da planta, para o comprimento do caule (CC) e diâmetro do caule (DC) utilizou-se paquímetro digital, a área foliar (AF), expressa em cm², foi estimada pelo método proposto por BENINCASA (2003), onde uma amostra com área conhecida de 9 cm² foi retirada da folha, e encaminhada para estufa a fim de se obter a massa seca da amostra. Posteriormente, a área foliar total de cada planta foi determinada pela razão entre o produto da área da amostra e a massa seca total das folhas, pela massa seca da amostra (Equação 1).

$$AFT = \frac{\text{Área da amostra} \cdot \text{massa seca das folhas}}{\text{Massa seca da amostra}} \quad \text{Eq. (1)}$$

Com base nos dados foram determinadas as taxas de crescimento absoluto e relativo para fitomassa seca e fitomassa fresca das folhas (Equação 2 e 3) (BENINCASA, 2003).

$$TCR = \left(\frac{\ln B2 - \ln B1}{t2 - t1} \right) \quad \text{Eq. (2)}$$

$$TCA = \left(\frac{B2-B1}{t2-t1} \right) \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que:

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

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

T1 e T2 = representam as épocas de amostragem;

B1 = variável de crescimento no tempo t1 (cm, mm);

B2 = variável de crescimento no tempo t2 (cm, mm);

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014). Os efeitos dos diferentes níveis de salinidade foram avaliados mediante análises de regressão, enquanto o fator cultivar foi comparado pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Na ocorrência de interação entre os fatores, as curvas de regressão foram ajustadas aos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva separadamente para cada cultivar analisada.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2.1 observa-se por meio do resumo da análise de variância o efeito dos fatores estudados, níveis de salinidade (NS), cultivares (C) e interação entre os fatores (NS x C) referente às variáveis número de folhas (NF), comprimento de caule (CC), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) aos 7, 14 e 21 dias após transplântio (DAT). Para o fator salinidade, a variável número de folhas (NF) apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,05$) apenas aos 7 DAT. Já a variável área foliar (AF), apresentou efeito significativo a ($p < 0,01$) apenas aos 21 DAT, ou seja, ao final do ciclo esta variável começou a sofrer influência negativa da salinidade, provavelmente por causa do tempo de exposição ao estresse, o comprimento do caule (CC) por sua vez, foi afetado significativamente ($p < 0,01$) pelos diferentes níveis de salinidade em todas as épocas avaliadas e o diâmetro do caule não apresentou diferença estatística significativa em nenhuma das épocas avaliadas. O fator cultivar isoladamente diferiu estatisticamente entre si a 5% de probabilidade apenas para a variável número de folhas aos 21 DAT. Não houve interação entre os fatores.

Tabela 2. 1. Resumo da análise de variância referente às variáveis número de folhas (NF), comprimento de caule (CC), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) aos 7,14 e 21 dias após transplântio (DAT).

FV	GL	Quadrados médios
----	----	------------------

		NF	AF	CC	DC
Época 1 (7 DAT)					
NS	3	23,8333*	353057,84 ^{ns}	3,6731**	0,1239 ^{ns}
C	1	4,1666 ^{ns}	9919,00 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	0,0840 ^{ns}
NS x C	3	16,2777 ^{ns}	97955,47 ^{ns}	0,3782 ^{ns}	0,1971 ^{ns}
Erro	16	55,833	182604,42	0,3070	0,1886
Total corrigido	23	-	-	-	-
CV (%)		14,69	12,21 ¹	16,21	13,93 ¹
Época 2 (14 DAT)					
NS	3	22,4444 ^{ns}	2036786,13 ^{ns}	3,4351**	0,0130 ^{ns}
C	1	28,1666 ^{ns}	591610,54 ^{ns}	0,0805 ^{ns}	0,0315 ^{ns}
NS x C	3	1,0555 ^{ns}	1311934,58 ^{ns}	0,7076 ^{ns}	0,0422 ^{ns}
Erro	16	82,083	1295106,22	0,3799	0,0158
Total corrigido	23	-	-	-	-
CV (%)		13,64	12,01 ¹	11,71	8,12
Época 3 (21 DAT)					
NS	3	11,6977 ^{ns}	42960398,78**	11,8774**	0,0737 ^{ns}
C	1	161,8242*	31153247,07 ^{ns}	4,5327 ^{ns}	0,0726 ^{ns}
NS x C	3	15,8093 ^{ns}	4289145,93 ^{ns}	1,8691 ^{ns}	0,0150 ^{ns}
Erro	16	26	8714783,48	1,7653	0,0252
Total corrigido	23	-	-	-	-
CV (%)		17,26	15,67 ¹	16,21	9,22

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

2.3.1 Número de folhas (NF)

Aos 7 DAT o efeito dos níveis de salinidade sob o número de folhas da alface pode ser observado na Figura 2.1 A, por meio da qual os dados se ajustaram a reta de regressão linear resultando em um coeficiente de determinação $R^2=0,9657$. Percebe-se que esta variável apresentou um aumento no número de folhas com o incremento salino, havendo um acréscimo de 14 folhas para CEsn 1,6 dS m⁻¹ para 18 folhas na CEsn 7,6 dS m⁻¹. Este aumento no NF com incremento salino pode ter sido uma estratégia da planta para equilibrar a diminuição na área foliar decorrente do estresse salino.

Analisando isoladamente as cultivares, verificou-se que a partir da CEsn 3,6 dS m⁻¹ os maiores valores de NF foram observados para cultivar Alcione (C2) (Figura 2.1B), no entanto, a partir deste nível o número de folhas começou a decrescer com incremento salino, diferentemente da cultivar Valentina (C1), que embora tenha acumulado um

menor número de folhas, apresentou um acréscimo desta variável com incremento salino, sendo, portanto, a cultivar que apresentou aos 7 DAT uma maior adaptação ao estresse (Figura 2.1B). O modelo matemático que mais se ajustou aos dados de ambas as cultivares foi o quadrático (Figura 2.1B).

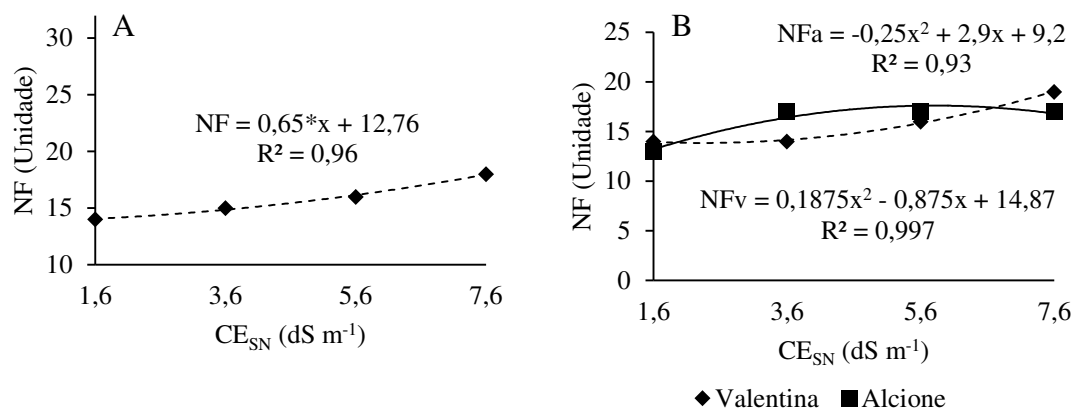


Figura 2. 1. Número de folhas da alface em sistema hidropônico (A) e comportamento da cultivar Valentina e Alcione (B) em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva aos 7 DAT.

Resultado semelhante foi observado por DIAS et al., (2011) trabalhando com o uso de rejeito da dessalinização na solução nutritiva da alface, cultivada em fibra de coco, verificaram um aumento quadrático do número de folhas para o cv. Quatro Estações com incremento salino, e uma redução desta variável para cv. Verônica.

PAULUS et al., (2012), observaram efeito significativo da salinidade sobre o número de folhas de alface cv. Verônica, assim como DIAS et al., (2011a) e SOARES et al., (2007) que registraram perdas relativas no NF de 4,28% por dS m⁻¹ e 4,08% por dS m⁻¹ no cultivo hidropônico de alface crespa.

Aos 14 e 21 DAT não foi observado efeito da salinidade, corroborando com estudo de ANDRIOLO et al., (2005), que estudando o crescimento da alface cv. Vera cultivadas sob cinco níveis de salinidade da CE_{SN}, também não identificaram diferenças significativas no número de folhas por planta. No entanto, as cultivares Valentina (C1) e Alcione (C2) apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$), aos 21 DAT, observa-se na Figura 2.2 que a cv. Valentina se sobressai em relação a cv. Alcione em todos os níveis de salinidade, embora a maior diferença tenha sido no nível mais baixo de salinidade (1,6 dS m⁻¹), decréscimo percentual médio de 28,57% entre as duas.

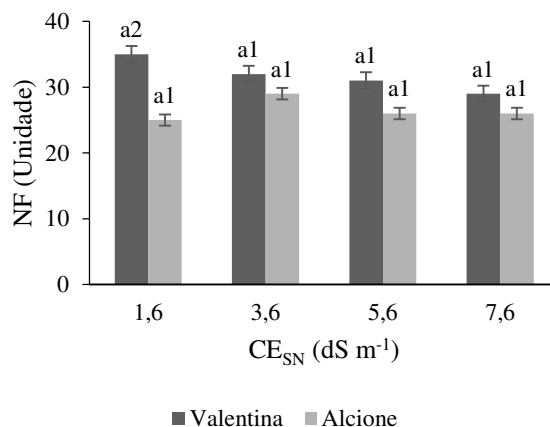


Figura 2. 2. Número de folhas entre as cultivares Valentina (C1) e Alcione (C2) sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva, aos 21 DAT. As letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Segundo MORAES et al., (2014) esta diferença pode estar relacionada, provavelmente, a variação genética das cultivares em relação à tolerância aos sais da solução nutritiva.

2.3.2 Área foliar (AF)

Verifica-se aos 21 DAT que apenas o fator salinidade da solução nutritiva afetou a área foliar (AF) da alface, em que, conforme a equação de regressão, o modelo ao qual os dados se ajustaram de modo mais conciso foi o modelo quadrático, resultando em um coeficiente de determinação $R^2 = 0,6044$ (Figura 2.3). Através dos dados obtidos observa-se um decréscimo na AF de 26,29% das plantas submetidas CESn de 1,6 dS m⁻¹ em relação as plantas irrigadas com CESn de 7,6 dS m⁻¹. No entanto, como a área foliar trata-se de um fator relevante para comercialização desse vegetal, vale ressaltar que onde observou-se os maiores valores de área foliar foi para CESn de 2,0 dS m⁻¹, com um acréscimo de 5,11% em relação ao menor valor de Cesn de 1,6 dS m⁻¹, sendo este valor, portanto, uma estimativa da salinidade limiar nas condições em que o experimento foi conduzido.

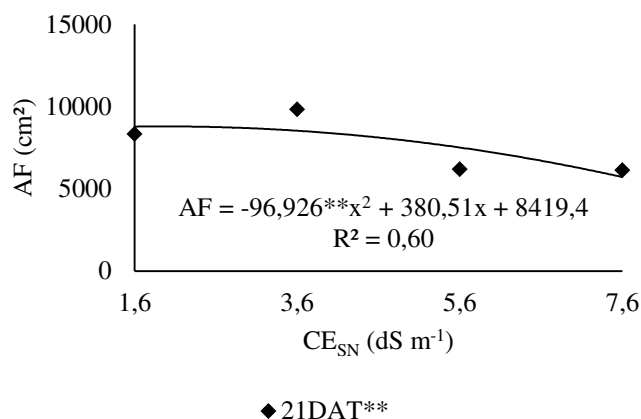


Figura 2. 3. Área foliar da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 21 DAT.

A redução da área foliar com incremento salino constatado neste estudo pode ser justificada segundo afirmação de TAIZ & ZEIGER (2009), de que sob condições de deficiência hídrica induzida pelo efeito osmótico, processo conhecido como seca fisiológica, é usual ocorrer alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, como estratégia para manter a absorção de água e reduzir a taxa transpiratória.

Para SULTANA et al., (2002) o decréscimo que ocorreu na área foliar e na fotossíntese é motivado, provavelmente, pela diminuição do volume celular e, estas reduções contribuem, de certo modo, para adaptação da cultura ao meio salino, uma vez que a redução da área foliar da planta permitirá a conservação de água devido a menor área transpiratória, constituindo um mecanismo de sobrevivência a esse estresse.

Para KERBAUY (2004) a perda relativa da área foliar é causada pela redução na absorção de água pelas plantas em função do estresse salino.

2.3.3 Comprimento do caule (CC)

Houve efeito significativo da salinidade da solução nutritiva ($p < 0,01$) para o comprimento do caule (CC) da alface para todas as épocas avaliadas, observando-se uma redução desta variável com incremento salino, a partir de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$, e um efeito quadrático para dados (CC) em função da C_{esn} (Figura 2.4). Os declínios verificados entre a $C_{esn} = 1,6 \text{ dS m}^{-1}$ e a $C_{esn} = 7,6 \text{ dS m}^{-1}$, aos 7, 14 e 21 DAT foram respectivamente, 46,85, 28,48 e 27,50%, o que demonstra uma alta sensibilidade desta variável à salinidade desde o início do ciclo.

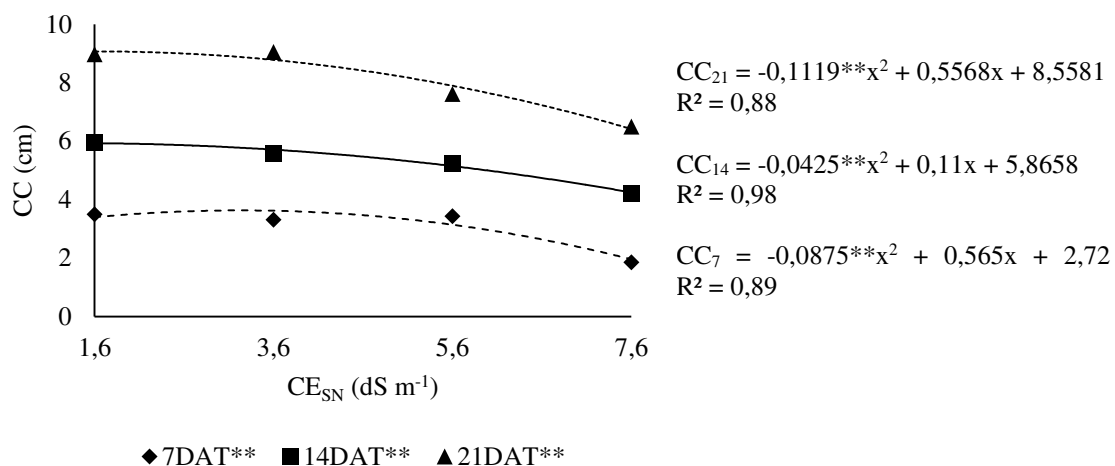


Figura 2. 4. Comprimento do caule da alface em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 7, 14 e 21 DAT.

Resultados semelhantes foram encontrados por OLIVEIRA et al., (2011), avaliando o desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, onde perceberam que a salinidade afetou negativamente o comprimento do caule ($p < 0,01$), e que esta variável foi reduzindo de acordo com o incremento da salinidade, acarretando em perdas que variaram de 56,9% a 79,8%.

2.3.4 Diâmetro do caule (DC)

A variável diâmetro do caule não foi afetada significativamente pelos fatores avaliados neste trabalho, no entanto, como observa-se na Figura 2.5, os dados se ajustaram ao modelo de regressão quadrática, e apresentaram coeficiente de variação de 9,22%, o que confere segurança aos dados coletados segundo PIMENTEL (1985).

Nota-se que embora não tenha ocorrido efeito depreciativo significativo nesta variável, verifica-se um decréscimo nos valores na medida em que se aumentou a concentração de sais na solução nutritiva.

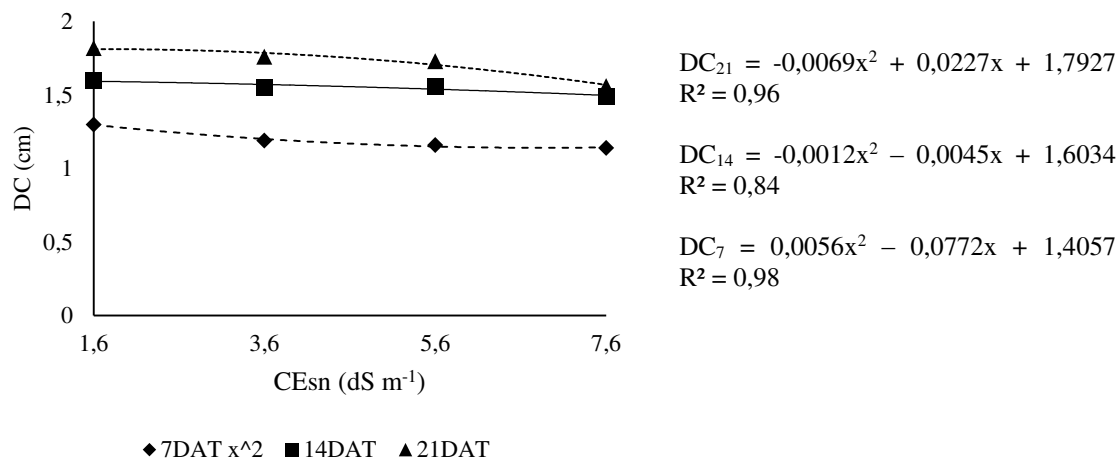


Figura 2. 5. Análise de regressão da variável diâmetro do caule da alface em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 7, 14 e 21 DAT.

HELBEL JUNIOR et al., (2008) corroboram com estudo atual, pois pesquisando os efeitos da salinidade sob a produção hidropônica da alface (cv. Vera) também constataram que a solução nutritiva salinizada ($2,5 \text{ dS m}^{-1}$) reduziu significativamente o diâmetro do caule das plantas, os autores ressaltam que este efeito negativo pode ter sido ocasionado pela pressão osmótica. SANTOS et al., (2010b) observaram efeito linear da salinidade da solução nutritiva sob o diâmetro caulinar, com decréscimos relativos à testemunha ($1,4 \text{ dS m}^{-1}$) de 41,18% para $C_{esn} 5,5 \text{ dS m}^{-1}$.

O efeito reduzido da salinidade da solução nutritiva sobre as variáveis de crescimento pode estar associado aos mecanismos de tolerância de algumas plantas ao estresse salino, dentre eles indução de enzimas antioxidantes, seletividade na acumulação, controle na absorção desses íons pelas raízes e transporte dentro das folhas, exclusão ou compartimentalização de íons específicos nas células (PARIDA & DAS, 2005).

2.3.5 Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) e Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

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 7 e 21 DAT (Tabela 2.2). Verificou-se efeito significativo para o fator salinidade ($p < 0,01$) e para o fator cultivar ($p < 0,05$) para as taxas de crescimento calculadas através da fitomassa seca das folhas, para os dados de fitomassa fresca das folhas as taxas de crescimento não apresentaram diferença estatística significativa para nenhum dos fatores estudados.

Tabela 2. 2. Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto e relativo da fitomassa seca e fresca das folhas da alface hidropônica submetida a diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva, no período entre 7 e 21 dias após transplântio (DAT).

FV	GL	Quadrados médios			
		TCA _{MSF}	TCA _{MFF}	TCR _{MSF}	TCR _{MFF}
NS	3	0,5289**	87,6739 ^{ns}	0,0010**	0,0001 ^{ns}
C	1	0,6176*	9,8176 ^{ns}	0,0012*	0,0000 ^{ns}
NS x C	3	0,2690 ^{ns}	22,8564 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Erro	16	0,1014	30,3660	0,0001	0,0001
Total corrigido	23	-	-	-	-
CV (%)		13,63 ¹	13,35 ¹	12,08	11,68

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

Com relação à taxa de crescimento absoluto e relativo da fitomassa seca das folhas, observou-se que o ponto de máxima produção ocorreu no tratamento que correspondia a CEsn de 3,6 dS m⁻¹ para ambas as cultivares, atingindo uma TCA de 1,94 e 1,16 g dia⁻¹ por planta, respectivamente, para Valentina e Alcione, e a TCR de 0,14 e 0,12 g g⁻¹ dia⁻¹ (Figura 2.6). Verifica-se, no entanto, que a cv. Valentina apresentou uma TCA (Figura 2.6A) e TCR (Figura 2.6B) percentual de 40,20 e 14,28%, respectivamente, maior em relação à cv. Alcione, sendo, portanto, a cv. Valentina a que apresentou melhor adaptabilidade às condições salinas. Já o tratamento com CEsn 5,6 dS m⁻¹, demonstrou as menores taxas de crescimento absoluto e relativo para ambas as cultivares (Figura 2.6).

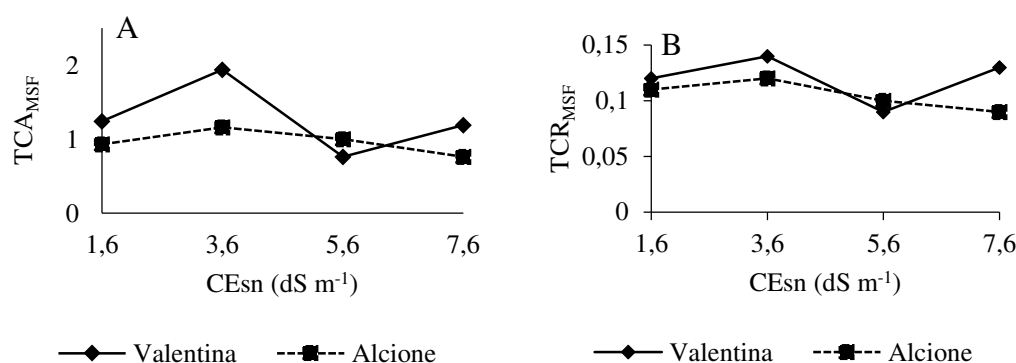


Figura 2. 6. Análise de regressão da taxa de crescimento absoluto (A) e taxa de crescimento relativo (B) da fitomassa seca das folhas da alface hidropônica nos diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva, entre os 7 e 21 DAT.

FAQUIN et al., (1996) encontraram valores semelhantes de taxa de crescimento absoluto cultivando alface Verônica, do tipo cresa, em sistema hidropônico NFT, os

autores encontraram uma TCA máxima no período compreendido entre 15 e 20 dias após o transplântio, em torno de $1,4 \text{ g dia}^{-1}$ por planta.

COMETTI et al., (2008) cultivando alface hidropônica em diferentes concentrações da solução nutritiva recomendada por FURLANI (1997), notaram valores de taxa de crescimento absoluto (TCA) de $1,1 \text{ g dia}^{-1}$ no período compreendido entre 45 e 52 DAS, que corresponde ao período final de produção da cultura, conforme o estudo atual.

Para a fitomassa fresca das folhas, observou-se que embora não tenha apresentado diferença estatística significativa, a TCA e TCR foi decrescente durante o período analisado a partir da CEsn de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ para a cultivar Valentina (Figura 2.7A e 2.7B), contudo, percebe-se que para cultivar Alcione um ponto de máxima produção de fitomassa fresca na CEsn de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ apresentando uma TCA de $27,93 \text{ g dia}^{-1}$ por planta e uma TCR de $0,12 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

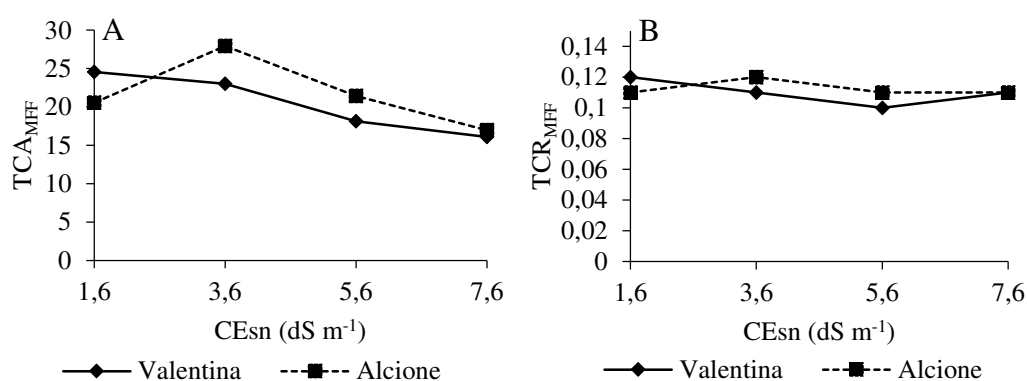


Figura 2.7. Análise de regressão da taxa de crescimento absoluto (A) e taxa de crescimento relativo (B) da fitomassa fresca das folhas da alface hidropônica nos diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva, entre os 7 e 21 DAT.

Do ponto de vista comercial, as folhas frescas apresentam maior importância econômica pois é a parte que mais interessa ao consumidor final, logo, considerando que a taxa de crescimento da cv. Alcione foi superior à da cv. Valentina esta é a mais indicada para o cultivo em condições de salinidade.

Para KUDO et al., (2010) a tolerância à salinidade é variável entre espécies, e até mesmo dentro da espécie (ZHU et al., 2008) depende de diversos fatores, como estágio fenológico (BUSTINGORRI & LAVADO, 2011), intensidade e duração do estresse salino (NEVES et al., 2009).

As taxas de crescimento são indicativos importantes para inferir sobre a contribuição de processos fisiológicos e comportamento vegetal. Reduções nessas taxas

foram verificadas quando ocorre excesso de sais nos tecidos das plantas, com correlação negativa entre as concentrações salinas e o crescimento das plantas (AZEVEDO NETO & TABOSA, 2000; MEDEIROS et al., 2007; GURGEL et al., 2010)

Segundo HUNT, (1990) a TCA fornece uma simples ideia do desenvolvimento pontual individual da planta, e a TCR fornece uma visão instantânea da eficiência de produção de uma planta a partir de uma derivada do crescimento em determinado período. A TCR mostra uma vantagem na interpretação de mudanças no crescimento por não sofrer grandes variações com diferentes períodos analisados. Para COMETTI et al., (2008) a TCR está muito mais relacionada às características genéticas intrínsecas à planta do que às modificações ambientais.

O efeito reduzido da salinidade da solução nutritiva sobre as variáveis de crescimento pode ser atribuído ao sistema de cultivo hidroponia NFT associado aos benefícios da produção sob condições protegidas.

No entanto, o fato dessas variáveis não apresentarem diferenças significativas, indica que o uso de águas salinizadas, não produziu sintomas deletérios que pudessem comprometer a comercialização das plantas, conclusão constatada também por BIONE et al., (2014), ao submeter o manjeriço à salinidade em sistema NFT.

Logo, os resultados confrontam a classificação proposta por AYERS & WESTCOT (1999), que consideram a alface como moderadamente sensível a salinidade. E apesar das altas concentrações de sais presentes na solução nutritiva, as plantas cultivadas em sistema NFT não apresentaram reduções expressivas nos parâmetros de crescimento. Assim, existe a possibilidade de que as plantas de alface cultivadas em hidroponia tenham a capacidade de confinar o excesso de sais em compartimentos com menor atividade metabólica, como raízes e folhas mais velhas, resultando numa capacidade maior de minimizar os efeitos da salinidade sob os parâmetros de crescimento.

1.4 CONCLUSÕES

1. O número de folhas não foi afetado negativamente pelo incremento salino. A área foliar foi afetada negativamente pela salinidade.
2. O comprimento do caule e diâmetro do caule decresceram a partir da condutividade elétrica da solução nutritiva de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$.
3. A taxa de crescimento absoluto e relativo da fitomassa seca das folhas, obteve ponto de máxima produção na CESn de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ para ambas as cultivares.

4. A cultivar 'Valentina' foi a mais indicada para cultivo hidropônico em condições salinas, pois foi a cultivar que demonstrou uma melhor adaptação ao estresse ao longo do ciclo para as variáveis de crescimento.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albornoz, F., Torres, A., Tapia, M. L., Acevedo, E. (2007). Cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hidropônico con agua desalinizada y desborificada en el valle de lluta. *IDESIA, Chile*, v. 25, n.2, p. 73-80.
- Andriolo, J.L., Luz, G.L.D., Witter, M.H., Godoi, R.D.S., Barros, G.T., Bortolotto, O.C. (2005). Growth and yield of lettuce plants under salinity. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 4, p. 931-934.
- Ayers, R. S., Westcot, D. W. (1999). A qualidade da água na agricultura. 2 ed. Campina Grande: UFPB. *Estudos FAO: Irrigação e Drenagem*, 29 Revisado. 153p.
- Azevedo Neto, A. D., Tabosa, J. N. (2000). Estresse salino em plântulas de milho: parte I - análise do crescimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, p.159-164.
- Benincasa M. M. P. (2003). Análise de crescimento de plantas, noções básicas. 2 ed. *Jaboticabal, FUNEP*. 41p
- Bione, M. A., Paz, V. D. S., Silva, F., Ribas, R. F., e Soares, T. M. (2014). Crescimento e produção de manjerição em sistema hidropônico NFT sob salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(12), 1228-1234.
- Bustingorri, C., Lavado, R. S. (2011). Soybean growth under stable versus peak salinity. *Scientia Agrícola*, v.68, p.102-108.
- Cometti, N. N., Matias, G. C. S., Zonta, E., Mary, W., & Fernandes, M. S. (2008). Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico-sistema NFT. *Horticultura Brasileira*, v. 26, n. 2, p. 262-267.
- Dias, N. S., Jales, A. G. O., Sousa Neto, O.N., Gonzaga, M.I.S., Queiroz, I. S. R. Q., Porto, M. A. F. (2011). Uso de rejeito da dessalinização na solução nutritiva da alface cultivada em fibra de coco. *Revista Ceres*, Viçosa-MG, v.58, p.407-410.
- Dias, N. S.; Neto, O. N. S.; Cosme, C. R.; Jales, A. G. O.; Rebouças, J. R. L.; Oliveira, A. M. (2011a). Resposta de cultivares de alface à salinidade da solução nutritiva com rejeito salino em hidroponia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.10, p.991-995.

- Faquin V, Furtini Neto Ae, Vilela Laa. (1996). Produção de alface em hidroponia. *Lavras: UFLA*. 50 p.
- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: A Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2), 109-112. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- Furlani, P. R. (1997). Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT. *Campinas: Instituto Agrônômico*. 30 p. (Boletim técnico, 168).
- Furlani, P. R., Silveira, L. C. P., Bolonhezi, D., & Faquin, V. (1999). Cultivo hidropônico de plantas. *Campinas: Instituto Agrônômico*. 52p. *Boletim técnico, 180*.
- Gurgel, M. T., Uyeda, C. A., Gheyi, H. R., Oliveira, F. H. T., Fernandes, P. D. Silva, F. V. (2010). Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. *Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental*, v.14, p.3-10.
- Helbel Junior, C., Rezende, R., Freitas, P. S. L. D., Gonçalves, A. C. A., & Frizzone, J. A. (2008). Effect of electric conductivity, ionic concentration and flow of nutrient solutions in the production of hydroponic lettuce. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(4), 1142-1147. v. 32, n. 4, p. 1142-1147.
- Hunt R. (1990). *Basic growth analysis*. London: Unwin Hyman. 112 p.
- Kerbauy, G.B. (2004). *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 452p.
- Kudo, N.; Sudino, T.; Oka, M.; Fujiyama, H. (2010). Sodium tolerance of plants in relation to ionic balance and the absorption ability of microelements. *Soil Science and Plant Nutrition*, v.56, p.225-233.
- Leal, I.G., Accioly, A.M. De A., Nascimento, C.W.A. Do, Freire, M.B.G. Dos S., Montenegro, A.A. De A., Ferreira, F. de L. (2008). Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 32, n.4, p.1065-1072.
- Liedgens, M.M. (1993). *Modelos numéricos para a descrição do crescimento da planta de soja (Glycine max L. Merrill, cultivar IAC-15) em condições sazonais diferenciadas*. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 101p.
- Medeiros, J. F., Silva, M. C. C., Sarmiento, D. H. A., Barros, A. D. (2007). Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, p.248-255.

- Moraes, D. P., Fernandes, A. L. M., da Silva Dias, N., Cosme, C. R., & de Souza Neto, O. N. (2014). Rejeito salino e solução nutritiva em alface cultivada em sistema hidropônico. *MAGISTRA*, 26(3), 353-360.
- Neves, A. L. R., Lacerda, C. F., Guimarães, F. V. A., Hernandez, F. F. F., Silva, F. B., Priscoll, J. T., Gheyi, H. R. (2009). Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. *Ciência Rural*, v.39, p.758-765.
- Oliveira, F. D. A., Maria, J. D. O., de Medeiros, J. F., Maracajá, P. B., & de Oliveira, M. K. (2011). Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(8), 771-778.
- Parida, A. K., Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.60, p.324-349.
- Paulus, D., Paulus, E., Nava, G. A., e Moura, C. A. (2012). Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. *Revista Ceres*, v.59 n.1, 110-117.
- Pimentel, F.G. (1985). Curso de Estatística Experimental. *Nobel, São Paulo, Brasil*. 1985. 467p.
- Silva, J., Medeiros, J., Alves, S., Oliveira, F., Silva Junior, M. J., & Nascimento, I. (2014). Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18.
- Soares, T. M., Silva, E. F. F., Duarte, S. N., Melo, R. F., Jorge, C. A., Bomfim-Silva, E. M. (2007). Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. *Irriga, Botucatu*, v.12, n.2, p.235-248.
- Sultana, N., Keda, T., Kashem, M. A. (2002). Effect of seawater on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Photosynthetica*, v.40, n.1, p.115-119.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2009). Fisiologia vegetal. 4ed. *Porto Alegre: Artmed*, 819p.
- WWAP - World Water Assessment Programme. (2012). The United Nations world water development report 4: Managing water under uncertainty and risk. vol.1. *Paris: UNESCO*. 380p.

Zhu, J., Zhilong, B., Li, Y. (2008). Physiological and growth responses of two different salt-sensitive cucumber cultivars to NaCl stress. *Soil Science Plant Nutrition*, v.54, p.400-407.

CAPÍTULO 3

**PRODUÇÃO DE ALFACE CRESPA CULTIVADA EM HIDROPONIA SOB
DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA SOLUÇÃO NUTRITIVA**

PRODUÇÃO DE ALFACE CRESPA CULTIVADA EM HIDROPONIA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de diferentes níveis de salinidade na produção de duas cultivares de alface crespa sob cultivo hidropônico. A pesquisa foi realizada em um ambiente protegido na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), estado da Paraíba, durante o período de 1 a 22 de setembro de 2016. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4×2 com quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (1,6, 3,6, 5,6 e 7,6 dS m^{-1}) e duas cultivares de alface, Valentina (C1) e Alcione (C2), que totalizaram 8 tratamentos com 3 repetições. As variáveis avaliadas foram fitomassa fresca e seca de folhas, hastes e raízes. Os resultados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), e os dados das variáveis quantitativas foram submetidos ao teste de regressão. Observou-se que a fitomassa das folhas frescas e a fitomassa do caule fresco foram significativamente afetadas pela salinidade em todos os períodos avaliados. Contudo, o fator cultivar apresentou uma diferença estatística significativa apenas para a fitomassa das raízes. Concluiu-se que, embora algumas variáveis tenham sido significativamente afetadas pela salinidade da solução nutritiva, a produção de alface hidropônica foi satisfatória no sistema NFT para condutividade elétrica até $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ para variáveis com relevância comercial.

Palavras-chave: Condutividade elétrica. Fitomassa. *Lactuca sativa L.*

PRODUCTION OF HYDROPONIC LETTUCE UNDER DIFFERENT SALT LEVELS OF NUTRITIVE SOLUTION

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effects of different levels of salinity on the production of two cultivars of crisp lettuce under hydroponic cultivation. The research was performed in a protected environment at the Federal University of Campina Grande (UFCG), state of Paraíba, during in the period from 1 to 22 September 2016. The experimental design was completely randomized (CRD) which involved 4×2 factorial scheme with four levels of electrical conductivity of the nutrient solution (1.6, 3.6, 5.6 and 7.6 dS m^{-1}) and two lettuce cultivars, Valentina (C1) and Alcione (C2), that totalized 8 treatments with 3 replicates. The evaluated variables were fresh and dry biomass of leaves, stems and roots. The results were subjected to analysis of variance by F-test ($p < 0.05$), the averages were compared by Tukey's test ($p < 0.01$ and $p < 0.05$), and quantitative variables data were submitted to regression test. It was observed that the fresh leaves biomass and fresh stem biomass were significantly affected by salinity in all evaluated period. However, cultivar factor singly presented significant statistical difference only for fresh root biomass. It was concluded that, although some variables were significantly affected by the salinity of the nutritive solution, the hydroponic lettuce production was satisfactory in NFT system for electrical conductivity up to 3.5 dS m^{-1} for variables with commercial relevance.

Keywords: Electric conductivity. Phytomass. *Lactuca sativa* L.

3.1 INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro apresenta características edafoclimáticas semelhantes a outras regiões semiáridas do mundo, como secas periódicas, solos superficiais, arenosos, salinos e pobres em nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, temperaturas médias entre 23 e 27 ° C, baixa precipitação, e ainda está localizado principalmente em embasamento cristalino, o que tende a causar a salinização de águas subterrâneas (REBOUÇAS, 1997), conforme demonstrado no estudo de ANDRADE JUNIOR et al., (2006), onde afirmam que poços que exploram água armazenada em fraturas do cristalino podem ter condutividade elétrica acima de 15 dS m⁻¹. Portanto, é necessário, de acordo com ANDRADE et al., (2012), a adoção da prática de irrigação para que as culturas exploradas consigam um desenvolvimento adequado e produtividades economicamente competitivas.

FAGERIA (1989), enfatiza a importância de usar culturas tolerantes à salinidade como uma das soluções para a reincorporação de áreas salinizadas ao cenário produtivo, considerando que o uso de água salinizada pode causar alterações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas que não possuem tolerância, comprometendo o crescimento, o ciclo da cultura e sua produtividade (SILVA et al., 2010).

Diante dessa perspectiva, estudos sobre o problema foram desenvolvidos com o objetivo de viabilizar o uso de águas salinizadas como insumo para cultivo hidropônico. Neste caso, o principal vegetal que tem sido foco de pesquisa é a alface (PAULUS et al., 2010; SANTOS et al., 2010; ALVES et al., 2011; MACIEL, 2012).

De acordo com PAULUS et al., (2010), a alface (*Lactuca sativa L.*) é a cultura mais produzida no sistema hidropônico no Brasil através da técnica do filme nutritivo (NFT). Neste sistema, o solo ou substrato é substituído por uma solução nutritiva que fornece todos os nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta.

Em estudos realizados com alface hidropônica utilizando solução nutritiva salinizada, SOARES (2007) descobriu que em sistema NFT, havia uma maior tolerância à salinização em relação ao plantio no solo, pois neste tipo de cultivo o potencial matricial é zero, estabelecendo um maior potencial total de água disponível que facilita a absorção de água pelas plantas.

OLIVEIRA et al., (2011) avaliando o desempenho das cultivares de alface submetidas à salinidade, observaram redução no desenvolvimento das plantas com o aumento da salinidade da água, mas ressaltam que o nível de resposta variou entre as cultivares estudadas.

Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva sobre o acúmulo de fitomassa de duas cultivares de alface crespa sob cultivo hidropônico.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Conforme descrito no Capítulo 1, os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 4 x 2, sendo duas variedades de alface, a Valentina (C1) e a Alcione (C2) tratadas em quatro níveis de condutividade elétrica (1,6, 3,6, 5,6 e 7,6 dS m⁻¹), totalizando oito tratamentos com 3 repetições (cada repetição é representada por um perfil) cada. Em cada repetição foram transplantadas 12 plantas, onde semanalmente utilizou-se três plantas de cada perfil para avaliação. A coleta de dados foi realizada a cada 7 dias após transplântio (DAT), totalizando 3 avaliações ao final do experimento (7, 14 e 21 DAT). O preparo e manejo da solução nutritiva foi realizada conforme recomendação de FURLANI et al., (1999) para todos os tratamentos. Determinaram-se aos 7, 14 e 21 dias após transplântio das mudas, o número de folhas, o comprimento do caule, o diâmetro do caule.

As variáveis de acúmulo de fitomassa foram avaliadas aos 7, 14 e 21 dias após o transplântio (DAT). Foram analisadas as fitomassas fresca e seca de folhas, caule e raiz. As análises foram destrutivas, onde três plantas foram coletadas em cada parcela que se refere a uma unidade experimental composta. Para avaliar a fitomassa fresca, as plantas foram removidas do sistema de cultivo hidropônico para separação das folhas, caules e raízes, e posteriormente a pesagem utilizando uma balança digital com precisão de 0,0001 g. Depois de pesadas, as amostras foram armazenadas em sacos de papel, identificadas e colocadas em estufa de circulação de ar forçada a 60 ° C até atingir peso constante. Mais tarde as amostras foram novamente pesadas separadamente para registrar a fitomassa seca.

Os resultados foram submetidos a análise de variância pelo teste F em 5% de probabilidade ($p < 0,05$); quando significativo, para as variáveis qualitativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para as variáveis quantitativas, os dados foram submetidos ao teste de regressão ($p < 0,05$). Na análise utilizou-se o software SISVAR (FERREIRA, 2014).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Realizou-se uma análise de variância aos 7, 14 e 21 dias após o transplântio (DAT), onde os resultados podem ser observados na Tabela 3.1. Houve efeito

significativo dos níveis de salinidade (NS) para fitomassa fresca das folhas (FFF) e fitomassa seca do caule (FSC) nos períodos avaliados. A variável de fitomassa seca das folhas (FSF) mostrou diferença significativa aos 14 DAT, enquanto a fitomassa seca do caule (FSC) diferiu aos 21 DAT para os tratamentos de salinidade aplicados. A fitomassa fresca da raiz (FFR) mostrou uma diferença estatisticamente significativa para NS apenas aos 7 DAT, e a fitomassa seca da raiz (FSR), por sua vez, foi afetada no final do ciclo, aos 21 DAT.

Analisando as cultivares (C) percebeu-se que não houve diferença estatisticamente significativa para FSF e FSR durante a pesquisa, no entanto, para FFR as cultivares diferiram estatisticamente ao longo do ciclo. A FFF e FSC apresentaram diferença estatística apenas em 21 DAT e FSF diferiram para os diferentes tratamentos aos 7 e 14 DAT. Houve efeito de interação (NS × C) para FSF em 14 DAT e FSC em 21 DAT.

Tabela 3. 1. Resumo da análise de variância para fitomassa fresca das folhas (FFF), fitomassa seca das folhas (FSF), fitomassa fresca do caule (FFC), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa fresca das raízes (FFR) e fitomassa seca das raízes (FSR) aos 7, 14 e 21 DAT.

FV	GL	Quadrados médios					
		FFF (g)	FSF (g)	FFC (g)	FSC (g)	FFR (g)	FSR (g)
Época 1 (7 DAT)							
NS	3	479.59*	0.7951 ^{ns}	4.2933**	0.0021 ^{ns}	46.19**	0.1229 ^{ns}
C	1	70.04 ^{ns}	0,0651 ^{ns}	0.0051 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	39.34**	0.1232 ^{ns}
NS × C	3	18.4861 ^{ns}	0.6451 ^{ns}	0,1826 ^{ns}	0.0037 ^{ns}	12.34 ^{ns}	0.0615 ^{ns}
Erro	14	127.66	0.2554	0.4799	0.0035	8.4177	0.0562
Total corrigido	23	-	-	-	-	-	-
CV (%)		15.56	13.06	16.20	16.14	12.11	17.26
Época 2 (14 DAT)							
NS	3	6588.15**	3.8797**	74.4346**	0.0671 ^{ns}	129.65 ^{ns}	0.1097 ^{ns}
C	1	2101.69 ^{ns}	0.8288**	14.3067 ^{ns}	0.0600 ^{ns}	551.61**	0.2204 ^{ns}
NS × C	3	1133.58 ^{ns}	1.0118 ^{ns}	0.0892 ^{ns}	0.0328 ^{ns}	46.43 ^{ns}	0.0705 ^{ns}
Erro	14	1189.29	0.0615	90.335	0.0284	45.13	0.1868
Total corrigido	23	-	-	-	-	-	-
CV (%)		16.66	2.59	22.69	25.72	13.57	21.19
Época 3 (21 DAT)							
NS	3	23088.29*	159.49**	718.87**	0.7586**	56.27 ^{ns}	1.2454*
C	1	2725.76 ^{ns}	83.88 ^{ns}	653.33**	3.1682**	909.58**	0.0400 ^{ns}
NS × C	3	4360.87 ^{ns}	40.28 ^{ns}	133.01 ^{ns}	0.2692 ^{ns}	2.0985 ^{ns}	0.0946 ^{ns}
Erro	14	7103.66	35.69	97.30	0.0555	87.1732	0.3159
Total corrigido	23	-	-	-	-	-	-
CV (%)		22.29	28.81	31.55	13.29	12.24	17.15

Nota. FV: Fonte de variação; GL: grau de liberdade; NS: níveis de salinidade; C: cultivares; DAT: dias após o transplante; CV: coeficiente de variação. *, **, ns. Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

3.3.1 Fitomassa de folhas

Com relação à fitomassa fresca das folhas (FFF) de alface, houve um efeito significativo dos níveis de salinidade (NS) aos 7, 14 e 21 DAT e não houve diferença estatisticamente significativa para o fator cultivar (C) individualmente. Não houve interação estatística entre os fatores estudados (NS × C) nos períodos avaliados. Para 7 e 21 DAT o efeito da salinidade foi significativo a 5% de probabilidade e para 14 DAT foi observada uma diferença estatística a 1% de probabilidade pelo teste F.

Observou-se um efeito quadrático para dados de fitomassa fresca em função da salinidade da solução nutritiva (Figura 3.1). Aos 7 DAT ocorreu uma diminuição na fitomassa fresca de alface para tratamento com 7,6 dS m⁻¹ em relação à condutividade elétrica da solução nutritiva de 1,6 dS m⁻¹. Da mesma forma ocorreu aos 14 e 21 DAT (Figura 3.1), onde as diminuições foram de 28,68 e 25,05%, respectivamente.

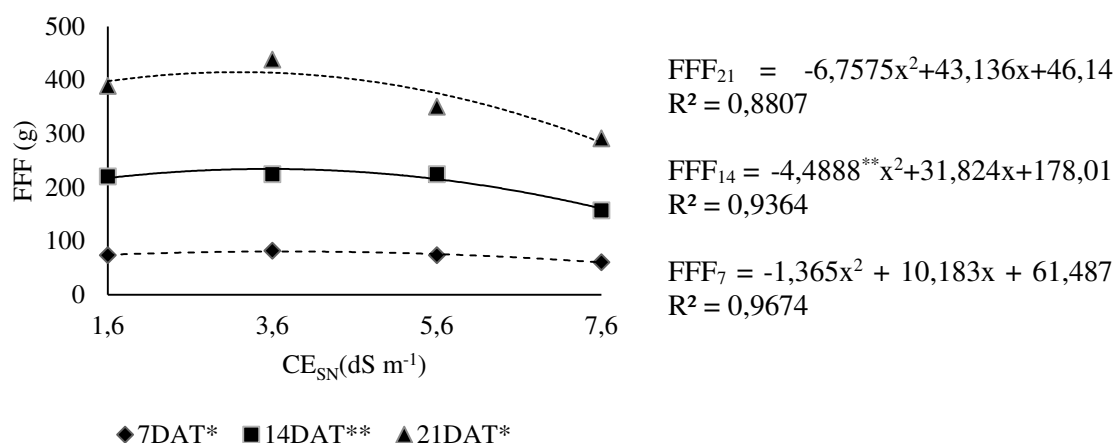


Figura 3. 1. Fitomassa fresca das folhas (FFF) de alface em função da condutividade elétrica da solução nutritiva aos 7, 14 e 21 DAT.

Verificou-se que a máxima produção de fitomassa fresca das folhas ocorreu, aos 7 DAT, para o tratamento com CE_{SN} de 3,7 dS m⁻¹. Aos 14 e 21 DAT, a maior produção ocorreu em 3,5 e 3,2 dS m⁻¹, respectivamente. Observa-se que produção durante o ciclo de cultivo da alface diminuiu com o aumento da condutividade elétrica.

Este resultado demonstrou que a exposição ao estresse salino interfere nas funções fundamentais da planta, como a fotossíntese e síntese proteica (PARIDA et al., 2005). O estresse salino ainda inibe o crescimento das plantas por efeito osmótico, restringindo a disponibilidade de água por toxicidade e distúrbio nutricional, além das modificações morfológicas, estruturais e metabólicas indutivas (VIANA et al., 2004).

As cultivares estudadas não apresentaram diferença estatística significativa. No entanto, em valores absolutos, a cultivar Alcione apresentou a média mais alta em comparação com a cultivar Valentina para todos os níveis de salinidade da solução.

Os resultados obtidos foram semelhantes aos HEIDARI (2012) e BIONE et al., (2014), os autores observaram em suas pesquisas com manjeriço em cultivo hidropônico uma redução significativa da fitomassa fresca ao usar solução nutritiva salinizada. REBOUÇAS et al., (2013) também relataram influência significativa da salinidade da água de irrigação na fitomassa fresca de coentro em cultivo hidropônico, causando uma diminuição dessa variável de 0,48 para 0,13 para eletricidade de 2,55 a 12,34 dS m⁻¹, respectivamente. Estes resultados são compatíveis com os obtidos no presente estudo, fato que possivelmente está relacionado à tolerância da cultura à salinidade.

Para a variável fitomassa seca das folhas (FSF), observou-se um efeito significativo ($p < 0,01$) entre os diferentes níveis de salinidade (NS) da solução nutritiva apenas aos 14 e 21 DAT. Entre as cultivares, houve uma diferença significativa ($p < 0,01$) apenas em 14 DAT, como uma interação estatística entre os fatores avaliados (NS × C) no mesmo período.

Um ajuste quadrático foi realizado para dados FSF em relação aos tratamentos aplicados e apresentou um coeficiente de determinação de 0,99, 0,64 e 0,70 para 7, 14 e 21 DAT, respectivamente (Figura 3.2).

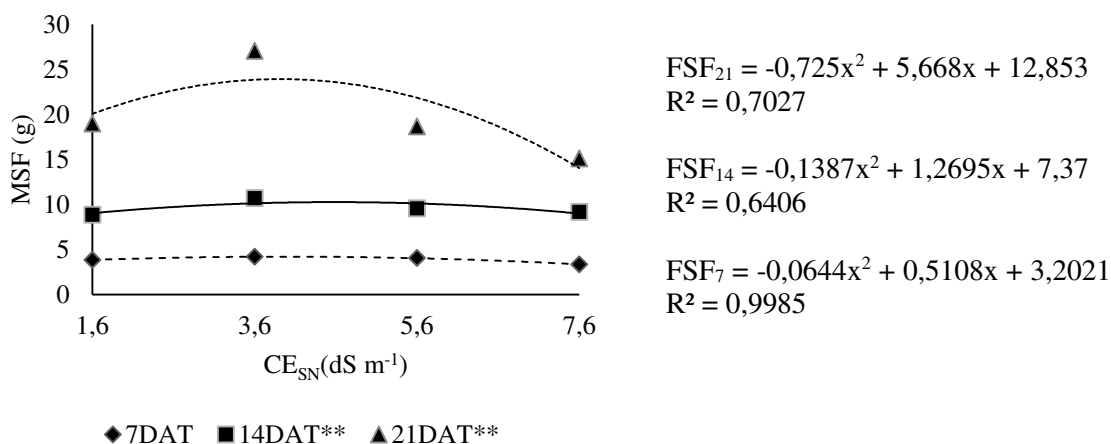


Figura 3. 2. Fitomassa seca das folhas (FSF) de alface em função da condutividade elétrica da solução nutritiva às 7, 14 e 21 DAT.

O teste de comparação de média para FSF demonstrou maior acúmulo de fitomassa para a cultivar Alcione (C2) sob salinidade de 3,6 dS m⁻¹ aos 14 DAT, com

aumento de 10,19% em relação a cultivar Valentina. Observou-se tendência semelhante para a salinidade de 5,6 e 7,6 dS m⁻¹ (Figura 3.3).

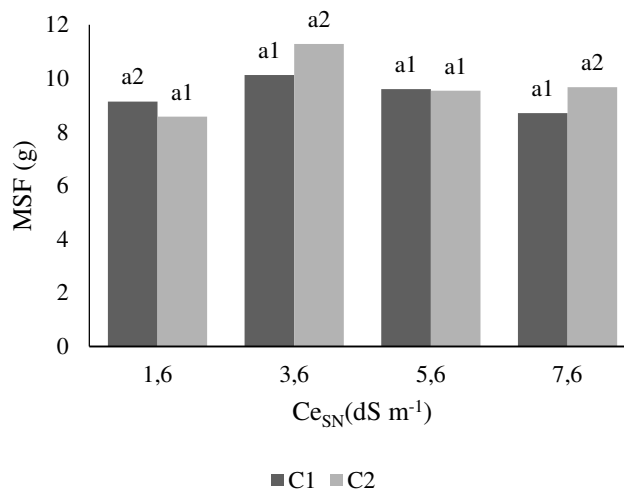


Figura 3. 3. Fitomassa seca das folhas (FSF) para as cultivares Valentina (C1) e Alcione (C2) sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva aos 14 DAT. As letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De acordo com TESTER E DAVENPORT (2003), o efeito osmótico causado pela salinidade e desequilíbrio iônico por causa do excesso de Na⁺ e Cl⁻ causa um suprimento inadequado de nutrientes, o que pode levar a uma diminuição da fitomassa fresca e seca de algumas plantas. Esta decadência ainda pode ser uma consequência do potencial osmótico da solução nutritiva salinizada, porque nessas condições a inibição da absorção de água e da capacidade fotossintética das plantas ocorre devido a fatores como a desidratação das membranas celulares, toxicidade do sal, redução do suprimento de CO₂ e mudanças nas atividades enzimáticas (IYENGAR & REDDY, 1996).

3.3.2 Fitomassa do caule

Houve um efeito significativo ($p < 0,01$) dos níveis salinos (NS) na fitomassa fresca do caule (FFC) aos 7, 14 e 21 DAT. As cultivares (C) diferiram estatisticamente ($p < 0,01$) entre si apenas aos 21 DAT. Não houve interação estatística entre os fatores (NL × C) para nenhum dos períodos avaliados.

Observou-se um efeito quadrático para FFC que apresentou um coeficiente de determinação de 0,9 (Figura 3.4). Os efeitos deletérios da salinidade para esta variável foram notórios, onde houve uma tendência de redução significativa no acúmulo de fitomassa a partir de 7 DAT, com uma diminuição de 38,38% quando comparada ao

tratamento com CEsn de 1,6 dS m⁻¹ (S1) e CEsn de 7,6 dS m⁻¹ (S4). Os efeitos da salinidade aumentaram à medida que o tempo de exposição da cultura à salinidade aumentou, como mostrado na Figura 3.4, que aos 14 e 21 DAT a diminuição relativa entre S1 e S4 aumentou 49 e 54%, respectivamente.

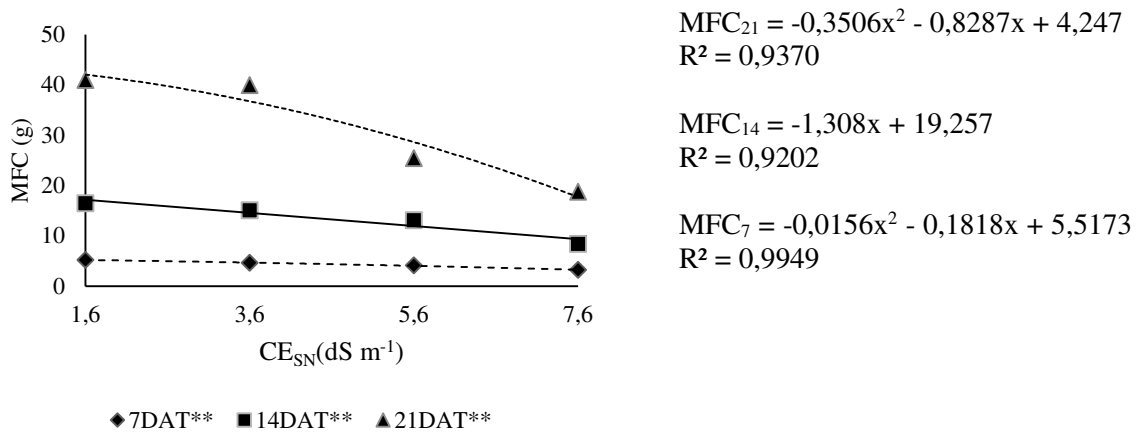


Figura 3. 4. Fitomassa fresca do caule (FFC) de alface em função da condutividade elétrica da solução nutritiva às 7, 14 e 21 DAT

No final do ciclo da cultura, a susceptibilidade das cultivares à solução nutritiva ficou evidente quando ocorreu uma redução significativa na fitomassa do caule fresco com aumento da salinidade (Figura 3.5). No entanto, observou-se que a fitomassa do caule fresco da cultivar Alcione (C2) apresentou os menores valores para todos os níveis de salinidade em relação à cultivar Valentina (C1), com queda de 46,10, 12,42, 22,33 e 26,10% para os níveis de CEsn 1,6, 3,6, 5,6 e 7,6 dS m⁻¹, respectivamente. Esses resultados indicaram que condições prolongadas de salinidade produziram efeitos em ambas as cultivares.

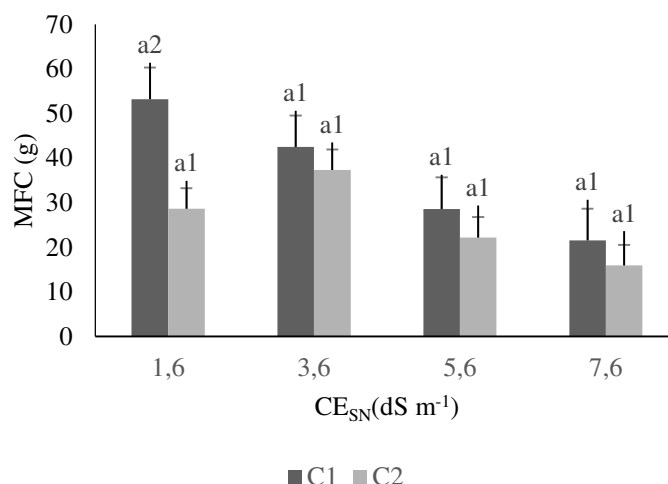


Figura 3. 5. Fitomassa fresca do caule (FFC) para as cultivares Valentina (C1) e Alcione (C2) sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva aos 21 DAT. As letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A fitomassa seca do caule (FSC) mostrou uma diferença estatística significativa ($p < 0,01$) entre os níveis de salinidade (NS), entre as cultivares (C) e a interação estatística entre os fatores (SL \times C) apenas a 21 DAT. Esses resultados sugerem que essa variável foi influenciada pelos níveis de salinidade da solução nutritiva em função do tempo. Os dados de FSC apresentou um efeito quadrático (Figura 3.6).

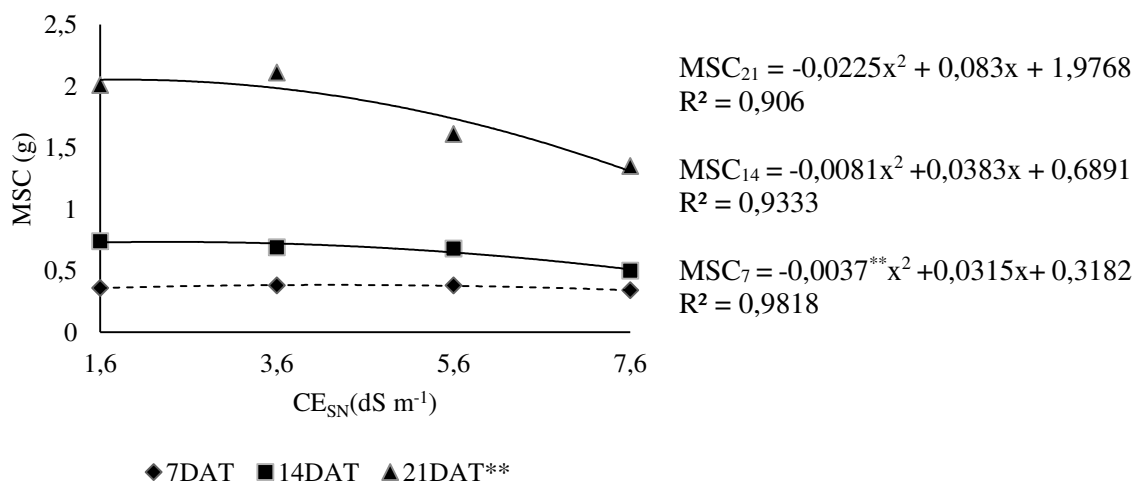


Figura 3. 6. Fitomassa seca do caule (FSC) de alface em função da condutividade elétrica da solução nutritiva aos 7, 14 e 21 DAT.

REBOUÇAS et al., (2013) corroboram com os resultados deste estudo, pois identificaram uma diminuição na fitomassa do caule fresco de 0,62 a 0,15 g de planta⁻¹

quando submetidas as condutividades de 2,55 e 12,34 dS m⁻¹, respectivamente, contudo, informam que a diferença não foi estatisticamente significativa para o incremento salino.

O declínio significativo desta variável pode ser justificado de acordo com TAIZ & ZEIGER (2009), devido à alta concentração de sal da solução nutritiva o processo fisiológico foi prejudicado e, conseqüentemente, provocou a inibição da atividade meristemática e o alongamento celular das plantas.

3.3.3 Fitomassa da raiz

Observou-se um efeito estatístico significativo ($p < 0,01$) para a fitomassa fresca das raízes da alface (FFR) para os diferentes níveis de salinidade apenas aos 7 DAT. Houve diferença significativa ($p < 0,01$) entre as cultivares para todos os períodos avaliados, no entanto, nenhum efeito de interação foi observado. Embora não tenha havido diferença significativa entre os níveis de salinidade aos 14 e 21 DAT, os dados foram ajustados ao modelo de regressão quadrática, com coeficientes de determinação $R^2 = 0,9652$ e $R^2 = 0,8594$, respectivamente (Figura 3.7).

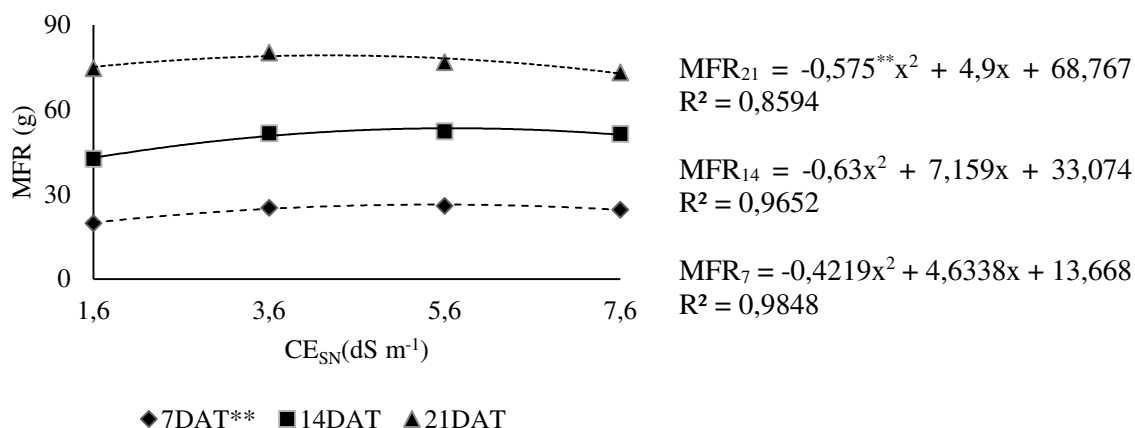


Figura 3. 7. Fitomassa fresca das raízes (FFR) de alface em função da condutividade elétrica da solução nutritiva às 7, 14 e 21 DAT.

De acordo com MUNNS (1993), o crescimento do sistema radicular das culturas geralmente é menos afetado do que a parte aérea. Portanto, a diferença observada aos 7 DAT pode ser justificada devido a susceptibilidade da planta resultante do estresse salino inicialmente sofrido; posteriormente, desenvolveu provavelmente um mecanismo de ajuste osmótico que favoreceu uma maior tolerância das raízes à salinidade, o que explica a não significância dos dados para os diferentes níveis de sais após os 14 e 21 DAT. SHALHEVET et al., (1995) afirmaram que um mecanismo de ajuste osmótico mais

rápido favorece uma perda de turgor mais lenta das raízes quando comparada à parte aérea.

PAULUS et al., (2010) em uma pesquisa com a alface em cultivo hidropônico usando água salina relataram que o efeito da salinidade nas raízes é menor quando comparado à parte aérea da alface em sistemas hidropônicos, corroborando com o presente estudo, uma vez que, as raízes não foram significativamente afetadas pelo aumento salino da solução nutritiva aos 14 e 21 DAT.

Além disso, a cultivar Alcione (C2) apresentou as maiores médias de fitomassa fresca das raízes para todos os níveis de salinidade em relação a cultivar Valentina (C1) aos 7, 14 e 21 DAT. Este resultado refletiu diretamente na fitomassa fresca das folhas (FFF), onde observou-se que a cultivar Alcione (C2) também apresentou as médias de fitomassa das folhas mais altas em relação a Valentina (C1). De acordo com SOARES et al., (2003), o sistema raiz desenvolvido favorece uma maior capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas.

Provavelmente, as diferenças entre as cultivares ocorreram devido às suas características genéticas de adaptação ao estresse salino, que varia entre espécies de culturas e entre genótipos (FIGUEIREDO et al., 2004). YOSHIDA (2002), apontou que alguns genótipos têm a capacidade de excluir as raízes em meio salino contribuindo para aumentar a proporção e expressar sua alta tolerância aos sais.

A fitomassa seca das raízes apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para os diferentes níveis de salinidade, apenas aos 21 DAT. Não houve diferença entre cultivares e nenhuma interação estatística entre os fatores.

3.4 CONCLUSÕES

1. A produção hidropônica de alface foi satisfatória no sistema NFT para condutividade elétrica da solução nutritiva até $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ considerando a fitomassa fresca das folhas como a variável mais relevante para comercialização do produto.

2. A cultivar Alcione foi a mais tolerante à salinidade da solução nutritiva para as variáveis de produção.

3. Embora a salinidade tenha afetado significativamente algumas variáveis analisadas das plantas de alface, não foram identificados sintomas deletérios que pudessem comprometer a comercialização do produto.

3.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, M. S., Soares, T. M., Silva, L. T., Fernandes, J. P., Oliveira, M. L., & Paz, V. P. (2011). Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(5), 491-498. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000500009>
- Andrade Júnior, A. S., Silva, E. F. F., Bastos, E. A., Melo, F. B., & Leal, C. M. (2006). Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no Semi-Árido piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(4), 873-880. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000400014>
- Andrade, T. S., Montenegro, S. M. G. L., Montenegro, A. A. A., & Rodrigues, D. F. B. (2012). Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(5), 496-504. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000500005>
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1999). A qualidade da água na agricultura (2nd ed.). *Irrigação e Drenagem*, 29 (p. 153). Campina Grande: UFPB.
- Bione, M. A., Paz, V. D. S., Silva, F., Ribas, R. F., & Soares, T. M. (2014). Crescimento e produção de manjerição em sistema hidropônico NFT sob salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(12), 1228-1234. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1228-1234>
- Fageria, N. K. (1989). *Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas* (Documento, 18, p. 425). Brasília: EMBRAPA/DPU.
- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: A Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2), 109-112. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- Figueiredo, E. B., Malheiros, E. B., & Braz, L. T. (2004). Interação genótipos × ambiente em cultivares de alface na região de Jaboticabal. *Horticultura Brasileira*, 22(1), 66-71. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000100013>
- Furlani, P. R., Silveira, L. C. P., Bolonhezi, D., & Faquin, V. (1999). Cultivo hidropônico de plantas. *Boletim Técnico*, 180 (p. 52). Campinas: Instituto Agrônomo.
- Heidari, M. (2012). Effects of salinity stress on growth, chlorophyll content and osmotic components of two basil (*Ocimum basilicum* L.) genotypes. *African Journal of Biotechnology*, 11(2), 379.

- Iyengar, E. R. R., & Reddy, M. P. (1996). Photosynthesis in highly salt tolerant plants. *Handbook of photosynthesis*. Marshal Dekar, Baten Rose, USA.
- Maciel, M. P., Soares, T. M., Gheyi, H. R., Rezende, E. P., & Oliveira, G. X. (2012). Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(2), 165-172. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000200006>
- Munns, R. (1993). Physiological processes limiting plant growth in saline soils: Some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell & Environment*, 16(1), 15-24. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1993.tb00840.x>
- Oliveira, F. D. A., Maria, J. D. O., de Medeiros, J. F., Maracajá, P. B., & de Oliveira, M. K. (2011). Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(8), 771-778. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000800002>
- Parida, A., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3), 324-349. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>
- Paulus, D., Dourado Neto, D., Frizzone, J. A., & Soares, T. M. (2010). Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. *Horticultura Brasileira*, 28(1), 29-35. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000100006>
- Rebouças, A. C. (1997). Água na região Nordeste: Desperdício e escassez. *Estudos Avançados*, 11(29). <https://doi.org/10.1590/S0103-40141997000100007>
- Rebouças, J. R. L., Neto, M. F., Silva D. N., Souza Neto, O. N., Diniz, A. A., & Lira, R. B. (2013). Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. *Irriga*, 18(4), 624. <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n4p624>
- Santos, A. N., Soares, T. M., Silva, E. D. F., Silva, D. J., & Montenegro, A. A. (2010). Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(9), 961-969. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000900008>
- Shalhevet, J., Huck, M. G., & Schroeder, B. P. (1995). Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. *Agronomy Journal*, 87(3), 512-516. <https://doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700030019x>
- Silva, E. N., Silveira, J. A. G., Rodrigues, C. R. F., Lima, C. S., & Viégas, R. A. (2010). Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de

- pinhão-manso submetido à salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(5), 437-445. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000500002>
- Soares, A. C. F., Garrido, M. S., Azevedo, R. L., Mendes, L. N., & Graziotti, P. H. (2003). Produção de mudas de ipê roxo inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. *Magistra*, 15(2), 123-127.
- Soares, T. M. (2007). *Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro* (Tese de Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil.
- Soares, T. M., Duarte, S. N., Silva, E. D. F., & Jorge, C. A. (2010). Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(7), 705-714. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000700004>
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2009). *Plant physiology (Porto Alegre: Arned)* (p. 719). Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil.
- Tester, M., & Davenport, R. (2003). Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91(5), 503-527. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg058>
- Viana, S. B. A., Fernandes, P. D., Gheyi, H. R., Soares, F. A. L., & Carneiro, P. T. (2004). Índices morfofisiológicos e de produção de alfaces sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 8(1), 23-30. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662004000100004>
- Yoshida, K. (2002). Plant biotechnology genetic engineering to enhance plant salt tolerance. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 94(6), 585-590. [https://doi.org/10.1016/S1389-1723\(02\)80199-2](https://doi.org/10.1016/S1389-1723(02)80199-2)

CAPÍTULO 4

**TROCAS GASOSAS DE ALFACE CRESPA SOB CULTIVO HIDROPÔNICO
SUBMETIDA A DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE**

**TROCAS GASOSAS DE ALFACE CRESPA SOB CULTIVO HIDROPÔNICO
SUBMETIDA A DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE**

RESUMO: Este estudo teve como propósito avaliar o desempenho de duas cultivares de alface crespa cultivada em hidroponia sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva e seus efeitos sobre as trocas gasosas. O experimento foi realizado em um ambiente protegido na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus I, durante o período 01 a 22 de setembro de 2016. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4x2, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{SN}) (1,6, 3,6, 5,6 e 7,6 $dS\ m^{-1}$) e duas cultivares de alface, Valentina (C1) e Alcione (C2), totalizando 8 tratamentos com 3 repetições cada, resultando em 24 unidades experimentais. A salinidade afetou significativamente a transpiração e a taxa de fotossíntese líquida aos 7, 14 e 21 DAT. As cultivares diferiram estatisticamente entre si para as variáveis transpiração e condutância estomática aos 21 DAT.

Palavras-chave: Condutividade elétrica. *Lactuca Sativa L.* Fotossíntese.

GAS EXCHANGES OF LFACE CRISPY UNDER HYDROPONIC CULTIVATION SUBMITTED TO DIFFERENT LEVELS OF SALINITY

ABSTRACT: This study had as purpose to evaluate the performance of two cultivars of curly lettuce cultivated in hydroponics under different levels of electrical conductivity of the nutrient solution and its effects on the gas exchanges. The research was performed in a protected environment at the Federal University of Campina Grande (UFCG), state of Paraíba, during in the period from 1 to 22 September 2016. The experimental design was completely randomized (CRD) which involved 4×2 factorial scheme with four levels of electrical conductivity of the nutrient solution (1.6, 3.6, 5.6 and 7.6 dS m^{-1}) and two lettuce cultivars, Valentina (C1) and Alcione (C2), that totalized 8 treatments with 3 replicates, resulting in 24 experimental units. Salinity significantly affected transpiration and net photosynthesis rate to 7, 14 e 21 DAT. The cultivars differed statistically from one another for the variables transpiration and stomatal conductance at 21 DAT. The cultivars differed statistically from one another for the variables transpiration and stomatal conductance at 21 DAT.

Keywords: Electrical conductivity. *Lactuca Sativa* L. Photosynthesis.

4.1 INTRODUÇÃO

A Alface (*Lactuca Sativa L.*) é considerada a hortaliça folhosa mais produzida e consumida globalmente segundo PAULSEN & ANDERSEN (2016), com uma área plantada de aproximadamente 39 mil hectares em 2017, ocupando a segunda posição entre as hortaliças produzidas no Brasil em termos de produção (FILHO et al., 2017), sendo a variedade de alface crespa a mais cultivada em ordem de importância econômica no cenário nacional (SALA & COSTA, 2012). De acordo com DANTAS (1997), a alface é uma hortaliça exigente em água, portanto, a quantidade e a qualidade da mesma podem influenciar diretamente na produtividade.

Neste sentido, a produção desta hortaliça em regiões semiáridas acaba sendo limitada ou inviabilizada, tendo em vista que estas regiões apresentam segundo ANDRADE (1981) baixa nebulosidade, altas temperaturas, baixos índices pluviométricos distribuídos irregularmente no tempo e no espaço; e ainda possuem, segundo BRITO et al., (2016) predominância de rochas cristalinas no subsolo, o que impõe características salobras e salinas às águas subterrâneas, que por vezes é a única alternativa de suprimento hídrico na produção agrícola em comunidades rurais. Entretanto, AYERS & WESTCOT (1999) afirmam que a alface pode ser considerada como moderadamente sensível à salinidade, assim, a utilização de água salina pode provocar efeitos maléficos à cultura devido alterações no potencial osmótico, toxicidade iônica ou ainda desequilíbrio da absorção dos nutrientes (DIAS & BLANCO, 2010).

Assim, tem-se buscado técnicas de cultivo alternativo que possibilite a utilização de água salina para cultivo da alface, neste aspecto, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o propósito de oportunizar o uso de águas salinas como insumo para o cultivo hidropônico (PAULUS et al., 2010; DANTAS, 2012; MACIEL et al., 2012), e deste modo fomentar a produção desta hortaliça através do cultivo hidropônico. Portanto, diante do exposto objetiva-se avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade sob as variáveis de trocas gasosas de duas cultivares de alface crespa cultivadas em sistema hidropônico.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Conforme descrito no Capítulo 1, os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 4 x 2, sendo duas variedades de alface, a Valentina (C1) e a Alcione (C2) submetidas a quatro níveis de condutividade elétrica (1,6, 3,6, 5,6 e 7,6 dS m⁻¹), totalizando oito tratamentos com 3 repetições (cada repetição é representada por um perfil ou canal de cultivo). Em cada repetição foram transplantadas 12 plantas, onde

semanalmente utilizou-se três plantas de cada perfil para avaliação. A coleta de dados foi realizada a cada 7 dias após transplântio (DAT), totalizando 3 avaliações até o estágio final de desenvolvimento da cultura (7, 14 e 21 DAT). O preparo e manejo da solução nutritiva foram realizados seguindo recomendação de FURLANI et al., (1999) para suprimento de nutrientes da alface em cultivo hidropônico.

Aos 7, 14 e 21 dias após transplântio (DAT) foram realizadas avaliações referente às variáveis de trocas gasosas, sempre entre 8:00 e 10 h da manhã, com uso do equipamento analisador de trocas gasosas modelo LCpro+ IRGA (Infra Red Gas Analyser). As avaliações foram realizadas em folhas da região mediana do caule, completamente expandidas e não sombreadas.

Em cada avaliação foram mensuradas as variáveis de: concentração interna de carbono (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a taxa de fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Por meio da relação entre as variáveis A (taxa de fotossíntese líquida) e E (transpiração) foi possível determinar a eficiência do uso de água (EUA) pela relação $(A/E) [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$ (MELO et al., 2009).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014). Os efeitos dos diferentes níveis de salinidade foram avaliados mediante análises de regressão, enquanto o fator cultivar foi comparado pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Na ocorrência de interação entre os fatores, as curvas de regressão foram ajustadas aos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva separadamente para cada cultivar analisada.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância dos fatores estudados, diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva (NS) e cultivares (C) da alface crespa cultivadas em sistema de cultivo hidropônico, aos 7, 14 e 21 dias após transplântio (DAT) estão dispostos na tabela 4.1.

Tabela 4. 1. Análise de variância referente às variáveis transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese líquida (A), eficiência do uso de água (EUA) e concentração interna de CO_2 (C_i) da alface hidropônica aos 7,14 e 21 DAT.

FV	GL	E	Quadrados médios			
			gs	A	EUA	C_i
Época 1 (7 DAT)						

NS	3	9,3651**	0,0064 ^{ns}	11,4031**	0,1787 ^{ns}	496.70 ^{ns}
C	1	0,6959 ^{ns}	0,0098 ^{ns}	3,0040 ^{ns}	0,7200**	1232.38 ^{ns}
NS x C	3	0,4359 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	0,3560 ^{ns}	0,1495 ^{ns}	159.93 ^{ns}
Erro	16	0,3925	0,0042	2,1008	0,0959	348.16
Total corrigido	23	-	-	-	-	-
CV (%)		14,06	29,04	20,36	18,66	7,48
Época 2 (14 DAT)						
NS	3	5,5964**	0,0063 ^{ns}	5,4698**	0,1358 ^{ns}	1112.19*
C	1	0,0071 ^{ns}	0,0135*	0,0038 ^{ns}	0,0117 ^{ns}	133.81 ^{ns}
NS x C	3	0,2936 ^{ns}	0,0032 ^{ns}	3,0003 ^{ns}	0,2477 ^{ns}	156.97 ^{ns}
Erro	16	0,2137	0,0025	0,8664	0,0632	365.95
Total corrigido	23	-	-	-	-	-
CV (%)		12,34	19,21	16,94	16,71	7,23
Época 3 (21 DAT)						
NS	3	4,2013**	0,0031 ^{ns}	4,2343**	0,9726**	2269.65**
C	1	6,8106**	0,0395**	10,5854 ^{ns}	0,0023 ^{ns}	1344.60 ^{ns}
NS x C	3	2,3077 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	5,0923 ^{ns}	0,0122 ^{ns}	1229.93 ^{ns}
Erro	16	0,684	0,0032	0,7901	0,0232	1699.08
Total corrigido	23	-	-	-	-	-
CV (%)		15,29	23,32	12,94	11,56	15,7

*, **, ns. Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente; FV: fonte de variação; NS: Níveis salinis; C: Cultivares; CV: Coeficiente de variação.

Observou-se aos 7 DAT que a transpiração (E) (Figura 4.1A) diferiu estatisticamente ($p < 0,01$) para o fator salinidade, apresentando crescimento linear com aumento da salinidade da solução nutritiva, com valores médios de 3,02, 4,01, 4,78 e 5,98 ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) para as respectivas condutividades elétrica da solução nutritiva (CEsn) 1,6, 3,6, 5,6 e 7,6 dS m^{-1} . O desempenho desta variável está em consonância com os resultados da condutância estomática (gs), que embora não tenha apresentado diferença estatística para os níveis salinos (NS) mostrou acréscimo de 25,92% entre CEsn 1,6 e 7,6 dS m^{-1} , com valores médios de 0,20 e 0,27 $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente (Figura 4.1B).

A taxa de fotossíntese líquida (A) também apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,01$) para os diferentes níveis salinos (NS), com efeito semelhante ao observado para as variáveis E e gs que aumentou linearmente à medida que a CEsn foi incrementada (Figura 4.1 C), com valores médios de 5,37; 6,76; 7,75 e 8,57 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para as respectivas CEsn 1,6; 3,6; 5,6 e 7,6 dS m^{-1} , havendo deste modo, um incremento nesta variável de 37,33% entre a menor e a maior CEsn.

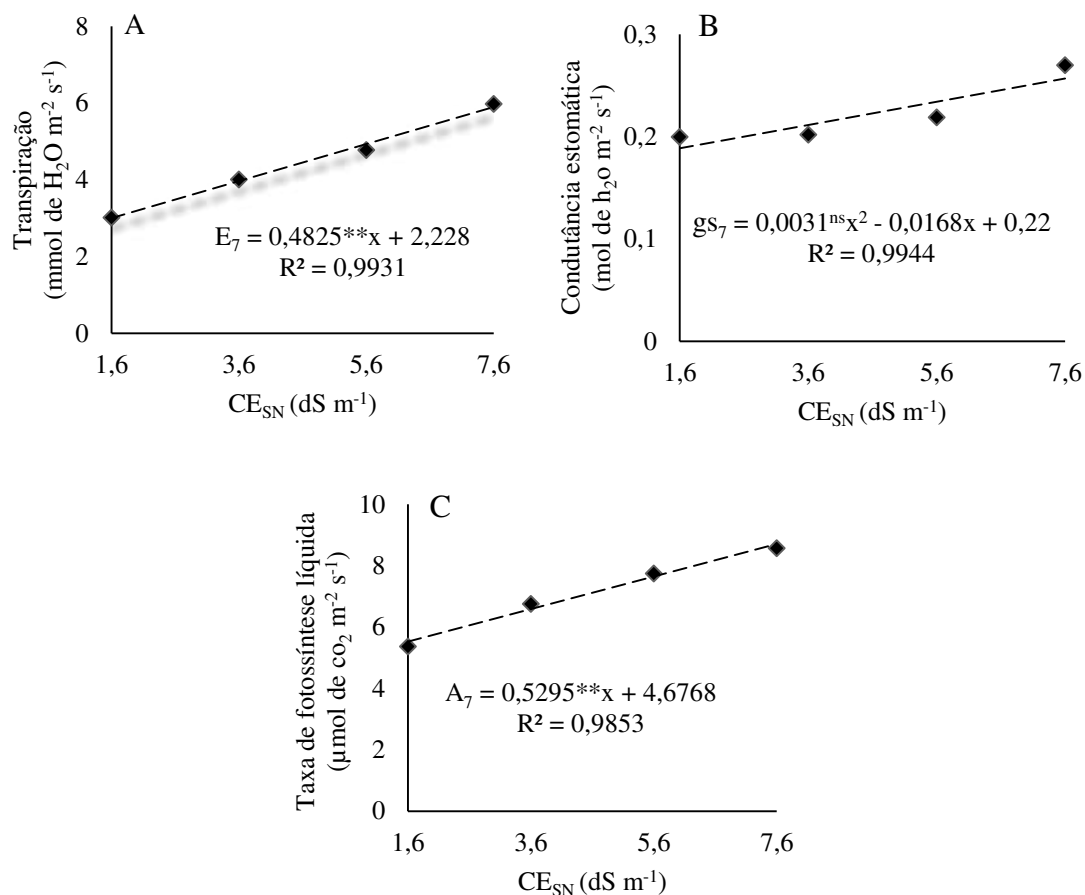


Figura 4. 1. Transpiração (A) e condutância estomática (B) e taxa de fotossíntese líquida (C) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 7 DAT. Os dados de condutância estomática foram transformados por x^2 .

Segundo GRULKE et al., (2007) a fotossíntese é intrinsecamente associada a condutância estomática e ao desempenho da cultura, neste sentido os resultados do presente estudo corroboram com tal afirmação, tendo em vista que a condutância estomática aumentou com incremento salino favorecendo a taxa fotossintética. O aumento em condições de salinidade pode estar relacionado, segundo SÁ (2014), ao aumento na produção de fotoassimilados visando evadir-se das condições de estresse impostas pelo meio salino, promovendo assim a diluição de íons específicos na planta e, posteriormente, a compartimentalização destes no vacúolo.

Pode-se deduzir então, que aos 7 DAT as variáveis fisiológicas de trocas gasosas: E, g_s e A não foram afetadas negativamente pela salinidade, provavelmente por ter ocorrido um processo de aclimação de curto prazo que a cultura pode ter realizado como mecanismo de adaptação ao estresse.

A eficiência do uso de água (EUA), embora não tenha sido afetada significativamente pela salinidade decresceu em função do incremento salino (Figura 4.2), ou seja, o consumo de água pelas plantas irrigadas com solução mais concentrada aumentou quando comparado com o tratamento controle (S1), com uma redução de 22,28% na EUA entre a CE_{sn} 1,6 dS m⁻¹ e 7,6 dS m⁻¹. Este efeito pode estar relacionado com a diminuição do potencial total da água, devido à alta concentração de sais solúveis. Pois, JUNIOR et al., (2016) consideram que a absorção de água pela planta ocorre através de um processo passivo, mas que depende do gradiente de potencial de água ($\Delta\Psi_w$) e concluíram que diferentes CE_{sn} reduzem a energia livre da água e, conseqüentemente, o gradiente de potencial da água, causando uma redução na EUA pelas plantas nestas condições.

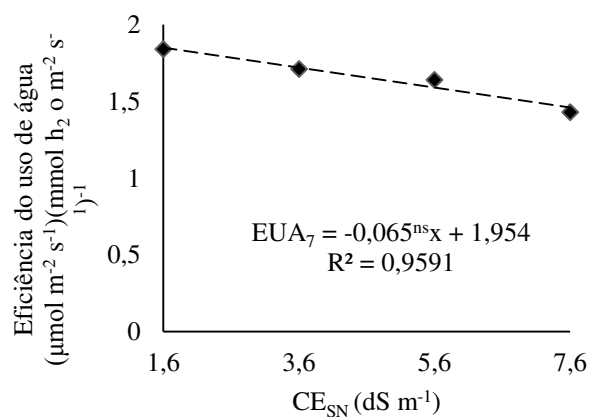


Figura 4. 2. Eficiência do uso de água (EUA) e concentração interna de carbono (E) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 7 DAT.

Haja vista que a variável EUA reflete a relação entre a transpiração e a assimilação de CO₂, para TAIZ & ZAIGER, (2013) essa interdependência expressa pela relação A/E relaciona a quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que se perde no processo (JAIMEZ et al., 2005), sendo desejável, portanto, a absorção do máximo de CO₂ com o mínimo de perda de água. Neste sentido, os decréscimos observados através da variável EUA são reflexos dos aumentos encontrados na taxa de assimilação de CO₂ e na transpiração das plantas da alface.

Com relação a concentração interna de CO₂ (C_i) aos 7 DAT não se constatou diferença significativa entre os fatores estudados (NS) e (C), nem interação entre eles, no entanto, nota-se uma redução média percentual de 3,28% a CE_{sn} 1,6 dS m⁻¹ e 7,6 dS m⁻¹, com valores médios de 255,72 e 247,33 μmol m⁻² s⁻¹, respectivamente (Figura 4.3).

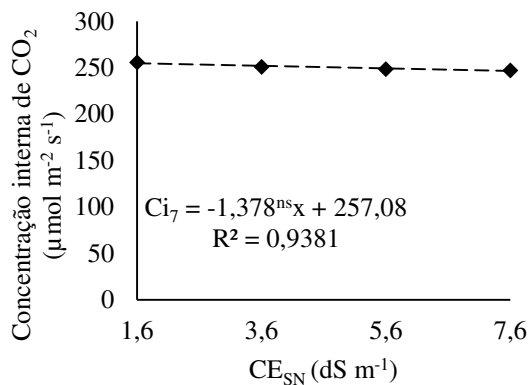


Figura 4. 3. Concentração interna de carbono (Ci) na alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 7 DAT.

Desta forma, pode-se inferir que embora tenha ocorrido um decréscimo na Ci, este não afetou a disponibilidade de substrato para a fotossíntese provocando restrição da atividade fotossintética, pois segundo FARQUHAR & SHARKEY (1982), durante as trocas gasosas os estômatos regulam a concentração interna de CO₂ na planta (Ci), mantendo o Ci relativamente constante, assim os resultados do presente trabalho estão coerentes tendo em vista que a gs também não foi afetada significativamente pela salinidade.

Os resultados observados aos 7 DAT podem ser atribuídos também as características do sistema hidropônico, que para COSTA et al., (2001) mantêm a disponibilidade de nutrientes e absorção de água constantes através da solução nutritiva, favorecendo a abertura estomática e captação de CO₂ e assim facilitando o processo de assimilação de CO₂. Com relação ao fator cultivar avaliado aos 7 DAT, as variáveis não diferiram estatisticamente entre si assim como não houve interação entre os fatores estudados aos 7DAT.

A análise estatística das variáveis avaliadas aos 14 DAT demonstra que houve diferença estatística significativa ($p < 0,01$) dos diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva para a transpiração (E) (Figura 4.4 A) e taxa de fotossíntese líquida (A) (Figura 4.4 B), observando-se um decréscimo linear destas variáveis com incremento da CESn. Verificou-se uma diminuição de 48 e 34%, respectivamente, na E e A entre os tratamentos com CESn de 1,6 dS m⁻¹ e 7,6 dS m⁻¹, que correspondem a uma diferença média, respectiva de 2,36 (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) e 2,17 (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹).

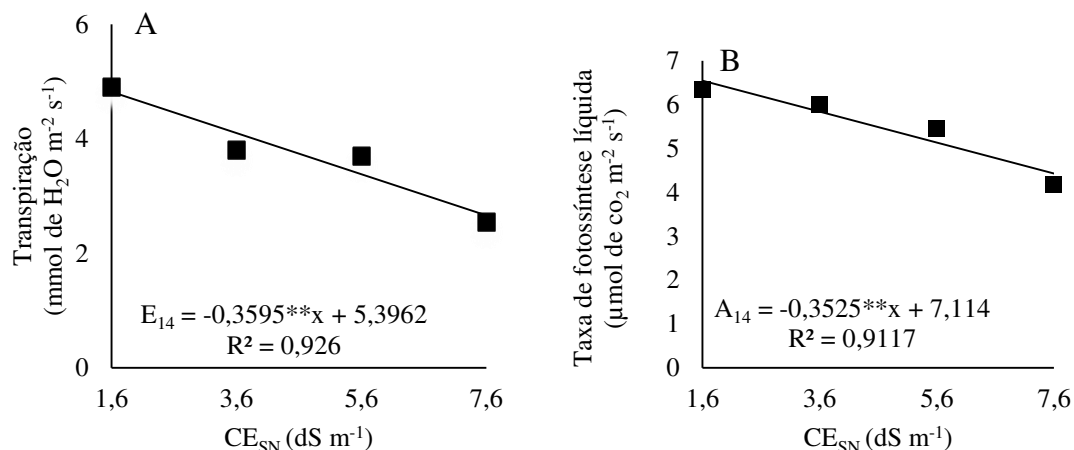


Figura 4. 4. Transpiração (A) e taxa de fotossíntese líquida (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 14 DAT.

Possivelmente a alface com o passar dos dias submetida aos tratamentos com solução nutritiva salina passou a sofrer estresse em decorrência do tempo de exposição, diminuindo deste modo a transpiração em decorrência do estresse hídrico, ocasionado pelo efeito osmótico, com conseqüente diminuição da taxa fotossintética, muito embora a salinidade não tenha exercido efeito negativo sobre a condutância estomática (g_s) (Figura 4.5), uma vez que esta não apresentou diferença estatística significativa para os diferentes níveis salinos, mas sim um incremento de 17,8% entre os tratamentos 1,6 e 7,6 dS m⁻¹.

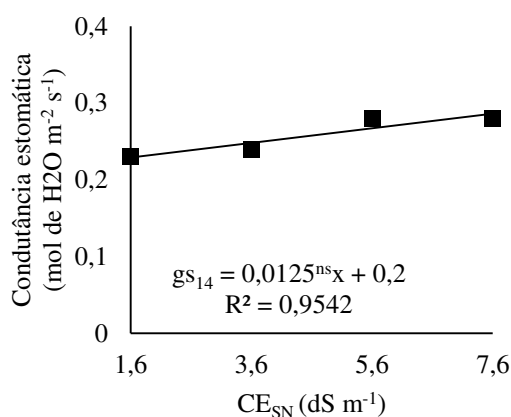


Figura 4. 5. Condutância estomática (g_s) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 14 DAT.

A condutância estomática (g_s) apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para o fator cultivar aos 14 DAT (Figura 4.6), essa diferença foi observada

especificamente na CEs_N 3,6 e 7,6 dS m⁻¹, sendo a cultivar Alcione a que obteve as maiores médias de gs para todos os níveis salinos, com uma diferença média percentual em relação a Valentina de 34,48% e 21,21%, respectivamente, para CEs_N 3,6 e 7,6 dS m⁻¹.

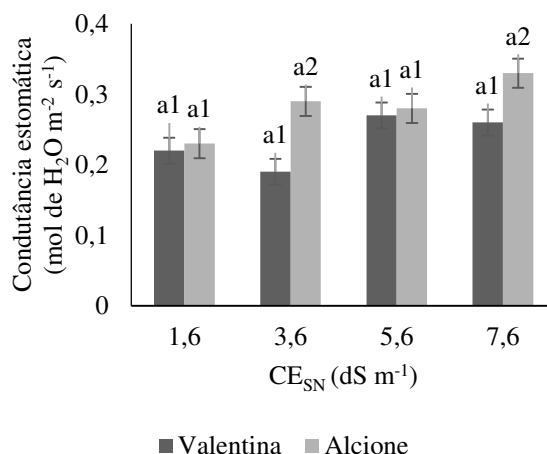


Figura 4. 6. Condutância estomática (gs) da alface, cultivares Valentina (C1) e Alcione (C2), cultivadas em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva aos 14 DAT. Médias \pm Erro padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

A partir da análise estatística das trocas gasosas, realizada para o fator cultivar aos 14 DAT pode-se considerar que ambas as cultivares apresentaram desempenho semelhantes, tendo em vista que as demais variáveis de trocas gasosas não apresentaram diferença estatística significativa entre as cultivares, apesar desta diferença ter sido constatada na gs, que é na concepção de SILVA et al., (2010) o principal mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas.

A eficiência do uso de água (EUA) também não sofreu efeito significativo da salinidade aos 14 DAT (Figura 4.7) por meio do qual observa-se um aumento desta variável da ordem de 21,21% entre as CEs_N de 1,6 e 7,6 dS m⁻¹ com valores médios respectivos de 1,3 e 1,65 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)⁻¹, aumento que supostamente foi decorrente da diminuição da transpiração da planta, desempenho esperado já que CANIZARES et al., (2004) afirmam haver um aumento instantâneo da eficiência do uso da água relacionado com a diminuição da condutância estomática e transpiração.

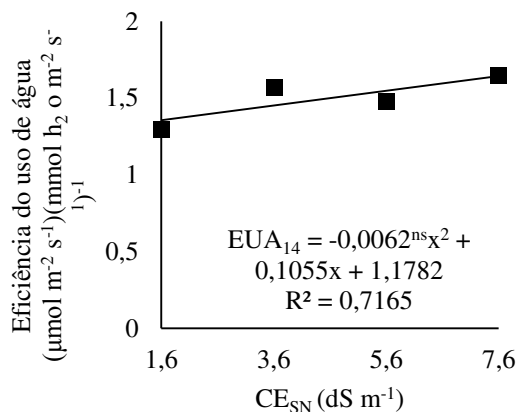


Figura 4. 7. Eficiência do uso de água (EUA) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 14 DAT.

Deve-se destacar que durante as trocas gasosas a absorção de dióxido de carbono do meio externo, via estomática, resulta também em perda de água, e para diminuir essa perda a planta restringe até certo ponto a entrada de CO₂ (SHIMAZAKI et al., (2007), resultando numa diminuição da taxa fotossintética e aumento da EUA.

Constatou-se para variável concentração interna de CO₂ (Ci), diferença estatística significativa (p<0,05) para o fator salinidade, em que verificou-se um aumento linear desta em função do incremento salino (Figura 4.8) com valores médios de 252,33; 253,77; 274,44 e 278,44 μmol m⁻² s⁻¹ em função dos respectivos incrementos salinos CE_{sn} de 1,6; 3,6; 5,6 e 7,6 dS m⁻¹, que correspondem aos acréscimos médios percentuais de 0,56; 7,53 e 1,43% entre os níveis.

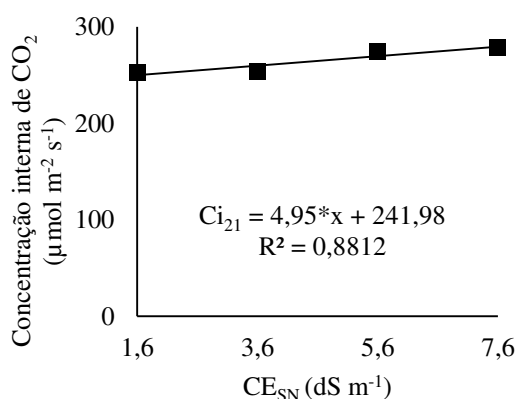


Figura 4. 8. Concentração interna de carbono (Ci) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 14 DAT.

Maiores concentrações internas de CO₂, apesar da queda da atividade fotossintética constatada no presente trabalho, pode indicar baixa atividade da enzima

ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (RUBISCO) tendo em vista que esta enzima é responsável pela redução do carbono (SILVA et al., 2014) através segundo do processo de carboxilação primária do ciclo de Calvin-Benson (WALTER et al., 2015). Tal situação ainda pode ser atribuída a algum fator não estomático, como a disponibilidade de adenosina trifosfato (ATP) e de nicotinamida adenina dinucleótido fosfato (NADPH) provenientes da cadeia transportadora de elétrons do fotossistema II.

Poucos relatos foram encontrados na literatura referentes às trocas gasosas da cultura da alface em condições salinas, no entanto, o estudo atual corrobora com resultados encontrados na literatura, como SOUSA et al., (2016) que estudando o impacto de condições salinas na produção de cítrico também constataram decréscimo significativo na transpiração (E) e taxa de assimilação de CO₂ (A), não sendo encontrado por sua vez, efeito significativo da salinidade para eficiência do uso de água (EUA).

NASCIMENTO et al., (2015) avaliando o ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas à salinidade em meio hidropônico, também constataram efeito significativo da salinidade para as variáveis de trocas gasosas, mas ressaltaram que houveram poucas oscilações para variável EUA.

SILVA FILHO et al., (2014) pesquisando hortelã em hidroponia observaram, assim como o presente trabalho, que o incremento da salinidade da água promoveu resposta linear crescente na eficiência do uso da água (EUA). Aos 21 DAT todas as variáveis avaliadas foram afetadas significativamente pelos diferentes níveis de salinidade (NS) da solução nutritiva, exceto a condutância estomática (gs).

Observou-se também que houve declínio linear significativo ($p < 0,01$) da transpiração (E) à medida que a condutividade elétrica da solução nutritiva aumentou (Figura 4.9 A), com uma queda percentual de 32,25% entre a menor e a maior salinidade, obtido a partir dos valores médios respectivos da E de 6,2 e 4,2 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹. O declínio da transpiração resultou também na queda significativa ($p < 0,01$) da taxa de fotossíntese líquida (A) (Figura 4.9 B), na qual notou-se um ajuste dos dados ao modelo matemático de regressão quadrática, e uma diminuição de 21,51% entre a CESn de 1,6 e 7,6 dS m⁻¹, resultante dos valores médios da A de 7,9 e 6,2 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹.

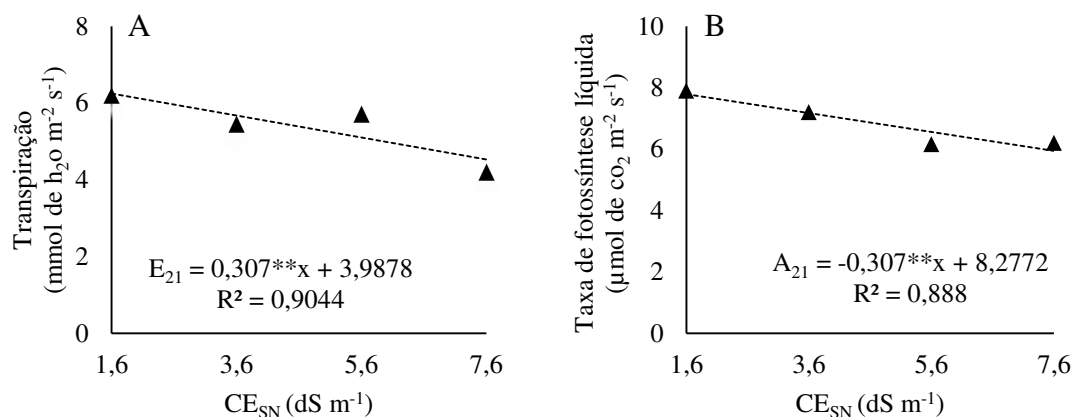


Figura 4. 9. Transpiração (A) e taxa de fotossíntese líquida (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 21 DAT.

Possivelmente essas variáveis sofreram queda dos seus valores em decorrência da exposição prolongada da alface a elevada concentração de sais da solução nutritiva, que pode ocasionar segundo MUNNS & TESTER (2008), toxicidade iônica, levando a alterações em uma grande variedade de reações metabólicas. Além de afetar negativamente a atividade fotoquímica quando grandes concentrações de íons se acumulam nos tecidos (SILVA et al., 2010) ainda provocam distúrbios fisiológicos e redução da fotossíntese, SOUZA et al., (2011).

Embora SILVA et al., (2011) reportem que ocorre a diminuição da taxa fotossintética associada a baixa condutância estomática foliar em plantas submetidas a condições de salinidade hídrica, no presente estudo não se pode atribuir este declínio a apenas esta condição já que a gs não foi afetada significativamente pela salinidade (Figura 4.10), logo pode-se considerar que esta reação pode ter ocorrido devido a limitações de origem não estomática, que para LAWLOR (1995) podem estar relacionadas com possíveis danos fotoquímicos (fotoinibição e, ou, fotoxidação) ou aos danos no aparato de fixação bioquímica do carbono.

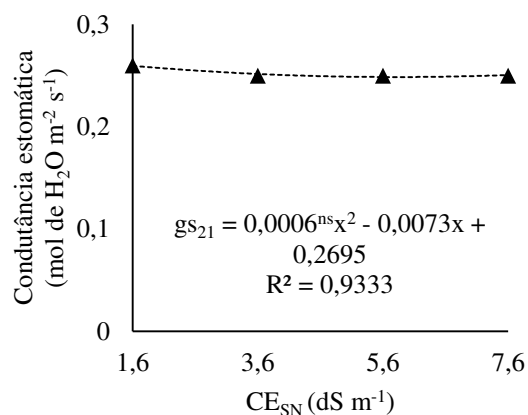


Figura 4. 10. Conduância estomática (gs) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 21 DAT. Os dados foram transformados por x^2 .

Os resultados relatados podem ser corroborados por TABAGIBA et al., (2014), que sugerem que a diminuição da assimilação de CO₂, da conduância estomática e da transpiração das plantas podem ser provocados pelo excesso de íons.

A eficiência do uso de água (EUA) aos 21 DAT acompanhou o mesmo desempenho das variáveis E e A sendo também afetada significativamente ($p < 0,01$) pelo fator salinidade, havendo um decréscimo quadrático desta variável em função do incremento salino (Figura 4.11 A), com valores médios de 1,86 1,32, 1,05 e 1,00 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)⁻¹, para as respectivas CE_{SN} de 1,6, 3,6, 5,6 e 7,6 dS m⁻¹, que correspondem aos decréscimos percentuais de 29,03 , 20,45 , 4,76% entre os níveis.

Com relação a concentração interna de CO₂ (C_i) constatou-se aumento significativo ($p < 0,01$) desta variável com incremento salino (Figura 4.11 B), mas ressalta-se que o maior valor médio alcançado foi de 290,55 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ na CE_{SN} de 5,6 dS m⁻¹. Resultado semelhante aos 14 DAT, o que indica que o CO₂, provavelmente, não está sendo utilizado eficientemente para a síntese de açúcares pelo processo fotossintético, hipótese comprovada pela depleção na taxa de fotossíntese líquida (SILVA et al., 2014).

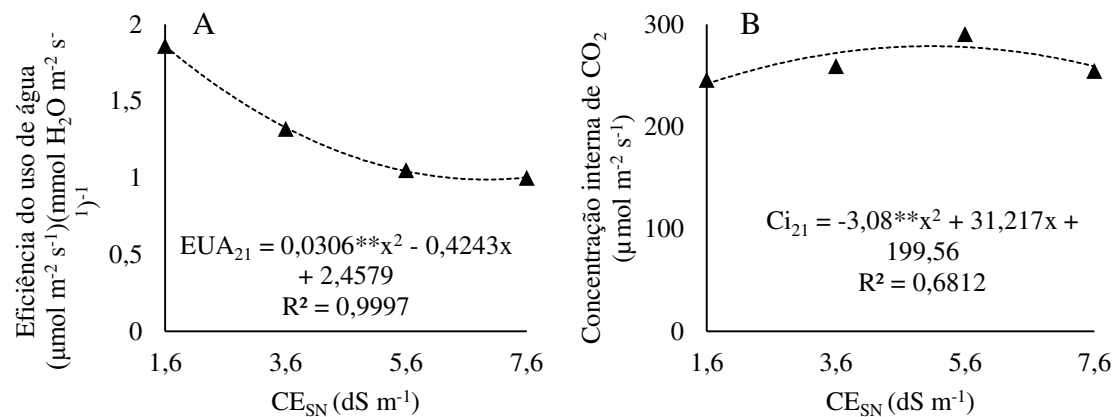


Figura 4. 11. Eficiência do uso de água (A) e concentração interna de carbono (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 21 DAT.

Resultados semelhantes foram apontados por BOSCO et al., (2009) em estudo da cultura da berinjela cultivada hidropônicamente sob diferentes níveis salinos também constataram que a salinidade causou reduções nas taxas de assimilação líquida de CO_2 , transpiração, concentração interna de CO_2 e condutância estomática quando submetida a CE_{sn} de $14,10 \text{ dS m}^{-1}$.

Com relação as cultivares avaliadas aos 21 DAT constatou-se diferença estatística significativa ($p < 0,01$) para as variáveis transpiração (E) e condutância estomática (gs). Nota-se que a transpiração passou a diferir entre as cultivares a partir da CE_{sn} de $5,6 \text{ dS m}^{-1}$, sendo observado diferença percentual entre elas de $31,63\%$, e, $22,85\%$ para CE_{sn} de $7,6 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 4.12 A), já a condutância estomática diferiu estatisticamente entre as cultivares apenas na maior salinidade imposta nos tratamentos de $7,6 \text{ dS m}^{-1}$, com diferença percentual de $38,46\%$ (Figura 4.12 B).

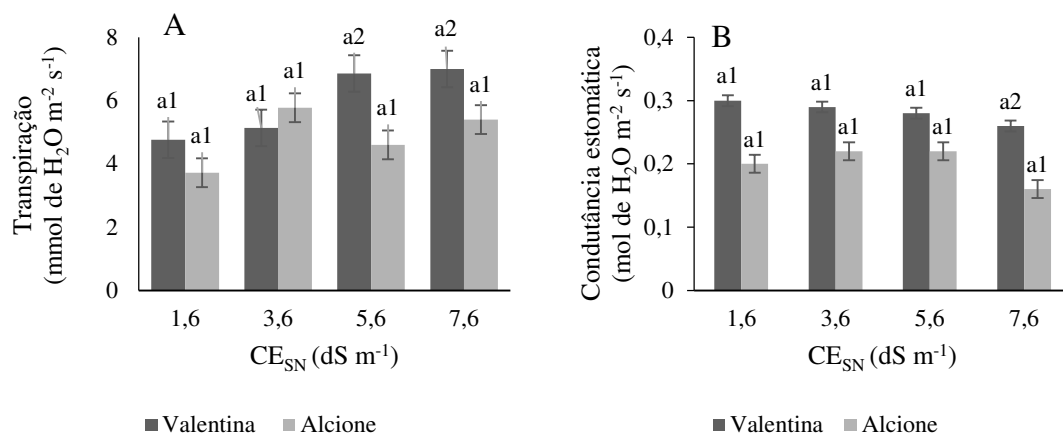


Figura 4. 12. Transpiração (A) e Condutância estomática (B) da alface, cultivares Valentina e Alcione, em função da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 21 DAT. Médias \pm Erro padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,01$).

Em ambas as variáveis a cultivar Valentina obteve as maiores médias, supostamente devido esta cultivar possuir mecanismos genéticos que possibilite minimizar os efeitos negativos da salinidade, pois de acordo com ALMEIDA et al., (2011), a capacidade das plantas em minimizar os efeitos negativos da salinidade varia entre os genótipos. Tal afirmativa também foi constatada AYERS & WESTCOT (1999), FERNANDES et al., (2011) e BRITO et al., (2014), que destacam que a salinidade pode exercer efeitos diferenciados entre genótipos de uma mesma espécie.

4.4. CONCLUSÕES

1. Ambas as cultivares desempenharam mecanismos de adaptação ao estresse salino durante os 7 primeiros dias de exposição aos tratamentos sob cultivo hidropônico.
2. Aos 14 e 21 DAT a transpiração e a taxa de fotossíntese líquida decresceram linearmente a partir da condutividade elétrica da solução nutritiva 1,6 dS m⁻¹.
3. A variável condutância estomática foi a menos afetada pelo fator salinidade.
4. A cultivar Valentina se mostrou mais tolerante à salinidade, pois obteve os maiores incrementos nas CE_{sn} de 3,6 e 7,6 dS m⁻¹.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, W.S., Belém, F. R. F., Bertini, C. H. C. M., Pinheiro, M.S., Teófilo, E. M. (2011). Identificação de genótipos de feijão-caupi tolerantes a salinidade avaliado por meio de método multivariado. *Ciência Rural*, 41(11).

- Andrade Lima, D. (1981). The caatinga dominium. *Revista Brasileira de Botânica*, 4, 149-153.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W. (1999). *Qualidade da água na agricultura*. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. Campina Grande, Brasil. 153 p.
- Bosco, M. R., de O., Bosco de Oliveira, A., Ferreyra Hernandez, F. F., de Lacerda, C. F. (2009). Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. *Revista Ceres*, 56(3).
- Brito, L. T.; Pereira, L. A.; Melo, R. F. (2016). *Disponibilidade hídrica subterrânea*. Agência Embrapa de Informação Tecnológica.
- Canizares, K. A. L.; Rodrigues, J. D.; Goto, R. (2004). Crescimento e índices de troca gasosa em plantas de pepino irrigadas com água enriquecida com CO₂. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n.4, p. 706-711.
- Costa PC, Didone EB, Sesso TM, Cañizares KAL & Goto R (2001). Condutividade elétrica de solução nutritiva de alface em hidroponia. *Scientia Agrícola*, 58:595-597.
- Dantas, R. T. (1997). Parâmetros agrometeorológicos e análise de crescimento de alface (*Lactuca sativa* L.) em ambientes natural e protegido. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu,
- Dantas, R. M. L. (2012). Hidroponia utilizando águas salobras nos cultivos de agrião e couve chinesa. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 2012.
- Dias, N.S., Blanco, F.F. (2010) - Efeito dos sais no solo e na planta. In: Gheyi, H.R; Dias, N.S. e Lacerda, C.F. (Eds). *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza, INCT Sal, 472 p.
- Farquhar, G. D., & Sharkey, T. D. (1982). Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual review of plant physiology*, 33(1), 317-345.
- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: A Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2), 109-112. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- Fernandes, P.D., Brito, M.E.B., Gheyi, H.R., Soares Filho, W.S., Melo, A.S., Carneiro, P.T. (2011). Crescimento de híbridos e variedades porta-enxerto de citros sob salinidade. *Acta Scientiarum Agronomy*, 33(1): 259-267.

- Furlani, P. R., Silveira, L. C. P., Bolonhezi, D., & Faquin, V. (1999). Cultivo hidropônico de plantas. *Campinas: Instituto Agrônomo*. 52p. *Boletim técnico*, 180.
- Grulke, N.E., Neufeld, H.S., Davison, A.W., Roberts, M. & Chapelka, A.H. (2007). *Stomatal behavior of ozonesensitive and -insensitive coneflowers (Rudbeckia laciniata var. digitata) in Great Smoky Mountains Park*. *New Phytologist* 173: 100-109.
- Jaimez, R. E., Rada, F., García-Núñez, C., & Azócar, A. (2005). Seasonal variations in leaf gas exchange of plantain cv. Hartón (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. *Scientia Horticulturae*, 104(1), 79-89.
- Lawlor, DW (1995). Fotossíntese, produtividade e meio ambiente. *Journal of Experimental Botany*, 4(1), 1449-1461.
- Maciel, M. P.; Soares, T. M.; Gheyi, H. R.; Rezende, E. P. L.; Oliveira, G. X. S. (2012). Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.165- 172.
- 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.
- Munns, R.; Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, p.651-681.
- Nascimento, H. H. C., Santos, C. A., Freire, C. S., Silva, M. A., Nogueira, R. J. M. C. (2015). Ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas à salinidade em meio hidropônico. *Revista Árvore*, 39(4), 641-653.
- Sá, F.V.S. (2014). *Fisiologia de porta-enxertos de citros sob água salina em cultivo hidropônico*. 55 f. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Campina Grande. Pombal, Brasil.
- Paulus, D., Dourado Neto, D., Frizzone, J. A.; Soares, T. M. (2010). Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. *Horticultura Brasileira*, v.28, n.1, p.29-35.
- Sala, F. C., & da Costa, C. P. (2012). Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira Retrospective and trends of Brazilian lettuce crop. *Horticultura brasileira*, 30(2), 187-194.
- Shimazaki, K. I., Doi, M., Assmann, S. M., & Kinoshita, T. (2007). Light regulation of stomatal movement. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 58(1), 219-247.

- Silva Filho, J. A., Soares, T. M., da Silva, M. G., Batista, L. D. S., Rafael, M. R. S. (2014). *Consumo hídrico da hortelã utilizando águas salobras em sistema hidropônico NFT*. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering, 2014, Fortaleza, CE. Anais... II INOVAGRI International Meeting: Fortaleza, CE. p. 891-900.
- Silva, E. N. D., Ribeiro, R. V., Ferreira-Silva, S. L., Viégas, R. A., Silveira, J. A. G. (2011). Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. *Scientia Agricola*, 68(1), 62-68.
- Silva, E.N. da; Ribeiro, R.V.; Ferreira-Silva, S.L.; Viégas, R.A.; Silveira, J.A.G. (2010). Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. *Journal of Arid Environments*, v.74, p.1130-1137.
- Silva, L. A, Brito, M. E., da S, S., Francisco, V., Moreira, R. C., Soares Filho, W. D. S., Fernandes, P. D. (2014). Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 18.
- Sousa, J. R., Gheyi, H. R., Brito, M. E. B., Xavier, D. A., Furtado, G. D. F. (2016). Impact of saline conditions and nitrogen fertilization on citrus production and gas exchanges. *Revista Caatinga*, 29(2), 415-424.
- Souza, R. P., Machado, E. C., Silveira, J. A. G., & Ribeiro, R. V. (2011). Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(6), 586-592.
- Taiz, L. Zeiger, E. (2013). *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Artmed, Porto Alegre, Brasil. 918 p.
- Tatagiba, S. D., Moraes, G. A. B. K., Nascimento, K. J. T., de Figueiredo Peloso, A. (2014). Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas/photosynthetic limitations in leaves of tomato plants subjected to increasing salt concentrations. *Revista Engenharia na Agricultura*, 22(2), 138.
- Walter, L. C., Rosa, H. T., Streck, N. A. (2015). Mecanismos de aclimação das plantas à elevada concentração de CO₂. *Ciência Rural*, 45(9), 1564-1571.