



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**ESTRATÉGIAS DE USOS DE ÁGUAS SALOBRAS NO CULTIVO DE
HORTALIÇAS FOLHOSAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT**

MÁRCIO DA SILVA ALVES

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

ABRIL DE 2011

ESTRATÉGIAS DE USOS DE ÁGUAS SALOBRAS NO CULTIVO DE HORTALIÇAS FOLHOSAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT

MÁRCIO DA SILVA ALVES

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal da Bahia, 2006

Tese submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Ciências Agrárias, Área de concentração: Agricultura Irrigada e Sustentabilidade de Sistemas Hidroagrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz

Co-orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS, BA – 2011

FICHA CATALOGRÁFICA

A474

Alves, Márcio da Silva.

Estratégias de usos de águas salobras no cultivo de hortaliças folhosas em sistema hidropônico NFT / Márcio da Silva Alves._. Cruz das Almas, BA, 2011.

100f.;il.

Orientador: Vital Pedro da Silva Paz.

Co-orientador: Tales Miler Soares.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Irrigação - Hidroponia. 2.Hortaliças. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título.

CDD: 631.585

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE
MÁRCIO DA SILVA ALVES**

Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
(Orientador)

Prof. Dr. Ênio Farias França e Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Prof. Dr. Francisco Adriano de Carvalho Pereira
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

Prof.^a Dr.^a Greice Ximena Santos Oliveira
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

Prof. Dr. Hans Haj Gheyi
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

Tese homologada pelo Colegiado do Curso de Doutorado em Ciências
Agrárias em.....

Conferindo o Grau de Doutor em Ciências Agrárias em

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a algumas pessoas que possuem grande importância na minha vida:

Aos meus pais Osvaldo e Maria, pela dedicação, esforço e compreensão das minhas ausências, durante a realização deste trabalho;

Ao meu irmão Dinho pelo eterno carinho;

A minha esposa Flávia pelo companheirismo e amor em todos os momentos.

E ao meu amado bebê Luiz Felipe que nos trouxe muita alegria.

AGRADECIMENTOS

À realização de uma pesquisa seja ela em que nível for, exige muita dedicação, tempo e o esforço. Assim, primeiramente agradeço a Deus, pois sem ele, nada seria possível e não estaríamos aqui reunidos, desfrutando, juntos, destes momentos que nos são tão importantes.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia–UFRB, através do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias pela oportunidade de realização desse curso.

Ao Núcleo de Engenharia de água e solo (NEAS) pela concessão da estrutura física e humana na execução do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos e aperfeiçoamento profissional.

Ao CNPq e à FAPESB pelo apoio financeiro para execução da pesquisa.

Ao meu Orientador Dr. Vital Pedro da Silva Paz, pela compreensão e atenção que me dispensou nos três anos que se passaram, desde o meu ingresso até a conclusão dessa tese; a sua constante disposição em me atender foi elemento motivador muito importante.

Ao professor Dr. Tales Miler (co-orientador), pela orientação segura, pelos ensinamentos, paciência e, principalmente, pela amizade sincera

Aos Professores do curso, pelos auxílios e contribuições na busca do conhecimento na área.

À Edilson conhecido como Boi, pela disposição constante e auxílio indispensáveis na condução do experimento.

Aos estagiários do NEAS, Luana, Jose, Mary, Mário e Pablo pela contribuição, e empenho que demonstraram no decorrer de suas atividades para com o grupo.

Aos meus amigos Rossini, Torquato e Aristides pelos momentos de aprendizagem constante e pela amizade solidificada, ao longo deste trabalho, que, certamente se eternizará. Amigos, gratidão eterna!!!

À todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para que este trabalho consiga atingir aos objetivos propostos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	1
Capítulo 1	
ESTRATÉGIAS DE USO DE ÁGUA SALOBRA NA PRODUÇÃO DE ALFACE EM HIDROPONIA NFT.....	15
Capítulo 2	
RESPOSTA DA RÚCULA SOB DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE USO DE ÁGUA SALOBRA EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT.....	43
Capítulo 3	
PRODUÇÃO HIDROPÔNICA DE AGRIÃO EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE TIPOS DE USOS DE ÁGUA SALOBRA.....	66
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100

ESTRATÉGIAS DE USOS DE ÁGUAS SALOBRAS NO CULTIVO DE HORTALIÇAS FOLHOSAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT

Autor: Márcio da Silva Alves

Orientador: Vital Pedro da Silva Paz

Co-orientador: Tales Miler Soares

RESUMO: As águas salobras são comuns nas reservas subterrâneas nas regiões semiáridas, contudo a utilização dessas águas na agricultura requer tecnologias suficientes e susceptíveis aos produtores para que eles possam produzir com altas produtividades e sem prejuízos ambientais o que normalmente contrapõe ao cultivo convencional. A hidroponia pode ser condizente à produção intensiva, baseada em pequenas áreas, pois nela a eficiência do uso da água é reconhecidamente maior que no solo porque torna mínima a perda por evaporação. Além disso, a hidroponia poderia aumentar a tolerância das culturas à salinidade. Isso permitiria o uso de águas salobras e, como benefício extra, incrementaria a proteção ambiental. Assim, os sais acumulados ao final do processo produtivo podem ser facilmente dirigidos para fora do sistema. Objetivou-se neste trabalho avaliar a utilização de águas salobras no cultivo hidropônico de hortaliças em três estratégias de uso. Foram montadas na casa-de-vegetação 72 unidades experimentais para simular o cultivo hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes). Foram avaliados cinco níveis de salinidade da água produzidos com NaCl, e mais a testemunha, sem adição de NaCl. Os resultados demonstraram que é possível utilizar água salobra no cultivo de hortaliças na reposição da evapotranspiração sem ocorrer perda na produção. A utilização de água salobra no preparo da solução nutritiva reduziu a produção das hortaliças de forma linear decrescente.

Palavras-chave: água subterrânea, irrigação, hidroponia

STRATEGIES FOR BRACKISH WATER USE FOR VEGETABLES PRODUCTION NFT HYDROPONICS SYSTEM

Author: Márcio da Silva Alves

Adviser: Vital Pedro da Silva Paz

Co-adviser: Tales Miler Soares

ABSTRACT: The waters are common in brackish groundwater resources in semiarid regions, however the use of groundwater in agriculture requires sufficient technology and likely to producers so they can produce with high yields and without the environmental damage that normally opposed to conventional cultivation. The hydroponics can be conducive to intensive production based on small areas, because in the efficiency of water use is admittedly higher than the ground because it makes minimal evaporative loss. Furthermore, hydroponics could increase the tolerance of crops to salinity. This would allow the use of brackish water and, as an extra benefit, would increase the environmental protection. Thus, the accumulated salts at the end of the production process can easily be driven out of the system. The objective of this study was to evaluate the use of brackish water in hydroponic cultivation of vegetables three strategies for use. Were assembled in a green house 72 experimental units to simulate the NFT hydroponics (a technique of laminar flow of nutrients). We evaluated five levels of salinity were made with NaCl, and more control without NaCl. The results demonstrated that it is possible to use brackish water to grow vegetables in the replacement of evapotranspiration occur without loss in production. The use of brackish water in the preparation of the nutrient solution reduced the production of vegetables decreased linearly.

Keywords: groundwater, irrigation, hydroponics

INTRODUÇÃO

A realidade hídrica, principalmente nos aspectos referentes à oferta e uso das águas, é tema que, historicamente, tem marcado as discussões sobre o semiárido. Essas preocupações têm sido enfocadas nos estudos dos últimos anos e os esforços de seus pesquisadores vêm-se concentrando na busca da compreensão da correlação existente entre a água dessa região e seus indicadores sócio-econômicos (HOFMEISTER, 2002). Pois, lá a escassez hídrica afeta gravemente a população gerando miséria, decorrente da perda da capacidade produtiva como consequência da degradação ambiental (MENDES 1986).

A irregularidade e as baixas taxas de precipitação pluvial, aliadas às elevadas taxas de evapotranspiração e à formação geológica das regiões semiáridas, favorecem situação de escassez de águas superficiais e desfavorecem a implantação de sistemas de produção agrícola convencionais, pois os mesmos necessitam de grandes quantidades de água.

Sabidamente um bem natural escasso, a água se tornou um produto por demais cobiçado pela população que habita os limites do semiárido, principalmente quando o seu acesso se tornar mais problemático na ocorrência das secas. Esta escassez hídrica e as crescentes demandas e competição entre os diversos usos realçam a importância de um gerenciamento adequado dos recursos hídricos.

No âmbito da produção agrícola a água é um recurso mais limitante ao seu crescimento e desenvolvimento, pois está associada ao fato de que quase todos os processos fisiológicos das plantas são, direta ou indiretamente, influenciados pelo suprimento hídrico (KRAMER; BOYER, 1995). Diante da busca pela ampliação da produção alimentar e a crise da água no mundo, seria necessário aumentar a produção agrícola e ao mesmo tempo diminuir o consumo de água na atividade agrícola, objetivos que levam ao dilema da agricultura irrigada, ora apresentada como a prática agrícola que, isoladamente, melhor pode incrementar a produtividade, ora apontada como uma das principais formas de degradação ambiental (BERNARDO, 1992).

A política de implantação da agricultura irrigada no semiárido permite um controle diferenciado sobre as condições naturais, viabilizando a produção durante todo o ano (PAZ et al., 2009). Entretanto, a agricultura irrigada na região é limitada devido à baixa densidade dos rios e a altas taxas de evaporação dificultando a utilização de águas represadas.

No que concerne a fontes alternativas, as reservas subterrâneas podem ser exploradas com o intuito de suprir a demanda hídrica da agricultura irrigada (REBOUÇAS, 2004). Entretanto, as águas subterrâneas podem ter qualidade química limitante (concentração de sais dissolvidos) e sua utilização poderia oferecer riscos ao meio ambiente, promovendo a salinização dos solos e, como consequência, oferecer prejuízos à própria produção agrícola. Portanto, a exploração de águas salobras somente se justificará caso haja tecnologia suficiente e disponível aos agricultores para lidar com águas salobras, seja com o seu emprego direto nas lavouras, seja via dessalinização para obtenção de água doce. Outra limitação à agricultura extensiva da região, mediante o emprego dessas águas, diz respeito à reduzida vazão de muitos dos poços já perfurados: em média $4 \text{ m}^3 \text{ hora}^{-1}$, segundo AUDRY E SUASSUNA (1995).

Muitas pesquisas são realizadas com a finalidade de promover um destino adequado para as águas salobras na agricultura, porém, quase sempre simulam o emprego dessas águas no cultivo convencional, que na maioria das vezes tem como resultado reduções na produtividade e impactos ambientais negativos. Novas alternativas de cultivo para o aproveitamento dessas águas são pouco estudadas.

Nesse contexto, sistemas hidropônicos podem ser mais condizentes às características da região semiárida brasileira do que sistemas convencionais de cultivo baseados em solo, sob irrigação ou não. Em síntese, têm-se as seguintes vantagens comparativas:

- a) Para um mesmo nível de fertilidade e salinidade do meio, as plantas podem ser mais estressadas em cultivos convencionais que em cultivos hidropônicos, considerando que no cultivo convencional o nível de umidade oscila entre um evento de irrigação e outro, havendo a diminuição dos potenciais osmótico e mátrico no cômputo do potencial total da água. Na hidroponia, inexistente o potencial mátrico, ao menos na maior parte do tempo, devido ao estado de saturação ao qual estão submetidas as plantas, fato

que pode se constituir em vantagem quando se utilizar águas salobras (SOARES et al., 2007).

- b) O maior potencial da água na hidroponia deve representar uma maior absorção de água e nutrientes pelas plantas, com menor gasto energético e menores prejuízos morfo-fisiológicos, para uma mesma quantidade de sais, em relação ao cultivo em solo. Manter equivalente estado de saturação no solo, apesar de exequível, implica incorrer em riscos fitossanitários maiores, sendo condição epidemiológica para patógenos muitas vezes já presentes no meio, além de representar maiores chances de lixiviação de íons, com perdas financeiras (íons de fertilizantes) e/ou ambientais (poluição do solo e das águas receptoras). Neste sentido, em sistemas hidropônicos, espera-se que culturas, sobretudo de ciclo rápido, proporcionem o uso sustentável de águas salobras, naturais ou residuárias provenientes da dessalinização.
- c) Nos sistemas convencionais são verificadas alterações da estrutura do solo, principalmente em função do íon Na^+ , que conseqüentemente causa prejuízo as plantas. Na hidroponia, esses efeitos tornam-se nulos ou menores, pois nesse sistema não há efeito da salinidade sobre a matriz, sendo um fator que contribuiria para o uso de águas salobras na hidroponia
- d) Ao final do ciclo, seja em solo, seja em hidroponia NFT, tem-se no meio de cultivo o aporte de elementos essenciais e não essenciais às plantas. Em ambos os sistemas de cultivo, há carga salinizante/polvente. No cultivo em solo, a drenagem natural associada à fração de lixiviação pode remover essa carga, mas a remoção leva às águas subterrâneas. Quando se instalam drenos subterrâneos, a carga polvente pode ser captada e emitida para fora do meio de cultivo, mas quase sempre a emissão a leva para corpos d'água ou terrenos, contaminando-os. Na hidroponia NFT, a carga polvente já está captada e, com a vantagem de poder ser menos tóxica que o lixiviado de solos, pode ser diluída para re-circulação, utilizada para irrigar outras culturas, ou ainda ser facilmente direcionada para concentração em tanques de evaporação.

Escassez hídrica

Há uma forte correlação entre indicadores sócio-econômicos e a disponibilidade qualitativa e quantitativa de água na região Nordeste do Brasil

(MONTEIRO, 2002). Lá, a escassez hídrica é uma causa à miséria e, à medida que aumenta como parte da depredação ambiental, torna-se também sua conseqüência. Um ciclo vicioso à semelhança daquele descrito por MENDES (1986) sobre a pobreza como condição da falta de investimentos em tecnologia, e esta carência como função da pobreza regional.

De todos os recursos de que a planta necessita para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, o mais limitante para a produtividade agrícola e de ecossistemas naturais (TAIZ & ZEIGER, 2004). A importância ecológica da água está associada ao fato de que quase todos os processos fisiológicos das plantas são, direta ou indiretamente, influenciados pelo suprimento hídrico (KRAMER & BOYER, 1995).

Além de um recurso imprescindível à vida, a água também é um insumo de desenvolvimento e bem-estar (qualidade de vida). Por exemplo, associada às políticas públicas viciadas, como historicamente praticadas na região Nordeste do Brasil, a escassez, quantitativa e qualitativa, de água é um dos primordiais fatores de origem da miséria na região. Nesse contexto, MONTEIRO (2002) encontrou forte correlação entre indicadores sócio-econômicos no Estado do Ceará e a salinização das águas que abastecem suas populações. Os 10 municípios (entre 170) com piores indicadores possuem quase 70 % de seus poços com altos teores de sais, enquanto que nos 10 melhores classificados este percentual é de apenas 16 %.

Em virtude da escassez qualitativa e quantitativa de água, diversos pesquisadores apontam para importantes litígios locais e mesmo conflitos entre nações, considerando que o consumo mundial dobra a cada 20 anos (PAZ et al., 2000; REBOUÇAS, 1999).

A escassez de água, seja quantitativa ou qualitativa, tem sido uma constante preocupação ao longo da História da humanidade. Porém, a partir da última década do século XX, esse problema ficou mais evidenciado, devido ao crescimento populacional, à melhoria das condições de vida, o que demanda mais água, e à importância que os meios de comunicação têm dado ao tema, permitindo sua divulgação em todos os âmbitos (JUAN, 2000). Além disso, AYERS & WESTCOT (1999) argumentam que a negligência à qualidade da água se deveu à abundância, até então existente, de fontes de água, em geral de boa qualidade e fácil utilização.

No âmbito nacional, a escassez prolongada de água se confunde com a região Nordeste. Conforme REBOUÇAS (1997), as secas de 1825, 1827 e 1830 marcaram

o início da açudagem no Nordeste semi-árido como fonte de abastecimento humano e animal durante tais períodos. Nessa Região, por muito tempo se encarou as secas e suas conseqüências como fatalidades.

Para viabilizar a agricultura irrigada, atendendo à demanda crescente por alimentos no cenário da escassez hídrica e da utilização de fontes com qualidade inferior, é fundamental redefinir práticas que não comprometam a sustentabilidade ambiental. Assim, o projeto agrícola deve ter sua vida útil perdurável, pois a economia tornou-se inseparável da ecologia. Como esclarecem SALATI et al. (1999), para o desenvolvimento sustentável, o recurso água deve ser racionalmente gerido.

Águas subterrâneas

Uma importante fonte alternativa às águas superficiais são as águas subterrâneas. Estima-se que existam no Brasil pelo menos 400.000 poços (ZOBY & MATOS, 2002). A água subterrânea é intensamente explotada no País. A água de poços e fontes vem sendo utilizada para diversos fins, tais como o abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer. No Brasil, 15,6 % dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea, 77,8 % usam rede de abastecimento de água e 6,6 % usam outras formas de abastecimento (ZOBY & MATOS, 2002).

Sobre os custos de água captada, REBOUÇAS (1999) informa que comparativamente a alternativa tecnológica mais barata para se atender a uma determinada demanda é a captação de água subterrânea. Em relação às águas superficiais, os fatores da maior competitividade das águas subterrâneas são destacados pelo autor: a notável capacidade de armazenamento dos aquíferos faz com que a quantidade e a qualidade não sejam afetadas pela variabilidade sazonal ou interanual das fontes de recarga, tais como períodos de estiagem, secas ou enchentes; a potabilidade natural e a maior proteção da qualidade dispensam os investimentos com estações de tratamento; a forma extensiva de ocorrência das águas subterrâneas resulta na possibilidade de captação no local onde ocorrem as demandas, dispensando estações de recalque e adutoras. Ademais, a sua captação não interfere com o desenvolvimento das formas de ocupação da área em apreço, tais como urbanização, construção de indústrias ou atividades agrícolas; os prazos de execução das obras de captação são relativamente pequenos, da ordem de dezenas de dias até alguns meses, contra dezenas de meses até alguns anos no

caso da captação de rios e lagos; os investimentos são relativamente pequenos. Ademais, a aplicação dos recursos financeiros para construção de novos poços pode ser realizada na medida em que cresce a demanda de água, não onerando a coletividade atual em benefício dos futuros usuários; os mananciais subterrâneos não sofrem assoreamento, nem perdem grandes volumes de água por evaporação, tal como ocorre nos rios, lagos e barragens, de modo especial nos contextos de clima árido ou semi-árido.

O Brasil é hoje um dos países mais desenvolvidos do mundo em tecnologia de poços profundos. Um litro de água proveniente de poço profundo, em alguns casos, pode custar até 15 vezes menos que um litro de água captada de recursos hídricos superficiais (TOMAZ, 1998).

A despeito de poderem apresentar melhor qualidade sanitária, as águas subterrâneas podem ter qualidade química (concentração de sais dissolvidos) limitante ao consumo humano e à produção agrícola. No Brasil, a Portaria nº36/90 do Ministério da Saúde estabelece que o valor máximo permissível de sólidos totais dissolvidos é 1.000 mg L^{-1} para o consumo humano (REBOUÇAS, 1999), mesmo valor preconizado pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Para a produção agrícola irrigada, AYERS & WESTCOT (1999) indicam não haver restrição para o uso de águas com até 450 mg L^{-1} , existindo moderada restrição para águas com 450 a 2.000 mg L^{-1} . A restrição é severa quando o teor de sólidos totais dissolvidos supera 2.000 mg L^{-1} .

Conforme legislação ambiental vigente no Brasil, mediante a resolução 357 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), de 17 de março de 2005, as águas do território nacional são classificadas em função da sua salinidade como: águas doces (salinidade inferior ou igual a 0,5 %); águas salobras (salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %) e águas salinas (salinidade igual ou superior a 30 %) (BRASIL, 2010). Expressando esses valores no Sistema Internacional de Unidades, como faz REBOUÇAS (1999), o limite superior de salinidade é 500 mg L^{-1} para águas doces e 30.000 mg L^{-1} para águas salobras.

Segundo ZOBY & OLIVEIRA (2005), que compendiarão vários estudos, as águas subterrâneas brasileiras possuem boa qualidade, de modo geral, com propriedades físico-químicas e bacteriológicas adequadas a diversos usos, incluindo o consumo humano, sendo uma das poucas exceções que citam os aquíferos fraturados (terrenos cristalinos) do semi-árido nordestino, em virtude dos elevados

valores de sólidos totais dissolvidos. Reforçam os autores que uma comprovação da qualidade das águas do subsolo do País é o grande uso de águas minerais e potáveis de mesa para consumo humano especialmente nos grandes centros urbanos.

A hidrologia do Nordeste, além das condições climáticas, está na dependência direta do contexto geológico da região, que, em termos de comportamento hidrológico, divide-se em duas grandes unidades: o embasamento cristalino e as bacias sedimentares. Estas bacias correspondem a compartimentos encaixados no substrato cristalino através de falhas, e ocorrendo freqüentemente em relevo, as chamadas chapadas, sendo, neste caso, testemunhas de erosão (AUDRY & SUASSUNA, 1995).

Tal dependência é bem sintetizada por AUDRY & SUASSUNA (1995), como se segue: o embasamento cristalino é constituído de rochas ígneas e metamórficas de idade pré-cambriana, impermeáveis, com alterações e solos pouco profundos e vegetação aberta típica (a caatinga). Têm-se aí, condições de pouca infiltração, baixa capacidade de armazenamento de água e predominância dos processos de escoamento. Em conseqüência, a rede hidrográfica é densa, mas os rios são de regime temporário, com enchentes bruscas e escoamento rápido. Não existem lençóis expressivos: as águas subterrâneas limitam-se a lençóis localizados nas zonas de fraturas e fissuras do substrato, que oferecem condições locais de boa permeabilidade, e às zonas de aluviões dos rios que, nas regiões de maior relevo, também são reduzidas. Essas condições edáficas e ecológicas desfavoráveis ao armazenamento profundo de água fazem com que, em contrapartida, as zonas cristalinas sejam naturalmente favoráveis para açudagem. As zonas sedimentares, de idades geológicas diversificadas, são simplesmente o posto: rochas permeáveis, solos freqüentemente profundos, predominância da infiltração, rios perenes e armazenamento da água em lençóis profundos de grande extensão. Em termos de importância relativa em superfície, para a totalidade do Polígono das Secas, as formações sedimentares e os aluviões dos rios representam aproximadamente 45 % da área. Mas, para as regiões sertanejas de aridez climática mais acentuada nos Estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, o cristalino ultrapassa a proporção de 70 %.

As águas dos grandes lençóis profundos das bacias sedimentares são consideradas como de boa qualidade química para irrigação, quando se trata de

formações de arenitos. Pode não ocorrer o mesmo em rochas sedimentares ricas em minerais alteráveis ou solúveis. Nas regiões sedimentares, a rede hidrográfica exporta uma parte dos sais dissolvidos até o mar. As águas profundas são menos concentradas; a concentração dos mesmos na superfície e a infiltração são generalizadas a grandes proporções da paisagem e as reservas profundas que recebem essas águas de drenagem são de volumes consideráveis. Isto explica que as águas profundas são menos concentradas e que o fator litológico possa se exprimir tanto na concentração como na diversificação dos tipos de águas, com aparecimento de tipos bicarbonatados e mistos (praticamente os sulfatos não existem nas águas do Nordeste) e com vários equilíbrios entre sódio, cálcio e magnésio (AUDRY & SUASSUNA, 1995). Conforme REBOUÇAS (1997), nos domínios sedimentares, onde se reservam cerca de 4.000 bilhões de m³ de água doce subterrânea, poços tubulares têm logrado vazões de até 500 m³ h⁻¹.

As águas fissurais localizadas no cristalino, além de apresentarem níveis de salinidade sempre elevados (condutividade elétrica¹, sempre maior que 1,5 dS m⁻¹, atingindo freqüentemente 4,5 dS m⁻¹ e podendo ultrapassar muito esse valor), sempre apresentam, também, limitações de vazões (em média de 4 m³ hora⁻¹). Apesar de protegidas da evaporação direta pela profundidade em que se encontram as águas fissurais, a aridez do clima é fator determinante de suas concentrações salinas elevadas. Há predominância do fator climático sobre o litológico e a prova disso é a ocorrência quase exclusiva do tipo de água cloretado sódico, já que se considera o cloro, que é ausente das rochas cristalinas, como trazido pelas chuvas. Assim como as águas subterrâneas, as águas superficiais do cristalino são do tipo cloretado sódico; sua faixa de concentração é considerável: 0,75 a 15 dS m⁻¹.

Águas salobras como alternativa para a hidroponia

Sobretudo em climas áridos e semiáridos, a agricultura irrigada mal manejada pode implicar em salinização e degradação do solo (MEDEIROS & GHEYI, 2001; BERNARDO, 1992). As áreas semiáridas do Nordeste não são exceção. Nessa região, as maiores incidências da salinização secundária se concentram nas terras mais intensamente cultivadas com o uso da irrigação, nos chamados Perímetros Irrigados (OLIVEIRA, 1997), mesmo quando se utilizam águas de boa qualidade

química. Um dos principais motivos da salinização é a drenagem deficiente do solo, o que é condição natural em muitas áreas do Nordeste, além de ser ponto negligenciado em projetos, devido ao fato de que sistemas artificiais de drenagem são relativamente onerosos.

Ao se utilizar água salobra, a salinização do solo e suas conseqüências podem ser ainda mais graves. Na agricultura convencional, a utilização indiscriminada desse tipo de água pode salinizar e desestruturar os solos (RHOADES et al., 2000), agravando os problemas de desertificação já documentados para a região semiárida brasileira (SCHENKEL & MATALLO, 2003). Já na dessedentação humana, as águas salobras podem causar sérias patologias, como cálculos renais e problemas cardíacos.

Por causas geológicas, águas salobras são comuns nas reservas subterrâneas no semiárido brasileiro (AUDRY & SUASSUNA, 1995; ZOBY & MATOS, 2002). Conforme REBOUÇAS (1999), no contexto das rochas cristalinas desse semiárido, os teores de sólidos totais dissolvidos (STD) nas águas subterrâneas são superiores a 2.000 mg L^{-1} em 75 % dos casos. Esse é um aspecto importante, pois, apesar da reconhecida escassez de águas superficiais, tem-se ali um considerável armazenamento de água no subsolo, o que poderia servir ao desenvolvimento da região (CARVALHO, 2000).

No âmbito agrícola, a exploração dessas reservas somente se justificará caso haja tecnologia suficiente e disponível aos agricultores para lidar com águas salobras, seja com o seu emprego direto nas lavouras, seja via dessalinização para obtenção de água doce. Outra limitação à agricultura extensiva da região, mediante o emprego dessas águas, diz respeito à reduzida vazão de muitos dos poços já perfurados: em média $4 \text{ m}^3 \text{ hora}^{-1}$, segundo AUDRY & SUASSUNA (1995).

Diversas pesquisas tratam da possibilidade de utilização de águas salobras na agricultura. Quase sempre, entretanto, simulam o uso dessas águas nas mesmas condições de cultivo empregadas pelos agricultores. Novas alternativas de cultivo para o aproveitamento dessas águas são pouco estudadas. Dessa forma, aos agricultores geralmente estão disponíveis pesquisas que comprovam as substanciais reduções da produtividade e a insustentabilidade da atividade com o uso de águas salobras.

Nos últimos anos, algumas pesquisas têm procurado avaliar a viabilidade de aproveitamento de águas salobras em cultivos hidropônicos (SOARES et al., 2007;

SOARES, 2009; SANTOS, 2009; PAULUS, 2010). Essas pesquisas são propostas com o intuito de gerar tecnologia para uso racional das águas subterrâneas salobras do Semiárido e do rejeito da dessalinização por osmose reversa, sendo que nesse último caso o impacto tecnológico seria duplo, por mitigar aquela que é uma das maiores restrições a essa tecnologia: a destinação apropriada do seu rejeito (SOARES et al., 2006).

A hipótese básica dos estudos é que na hidroponia a resposta das plantas em condições salinas é melhor que no cultivo convencional baseado no solo, visto que, na hidroponia, pode não existir o potencial mátrico, que no solo é uma das causas da diminuição da energia livre da água (SOARES et al., 2007). Enquanto a tensão da água no solo aumenta entre um evento de irrigação e outro, o que se percebe no monitoramento com tensiômetros (SANTOS & PEREIRA, 2004), na hidroponia (em água) a tensão tende à nulidade, pois o meio é saturado com água (forças de adesão e retenção não se estabelecem) e neste cultivo os eventos de irrigação são repetíveis em alta frequência. Na hidroponia do tipo NFT (nutrient technique film), por exemplo, é usual que a irrigação se processe de 15 em 15 minutos (ZANELLA et al., 2008).

Também se tem apontado a hidroponia como um sistema de maior segurança ambiental, mais condizente ao uso de águas salobras, pois sua própria estrutura funciona como sistema de drenagem. Assim, os sais acumulados ao final do processo produtivo podem ser facilmente dirigidos para fora do sistema (SOARES, 2007).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade técnica da utilização de águas salobras na produção de hortaliças tendo em vista o aproveitamento racional de águas salobras no semiárido brasileiro. Para isso, avaliou-se a produção das hortaliças (alface, agrião e rúcula) separadamente com uso de águas salobras e doce.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino: caracterização, variação sazonal, limitações de uso**. Recife: CNPq, 1995, 128 p.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros e F.A.V. Damasceno. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29 revisado).

BERNARDO, S. Desenvolvimento e perspectiva da irrigação no Brasil. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.1, n.14, p.1-14, 1992.

CARVALHO, P. Água potável via energia solar. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 158, p. 72-74, 2000.

HOFMEISTER, W. **Água e desenvolvimento sustentável no semiárido**. Fundação Konrad Adenauer, Séries Debates nº 24, Fortaleza, 169p, 2002

JUAN, J.A.M.S. **Desalación de aguas salobres y de mar: osmose inversa**. Madrid: Mundi-Prensa, 2000. 395 p.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995. 495 p.

MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R. Riscos de salinidade em áreas irrigadas. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M.(Ed.). **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. cap.5, p. 255-314. (Série Engenharia Agrícola, Irrigação, 1).

MENDES, B.V. **Alternativas tecnológicas para a agropecuária do Semi-Árido**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1986. 171 p.

MONTEIRO, V.P. **Critérios para implantação de tecnologias de abastecimento de água potável em regiões afetadas pelo alto teor de sal**. 2002. 56 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. cap. 1, p. 319-362.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.1, p.29-35, 2010.

PAZ, V.P.S.; OLIVEIRA, A. S.; PEREIRA, F. A. C.; GHEYI, H. R. **Manejo e sustentabilidade da irrigação em regiões áridas e semi-áridas**. Cruz das Almas, BA. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. 345 p.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p.465-473, 2000.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora, 2004, 208 p.

REBOUÇAS, A.C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.

REBOUÇAS, A.C. Águas subterrâneas. In: Rebouças, A.C.; Braga, B.; Tundisi, J.G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. cap. 4, p. 117-151.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de H.R. Gheyi, J.R. de Sousa e J.E. Queiroz. Campina Grande: UFPB, 2000. 117 p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 48).

SALATI, E.; LEMOS, H.M.; SALATI, E. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. cap. 2, p. 39-64.

SANTOS, A.N. **Rendimento e avaliação nutricional do cultivo hidropônico de alface em sistema NFT no semi árido brasileiro utilizando águas salobras.** Recife: UFRPE, 2009. 133p. Dissertação Mestrado.

SANTOS, S.R.; PEREIRA, G.M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 569-577, 2004.

SCHENKEL, C.S.; MATALLO JR., H. **Desertificação.** Brasília: UNESCO, 2003. 82 p.

SOARES, T.M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro.** 2007. 267 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F.; DUARTE, S.N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; BONFIM-MARIA, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 235-248, 2007.

SOARES, T.M.; SILVA, I.J.O.; DUARTE, S.N.; SILVA, E.F.F. Destinação de águas residuárias provenientes de dessalinizadores por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 730-737, 2006

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Tradução de E. R. Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719 p.

TOMAZ, P. **Conservação de água.** São Paulo: Parma, 1998. 294 p.

ZANELLA, F.; LIMA, A.L.S; SILVA JUNIOR, F.F.; MACIEL, S.P.A. Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, V.32, N. 2, p. 366-370, 2008.

ZOBY, J.L.G.; MATOS, B. Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na política nacional de recursos hídricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis. Florianópolis: ABAS, 2002. 1 CD-ROM.

ZOBY, J.L.G.; OLIVEIRA, F.R. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, 2005. 73 p.

CAPÍTULO 1

ESTRATÉGIAS DE USO DE ÁGUA SALOBRA NA PRODUÇÃO DE ALFACE EM HIDROPONIA NFT

ESTRATÉGIAS DE USO DE ÁGUA SALOBRA NA PRODUÇÃO DE ALFACE EM HIDROPONIA NFT

Resumo: Plantas de alface crespa 'Verônica' foram cultivadas em condições hidropônicas objetivando avaliar três diferentes estratégias de emprego de águas salobras: 1) águas salobras para reposição das perdas por evapotranspiração (ETc) e água doce para o preparo da solução nutritiva (SN); 2) águas salobras para o preparo da SN e água doce para reposição da ETc; 3) águas salobras para o preparo da SN e reposição da ETc. Os níveis de salinidade da água foram obtidos pela adição de NaCl à água doce ($0,27 \text{ dS m}^{-1}$): 1,45; 2,51; 3,60; 5,41 e $7,50 \text{ dS m}^{-1}$. O experimento foi conduzido em quatro blocos aleatorizados, com quatro repetições por tratamento. Uma estrutura de pesquisa foi construída com 72 parcelas que simulam a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT). O uso de água salobra apenas para repor a ETc não produziu efeito sobre a produção da alface. Por outro lado, o uso de águas salobras para o preparo da SN e água doce para reposição da ETc, reduziu o rendimento da alface (massa de matéria fresca da parte aérea) em 4,99% por dS m^{-1} . O rendimento foi reduzido em 7% por dS m^{-1} quando águas salobras foram usadas tanto para o preparo da SN quanto para reposição da ETc. Apesar da redução linear da produção da alface com o aumento da salinidade da água, não foram registrados sintomas que comprometessem à qualidade da alface hidropônica.

Palavras-chave: salinidade, cultivo sem solo, hortaliças, águas subterrâneas.

STRATEGIES FOR BRACKISH WATER USE IN NFT HYDROPONIC LETTUCE PRODUCTION

Abstract: Plants of crisphead lettuce cv. 'Verônica' were grown under hydroponic conditions aiming to evaluate three different strategies of brackish waters utilization: 1) brackish waters to replace the evapotranspiration loss (ET_c) and fresh water to prepare nutrient solution (NS); 2) brackish waters to prepare NS and fresh water to replace the ET_c; 3) brackish waters to prepare NS and replace ET_c. The levels of water salinity were obtained by NaCl added to fresh water (0.27 dS m⁻¹): 1,45; 2,51; 3,60; 5,41 and 7,50 dS m⁻¹. The experiment was laid out in four randomized blocks, with four replications per treatment. A research structure was built with 80 experimental units which simulate the nutrient film technique (NFT). The use of brackish water only to replace the ET_c did not affect the lettuce yield. On the other hand, the use of brackish waters to prepare NS, and fresh water to replace the ET_c loss, reduce the lettuce yield (shoot fresh matter) in 4.99% per dS m⁻¹. The lettuce yield was reduce in 7% per dS m⁻¹ as brackish waters were used both prepare NS and replace ET_c loss. Despite the linear decline of lettuce yield as the water salinity increased, depreciative symptoms for quality of hydroponic lettuce were not registered.

Key words: salinity, soilless cultivation, vegetables, groundwater.

INTRODUÇÃO

Na região semiárida do Brasil a escassez hídrica afeta gravemente a população, trazendo graves perdas sociais e econômicas, refletidas na diminuição da capacidade produtiva, acentuando o desemprego, a concentração de renda e o empobrecimento de um contingente significativo da população.

No semiárido a irrigação torna-se uma das principais vias de desenvolvimento, sendo indispensável o papel dessa técnica tanto na agricultura familiar quanto no agronegócio regionais. Entretanto, a irrigação também é reconhecidamente uma das principais causadoras de impactos ambientais negativos de origem antrópica no semiárido. Nesse aspecto, a salinização do solo torna-se um dos problemas mais graves, tanto em projetos públicos quanto em privados. O problema da salinização pode ocorrer com o uso de água doce em condições de má drenagem do solo e de manejo incorreto da irrigação; com o emprego de águas salobras o processo da salinização torna-se catalisado e suas consequências potencializadas.

A depleção quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos nos últimos anos tem conduzido à busca de técnicas para uso mais eficiente da água e também para aproveitamento racional de águas consideradas como de qualidade inferior. Como uma alternativa para comunidades isoladas do semiárido, onde a escassez de água doce torna-se um problema ainda mais dramático, algumas pesquisas recentes têm sugerido a técnica da hidroponia. Além de permitir melhor eficiência no uso da água, devido à redução das perdas por evaporação, a hidroponia pode amplificar a vantagem da irrigação localizada no que diz respeito ao menor efeito da salinidade sobre as plantas, reduzindo ainda os riscos ambientais associados ao acúmulo de sais no ambiente.

Pelas dificuldades técnicas e orçamentárias de se recalcar águas superficiais até as comunidades mais distantes no território do semiárido, as águas subterrâneas tornam-se uma opção razoável. No entanto, em função das características climáticas e geológicas, essas águas são frequentemente salobras e exploradas em vazões menores que $4 \text{ m}^3 \text{ hora}^{-1}$ (AUDRY & SUASSUNA, 1995; COSTA et al., 2006), dificultando a irrigação convencional.

O uso intensivo da água na hidroponia pode ser condizente às características quantitativas e qualitativas das águas subterrâneas disponíveis às populações

difusas do semiárido. Nesse sentido, recentes pesquisas vêm sendo realizadas com intuito de avaliar a viabilidade de aproveitamento de águas salobras em cultivos hidropônicos (SANTOS et al., 2010a; PAULUS et al., 2010; SOARES et al., 2010; SANTOS et al., 2010b; AMORIM et al., 2005). Estes estudos têm a premissa de que na hidroponia a resposta das plantas em condições salinas é melhor que no solo, devido à ausência do potencial mátrico que é uma das causas da diminuição da energia livre de água (SOARES et al., 2007). Além disso, sistemas hidropônicos do tipo fechado, como o NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), já funcionam como um sistema de irrigação e também de drenagem, permitindo o destino apropriado dos sais ao final da produção.

Por ser a hortalixa folhosa mais consumida no Brasil, a alface se destaca também no cenário nacional dos cultivos hidropônicos, chegando a ser responsável por 80% desse tipo de produção. Obviamente não é possível transpor para hidroponia os limites de tolerância da alface à salinidade estabelecidos para agricultura convencional em solo.

Alguns autores apontam a alface hidropônica como tolerante à salinidade, podendo até ocorrer efeito benéfico dos sais ao proporcionarem maior firmeza às plantas (RODRIGUES, 2002). Esse é um dado interessante, pois na agricultura convencional, a alface é classificada como moderadamente sensível à salinidade do solo (AYERS & WESTCOT, 1999), sendo seu rendimento potencial alcançado quando a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo atinge o valor limiar de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$; acima deste valor espera-se uma redução de 13% no rendimento da alface por acréscimo unitário da salinidade em dS m^{-1} .

Estudos sobre a utilização de águas salobras em sistemas hidropônicos têm tratado de distintas estratégias de uso dessas águas associadas ou não com uma fonte de água doce. SOARES et al. (2010) estudaram o uso de águas doce e salobras, alternando-as ou no preparo da solução nutritiva ou na reposição da evapotranspiração em sistema hidropônico, mas, seus experimentos foram realizados em períodos diferentes. Por outro lado, PAULUS et al. (2010) e SANTOS et al. (2010) investigaram a utilização de águas salobras tanto no preparo da solução nutritiva como na reposição da evapotranspiração, mas não o uso combinado com água doce.

Diferentes estratégias de uso de águas salobras, associadas ou não com água doce, devem produzir efeito no rendimento das culturas hidropônicas. A

comparação dos resultados obtidos a partir de diferentes estratégias não deveria ser conduzida a partir de pesquisas estabelecidas em condições de cultivo distintas (região, tipo de ambiente protegido, clima local, estação do ano, manejo da irrigação, etc.), considerando as diversas variáveis que têm interação com a salinidade sobre as respostas das culturas.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a viabilidade técnica da produção de alface crespa 'Verônica' com três diferentes estratégias de uso de águas salobras, quais sejam: uso exclusivo de água salobra; uso de água salobra na produção da solução nutritiva e água doce na reposição da evapotranspiração; uso de água doce na produção da solução nutritiva e água salobra na reposição da evapotranspiração.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia no Município de Cruz das Almas, a 12°40'19" de latitude sul, 39°06'23" de longitude oeste e altitude média de 225 m. O clima da região é classificado como úmido a subúmido, com umidade relativa e temperatura média anuais de 80% e 24,1 °C, respectivamente, apresentando pluviosidade média anual de 1.170 mm (ALMEIDA, 1999).

O experimento foi realizado no período de 15 de julho a 05 de setembro de 2009 em casa-de-vegetação do tipo arco geminada, apresentando 32,0 m de comprimento, 14,0 m de largura, 4,0 m de pé direito com teto coberto por filme plástico, anti UV, de 150 µm de espessura e laterais cobertas por telas de cor branca. À altura do pé direito foi instalada uma manta termorrefletora para controle da radiação e temperatura (Figura 1).

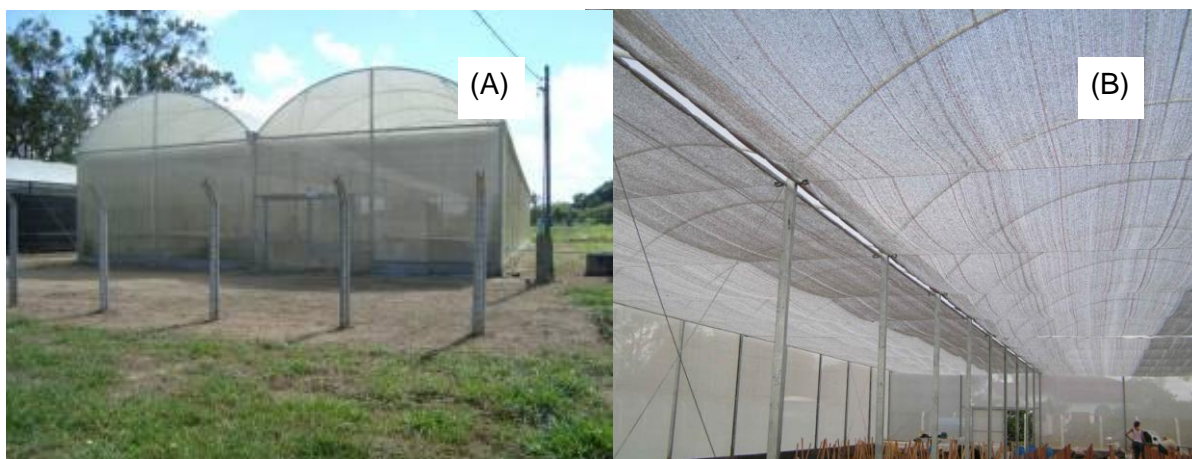


Figura 1. Casa-de-vegetação: vista externa (A); vista interna, laterais e teto (B).

Os dados de temperatura e umidade relativa no ambiente protegido (casa-de-vegetação) foram monitorados utilizando um termo-higrômetro, da Instrutherm, modelo HTR-157, instalado a 2,0 metros de altura e programado para medições a cada 15 minutos (Figura 2).



Figura 2. Termohigrômetro instalado no interior da casa-de-vegetação

Foram construídas 72 unidades experimentais (SOARES et al., 2009). Cada parcela representava um sistema hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) independente, composto por um reservatório plástico com capacidade para 60 L de solução nutritiva; uma eletrobomba de circulação; e um perfil hidropônico em polipropileno com aditivo anti-ultravioleta, com diâmetro comercial de 100 mm, comprimento de 3,0 m, contendo 9 orifícios de 2,5 cm de raio espaçados em 0,3 m (Figura 3A).



Figura 3. Vista geral da casa-de-vegetação com as unidades hidropônicas (A) e perfis instalados a 1,0 m de altura (B).

Os perfis foram instalados em pares a uma altura de 1,0 m da superfície do solo, com inclinação de 4% (Figura 3B). O espaçamento entre os perfis foi de 0,5 m e entre os pares de parcelas foi deixado um corredor de 0,9 m de largura para facilitar o trânsito e a operacionalidade. O piso foi coberto com manta geotêxtil cinza, visando melhorar a higiene, aumentar a vida útil das eletrobombas e melhorar as condições fitossanitárias (Figura 4).



Figura 4. Alocação da manta geotêxtil no piso da casa-de-vegetação

Também foram montados sistemas de abastecimento automático individualizados para cada parcela, construídos com tubulação de PVC de seção contínua e diâmetro nominal de 0,2 m. Este tipo de sistema permite a saída

automática de água para o reservatório de solução nutritiva mediante uma torneira-bóia, possibilitando a manutenção do volume e a concentração da solução apropriada para cada tratamento.

Foi avaliada a variedade de alface crespa 'Verônica' da SAKATA. Sementes peletizadas foram semeadas em espuma fenólica com células de 2 x 2 x 2 cm em 15 de Julho de 2009 e, após 32 horas em ambiente sem iluminação foram transferidas para o berçário (Figura 5), permanecendo por 23 dias. As mudas foram irrigadas inicialmente apenas com água doce e, do oitavo dia até o décimo quinto dia, com solução nutritiva padrão diluída a 50%; a partir daí foram irrigadas com solução nutritiva a 100% segundo a formulação de FURLANI et al. (1999). Em seguida, as mudas foram transplantadas para a bancada de desenvolvimento, apresentando de 5 a 6 cm de altura e com cinco folhas definitivas, cultivando-se em cada perfil um total de cinco plantas.

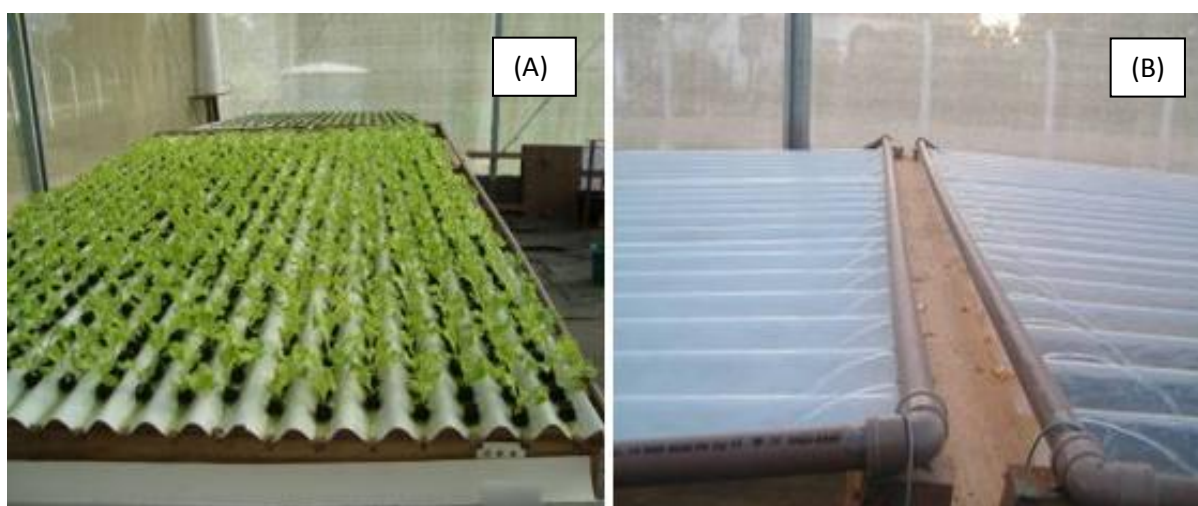


Figura 5. Berçário: irrigação de mudas de alface em NFT (A) e detalhe das saídas da tubulação (B).

Os tratamentos foram iniciados após o transplântio e consistiram em níveis de salinidade da água, caracterizados pela condutividade elétrica (CE). As águas utilizadas foram salinizadas artificialmente mediante adição de cloreto de sódio (NaCl) à água doce ($0,27 \text{ dS m}^{-1}$) resultando em seis níveis de salinidade da água de acordo com cada tratamento (Tabela 1).

Tabela 1. Concentração de NaCl (cloreto de sódio) e CEa (condutividade elétrica da água) para os diferentes tratamentos aos quais foram submetidos as plantas de alface

TRATAMENTOS	NaCl (g L ⁻¹)	CEa (dS m ⁻¹)
Testemunha	0,000	0,27
T1	0,585	1,45
T2	1,170	2,51
T3	1,755	3,60
T4	2,925	5,41
T5	4,095	7,50

Os diferentes níveis de CE da água (CEa) foram analisados de acordo com três tipos de emprego de águas salobras, quais sejam: na estratégia de uso I (UI), utilizou-se água doce (não salinizada) no preparo da solução nutritiva e água salobra na reposição da evapotranspiração (ETc), implicando em salinidades crescentes; na estratégia de uso II (UII), a água salobra foi utilizada no preparo da solução nutritiva e a reposição da ETc foi feita com água doce, resultando em salinidade constante em cada tratamento; e na estratégia de uso III (UIII), utilizou-se exclusivamente água salobra, tanto na solução nutritiva como na reposição da ETc.

A presente pesquisa foi conduzida em três diferentes experimentos separados na casa-de-vegetação, mas concomitantes.

Para cada estratégia de uso o delineamento experimental foi o aleatorizado em blocos com seis tratamentos (Tabela 1) e quatro repetições. A solução nutritiva em todos os tratamentos foi preparada com a mesma quantidade de fertilizantes, seguindo a recomendação de FURLANI et al. (1999) para o cultivo hidropônico da alface.

A solução nutritiva foi bombeada do reservatório até a parte mais alta da bancada pela eletrobomba de circulação, acionada por um temporizador digital (Figura 6). programado para ligar o sistema durante 15 minutos com intervalos de 15 minutos, no período de 06:00h às 11:00h e 14:00h às 19:00h; irrigação constante das 11:00h às 14:00h; e irrigações de 15 minutos às 21:00h, 23:00h e 02:00h.

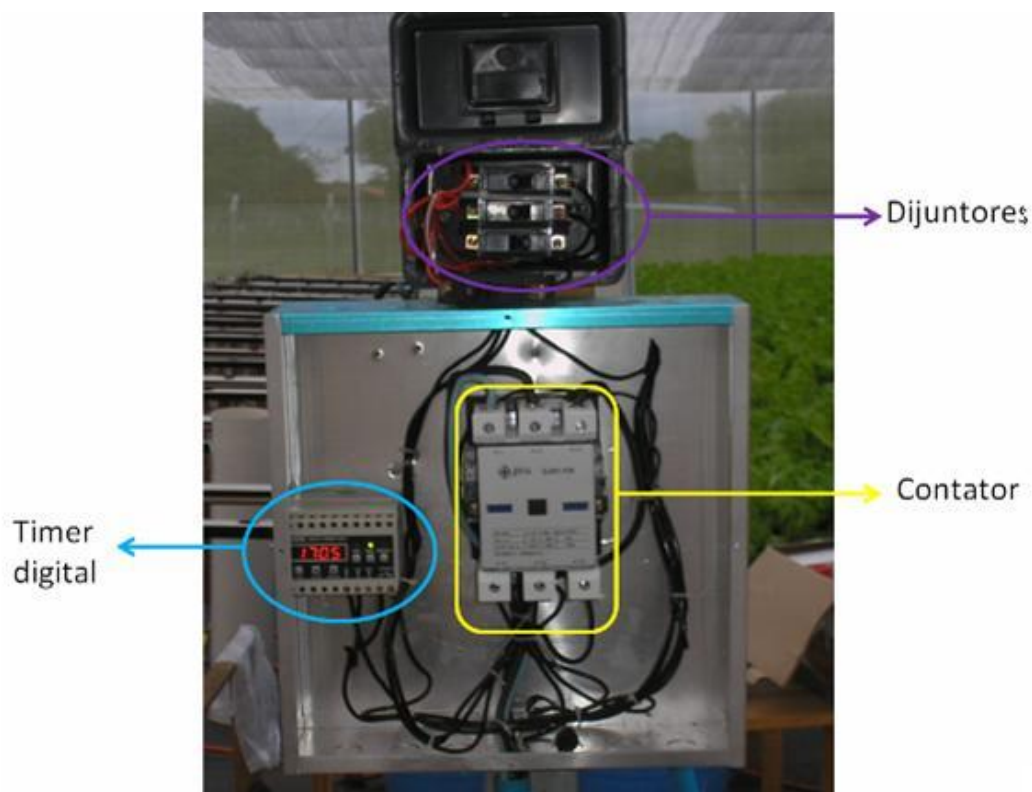


Figura 6. Painel de controle e temporizador digital.

Durante os experimentos foram coletadas a cada dois dias amostras da solução nutritiva para a determinação e monitoramento da condutividade elétrica (CEsol) e do pH.

A colheita da alface foi realizada aos 24 dias após o transplântio (DAT), sendo colhidas as três plantas centrais de cada perfil. As variáveis mensuradas foram: massa de matéria fresca das folhas (MFF), massa de matéria fresca do caule (MFC), massa de matéria de matéria fresca da parte aérea (MFPA), determinadas em balança de precisão. Com o auxílio de uma régua graduada determinou-se o comprimento do caule (CC), do ponto de corte até o ápice; o comprimento da raiz (CR), do ponto de inserção caulinar até a ponta da raiz; e a circunferência da planta (CP). Após pré-secagem por 24 horas as plantas foram levadas à estufa de circulação forçada à temperatura de 65°C até obtenção de massa constante. Os valores de massa de matéria seca da folha (MSF), da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) foram determinados em balança de precisão.

O fator salinidade da água foi estudado mediante análises de variância e de regressão. Os diferentes tipos de uso foram analisados mediante a porcentagem de

redução das produções por acréscimo unitário da CEa. Todas as análises foram efetuadas no programa SAS.

Também foram calculadas as produtividades relativas da alface em cada nível de salinidade da água em relação ao tratamento Testemunha, eq. (1).

$$PR = \frac{MFPA_{TRAT}}{MFPA_{TESTEMUNHA}} \times 100 \quad (1)$$

em que:

PR - produtividade relativa (%)

$MFPA_{TRAT}$ - massa de matéria fresca da parte aérea em cada nível de salinidade da água, (g)

$MFPA_{TESTEMUNHA}$ - massa de matéria fresca da parte aérea da testemunha, (g)

Registrou-se diariamente a leitura do nível da água nos reservatórios de abastecimento automático. Com isso foi calculado o consumo hídrico diário por planta mediante a equação 2:

$$V_{ETC} = \frac{(Lf - Li) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta T} \times 10^6 \quad (2)$$

em que:

V_{ETC} - volume evapotranspirado, mL planta⁻¹ dia⁻¹

Lf - leitura final do nível da água no depósito de abastecimento automático, m

Li - leitura inicial do nível da água no depósito de abastecimento automático, m

D - diâmetro interno do depósito de abastecimento automático, m

ΔT - intervalo de tempo entre as leituras, dias

n - número de plantas no perfil no intervalo de tempo ΔT

RESULTADOS E DISCUSSÕES

De maneira geral, durante o período diurno, a temperatura do ar foi superior à temperatura ideal para a alface, compreendida entre 15 e 25 °C (MARTINEZ, 2006).

Em certos momentos, foram verificadas temperaturas máximas acima da temperatura crítica para a alface (>30 °C) (RODRIGUES, 2002), observando-se valor máximo de 37 °C (Figura 7A). Em relação à umidade relativa do ar (Figura 7B), a média registrada no período foi de 87%, considerada acima do recomendado como faixa ideal, qual seja, de 60 a 80% (MARTINEZ, 2006). Porém, no presente estudo não foi verificado efeito prejudicial da temperatura do ar e da umidade relativa sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas de alface.

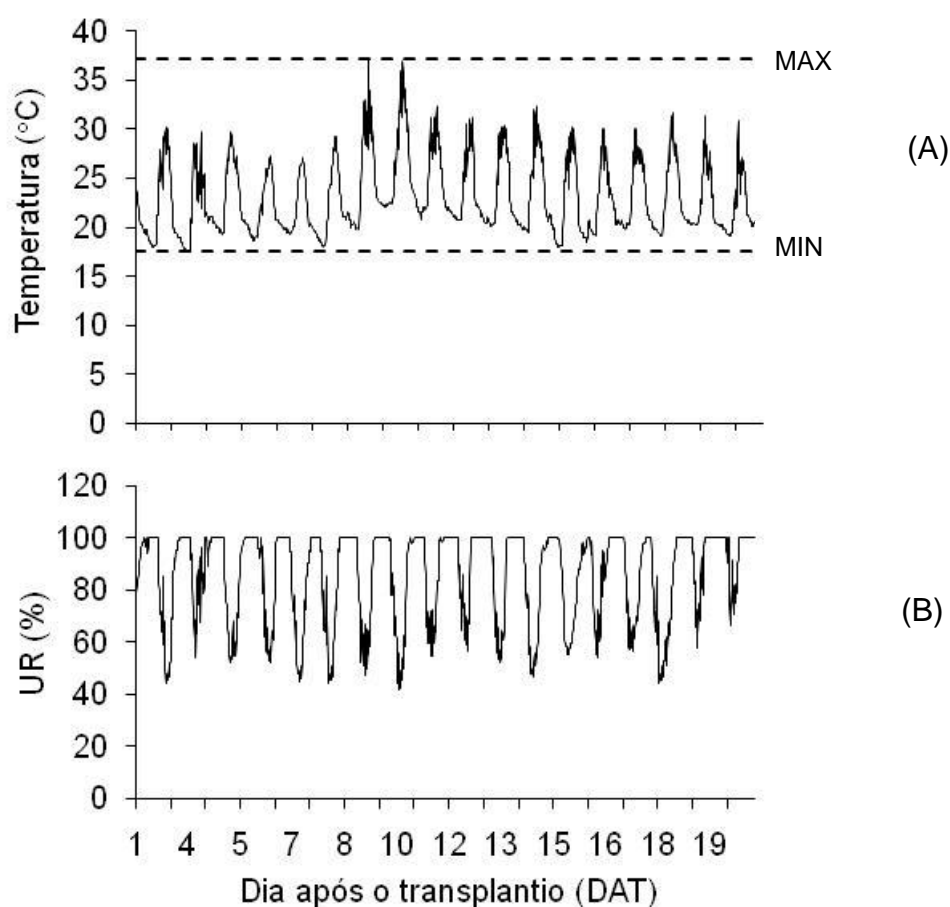


Figura 7. Temperatura (A) e umidade relativa (UR) do ar (B) ao longo do ciclo da cultura da alface.

Em relação à produção das plantas-controle de alface 'Verônica' foram encontrados no presente estudo uma média de 339,55 g de massa de matéria fresca da parte aérea após 24 DAT. Utilizando a mesma cultivar, PAULUS et al. (2010) produziram uma média de 359,60 g de MFPA colhidas aos 23 DAT, enquanto SOARES et al. (2010) encontraram uma produção de aproximadamente 275 g

colhidas em 25 DAT. Produção semelhante foi encontrado por CASAROLI et al. (2003) que obtiveram 278,8 g de MFPA em 30 DAT. Estes resultados exemplificam que as plantas controle do presente estudo produziram dentro do esperado para a cultivar 'Verônica'.

Na estratégia de uso I (Figura 8A), partiu-se de uma salinidade inicial igual para todos os tratamentos, já que a solução nutritiva foi preparada com água doce. A salinidade inicial medida com condutivímetro foi de 2,19 dS m⁻¹. A aplicação dos tratamentos, ou seja, das águas salobras na reposição das perdas por evapotranspiração alterou a salinidade do meio. Para a testemunha (água doce), a tendência foi de pequena redução da salinidade, o que era esperado devido ao consumo de nutrientes ser maior que o aporte de sais dissolvidos nessa água.

Deve-se registrar que nos diferentes tipos de usos de águas salobras não se repôs os nutrientes absorvidos pelas culturas, devido à alta disponibilidade de solução nutritiva por planta, sabendo-se que a disponibilidade preconizada comercialmente é de 1,0 a 2,0 L por planta.

Para os demais tratamentos do estratégia de uso UI, a tendência foi de aumento da salinidade da solução nutritiva, em decorrência do aporte de íons ao longo do ciclo, resultado também obtido por SOARES et al. (2007; 2010). Esse aumento da salinidade caracterizou a salinização da solução nutritiva, sendo mais intenso na segunda quinzena do ciclo das culturas, fase em que o consumo hídrico e, por conseguinte, o aporte de íons, foram mais elevados.

Nos tipos de uso UII e UIII a salinidade inicial foi variável entre os tratamentos. Para a testemunha, a salinidade inicial da solução foi de 2,19 dS m⁻¹, ou seja, dependente apenas dos sais fertilizantes racionalmente quantificados visando a produção potencial das culturas. Para os demais tratamentos, a salinidade inicial foi decorrente tanto da presença dos sais fertilizantes quanto da salinidade da água devido à adição de NaCl.

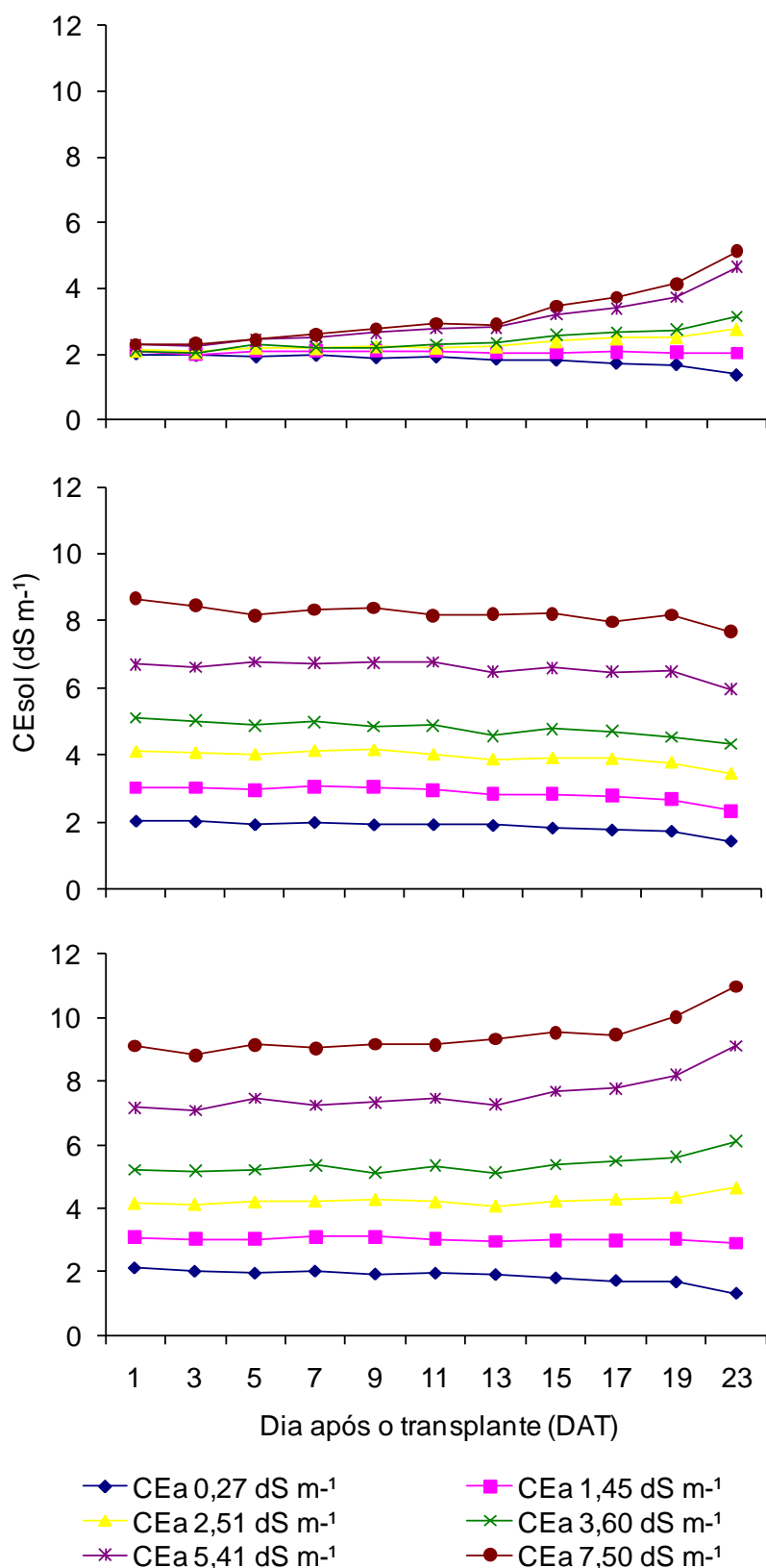


Figura 8. Evolução da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) ao longo do ciclo da cultura nos usos UI (A), UII (B) e UIII (C).

Nesse sentido, para os tratamentos que tinham CEa de 1,45, 2,51, 3,60, 5,41, e 7,50 dS m⁻¹, os valores iniciais de salinidade da solução nutritiva foram, respectivamente: 3,29, 4,19, 5,01, 6,86, e 8,33 dS m⁻¹. Como na estratégia de uso UII, a reposição das perdas por evapotranspiração foi efetuada com água doce, a salinidade desses tratamentos tendeu a ser constante. Apenas na segunda quinzena do ciclo registrou-se uma pequena tendência à diminuição da salinidade da solução nutritiva, o que era esperado em decorrência do consumo de nutrientes não repostos ao longo do cultivo (Figura 8B). Este comportamento também foi observado por SOARES et al. (2010) em estudo realizado com água doce na reposição da evapotranspiração e no qual se reservou a água salobra para o preparo da solução nutritiva em sistema hidropônico. COSTA et al. (2001), estudando o efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre a produção de alface hidropônica, também verificou redução da condutividade elétrica da solução nutritiva na última semana de cultivo.

Na estratégia de uso UIII, em que a reposição foi realizada com água salobra, a tendência foi de aumento da salinidade da solução nutritiva (Figura 8C) ao longo do ciclo. Esse mesmo comportamento foi observado por SANTOS et al. (2010) e por PAULUS et al. (2010) em avaliações com águas salobras na preparação da solução nutritiva e na reposição da evapotranspiração de diferentes cultivares de alface. Apenas para a água com condutividade elétrica de 1,45 dS m⁻¹, a salinidade da solução nutritiva passou de 3,09 dS m⁻¹ no início do ciclo para 2,91 dS m⁻¹ no momento da colheita, mantendo-se praticamente constante.

O aumento da salinidade se explica pela acumulação de íons não absorvidos pelas plantas de alface devido à reposição do volume de água evapotranspirado com água salobra.

Não foram registradas diferenças significativas entre os níveis de salinidade para as variáveis de produção (Tabela 2) quando se utilizou água salobra apenas na reposição da evapotranspiração (UI). SOARES et al. (2010) atribuíram esse tipo de resultado à salinização gradual, proporcionada pelo procedimento do uso tipo UI, e ao ciclo curto da alface. Na Figura 9 é apresentado o aspecto visual das plantas submetidas ao estratégia de uso I.

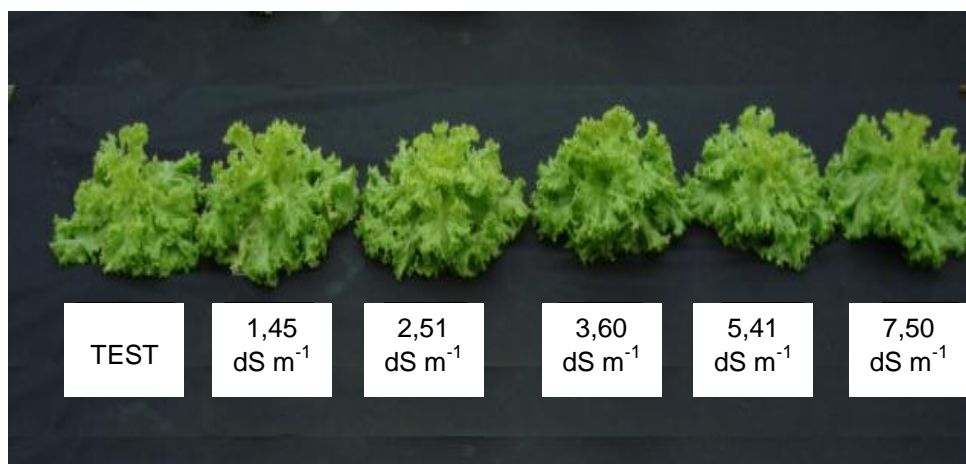


Figura 9. Aspecto visual das plantas de alface submetidas aos níveis de salinidade em dS m^{-1} na estratégia de uso 1 (UI)

De fato, o estabelecimento de níveis de salinidade já altos desde o início do cultivo, como decorrência do manejo dos tipos de uso UIII e UIII, tendeu a uma redução linear da MFF, da MFC e da MFPA (Tabela 2). Os valores da razão (a/b) entre os coeficientes angular (a) e linear (b) das equações ajustadas apresentadas na Tabela 2 foram maiores na estratégia de uso UIII que na estratégia de uso UIII para as variáveis de MFF e MFPA, ou seja, para cada aumento unitário da salinidade da água (em dS m^{-1}), as estimativas de reduções percentuais registradas nos tipos de uso UIII e UIII, respectivamente, foram de 4,64% e 6,84% para a massa de matéria fresca da folha e de 4,99% e 7,00% para massa de matéria fresca da parte aérea.

As perdas relativas encontradas neste estudo são menores que aquelas registradas por PAULUS et al. (2010) para a cultivar 'Verônica', nas condições de Piracicaba, São Paulo. Analisando os dados desses autores, pode-se estimar uma perda de MFPA de 7,80%, para cada aumento unitário da salinidade da água, em dS m^{-1} . SANTOS et al. (2010) estimaram uma redução ainda maior, da ordem de 17,06% $(\text{dS m}^{-1})^{-1}$ para a alface crespa 'Vera', mas com águas salobras de origem subterrânea e nas condições semiáridas de Ibimirim, Pernambuco

A diferença das reduções percentuais estimadas entre os tipos de uso UIII (4,64 e 4,99%) e UIII (6,84 e 7%) foi de aproximadamente 2% $(\text{dS m}^{-1})^{-1}$ para a MFF e MFPA, respectivamente. Esta diferença entre ambos os usos também foi

observada para a circunferência da planta (CP) (2,39% na estratégia de uso UII e 4,32% na estratégia de uso UIII). Já para a MFC e o comprimento do caule (CC) a diferença de redução relativa para os dois tipos de usos foi menor, chegando a ser inferior a 1%. Essas diferenças entre os usos UII e UIII devem ser relacionadas às condições climáticas e ao ciclo da cultura; assim, para condições de maior consumo hídrico acumulado, espera-se maior salinização no uso UIII e, portanto, maior diferença de produção em relação ao uso UII. A precocidade da alface hidropônica (colhida 24 dias após o transplante) explica as diferenças relativamente baixas entre os tipos de uso UII e UIII.

Tabela 2. Modelos da análise de regressão, coeficientes de determinação (R^2) e coeficientes de variação (CV) das variáveis de produção da alface 'Verônica' em função do estratégia de uso da água salobra e da salinidade (CEa).

Variáveis de produção	ESTRATÉGIA DE USO		
	UI	UII	UIII
MFF	y = ns \bar{y} = 214,65 CV = 11,19%	y = -12,444CEa** + 267,96** $R^2=0,5649$; CV = 12,30%	y = -23,267CEa** + 339,73** $R^2=0,8904$; CV = 10,86%
MFC	y = ns \bar{y} = 31,20 CV = 9,68%	y = -2,7685CEa** + 36,32** $R^2=0,6785$; CV = 18,05%	y = -3,6605CEa** + 44,74** $R^2=0,7591$; CV = 16,28%
MFPA	y = ns \bar{y} = 245,85 CV = 9,61%	y = -15,212CEa** + 304,28** $R^2=0,5649$; CV = 12,30%	y = -26,928CEa** + 384,48** $R^2=0,8986$; CV = 11,05%
CP	y = ns \bar{y} = 42,80 CV = 5,93%	y = -1,087CEa** + 45,34** $R^2=0,6616$; CV = 4,73%	y = -2,0646CEa** + 47,70** $R^2=0,7004$; CV = 8,43%
CC	y = ns \bar{y} = 11,96 CV = 7,70%	y = -0,5982CEa** + 13,42** $R^2=0,5706$; CV = 11,58%	y = -0,5979CEa** + 14,37** $R^2=0,4950$; CV = 12,43%
CR	y = ns \bar{y} = 28,27 CV = 6,97%	y = ns \bar{y} = 25,97 CV = 12,14%	y = ns \bar{y} = 26,03 CV = 15,69%
MSF	y = ns \bar{y} = 7,51 CV = 13,60%	y = ns \bar{y} = 9,46 CV = 12,93%	y = ns \bar{y} = 10,39 CV = 9,78%
MSR	y = ns \bar{y} = 1,42 CV = 9,61%	y = ns \bar{y} = 1,67 CV = 9,78%	y = ns \bar{y} = 2,02 CV = 14,23%
MSPA	y = ns \bar{y} = 8,68 CV = 12,76%	y = ns \bar{y} = 10,55 CV = 14,76%	y = ns \bar{y} = 11,63 CV = 9,57%

MFF – massa de matéria fresca das folhas; MFC – massa de matéria fresca do caule; MFPA – massa de matéria fresca da parte aérea; CP – circunferência da planta; CC – circunferência do caule; CR – comprimento da raiz; MSF – massa de matéria seca das folhas; MSR – massa de matéria seca da raiz; MSPA – massa de matéria seca da parte aérea; ** representa significativo a 1% de probabilidade; ns representa não significância a 5 % de probabilidade.

O aumento da salinidade da solução com a utilização de água salobra não afetou significativamente o comprimento (CR) e a massa de matéria seca da raiz (MSR) em nenhuma estratégia de uso estudado. Isto demonstra que a redução ocorrida nas variáveis MFF, MFC, MFPA, CP e CC foi mais atribuída à diminuição da parte aérea. TAS et al. (2005), estudando a resposta da alface hidropônica à salinidade produzida por NaCl e CaCl₂, também não observaram efeito significativo da salinidade no comprimento radicular. Nos trabalhos citados de Paulus et al. (2010) e Soares et al. (2007) também não se registrou efeito da salinidade da água sobre o sistema radicular da alface 'Verônica' em hidroponia NFT. De maneira geral, os trabalhos com águas salobras em hidroponia não têm registrado diminuição do sistema radicular da alface, contrariando trabalhos desenvolvidos em condições de solo, como o de VIANA et al. (2004).

Para a MSF e MSPA não houve efeito significativo em nenhum dos tipos de usos estudados (Tabela 2). Estes resultados divergem dos obtidos por Soares et al. (2010), PAULUS et al. (2010) e SANTOS et al. (2010), que reportaram redução linear da massa de matéria seca da parte aérea da alface hidropônica em decorrência do aumento da salinidade da água. Estas discrepâncias podem estar associadas ao fato de que no presente trabalho a massa de matéria fresca pode ter sido mais influenciada pela diminuição do teor de água (Figura 10) nos tecidos e pelo aumento no acúmulo de matéria seca em função do aumento da salinidade, em comparação com os outros trabalhos citados.

De fato, na Figura 10 é mostrado que o aumento da salinidade da água reduziu o teor de água na parte aérea das plantas; assim, após a secagem em estufa, os tecidos submetidos aos tratamentos menos salinos perderiam mais água. Além disso, o aspecto coriáceo das plantas submetidas aos níveis mais altos de salinidade pode ser a expressão de tecidos mais espessos e mais ricos em substâncias orgânicas e inorgânicas por unidade de área foliar; isso poderia reduzir as diferenças de massa de matéria seca em relação às plantas submetidas aos menores níveis de salinidade. UNLUKARA et al. (2008), estudando a resposta da alface crespa em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (0,75 a 7,0 dS m⁻¹), também observaram aumento do teor de matéria seca da planta com o aumento da salinidade. Esses fatores podem explicar a menor redução relativa da produção da alface hidropônica submetida ao aumento da salinidade quando se estuda a massa de matéria seca e não a massa de matéria fresca. Isso pode ser

notado também nas investigações de SOARES et al. (2010), SANTOS et al. (2010) e PAULUS et al. (2010).

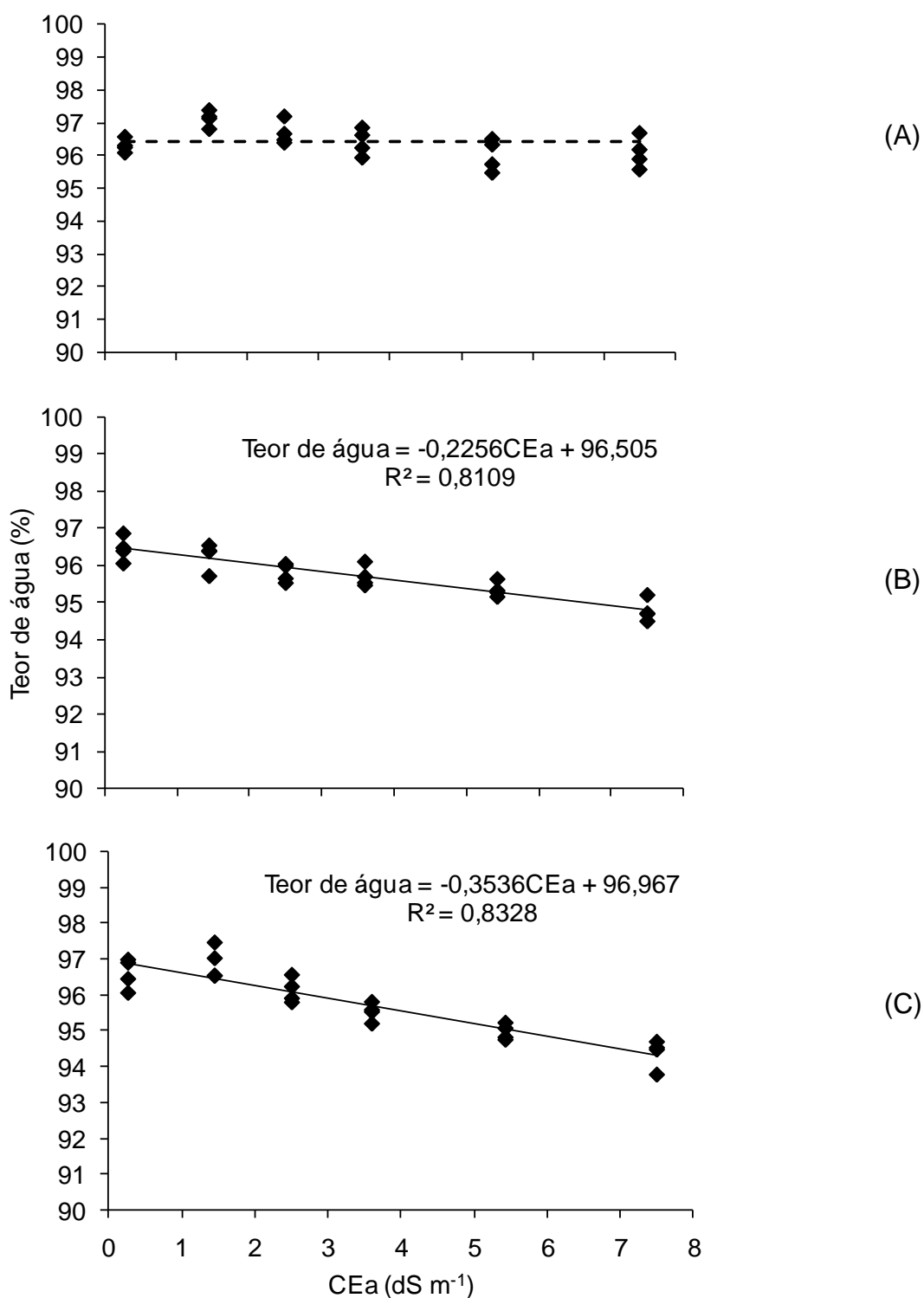


Figura 10. Teor de água na parte aérea (U) em função da salinidade da água nos tipos de Uso I (A), II (B) e III (C)

Deve-se registrar que os coeficientes de variação da MSPA foram inferiores a 15% (Tabela 2), o que demonstra que a não significância do efeito da salinidade da água para a MSPA foi decorrente de fatores não controláveis.

Para a MFPA verificou-se perda de 40,6% para o uso tipo UII e de 49,2% para o uso tipo UIII ao se comparar a água de maior salinidade ($7,5 \text{ dS m}^{-1}$) com a testemunha. Em relação à MFF, a perda registrada no UII foi de 37,4%, enquanto que no UIII o decréscimo foi de 47,8% (Tabela 3).

Como o interesse comercial da alface é a parte aérea, expresso na MFPA, pode-se obter uma produção satisfatória (redução inferior a 15% da produtividade da testemunha) nos tipos de uso UII e UIII até os níveis de salinidade $5,41 \text{ dS m}^{-1}$ e $2,51 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente.

Este resultado pode indicar ao produtor a possibilidade de uso exclusivo de água salobra para o cultivo de alface em hidroponia, se em sua propriedade estiver disponível água salobra com salinidade de até $2,51 \text{ dS m}^{-1}$, economizando a água doce para outros fins, como a dessedentação.

Não foram detectados sintomas de toxidez ou deficiência mineral nas plantas de alface nos três tipos de uso de água salobra, mesmo quando submetidas aos níveis mais altos de salinidade da água de reposição; isso pode ser atribuídos à característica do sistema NFT, com a passagem da água apenas na zona radicular, sem o típico molhamento das folhas verificado em muitos sistemas convencionais de irrigação. Isso evita a absorção foliar, que promove rapidamente a concentração de íons tóxicos nas folhas, surgindo daí os sintomas de clorose e necrose foliares. Usualmente, sintomas de injúrias foliares, como queima dos bordos e do limbo foliares, são bem reportados em plantas submetidas às águas salobras (SANTOS et al., 2010).

Nos tipos de uso UII e UIII foram observadas plantas menores, com folhas mais coriáceas e com tonalidade de verde mais escuro quando as plantas foram submetidas aos níveis mais elevados de salinidade (Figura 11 e 12), embora esses sintomas não tenha depreciado a qualidade do produto. Essas características também foram verificadas por outros autores (PAULUS et al., 2010; SOARES et al., 2010; TESI et al., 2003). Nesse sentido, mesmo com a água de maior salinidade ($7,50 \text{ dS m}^{-1}$) e com o estratégia de uso (UIII) pode-se ter viabilidade técnica econômica de produção. É possível inferir que se a margem de lucro da alface hidropônica for alta, a produção relativa de 50,8% de MFPA (Tabela 3) pode ser

viável; Se o produtor desejar, pode compensar a redução da produção relativa, aumentando a densidade de plantas por m^2 .

Tabela 3. Produtividade relativa (PR) das massas de matéria fresca da parte aérea (MFPA) e das folhas (MFF); massas de matéria seca da parte aérea (MSPA), das folhas (MSF) e da raiz (MSR) submetida a diferentes níveis de salinidade da água (CEa).

CEa ($ds\ m^{-1}$)	MFPA (%)			MFF (%)			MSPA (%)			MSF (%)			MSR (%)		
	UI	UII	UIII	UI	UII	UIII	UI	UII	UIII	UI	UII	UIII	UI	UII	UIII
0,27	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1,45	104,5	98,9	101,2	105,2	100,6	101,0	81,3	103,4	102,0	78,4	104,7	98,9	103,5	98,7	98,7
2,51	102,6	101,5	87,8	103,1	102,1	88,1	92,6	118,9	109,7	91,2	122,1	109,3	100,8	111,6	107,0
3,60	99,9	96,3	77,6	100,5	98,2	77,9	96,6	115,6	112,7	95,7	120,0	113,1	111,8	115,0	112,2
5,41	97,1	85,2	64,5	97,8	98,2	64,9	105,1	110,2	105,2	104,9	115,0	106,2	115,6	123,6	116,7
7,50	102,9	59,4	50,8	104,5	62,6	52,2	109,2	86,4	92,9	109,5	92,6	95,4	126,7	113,8	112,5

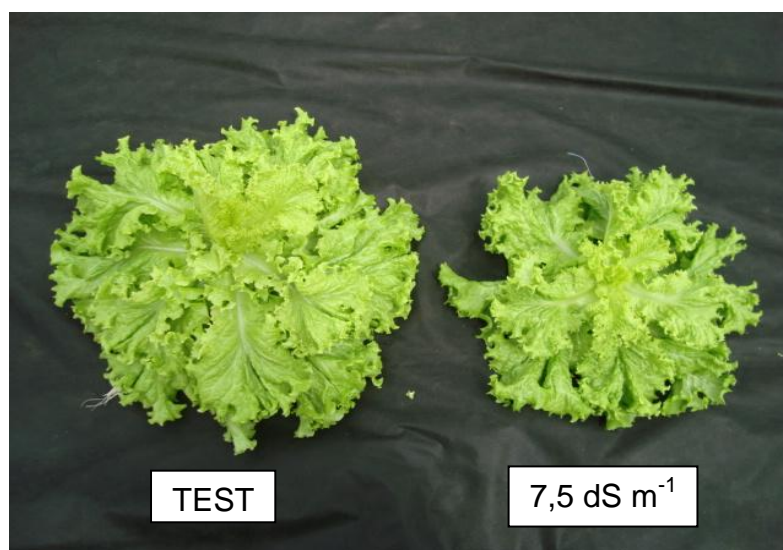


Figura 11. Diferenças visuais entre plantas de alface Verônica produzidas com água doce (testemunha) e o nível mais elevado da salinidade da água na estratégia de uso II.

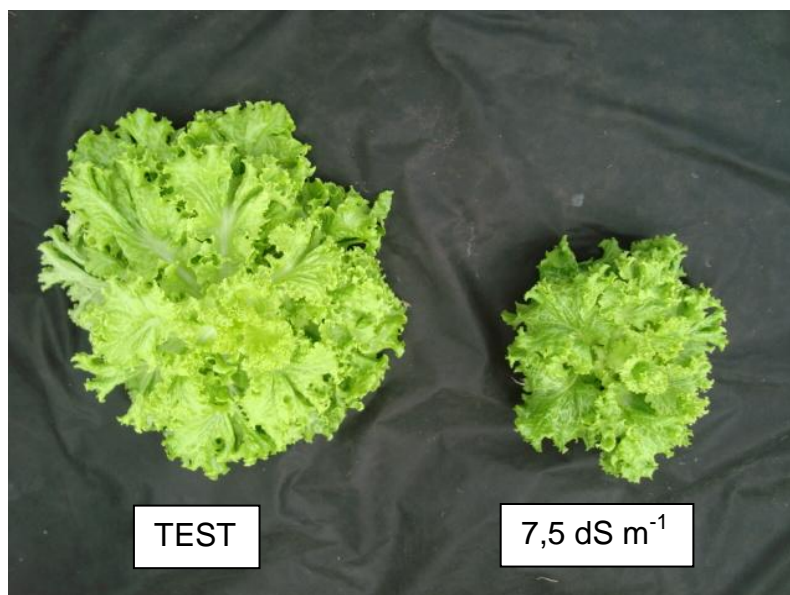


Figura 12. Diferenças visuais entre plantas de alface Verônica produzidas com água doce (testemunha) e o nível mais elevado da salinidade da água na estratégia de uso III.

Obviamente, só após um estudo de viabilidade econômica se poderá nortear recomendações mais categóricas e conclusivas. Mas, o fato é que os índices de redução quantitativa e qualitativa da alface produzida em hidroponia NFT com águas salobras apontam positivamente para o aproveitamento racional de água subterrânea salobras do semiárido brasileiro.

Em relação ao consumo hídrico das plantas notou-se na figura 13 que o consumo evapotranspirado foi praticamente o mesmo quando se utilizou a água salobra apenas na reposição da ETC.

Na estratégia de uso II (Figura 14) e na estratégia de uso III se verificou um decréscimo com tendência linear como aumento da salinidade da água. De acordo com a equação de regressão o decréscimo da evapotranspiração, em relação à testemunha, foi de 4% por incremento unitário de CEa. Essa redução em sistemas hidropônicos é explicada devido ao efeito osmótico na solução nutritiva (SOARES, 2007). A redução do consumo hídrico em plantas de alface também foi encontrados em trabalhos de VIANA et al. (2004), SOARES (2007) e PAULUS (2009). O estresse provocado pelo aumento da salinidade reduz fisiologicamente a absorção de água pelas plantas e conseqüentemente reduz o peso fresco das plantas.

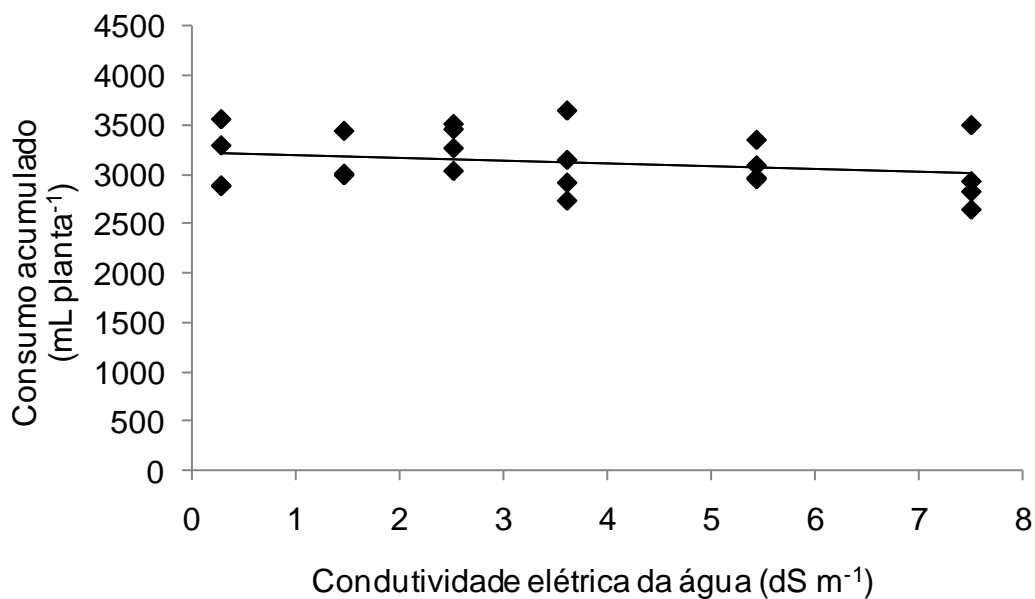


Figura 13. Consumo hídrico acumulado, do transplante até a colheita em função da salinidade da água (CEa) na estratégia de uso I.

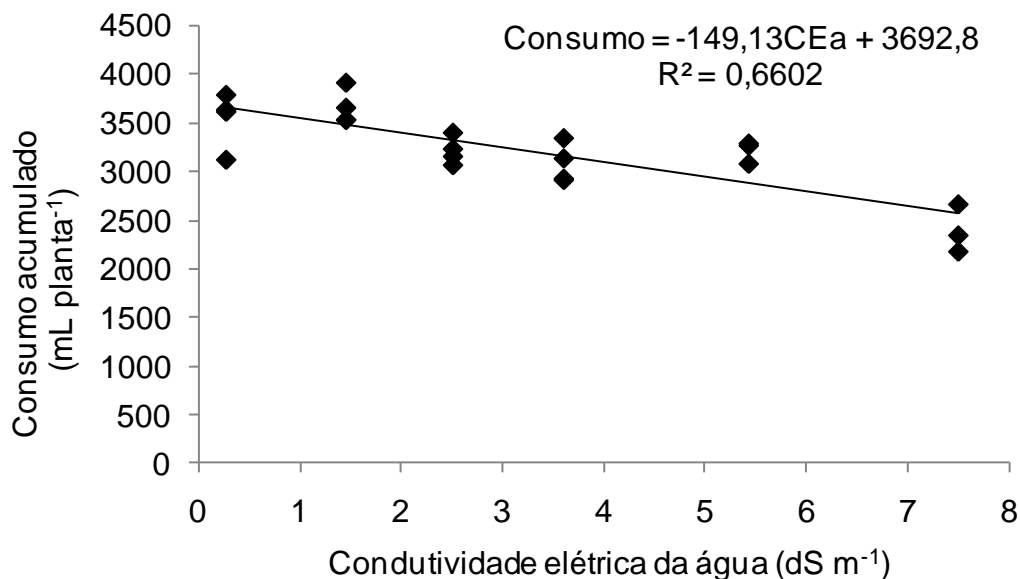


Figura 14. Consumo hídrico acumulado, do transplante até a colheita em função da salinidade da água (CEa) na estratégia de uso II.

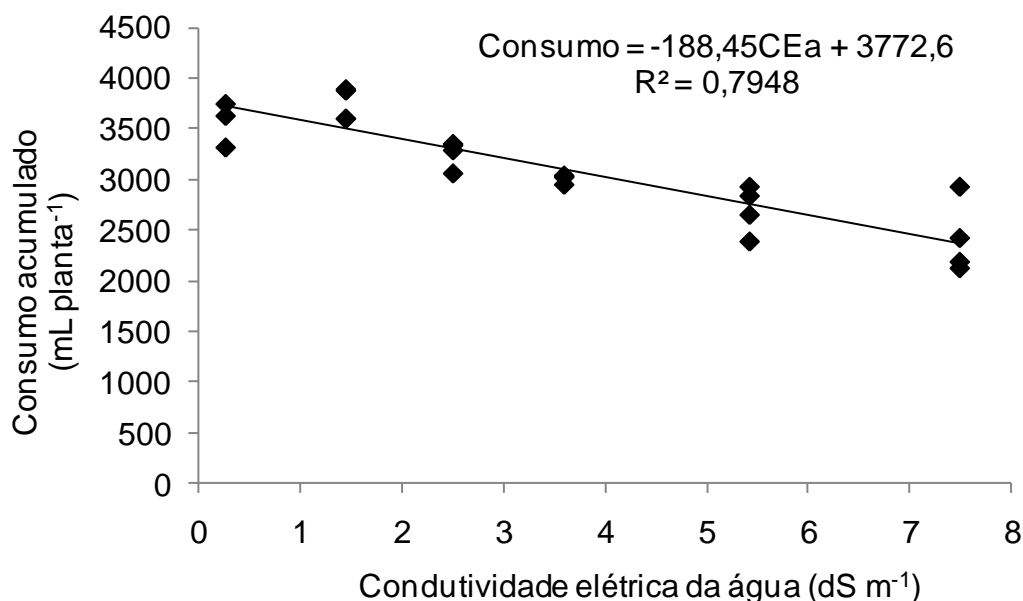


Figura 15. Consumo hídrico acumulado, do transplante até a colheita em função da salinidade da água (CEa) na estratégia de uso III.

CONCLUSÕES

1. A utilização de água salobra na reposição da evapotranspiração combinada com o uso de água doce no preparo da solução nutritiva não foi prejudicial às características de produção e qualidade visual da alface;
2. O uso de água salobra no preparo da solução nutritiva proporcionou redução da produção da alface 'Verônica' com o aumento da salinidade da água;
3. O uso de águas salobras no preparo da solução nutritiva proporcionou aspecto coriáceo, nanismo e coloração verde-escuro nas plantas para os níveis mais altos de salinidade da água.
4. O uso exclusivo de águas salobras, tanto no preparo da solução como na reposição da ETC, reduz a produção de alface hidropônica em 7% por acréscimo unitário na salinidade da água (em dS m⁻¹), mas não produz sintomas visuais deletérios à sua qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, O. A. **Informações meteorológicas do CNP**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA – CNPMF. 1999. 35p. (EMBRAPA – CNPMF. Documentos, 34).

AMORIM, D. M. B.; NOTARO, I. A.; FURTADO, D. A.; GHEYI, H. R.; BARACUHY, J. G. V. Avaliação de diferentes níveis de salinidade da água utilizada na produção de forragem hidropônica de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.339-342, 2005.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino: caracterização, variação sazonal, limitações de uso**. Recife: CNPq, 1995. 128 p.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de H.R. Gheyi, J.F de Medeiros e F.A.V. Damasceno. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).

COSTA, A. M. B.; MELO, J. G. E.; SILVA, F. M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Águas subterrâneas**, v.20, n.1, p.67-82, 2006.

COSTA, P. C.; DIDONE, E. B.; SESSO, T. M.; CAÑIZARES, K. A. L.; GOTO, R. Condutividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia. **Scientia Agrícola**, v.58, n.3, Piracicaba, p.595-597, 2001.

FURLANI, P. R; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo Hidropônico de Plantas**. 1. Ed. Campinas: IAC, 1999. 52p. Boletim técnico, 180.

MARTINEZ, H. E. P. **Manual prático de hidroponia**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2006. 271p.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.1, p.29-35, 2010.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762 p.

SANTOS, A. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.961-969, 2010a.

SANTOS, R. S.; DIAS, N. S.; SOUSA NETO, O. N.; GURGEL, M. T. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra no cultivo da alface (*Lactuca sativa L.*) em sistema hidropônico NFT. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.4, p.983-989, 2010b.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT user's guide**. Cray NC, 2000. V.1-3.

SOARES, T. M. ; DUARTE, S. N., SILVA, E. F. F., MELO, R. F., JORGE, C.A., OLIVEIRA, A. S. Experimental structure for evaluation of saline water use in lettuce hydroponic production. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.1, p.102-114. 2009.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. A. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.705-714, 2010.

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; BONFIM-SILVA, E. M. Produção de alface utilizando águas salobras em sistema hidropônico. **Irriga**, v. 12, n.12, p.235-248, 2007.

TAS, G.; PAPADANDONAKIS, N.; SAWAS, D. Responses of lettuce (*Lactuca sativa L.* var. longifolia) grown in a closed hydroponic system to NaCl^- or CaCl_2^- salinity.

Journal of Applied Botany and Food Quality Angewandte Botanik, v.79, n.2, p.136-140, 2005.

TESI, R.; LENZI, A.; LOMBARDI, P. Effect of salinity and oxygen level on lettuce grown in a floating system. **Acta Horticulturae**, n.609, p.383-387, 2003.

UNLUKARA, A.; CEMEK, B.; KARAMAN, S.; ERSAHIN, S. Response of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) to salinity of irrigation water. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v.36, n.4, p.265-273, 2008.

VIANA; , S. B. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI. H. J.; SOARES, F. A. L.; CARNEIRO, P. T. Índices morfológicos e de produção de alface sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, p.23-30. 2004.

CAPÍTULO 2

**RESPOSTA DA RÚCULA SOB DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE USO DE
ÁGUSA SALOBRAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT**

RESPOSTA DA RÚCULA EM DIFERENTES USOS DE ÁGUA SALOBRA EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT

RESUMO: A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça folhosa de alta qualidade alimentar e de boa aceitação comercial nas regiões sul e sudeste do Brasil, mas ainda há poucas informações para o cultivo da rúcula hidropônica e sobre a sua adequação à salinidade. Para testar essa alternativa realizou-se um experimento com três tipos de usos de águas salobras: i) uso de água doce no preparo da solução e salobra na reposição da ETc; ii) uso de água salobra no preparo da solução nutritiva e doce na reposição da ETc; e iii) uso de água salobra no preparo da solução e reposição da ETc. Foram testados seis níveis de salinidade da água (1,392; 2,624; 3,505; 5,323 e 7,425 dS m⁻¹), produzidos por NaCl, além da testemunha (0,325 dS m⁻¹). Na combinação em que se utilizou água salobra na reposição da ETc não se verificou efeito significativo nas variáveis de produção da rúcula com o aumento da salinidade da água. Quando se utilizou a água salobra no preparo da solução notou-se redução linear de 10,4% dS m⁻¹ para a massa de matéria fresca da parte aérea com o aumento da salinidade da água. No uso exclusivo de água salobras também ocorreu redução de 10,7% dS m⁻¹. Foram verificadas cloroses nas folhas de rúcula em salinidades da água acima de 5,3 dS m⁻¹ tornando-se imprópria para a comercialização.

Palavras-chave: semiárido, cultivo sem solo, *Eruca sativa*, salinidade

RESPONSE OF THE DIFFERENT USES THE ROCKET IN BRACKISH IN HYDROPONIC NFT

ABSTRACT: Rocket (*Eruca sativa*) is a vegetable hardwood high-quality food and good commercial acceptance in the southern and southeastern Brazil, but there is little information for the cultivation of hydroponic rocket and on their suitability for salinity. To test this alternative was carried out two experiments: the use of brackish water in the preparation of nutrient solution and the restoration of ETc sweet, and fresh water in the preparation of the solution and the restoration of brackish ETc. We tested six levels of salinity of water (1.392, 2.624, 3.505, 5.323 and 7.425 dS m⁻¹), produced by NaCl, and the control (0.375 dS m⁻¹). In the combination which used brackish water in the replacement of ETc no significant effect on yield components of the rocket with increasing salinity. When using brackish water in the preparation of the solution was noted abatement of 10.4% dS m⁻¹ for the fresh weight of shoots with increasing salinity. In the exclusive use of brackish water also caused a reduction of 10.7% dS m⁻¹. Chlorosis were observed in the rocket leaves in water salinity above 5.3 dS m⁻¹ making it unfit for marketing

Key words: semiarid, soilless cultivation, *Eruca sativa*, salinity

INTRODUÇÃO

No semiárido brasileiro, devido à irregularidade e as baixas taxas de precipitação pluvial, aliadas as elevadas taxas de evaporação e à formação geológica da região, favorecem situação de escassez de águas superficiais. E nesta região, um de seus principais desafios, é promover e garantir a produção de alimentos. O uso de águas subterrâneas é uma alternativa viável para garantir o acesso das comunidades desta região à água, a partir de investimentos públicos na perfuração de poços tubulares para utilizarem na agricultura irrigada (ANDRADE JÚNIOR et al., 2006; MEDEIROS et al., 2003). Entretanto, essas fontes hídricas, na maioria dos casos, são salobras (AYERS & WESTCOT, 1999) ou possuem baixas vazões ($< 4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$) restringindo seu uso.

Várias alternativas têm sido estudadas com o objetivo de possibilitar o uso de águas salobras na agricultura. FERREIRA et al. (1998) estudaram o efeito da salinidade da água de irrigação e da lâmina de lixiviação na cultura da alface, verificando redução de 59% na produção máxima das plantas irrigadas com água de $5,5 \text{ dS m}^{-1}$ de salinidade. GERVÁSIO et al. (2000) também relataram redução da produção comercial da alface americana cultivada em vaso em 17% para cada incremento unitário na condutividade elétrica do extrato de saturado.

No entanto, a maioria dessas pesquisas é direcionada a cultivos convencionais que quase sempre não conseguem resultados satisfatórios, pois a utilização dessas águas pode oferecer riscos ao meio ambiente, promovendo a salinização dos solos e, como consequência, oferecer prejuízos à própria produção agrícola.

Uma opção viável pode ser a utilização de águas salobras em cultivos hidropônicos, uma vez que a tolerância das plantas à salinidade nesse sistema é maior em relação ao sistema convencional, pois a inexistência do potencial mátrico, superando o potencial total da água, reduzirá a dificuldade de absorção de água pelas plantas (SOARES et al., 2007). Outra vantagem da hidroponia sobre o cultivo convencional é que em sistemas hidropônicos, por ser um sistema fechado, a solução nutritiva é recirculada havendo a combinação irrigação/drenagem.

Estudos visando aumentar o uso de águas salobras em hidroponia sob condições de baixa oferta de água potável na região semiárida, são extremamente importantes.

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça em grande expansão no Brasil, por possuir diversos efeitos benéficos à saúde humana, apresentando altos teores de potássio, enxofre, ferro e vitaminas A e C, como também por apresentar ao produtor preço bem atrativo, que nos últimos anos têm sido mais elevados do que os de outras folhosas como da alface, chicória, almeirão e couve (SALA et al., 2004). Contudo, são escassos os conhecimentos desta cultura submetidos a níveis salinos, tanto em cultivos convencionais como em sistemas hidropônicos.

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a produção de rúcula 'Cultivada' em três tipos de usos de água salobra em sistema hidropônico NFT.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia em Cruz das Almas – BA, Região do Recôncavo Baiano, a 12°40'19" de latitude sul, 39°06'23" de longitude oeste Gr e altitude de 225 m, no período de 03 de fevereiro a 10 de março de 2010 em casa de vegetação do tipo geminada com calha central, apresentando 32 m de comprimento, 14 m de largura e 4 m de pé direito. O clima da região é classificado como úmido a subúmido, com umidade relativa e temperatura média anuais de 80% e 24°C respectivamente, e pluviosidade média anual de 1.143 mm (D'ANGIOLELLA et al., 1998).

A estrutura hidropônica foi composta por 72 parcelas dividida em três tipos de usos de águas salobra. Cada parcela representa um sistema hidropônico do tipo NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) composta por: um reservatório plástico com capacidade de 60L de solução nutritiva, uma eletrobomba de circulação e um perfil hidropônico em polipropileno de 100 mm de largura e 3m de comprimento com 10 orifícios espaçados em 0,3m. Também foi montado sistemas de abastecimento automáticos individuais construídos com tubulação de PVC com diâmetro de 200 mm com a finalidade de repor a água consumida por evapotranspiração. O experimento foi dividido em três tipos de usos de águas salobras: estratégia de uso 1 (UI), utilização da água doce no preparo da solução nutritiva deixando a água salobra para reposição da evapotranspiração da cultura (ETc); estratégia de uso 2 (UII), utilizou-se a água salobra no preparo da solução nutritiva reservando a água doce para a reposição da ETc; e estratégia de uso 3 (UIII), que consistia em utilizar

a água salobra tanto no preparo da solução nutritiva quanto para a reposição da ETc.

Em todos os tipos de usos as águas salobras utilizadas foram as mesmas. Estas águas foram salinizadas com NaCl, para isso adicionou-se à água do abastecimento da cidade proveniente da EMBASA (Empresa Baiana de Águas e Saneamento) as quantidades de 0,585; 1,170; 1,755; 2,925 e 4,095 g L⁻¹, resultando em cinco níveis de salinidade da água conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Concentração de NaCl (cloreto de sódio) e CEa (condutividade elétrica da água) para os diferentes tratamentos aos quais foram submetidos as plantas de alface

TRATAMENTOS	NaCl (g L ⁻¹)	CEa (dS m ⁻¹)
Testemunha	0,000	0,325
T1	0,585	1,392
T2	1,170	2,624
T3	1,755	3,505
T4	2,925	5,323
T5	4,095	7,425

À solução nutritiva foram adicionados os fertilizantes segundo a recomendação de FURLANI (1999) para cultivo hidropônico de alface. A solução nutritiva era bombeada do reservatório até os perfis pela bomba de circulação acionada por um timer programado para ligar o sistema a cada 15 minutos. O tempo de funcionamento seguiu a seguinte programação: de 06:00h às 11:00h e das 14:00h às 19:00h o sistema funcionava a cada 15 minutos em intervalos de 15 minutos; das 11:00h às 14:00h a irrigação foi constante; e às 21:00h, 23:00h e 02:00h realizava-se uma irrigação de 15 minutos.

As sementes de rúcula foram semeadas em células de espuma fenólica (2,0 x 2,0 x 2,0 cm), colocando-se de 10 a 12 sementes por célula devido ao tamanho muito pequeno das mesmas. Após 24 horas no escuro as células com as sementes de rúcula foram levadas para um berçário, também com estrutura hidropônica NFT. No sétimo dia foi realizado um desbaste deixando-se apenas quatro plantas por

célula. O transplante das mudas para os perfis foi realizada 18 dias após a semeadura (DAS), momento em que se iniciou os tratamentos. Foram acondicionadas quatro plantas por orifício.

As perdas por evapotranspiração eram instantaneamente repostas ao sistema mediante o conjunto de abastecimento automático. A água fornecida não era fertilizada e sua salinidade era de acordo com cada tratamento. Durante o experimento não se trocou a solução nutritiva nem se repôs os nutrientes consumidos pelas plantas. O pH foi monitorado por meio de amostras coletadas a cada dois dias, obtido por um pHmetro de mesa, mantendo-se o pH sempre na faixa de 5,5 – 6,5.

As plantas foram colhidas aos 16 dias após o transplante (DAT), realizando-se as medições de altura máxima do maço das quatro plantas, com o auxílio de uma régua graduada, e da massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) por maço em balança de precisão (0,01g). Em seguida, as plantas foram levadas à estufa de circulação e renovação de ar, regulada em 65 °, visando obter a massa de matéria seca da parte aérea.

A evolução da salinidade da solução nutritiva nas parcelas foi acompanhada como medições periódicas da condutividade elétrica (CEsol) utilizando-se um condutivímetro de mesa, respectivamente. O delineamento experimental utilizado nos três tipos de uso de água salobra foi o bloco inteiramente aleatorizados com quatro repetições.

Por se tratar de dados quantitativos, o fator salinidade de água foi estudado mediante análises de variância e de regressão selecionando os modelos com base na significância de seus termos e no valor do coeficiente de determinação. Já os tipos de uso de água salobra, por se tratar de dados qualitativos, foram submetidas às análises de variância e de comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade). Todas as análises foram efetuadas no programa SAS (SAS Institute, 2000).

As produtividades relativas da rúcula em cada nível de salinidade da água em relação ao tratamento Testemunha foram calculadas a partir da eq. (1).

$$PR = \frac{MFPA_{TRAT}}{MFPA_{TESTEMUNHA}} \times 100 \quad (1)$$

em que:

PR - produtividade relativa (%)

$MFPA_{TRAT}$ - massa de matéria fresca da parte aérea em cada nível de salinidade da água, (g)

$MFPA_{TESTEMUNHA}$ - massa de matéria fresca da parte aérea da testemunha, (g)

A quantificação do volume de água consumido pelas plantas foi calculado a partir da leitura da régua graduada fixada no reservatório automático, como essa leitura foi realizada diariamente, a diferença entre um dia e outro permitiu mensurar o volume de água consumido, como mostra a equação 2.

$$V_{ETC} = \frac{(L_f - L_i) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta T} \times 10^6 \quad (2)$$

em que:

V_{ETC} - volume evapotranspirado, mL planta⁻¹ dia⁻¹

L_f - leitura final do nível da água no depósito de abastecimento automático, m

L_i - leitura inicial do nível da água no depósito de abastecimento automático, m

D - diâmetro interno do depósito de abastecimento automático, m

ΔT - intervalo de tempo entre as leituras, dias

n - número de plantas no perfil no intervalo de tempo ΔT

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o período de condução do experimento a média das temperaturas máximas diárias foi de 40 °C e a das mínimas de 24 °C, com umidade relativa média de 68%. Segundo SCARPARE FILHO (1995) a temperatura ótima para o desenvolvimento vegetativo em hortaliças é cerca de 25 °C devido ao processo fotossintético da maioria das plantas cultivadas. Embora tenha se observado temperaturas máximas acima da temperatura ótima, o desenvolvimento da rúcula não foi prejudicado.

Na condição em que se utilizou água salobra na reposição da evapotranspiração e destinou-se a água doce para o preparo da solução nutritiva (UI), a salinidade do meio foi afetada com uma tendência ao aumento da salinidade ao longo do tempo (Figura 1A), o que se explica pela acumulação de íons não absorvidos pelas plantas de rúcula. Já para a testemunha ocorreu um pequeno decréscimo da CEsol ao longo do ciclo, o que era esperado devido a absorção de nutrientes pelas plantas ter sido maior que o aporte de sais dissolvidos na água. Além disso, os nutrientes não foram repostos durante o ciclo da cultura. Estes resultados também foram encontrados por SOARES et al. (2010) estudando águas salobras na reposição da ETc em plantas de alface.

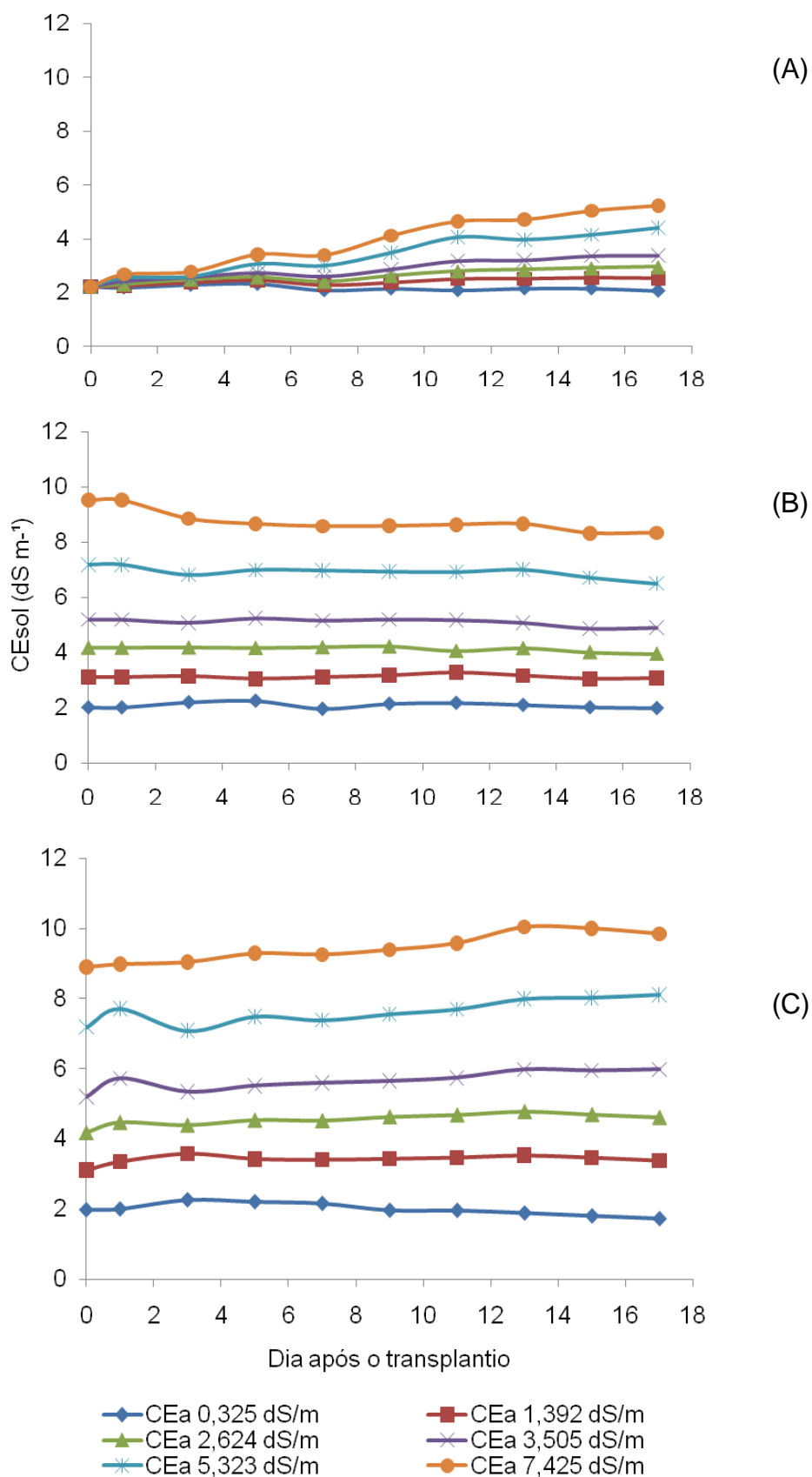


Figura 1. Evolução da salinidade da solução nutritiva ao longo do ciclo nos tipos de uso UI (A), UII (B) e UIII (C).

Quando foi utilizada a água salobra apenas no preparo da solução nutritiva (UII) a condutividade elétrica da solução nutritiva se manteve constante em quase todo o ciclo da rúcula para todos os tratamentos, isso foi observado em detrimento a reposição com água doce que resultou em um equilíbrio entre o absorvido pela planta com o repostado com a água, tendendo a conservar a concentração de sais. Apenas nos dias próximo a colheita ocorreu uma diminuição dos valores da CE_{sol} , pois a quantidade absorvida de fertilizantes pelas plantas foram maiores que os presentes na solução (Figura 1B).

Já no uso exclusivo de águas salobras (UIII), condutividade elétrica da solução nutritiva aumentou com o tempo (Figura 1C), esse comportamento era esperado, pois tanto a solução quanto a reposição da evapotranspiração foram feitas com água salobra. Assim como nas outras condições de uso, somente para testemunha se observou um decréscimo da condutividade elétrica de solução nutritiva.

Na figura 2A, 2B e 2C encontram-se a variação do pH da solução nutritiva, medida a partir do transplante. Em todos os tipos de uso o pH se manteve na faixa aceitável para o cultivo de hortaliças em sistema hidropônico entre 5,5 e 6,5 (FANQUIN et al., 1996).

De acordo com os resultados da análise de variância e de regressão a salinidade da água na reposição da evapotranspiração (UI) não teve efeito significativo sobre a altura do maço (Figura 3A), a massa fresca da parte aérea (MFPA) (Figura 4A), e a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) (Figura 5A), mostrando que esses parâmetros responderam aleatoriamente ao incremento da salinidade da água aplicada no cultivo hidropônico da rúcula. Estes resultados demonstram grande possibilidade de aplicação desse tipo de combinação de águas para produção da rúcula.

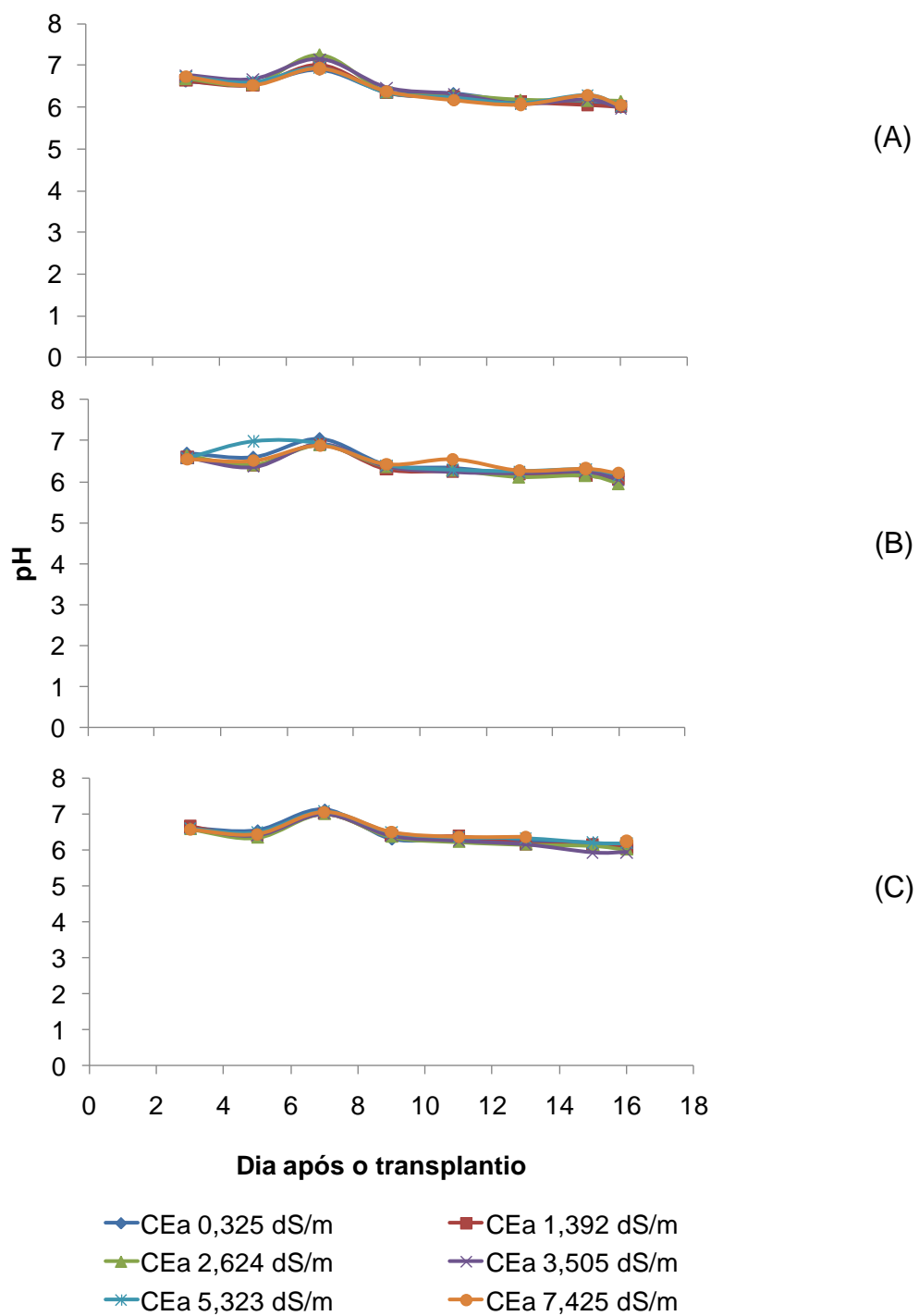


Figura 2. Comportamento do pH da solução nutritiva ao longo do ciclo nos tipos de uso UI(A), UII (B) e UIII (C).

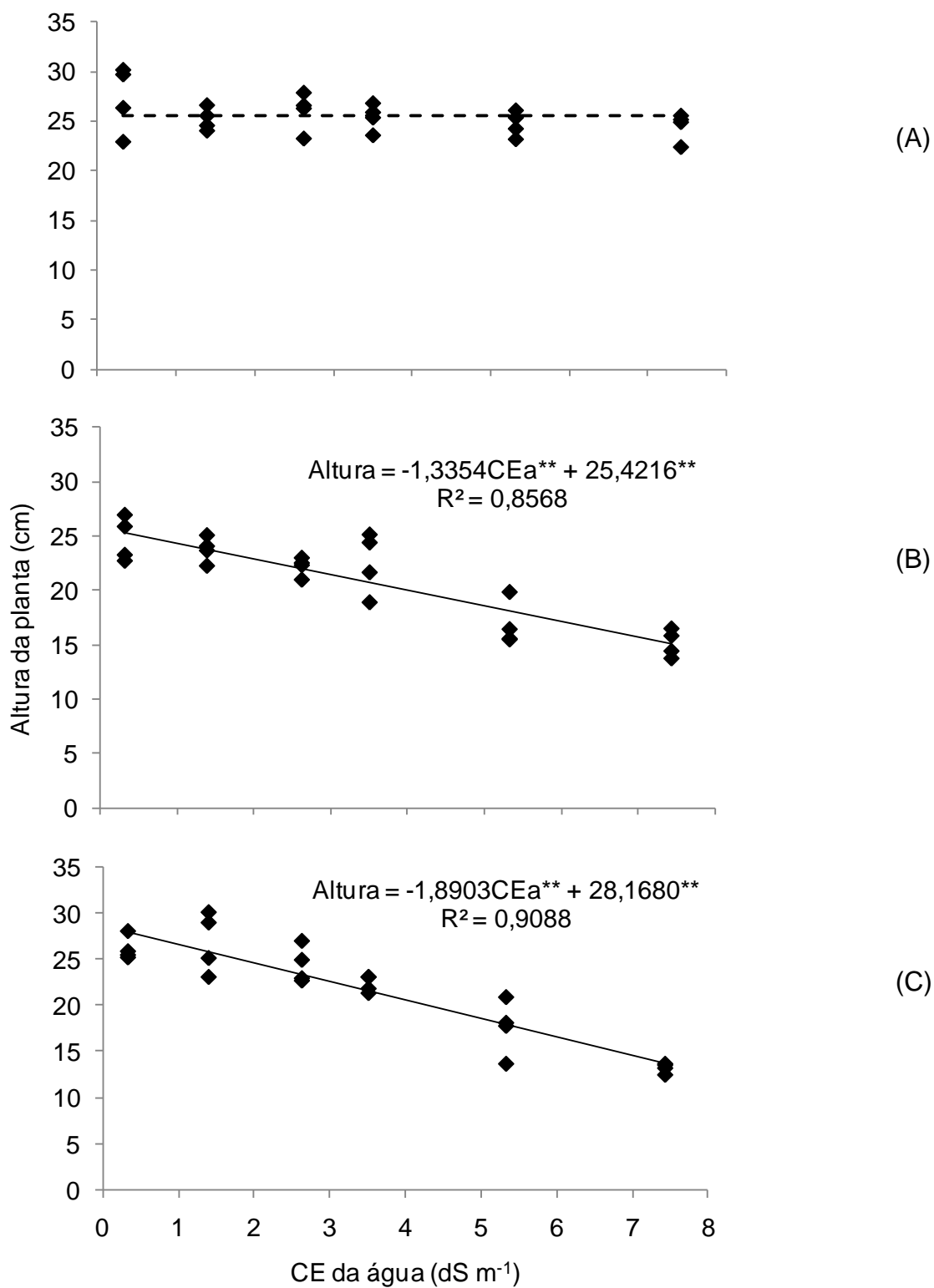


Figura 3. Efeito da salinidade da água sobre a altura do maço de plantas de rúcula nos tipos de uso UI (A), UII (B) e UIII (C).

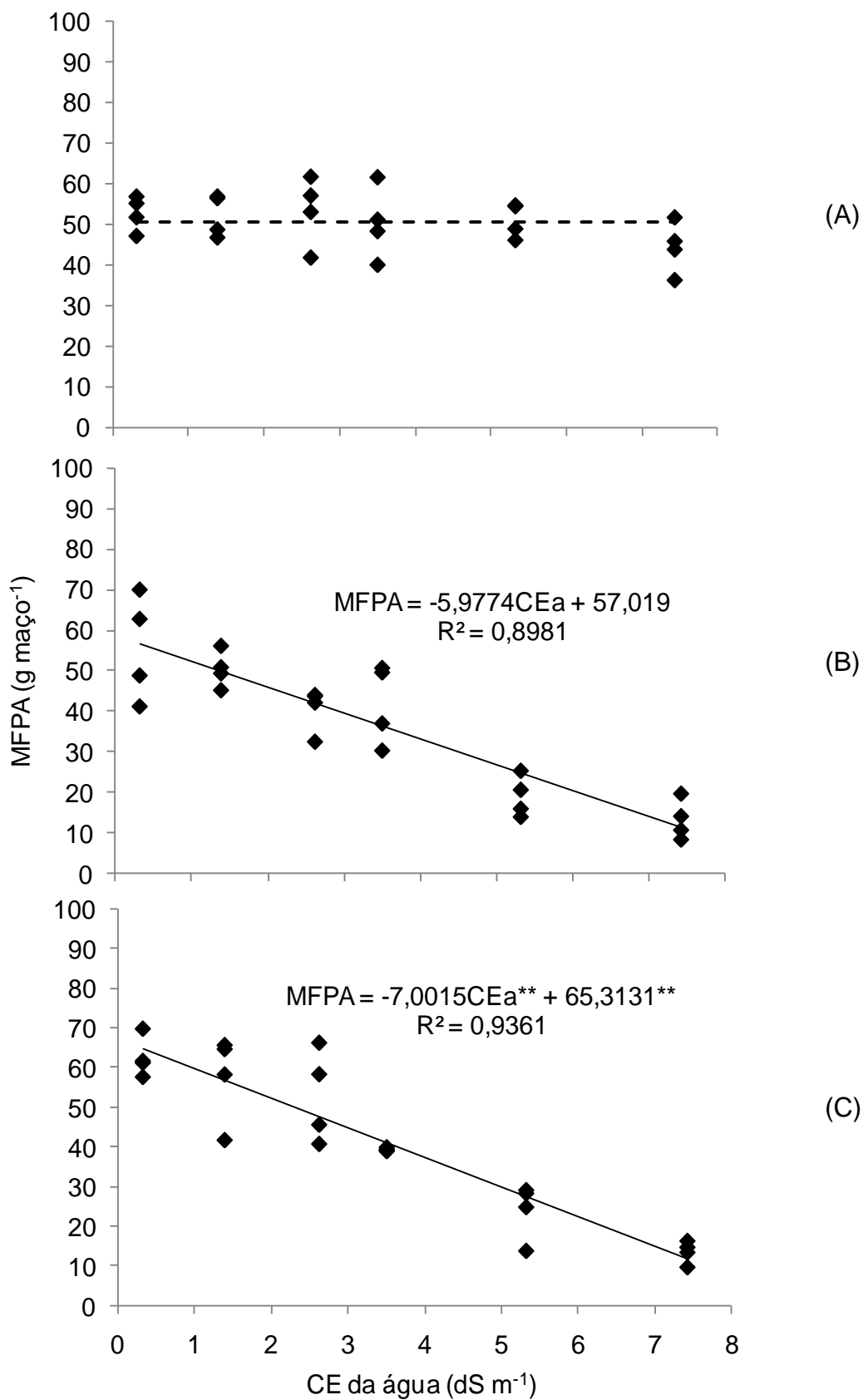


Figura 4. Efeito da salinidade da água sobre a massa de matéria fresca da parte aérea de rúcula nos tipos de uso UI (A), UII (B) e UIII (C).

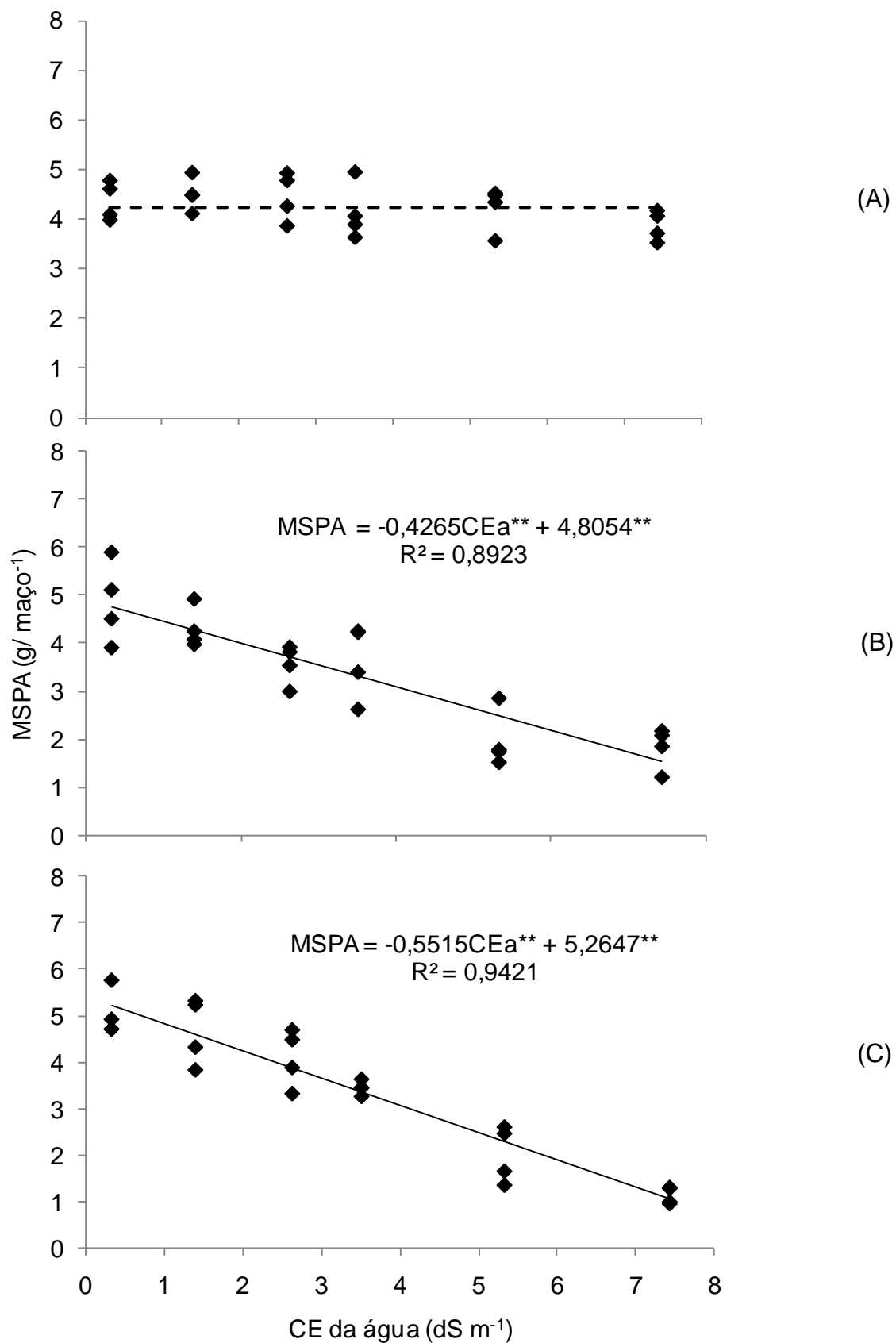


Figura 5. Efeito da salinidade da água sobre a massa de matéria seca da parte aérea de rúcula nos tipos de uso UI (A), UII (B) e UIII (C).

Não foram observados reduções nas variáveis estudadas de altura do maço, a MFPA e a MSPA com o aumento da salinidade da água apresentaram valores médios de 25,49 cm, 50,65g e 4,25g por maço de plantas, respectivamente. O comportamento dessas variáveis pode ser atribuído ao curto período de exposição das plantas à salinidade, pois as mesmas foram colhidas aos 16 dias após o transplântio (DAT) interferindo assim na magnitude da salinização.

Quando se utilizou a água salobra na preparação da solução nutritiva e se reservou a água doce para a reposição (UII) foram observadas para as variáveis estudadas um ajuste linear decrescente com o incremento da salinidade da água a 1% de probabilidade (Figura 3B, 4B e 5B). Os valores da razão a/b entre os coeficientes angular (a) e linear (b) das equações de primeiro grau ajustadas para as variáveis de altura do maço, MFPA e MSPA em função da salinidade da água foram respectivamente 5,2, 10,4 e 8,9% para cada aumento unitário da CEa (em dS m^{-1})⁻¹.

SILVA (2009) também encontrou redução linear da MFPA e MSPA em plantas de rúcula hidropônica com o aumento da salinidade da água, este registrou redução de 5% para a MFPA e de aproximadamente 4% para a MSPA para cada aumento unitário da salinidade da água em dS m^{-1} na estratégia de uso II.

Diante destes resultados, produtores que possuem disponibilidade de água salobra e restrição de água doce seria mais vantajoso destinar a água salobra para a reposição da ETc, em que não foram observadas perdas produtivas, do que utilizá-la no preparo da solução nutritiva.

O aumento da salinidade da água reduziu linearmente, a altura do maço (Figura 3C), a MFPA (Figura 4C) e a MSPA (Figura 5C), a 1% significância quando se utilizou água salobra no preparo da solução nutritiva e na reposição da ETc (UIII). Conforme os estudos de regressão, os decréscimos relativos a água de baixa salinidade ($0,325 \text{ dS m}^{-1}$) para cada incremento unitário de CEa foram de 6,7% para altura do maço, 10,7% para a MFPA e 10,5% para a MSPA. Semelhantes declividades foram encontrados por PAULUS et al. (2010) utilizando águas salobras na produção de alface Verônica em sistema NFT para massa de matéria fresca da parte aérea (13,5%) e seca da parte aérea (11%). Segundo os autores o efeito da salinidade da água sobre as variáveis de produção da alface foi devido aos íons absorvidos e transportados para a parte aérea que excederam o limite osmótico da planta.

Algumas espécies vegetais em meios salinos usam estratégias de alterações morfológicas e anatômicas para superar a deficiência hídrica e essas mudanças incluem a redução do tamanho e o número de folhas, diminuição do número de estômatos, alteração na distribuição das folhas, aumento na grossura da cutícula foliar e diminuição da diferenciação e do desenvolvimento do tecido vascular.

Contudo, as reduções do uso exclusivo de água salobra foram muito próximas as reduções observadas no UII, que utiliza água salobra apenas na preparação da solução nutritiva. Este comportamento de ambos os usos demonstram que para a salinidade até $3,505 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 1) não há diferença entre os tipos de uso para as variáveis de produção (altura do maço, MFPA e MSPA), podendo assim o produtor utilizar apenas água salobra ($< 3,505 \text{ dS m}^{-1}$) na produção de rúcula que não ocorrerá prejuízo na sua produção, agregando ainda, a vantagem do maior controle ambiental e a preservação da água doce para outros fins.

Tabela 1. Médias da altura do maço, massa de matéria fresca e seca da parte aérea de rúcula sob salinidade da água em diferentes tipos de uso de água salobra.

ESTRATÉGIA DE USO	CE da água (dS m^{-1})					
	0,325	1,392	2,624	3,505	5,323	7,425
Altura (cm)						
UI	27,28 A	25,16 A	25,97 A	25,38 A	24,68 A	24,46 A
UII	24,70 A	23,77 A	22,21 A	22,53 A	17,56 AB	15,16 B
UIII	26,15 A	26,86 A	24,38 A	22,31 A	16,86 B	13,15 B
MFPA (g/maço)						
UI	52,68 A	52,16 A	53,37 A	50,25 A	51,01 A	44,43 A
UII	55,58 A	50,62 A	40,46 A	41,77 A	23,87 B	13,41 B
UIII	62,40 A	57,40 A	52,56 A	40,21 A	18,84 B	13,09 B
MSPA (g/maço)						
UI	4,35 A	4,49 A	4,44 A	4,12 A	4,21 A	3,85 A
UII	4,84 A	4,29 A	3,56 A	3,61 A	1,97 B	1,82 B
UIII	5,01 A	4,66 A	4,08 A	3,43 A	2,00 B	1,12 B

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade

Porém, quando a água salobra disponível na propriedade é acima de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ o uso dessa água no preparo da solução nutritiva, sendo no uso exclusivo ou no combinado com a água doce, causa redução significativa nas variáveis de produção, o que sugere o uso da água salobra apenas na reposição da evapotranspiração.

No que se refere à produção comercial, estimada pela MFPA, obteve-se uma perda de 52,4% na estratégia de uso 2 e 53,6% na estratégia de uso 3 para salinidade da água de 5,323 dS m⁻¹, e de 77,8% na estratégia de uso 2 e 79,6% na estratégia de uso 3 quando a água salobra utilizada foi com salinidade de 7,425 dS m⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2. Produtividade relativa da altura, das massas de matéria fresca da parte aérea (MFPA) e das massas de matéria seca da parte aérea (MSPA) por maço de rúcula submetida a diferentes níveis de salinidade da água (CEa).

CEa (dS m ⁻¹)	Altura (%)			MFPA (%)			MSPA (%)		
	UI	UII	UIII	UI	UII	UIII	UI	UII	UIII
TEST	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1,392	92,2	94,7	93,3	99,0	89,5	89,3	103,2	91,0	89,5
2,624	95,2	84,2	79,9	101,3	68,5	67,8	102,1	73,3	68,6
3,505	93,0	79,0	73,2	95,4	58,1	57,1	94,7	64,4	58,0
5,323	90,5	73,7	66,4	96,8	47,6	46,4	96,8	55,6	47,5
7,425	89,7	61,0	50,2	84,3	22,2	20,4	88,5	34,0	22,1

A partir do 8 DAT as plantas de rúcula nos níveis mais altos de salinidade (5,323 e 7,425 dS m⁻¹) apresentaram sistematicamente plantas menores e com clorose generalizada nas folhas, notadas tanto nas folhas velhas como nas folhas novas, sendo essas plantas impróprias para a comercialização. Esses sintomas se iniciaram com necrose ao longo das bordas estendendo-se para toda a folha, o que pode ser atribuído a toxicidade por sódio (AYERS & WESTCOT, 1999). O efeito do NaCl estão associados ao acúmulo de Na⁺ e Cl⁻ nas células e / ou desequilíbrio iônico levando a distúrbios fisiológicos (BOLARIN et al., 2001). Estes resultados foram contrários aos trabalhos realizados por SOARES et al. (2010) e PAULUS et al. (2010) com plantas de alface, demonstrando uma menor sensibilidade da rúcula à salinidade. Diante desses resultados é relevante a necessidade de realizar estudos mais detalhados sobre os efeitos desse elemento na produção da rúcula.

Não foram notadas diferenças no consumo hídrico das plantas de rúcula no diferentes níveis de salinidade estudados na estratégia de uso I (Figura 6). Isso foi decorrente da não salinização da solução nutritiva pois a mesma foi preparada com água doce e apenas na reposição se utilizou água salobra, esta por sua vez foi adicionada aos poucos permitindo as plantas uma adaptação ao efeito osmótico.

Nos tipos de uso II e III, em que se utiliza água salobra no preparo da solução nutritiva o efeito osmótico dos sais no sistema radicular influenciou na absorção de água e de outros elementos essenciais para as plantas reduzindo o consumo hídrico com o aumento da salinidade da água (Figura 7 e 8, respectivamente). E com a diminuição do consumo, conseqüentemente há diminuição de água nos tecidos influenciando assim na massa fresca e seca da parte aérea das plantas. As reduções no consumo hídrico com aumento da salinidade na estratégia de uso II e III, tiveram a mesma tendência ajustado pelo modelo linear das variáveis de produção da rúcula como altura, MFPA e MSPA. Resultados similares também foram observados por SILVA et al. (2010) e JESUS (2011) em plantas de rúcula cultivada em sistemas hidropônico, tipo NFT, utilizando águas salinas.

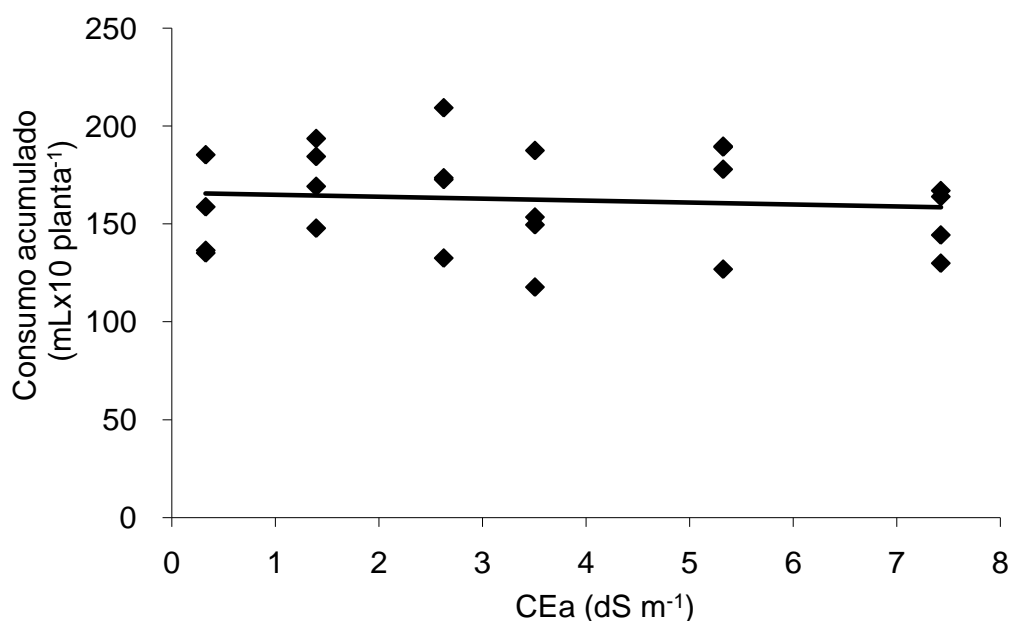


Figura 6. Consumo hídrico acumulado, do transplante até a colheita em função da salinidade da água (CEa) na estratégia de uso I.

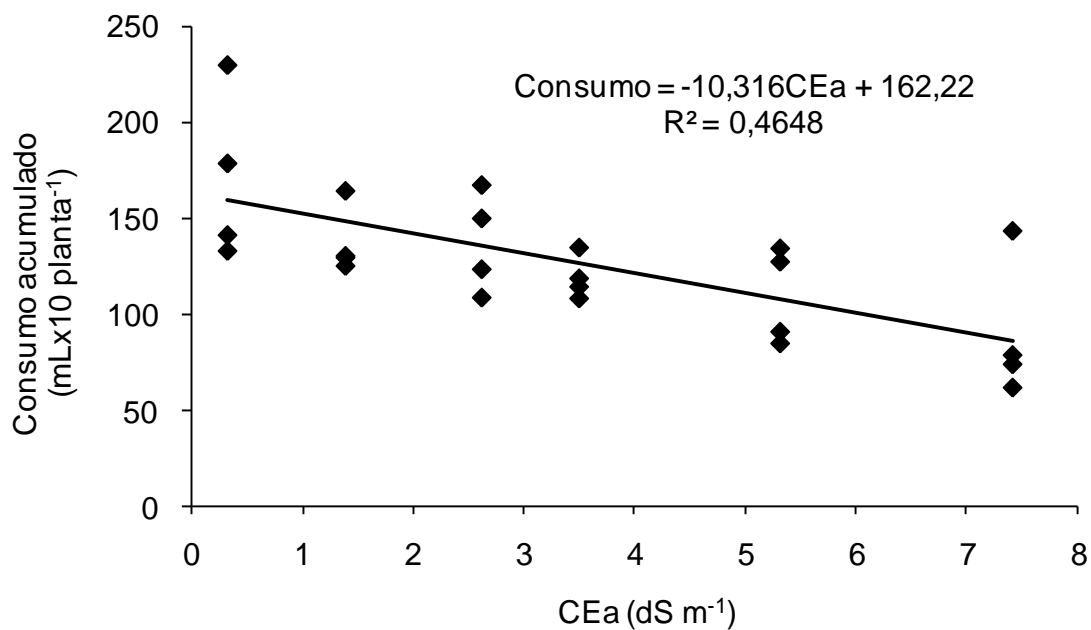


Figura 7. Consumo hídrico acumulado, do transplante até a colheita em função da salinidade da água (CEa) na estratégia de uso II.

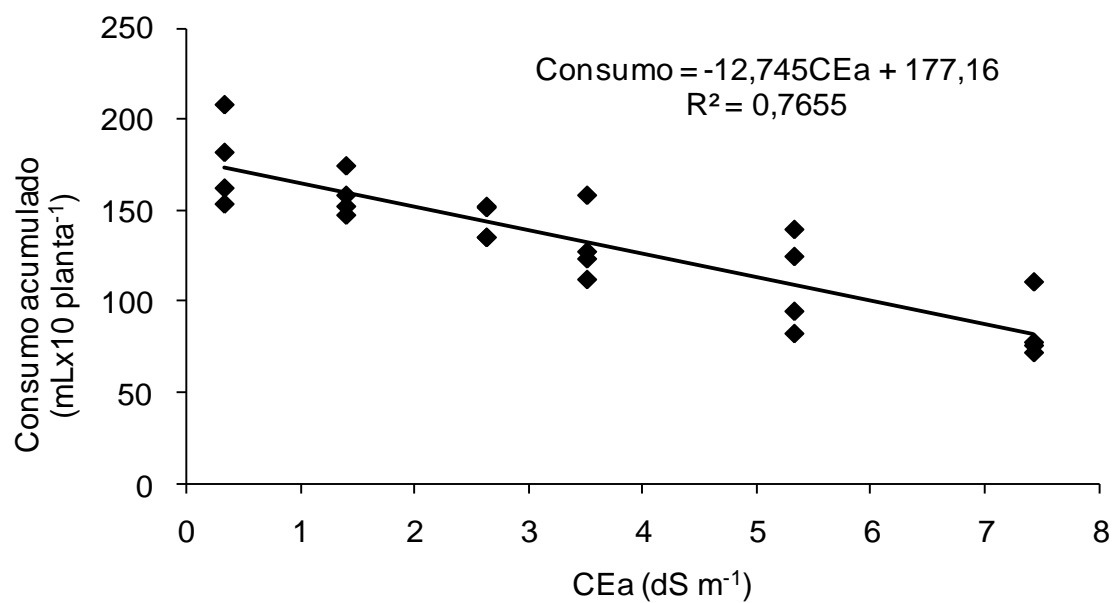


Figura 8. Consumo hídrico acumulado, do transplante até a colheita em função da salinidade da água (CEa) na estratégia de uso III.

CONCLUSÕES

1. Não foram registradas diferenças significativas na produção de rúcula submetido ao emprego de águas salobras para reposição das perdas por evapotranspiração no sistema hidropônico NFT.
2. O uso de água salobra no preparo da solução nutritiva, tanto no uso exclusivo como combinado com água doce causou uma redução linear significativa na produção de rúcula hidropônica em função do aumento da salinidade da água.
3. Nos níveis mais altos de salinidade da água, acima de $5,3 \text{ dS m}^{-1}$, foram verificadas sintomas de toxidade caracterizadas por cloroses nas folhas depreciando as plantas de rúcula tornando-se imprópria para a comercialização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, E. F. F.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; LEAL, C. M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no semiárido piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.873-880, 2006.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de H.R. Gheyi, J.F de Medeiros e F.A.V. Damasceno. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).

BOLARIN, M. C.; ESTAN, M. T.; CARO, M.; ROMERO-ARANDA, R.; CUARTERO, J. Relationship between tomato fruit growth and fruit osmotic potential under salinity. **Plant Science**, v.160, p.1153-1159, 2001.

D'ANGIOLELLA, G. L. B.; CASTRO NETO, M. T. & COELHO, E. F. (1998) **Tendências climáticas para os tabuleiros costeiros da região de Cruz das Almas**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Poços de Caldas. Anais, Lavras, SBEA. p.43-45.

FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; VILELA, L. A. A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 50p

FERREIRA, I. R. P.; DUARTE, S. N.; MIRANDA, J. H.; MEDEIROS, J. F. **Efeitos da salinidade da água de irrigação e da lâmina de lixiviação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em vasos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. Anais... Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998.v.2, p.106-108.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo Hidropônico de Plantas**. 1. Ed. Campinas: IAC, 1999. 52p. Boletim técnico, 180.

GERVÁSIO, E. S.; CARVALHO, J. A. & SANTANA, M. J. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de alface americana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.125-128, 2000.

JESUS, C. G. **Estresse salino em rúcula (*Eruca sativa* Mill.) hidropônica: aspectos fisiológicos, bioquímicos e nutricionais**. 2011. 73 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

MEDEIROS, J. F. B.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; Alves, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.7, n.3, p 469-472, 2003.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n.1, p.28-29, 2010.

SALA, F. C.; ROSSI, F.; FABRI, E. G.; RONDINO, E.; MINAMI, K.; COSTA, C. P DA. Caracterização varietal de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, jul. 2004.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT user's guide**. Cray NC, 2000. V.1-3.

SCARPARE FILHO, J.A. **Viveiros para a formação de mudas**. In: Minami, K. Produção de mudas de alta qualidade em horticultura. São Paulo: snt., 1995, cap.7, p.47-51.

SILVA, A. O.; SILVA, D. J. R.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido – PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.147-155, 2011

SILVA, F. V.. **Cultivo hidropônico de rúcula (*Eruca sativa Mill*) utilizando águas salinas. 2009**. 69 p. Tese (Doutorado) - Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; Bonfim-Silva, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v.12, n.2, p.235-248, 2007.

SOARES, TALES M.; DUARTE, SERGIO N.; SILVA, ÊNIO F. F.; JORGE, CRISTIANO A. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.14, n.7, p. 705-714, 2010

CAPÍTULO 3

PRODUÇÃO HIDROPÔNICA DE AGRIÃO EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE TIPOS DE USOS DE ÁGUA SALOBRA

PRODUÇÃO HIDROPÔNICA DE AGRIÃO EM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE TIPOS DE USOS DE ÁGUA SALOBRA

RESUMO: Uma importante alternativa para a escassez de água na região semiárida é a utilização das águas salobras, que normalmente se encontram no subsolo destas regiões, sem risco de esgotamento dos mananciais. Porém por essas águas possuírem normalmente altos níveis de salinidade podem trazer grandes prejuízos às culturas e ao meio ambiente quando utilizada no cultivo convencional o que torna a hidroponia uma boa alternativa para a região. Com o objetivo de averiguar o uso de águas salobras em três tipos de uso no cultivo de agrião em sistema hidropônico, foram testados seis níveis de salinidade da água (1,45; 2,51; 3,60; 5,41 e 7,50 dS m⁻¹), produzidos por NaCl, além da testemunha (0,27 dS m⁻¹). Esses tipos de usos consistiam em: 1) águas salobras para reposição das perdas por evapotranspiração (ETc) e água doce para o preparo da solução nutritiva (SN); 2) águas salobras para o preparo da SN e água doce para reposição da ETc; 3) águas salobras para o preparo da SN e reposição da ETc. Não foram registradas diferenças significativas na produção de agrião com o aumento da salinidade da água com uso de água salobra apenas na reposição da ETc. O aumento dos níveis de salinidade ocorreu uma redução linear significativa da massa fresca da parte aérea em 7,9% (dS m⁻¹)⁻¹ na estratégia de uso II. No uso exclusivo de água salobra reduziu linearmente em 9,5% a produção de massa de matéria fresca da parte aérea para cada aumento unitário da salinidade da água. Embora tenha ocorrido redução da produção do agrião não foram verificados sintomas que prejudicassem sua qualidade.

Palavras-chave: água subterrânea, salinidade, irrigação, *Nasturtium officinalis*.

PRODUCTION OF HYDROPONIC WATERCRESS ON DIFFERENT TYPES THE USES BRACKISH

ABSTRACT: An important alternative to water shortages in the semiarid region is the use of brackish water, normally found in the basement of these regions, without risk of depletion of water sources. But these waters usually have high levels of salinity can bring great damage to crops and the environment when used in conventional farming which makes hydroponics a good alternative for the region. Aiming to investigate the use of brackish water on three types of use in growing watercress in a hydroponic system, were tested with six levels of salinity (1.45, 2.51, 3.60, 5.41 and 7, 50 dS m⁻¹), produced by NaCl, and the control (0.27 dS m⁻¹). These types of uses were to: 1) brackish water to replace losses by evapotranspiration (ET_c) and fresh water to prepare the nutrient solution (NS), 2) brackish water for the preparation of SN and fresh water to replenish the ET_c; 3) brackish water for the preparation of SN and replacement ET_c. Significant difference were not in the production of watercress with increasing salinity of brackish water using only the replacement etc. The increase in salinity levels, a reduction significant linear fresh weight of shoots in 7.9% (dS m⁻¹)⁻¹ in type II use. In the exclusive use of brackish water decreased linearly at 9.5% the production of fresh weight of shoots for each unit increase of salinity. Although there was lower production of watercress were not checked symptoms that might interfere with their quality.

Key words: groundwater, salinity, irrigation, *Nasturtium officinalis*.

INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil tem o clima semiárido como predominante em seu território e traz características comuns a todas as regiões semiáridas do planeta. Estas características exigem do ser humano conhecer a dinâmica de suas relações ambientais, promovendo padrões de agricultura específicos para a região e não um mesmo modelo de agricultura empregado por todo o país, que muitas vezes não está adaptado às suas características, com culturas e sistemas de produção que podem, na verdade, dar mais prejuízos ao meio ambiente e às pessoas.

Percebe-se também que em climas áridos e semiáridos, a agricultura irrigada mal manejada pode causar salinização e degradação do solo (BERNARDO, 1992; MEDEIROS E GHEYI, 2001). As áreas semiáridas do Nordeste brasileiro não são exceções. Nessa região, as maiores incidências da salinização se concentram nas terras mais intensamente cultivadas com o uso da irrigação, nos chamados Perímetros Irrigados (OLIVEIRA, 1997)

Ao se utilizar água salobra, a salinização do solo e suas consequências podem ser ainda mais graves. Na agricultura convencional, a utilização indiscriminada desse tipo de água pode salinizar e desestruturar os solos (RHOADES et al., 2000), agravando os problemas de desertificação já documentados para a região semiárida brasileira (SCHENKEL E MATALLO, 2003).

Por causas geológicas, águas salobras são comuns nas reservas subterrâneas no semiárido brasileiro (AUDRY E SUASSUNA, 1995; ZOBY e OLIVEIRA, 1997). Segundo REBOUÇAS (1999), no contexto das rochas cristalinas do semiárido, os teores de sólidos totais dissolvidos (STD) nas águas subterrâneas são superiores a 2.000 mg L⁻¹ em 75 % dos casos. Esse é um aspecto importante, pois, apesar da reconhecida escassez de águas superficiais, tem-se ali um considerável armazenamento de água no subsolo, o que poderia servir ao desenvolvimento da região (CARVALHO, 2000).

No meio agrícola, a exploração dessas reservas poderá ser feita somente no caso de haver tecnologia adequada e disponível para os agricultores lidarem com as águas salobras. E outra limitação à agricultura extensiva da região, mediante o emprego dessas águas, diz respeito à reduzida vazão de muitos dos poços já perfurados: em média 4 m³ hora⁻¹ (AUDRY E SUASSUNA, 1995).

Nos últimos anos, algumas pesquisas têm procurado avaliar a viabilidade do uso de águas salobras em cultivos hidropônicos (SOARES et al., 2006; SOARES, 2007; PAULUS, 2008; SANTOS, 2009). Essas pesquisas são propostas com o intuito de gerar tecnologia para uso racional das águas subterrâneas salobras do Semiárido brasileiro e do rejeito da dessalinização por osmose reversa, sendo que nesse último caso o impacto tecnológico seria duplo, por mitigar aquela que é uma das maiores restrições a essa tecnologia: a destinação apropriada do seu rejeito (SOARES et al., 2006).

Como reflexo do predomínio da alface em culturas hidropônicas no Brasil, a maioria das pesquisas com águas salobras nesse sistema é conduzida com essa espécie. Considerando ser estratégica a diversificação de culturas para agricultores em potencial, novas culturas, incluindo hortaliças, frutíferas, condimentares e medicinais, devem ser estudadas, em sua viabilidade técnica e econômica.

A família das *Brassicaceas* é a que apresenta o maior número de espécies de interesse da horticultura (FILGUEIRA, 2008). O agrião (*Nasturtium officinalis*) é originário do sudeste da Ásia, e vem sendo utilizado há vários séculos na Europa, principalmente por gregos e romanos, que apreciavam banquetes ricos em especiarias e saladas picantes.

Trata-se de hortaliça folhosa de alta qualidade alimentar e de boa aceitação comercial nas regiões sul e sudeste do Brasil e em outros países da América e demais continentes. No entanto, há um grande receio por parte do consumidor com relação à origem das plantas vendidas em feiras e mercados devido ao fato desta cultura se desenvolver em ambientes encharcados e ricos em matéria orgânica, muitas vezes poluídos por esgotos ou fezes de origem animal e sem controle de qualidade, receio que se vê justificado pelos resultados de vários trabalhos, tanto nacionais como estrangeiros (LAPOOK et al., 2000; SIQUEIRA et al., 1997; SILVA et al., 1995; SAAD et al., 1995).

O agrião é uma hortaliça com baixo teor calórico, fonte de vitamina A, vitaminas do complexo B e vitamina C. Possui também alto potencial de sais minerais como Enxofre, Ferro e Fósforo. Com o mercado bastante aberto, os produtores de agrião têm sido muito bem sucedidos na sua comercialização.

Partindo da premissa que a hidroponia pode ser condizente com a exploração de águas subterrâneas salobras, o presente trabalho foi conduzido com a cultura do agrião no sistema hidropônico NFT (Nutrient Film Technique, técnica do fluxo

laminar de nutrientes), tendo como objetivo geral: avaliar a resposta da cultura em diferentes estratégias de uso de água salobra.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 15 de julho a 05 de setembro de 2009 no Campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia em Cruz das Almas – BA, Região do Recôncavo Baiano. O clima da região é classificado como úmido a subúmido, com umidade relativa anual média de 80%, temperatura anual média de 24,1 °C e pluviosidade média anual entre 1.143 e 1.170 mm (ALMEIDA, 1999; D'ANGIOLELLA et al., 1998).

O experimento foi desenvolvido em casa-de-vegetação do tipo arco geminada, com 32 m de comprimento, 14 m de largura e 4 m de pé direito e coberto por filme plástico, anti UV, de 150 µm de espessura e nas laterais por telas de cor branca. Esta estrutura está localizada nas coordenadas geográficas 12°40'19" de latitude sul, 39°06'23" de longitude oeste Gr e altitude de 225 m.

O piso no interior da casa-de-vegetação foi coberto com manta geotêxtil cinza visando melhorar a higiene, aumentar a vida útil do sistema e melhorar as condições fitossanitárias.

Os dados de temperatura e umidade relativa no ambiente protegido foram monitorados utilizando um termo-higrômetro, da Instrutherm, modelo HTR-157, instalado a 2 metros de altura e programado para medições a cada 15 minutos.

Utilizou-se uma estrutura hidropônica composta por 72 unidades experimentais, sendo que cada unidade hidropônica representava uma parcela.

O sistema hidropônico utilizado foi do tipo NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) independente, constituindo-se de um reservatório plástico com capacidade para 60 L de solução nutritiva, instalados à mesma cota e sobre tábuas de madeira após a sistematização do terreno, uma eletrobomba de circulação da marca Invensys modelo 127V LR (acionada por rede monofásica, 127V de tensão, 60 Hz de frequência e corrente de 3 A) com componentes internos em plástico para evitar corrosão, e um perfil hidropônico em polipropileno com aditivo anti-ultravioleta, com diâmetro comercial de 100 mm, comprimento de 3 m, contendo 9 orifícios de 2,5 cm de raio espaçados em 0,3 m.

Os perfis foram instalados em pares a uma altura de 1 m da superfície do solo, possuindo quatro pontos de apoio e uma inclinação de 4%. Entre os perfis, espaçados em 0,5 m, foi colocado uma rede de cordão com a finalidade de sustentar as plantas de agrião (Figura 1). Entre os pares de parcelas, foi deixado um corredor de 0,90 m de largura para facilitar o trânsito e a operacionalidade.



Figura 1. Vista do cultivo de agrião no perfil hidropônico com uso do cordão.

A solução nutritiva era bombeada do reservatório até a parte mais alta da bancada por tubulações de PVC, onde a mesma era injetada no perfil hidropônico por meio de emissores que saem da tubulação e se prolongam por mangueiras flexíveis (Figura 2), apresentando uma vazão média de 1,6 L por minuto. Na parte mais baixa do perfil, instalou-se um tampão com uma mangueira flexível com o intuito de retornar ao reservatório o excedente da solução nutritiva. O excedente não injetado no perfil retornava ao reservatório através tubulação de PVC, onde no final se instalou um ‘joelho’ de 90° para melhorar a aeração da solução nutritiva.

Também foram montados sistemas de abastecimento automático individualizados para cada parcela, construídos com tubulação de PVC de seção contínua e diâmetro nominal de 0,2 m. Este tipo de sistema permite a saída automática de água para o reservatório de solução nutritiva mediante uma torneira-bóia, possibilitando a manutenção do volume e a concentração da solução apropriada para cada tratamento.



Figura 2: Emissor injetor de solução nutritiva com prolongação de mangueira

Foi avaliada a variedade de agrião AF – 238 da SAKATA. As sementes foram semeadas em espuma fenólica com células de 2 x 2 x 2 cm e deixadas por 32 horas em ambiente sem iluminação e, após este período foram transferidas para o berçário. Antes da semeadura, as placas de espuma fenólica foram bem lavadas em água corrente de boa qualidade com a finalidade de eliminar compostos derivados de sua fabricação, os quais acidificam o meio, tornando-o prejudicial ao bom desenvolvimento das mudas. As mudas foram irrigadas apenas com água até o oitavo dia; neste momento foi realizado um desbaste deixando-se apenas uma planta por célula; do oitavo até o décimo quinto dia, irrigou-se com solução nutritiva padrão diluída a 50%; a partir daí foram irrigadas com solução nutritiva a 100% (formulação de FURLANI et al., 1999), aos 23 dia após a semeadura, as mudas foram transplantadas para a bancada de desenvolvimento, apresentando em média de 5 a 6 folhas, cultivando-se em cada perfil um total de cinco plantas.

Para avaliar a resposta aos sais do agrião AF - 238 em sistemas hidropônicos NFT, foram dispostos seis níveis de salinidade da água, caracterizados em termos de condutividade elétrica (CE). As águas utilizadas foram salinizadas artificialmente mediante adição de cloreto de sódio (NaCl) à água doce ($0,27 \text{ dS m}^{-1}$) resultando em seis níveis de salinidade da água de acordo com cada tratamento (Tabela 1).

Tabela 1: Concentração de NaCl e CEa para os diferentes tratamentos aos quais foram submetidos as plantas de alface

TRATAMENTOS	NaCl (g L ⁻¹)	CEa (dS m ⁻¹)
TESTEMUNHA	0,000	0,27
T1	0,585	1,45
T2	1,170	2,51
T3	1,755	3,60
T4	2,925	5,41
T5	4,095	7,50

Os diferentes níveis de CE da água (CEa) foram analisados de acordo com três tipos de emprego de águas salobras conduzidos em três experimentos concomitantes, quais sejam: na estratégia de uso I (UI), utilizou-se água doce (não salinizada) no preparo da solução nutritiva e água salobra na reposição da evapotranspiração (ETc), implicando em salinidades crescentes; na estratégia de uso II (UII), a água salobra foi utilizada no preparo da solução nutritiva e a reposição da ETc foi feita com água doce, resultando em salinidade constante em cada tratamento; e na estratégia de uso III (UIII), utilizou-se exclusivamente água salobra, tanto na solução nutritiva como na reposição da ETc.

Para cada estratégia de uso, o delineamento experimental foi o aleatorizado em blocos com seis tratamentos (Tabela 1) e quatro repetições totalizando 24 parcelas experimentais em cada experimento. A solução nutritiva em todos os tratamentos foi preparada com a mesma quantidade de fertilizantes, seguindo a recomendação de FURLANI et al. (1999) para o cultivo hidropônico da alface.

O controle da circulação da solução nutritiva foi realizado por meio de um temporizador digital programado para ligar o sistema durante 15 minutos com intervalos de 15 minutos, no período de 06:00h às 11:00h e 14:00h às 19:00h; irrigação constante das 11:00h às 14:00h; e irrigações de 15 minutos às 21:00h, 23:00h e 02:00h.

Durante os experimentos foram coletadas amostras da solução nutritiva a cada dois dias para determinação e monitoramento da condutividade elétrica (CEsol) e do pH.

Aos 28 dias após o transplante (DAT) foram colhidas as três plantas centrais do perfil, mensurando-se a massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA), massa de matéria fresca das folhas (MFF) e massa de matéria fresca da haste principal (MFH), em balança de precisão (0,01 g); comprimento da haste principal (CH) (do ponto de inserção caulinar até a ponta da raiz), medido com uma régua graduada.

Em seguida as plantas foram levadas à estufa de circulação forçada à temperatura de 65°C visando obter a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), a massa de matéria seca da haste principal (MSH) e a massa de matéria seca da raiz (MSR).

Os dados foram processados e mediante análise de variância avaliou-se a significância dos tratamentos. O fator salinidade da água foi estudado por meio da análise de regressão, por se tratar de tratamentos quantitativos. Os diferentes tipos de uso foram analisados mediante a porcentagem de redução das produções por acréscimo unitário da CEa. Todas as análises foram efetuadas no programa SAS. Também foram calculadas as produtividades relativas do agrião em cada nível de salinidade da água em relação ao tratamento Testemunha, eq. (1).

$$PR = \frac{MFPA_{TRAT}}{MFPA_{TESTEMUNHA}} \times 100 \quad (1)$$

em que:

PR - produtividade relativa (%)

$MFPA_{TRAT}$ - massa de matéria fresca da parte aérea em cada nível de salinidade da água, (g)

$MFPA_{TESTEMUNHA}$ - massa de matéria fresca da parte aérea da testemunha, (g)

As plantas foram avaliadas visualmente para detecção de sintomas de toxidez e/ou deficiência nutricional.

O consumo hídrico diário foi registrado por meio de leituras diárias no nível de água dos reservatórios de abastecimento automático, calculado a partir da equação 2:

$$V_{ETC} = \frac{(L_f - L_i) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta T} \times 10^6 \quad (2)$$

em que:

VETC - volume evapotranspirado, mL planta⁻¹ dia⁻¹

L_f - leitura final do nível da água no depósito de abastecimento automático, m

L_i - leitura inicial do nível da água no depósito de abastecimento automático, m

D - diâmetro interno do depósito de abastecimento automático, m

ΔT - intervalo de tempo entre as leituras, dias

n - número de plantas no perfil no intervalo de tempo ΔT

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ciclo da cultura do agrião AF - 238, em sistema convencional é de 60 a 70 dias segundo informação do fornecedor de sementes; no presente trabalho o ciclo da cultura foi mais curto atingindo o tamanho comercial em 51 dias de cultivo a partir da semeadura (SAKATA, 2010). PRECIOSO (2003) observou no ciclo da cultura do agrião d'água (*Rorippa nasturtium-aquaticum*), em hidroponia que houve uma antecipação na colheita

Em relação às plantas de agrião AF – 238 do tratamento testemunha foram encontrados neste estudo uma média de 75 g planta⁻¹ de massa de matéria fresca da parte aérea em 51 dias de cultivo. Utilizando outra cultivar, mas com características fisiológicas semelhantes, BARBOSA et al. (2009) produziram uma média de 69,81 g planta⁻¹ de MFPA para a cultivar Folha larga em 88 dias de cultivo, enquanto GOMES (2009) com essa mesma cultivar produziu uma média de 89,47 g planta⁻¹ em 60 dias de cultivo. Esses resultados mostram que as plantas controle do presente trabalho produziram dentro do esperado para plantas de agrião.

Apesar de o agrião ser uma cultura de clima ameno, é resistente ao calor e, pelo fato de ter sido observado altas temperaturas durante a condução do experimento (Figura 3), não foram observadas efeitos da temperatura que prejudicassem o crescimento e o desenvolvimento das plantas de agrião.

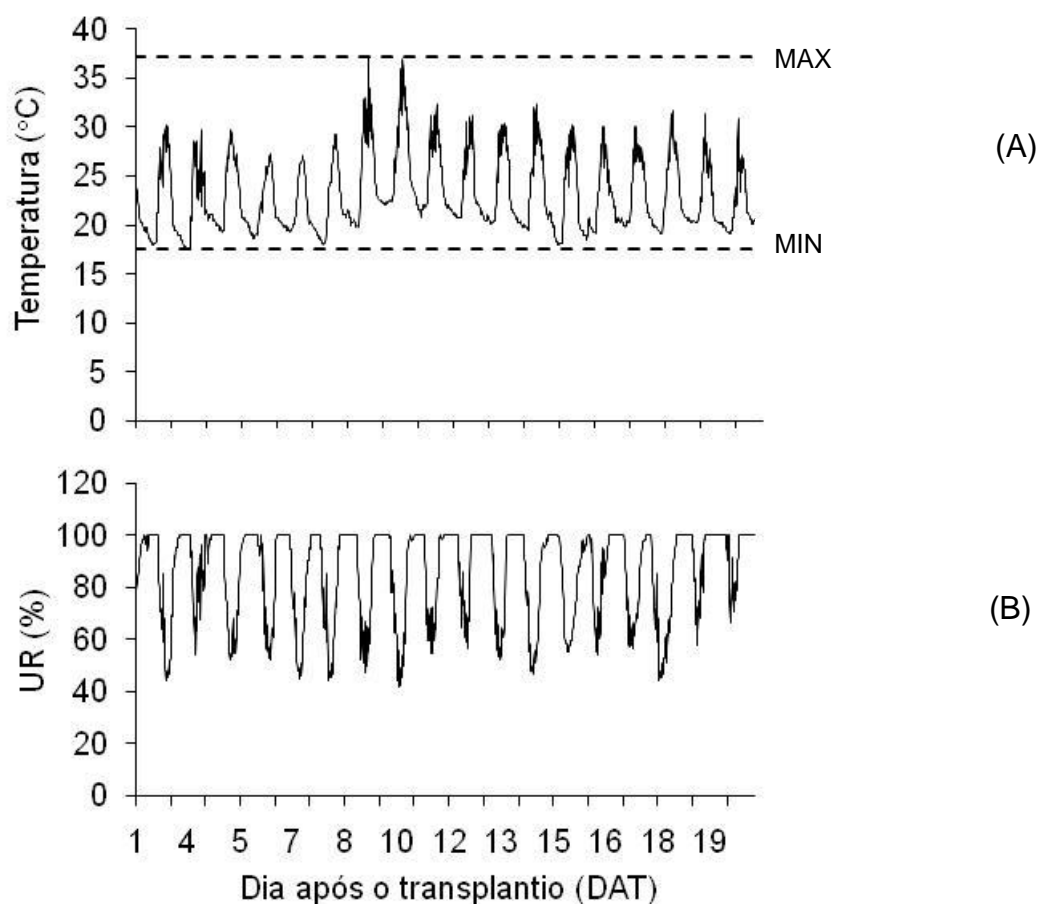


Figura 3. Temperatura do ar (A) e umidade relativa (UR) do ar (B) ao longo do ciclo do agrião.

A salinidade inicial em todos os tratamentos foi mensurada em $2,14 \text{ dS m}^{-1}$ quando se utilizou água doce no preparo da solução nutritiva (estratégia de uso I). Devido à reposição do volume evapotranspirado com as águas salobras, ocorreu a salinização da solução nutritiva em todos os tratamentos, à exceção da testemunha que foi observado um pequeno decréscimo da CE_{sol} ao longo do ciclo (Figura 4A). Essa salinização foi esperada e é atribuída ao aporte de sais pelas águas salobras, no entanto, este foi mais intenso na segunda quinzena do ciclo, devido ao aporte de íons mais elevados. Esses resultados são semelhantes aos reportados por SOARES et al. (2010), SANTOS et al. (2010) e ALVES et al. (2011) para a cultura da alface em NFT.

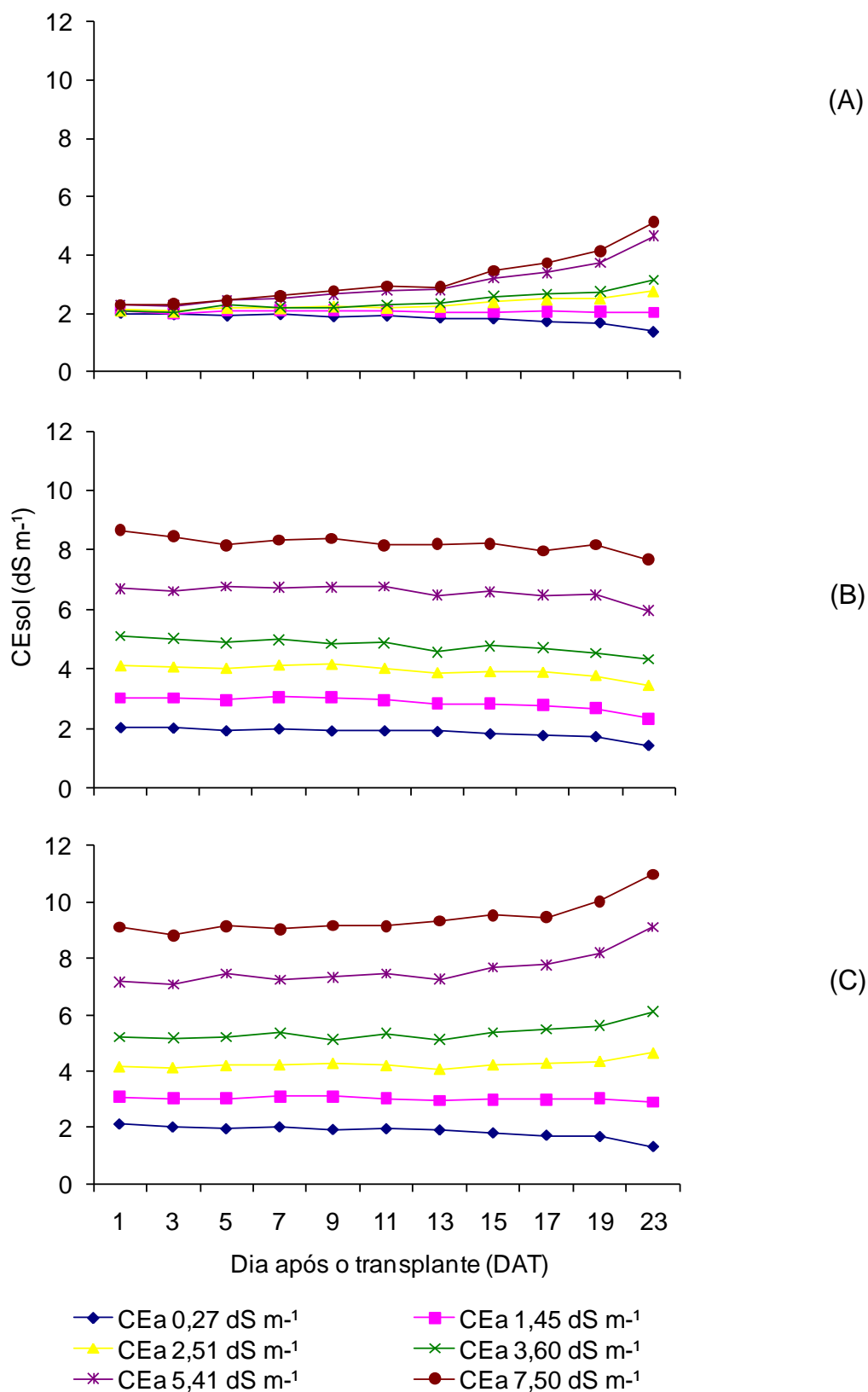


Figura 4. Comportamento da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) ao longo do ciclo da cultura nos usos UI (A), UII (B) e UIII (C)

Na estratégia de uso II, a água salobra é utilizada no preparo da solução nutritiva, e reserva-se a água doce para a reposição da evapotranspiração, isto levou a condutividades elétricas constantes, portanto, a salinidade inicial foi diferente para cada tratamento (Tabela 2) se mantendo praticamente constantes até o fim do ciclo. Contudo, na segunda quinzena do ciclo, se verificou um pequeno decréscimo na condutividade elétrica da solução devido ao consumo de nutrientes serem maiores que os repostos ao longo do ciclo (Figura 4B).

Tabela 2. Condutividade elétrica da água (CEa) e condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) para os diferentes tratamentos.

TRATAMENTOS	CEa (dS m ⁻¹)	CEsol (dS m ⁻¹)
TESTEMUNHA	0,27	2,14
T1	1,45	3,29
T2	2,51	4,19
T3	3,60	5,01
T4	5,41	6,86
T5	7,50	8,33

Na estratégia de uso III, a condutividade elétrica já começou alta e se manteve praticamente constante até aproximadamente 12 dias após o transplântio (Figura 4C), isto pode ser explicado devido ao consumo das plantas serem mais baixo no início do ciclo, pois na primeira semana as plantas são notadamente menores o que reduz o consumo de nutrientes, além disso, neste período ocorre também a adaptação das plantas ao novo ambiente (níveis altos de salinidade da água) o que leva a um menor crescimento; a partir desta fase a condutividade elétrica da solução passou a ser crescente, que se explica pela acumulação de íons não absorvidos pelas plantas de agrião devido à reposição do volume de água evapotranspirado com água salobra.

Esse mesmo comportamento foi observado por SANTOS et al. (2010), por PAULUS et al. (2010) e ALVES et al. (2011) em avaliações com águas salobras na preparação da solução nutritiva e na reposição da evapotranspiração de diferentes cultivares de alface.

Na Figura 5 são apresentados os resultados do monitoramento do pH ao longo do ciclo nota-se que ocorreu um aumento do mesmo no final do ciclo, isto ocorreu a despeito das correções com ácido clorídrico, com o intuito de deixar a solução nutritiva na faixa ideal para o cultivo. Este comportamento foi observado em todos os três tipos de uso.

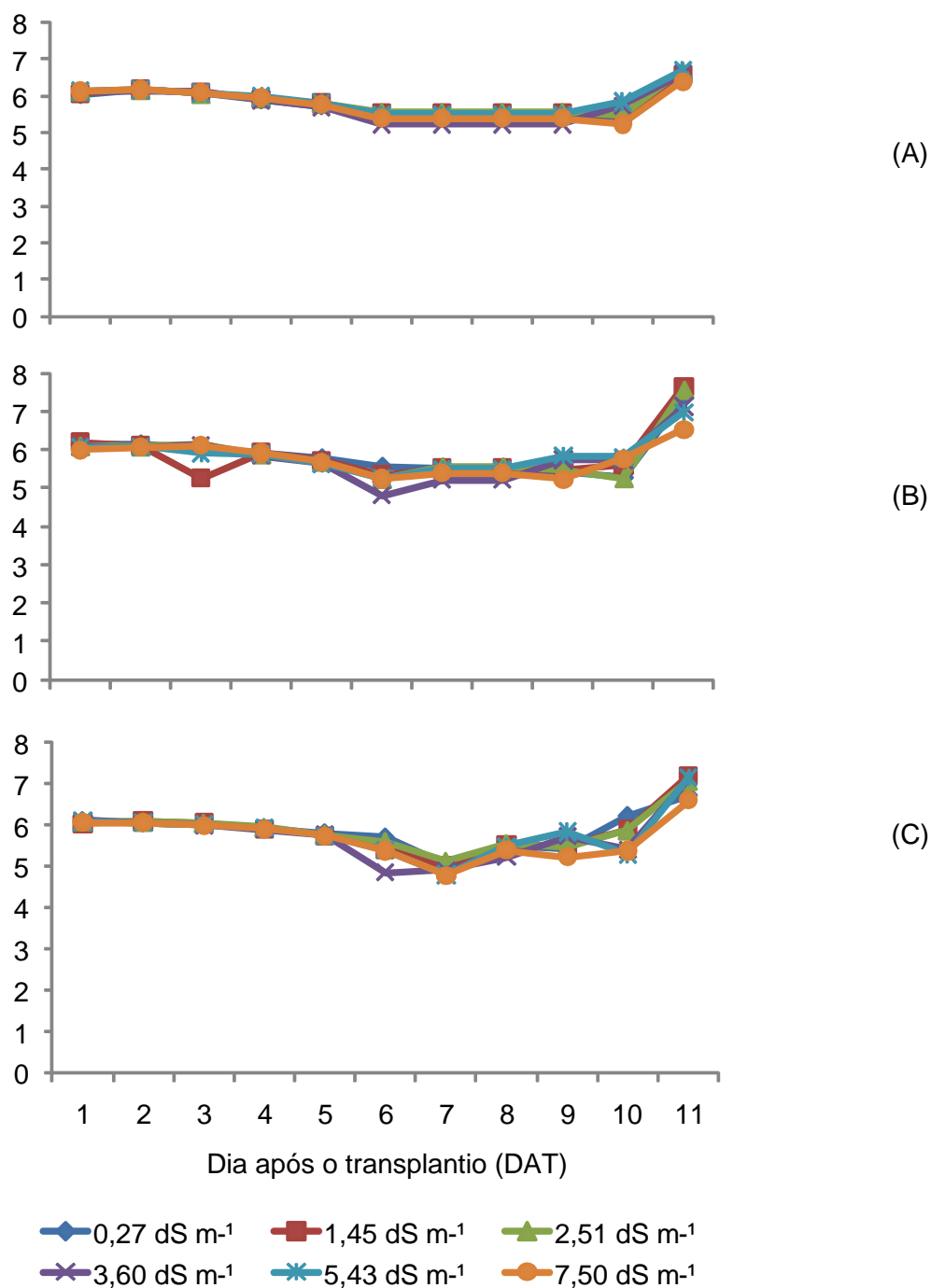


Figura 5. Comportamento do pH da solução nutritiva ao longo do ciclo do agrão nos tipos de uso I (A), estratégia de uso II (B) e na estratégia de uso III (C).

Em relação às variáveis de produção do agrião não foram registrados diferenças significativas do efeito da salinidade da água para a massa de matéria fresca e seca da parte aérea (MFPA); a massa de matéria fresca e seca das folhas (MFF); a massa de matéria fresca e seca da haste (MFH); a massa de matéria seca da raiz (MSR); e o comprimento da haste (CH) na estratégia de uso I, ou seja, quando se utiliza águas salobras na reposição da evapotranspiração (Tabela 3). Este comportamento pode ser explicado pela salinização gradual decorrente desse estratégia de uso, além disso, o ciclo do agrião é curto o que leva às plantas uma menor exposição a níveis mais altos de salinidade. Resultados semelhantes foram reportados por SOARES et al. (2010) e ALVES et. al. (2011) utilizando águas salobras na reposição da evapotranspiração de alface em sistema hidropônico NFT. Essa tendência ficou evidenciado na Figura 6, que demonstra o aspecto visual das plantas nos diferentes níveis de salinidade da água.

Tabela 3. Quadrados Médios, coeficientes de variação (CV) e resultado do teste F referente às variáveis estudadas na estratégia de uso I.

Variáveis de produção	Quadrados Médios	CV (%)	Pr > F
MFPA	738,31	34,84	0,3265
MFF	735,02	37,71	0,2073
MFH	16,86	27,72	0,3019
MSPA	2,927	25,82	0,1470
MSF	26,59	2,30	0,1364
MSH	0,048	27,74	0,2934
MSR	0,018	19,46	0,2684
CH	26,47	13,75	0,6902

CV – Coeficiente de variação; MFPA – Massa de matéria fresca da parte aérea; MFF – Massa de matéria fresca das folhas; MFH – Massa de matéria fresca da haste principal; MSPA – Massa de matéria seca da parte aérea; MSF – Massa de matéria seca das folhas; MSH – Massa de matéria seca da haste; MSR – Massa de matéria seca da raiz; e Comprimento da haste principal (CH).

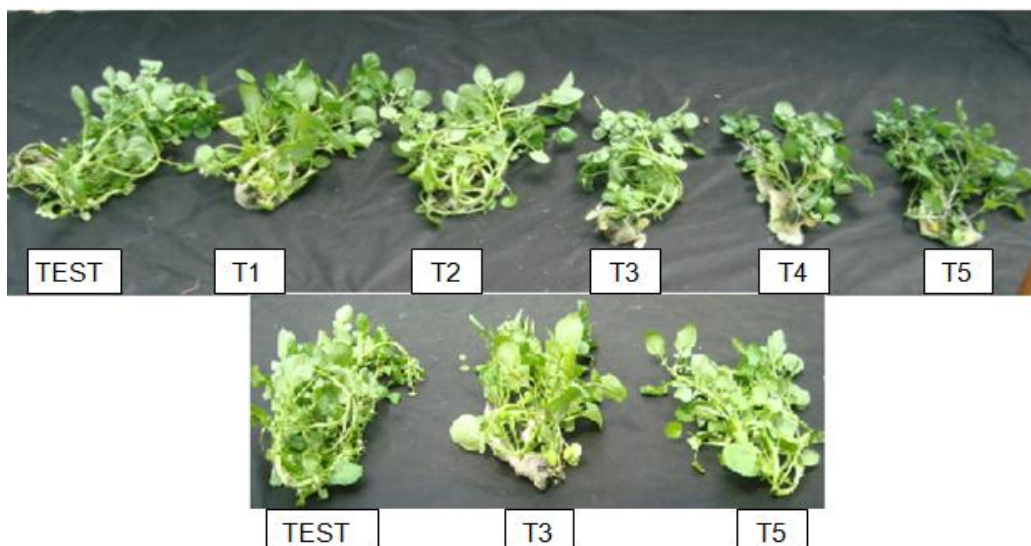


Figura 6. Plantas de agrião submetida aos níveis de salinidade da água na reposição da evapotranspiração (UI)

Analisando os dados referentes ao acúmulo de massa de matéria do agrião na estratégia de uso II, foi ajustado o modelo de redução linear para expressar o efeito da salinidade da água. A massa de matéria fresca da parte aérea foi reduzida em $7,95 \% (\text{dS m}^{-1})^{-1}$ (Figura 7), enquanto as massas de matéria fresca das folhas (Figura 8), e da haste principal (Figura 9), foram reduzidas em $7,83$ e $8,92 \% (\text{dS m}^{-1})^{-1}$, respectivamente.

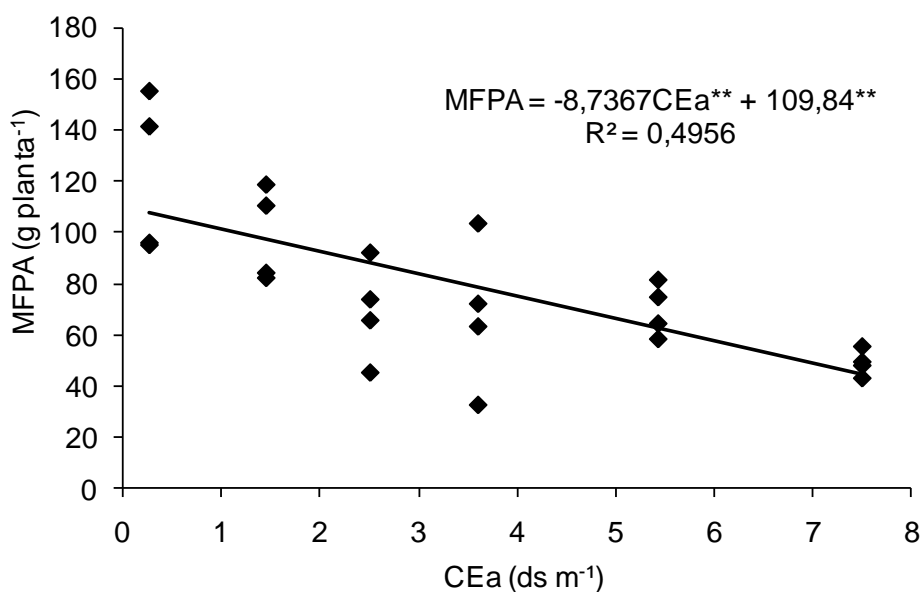


Figura 7. Massa fresca da parte aérea em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso II.

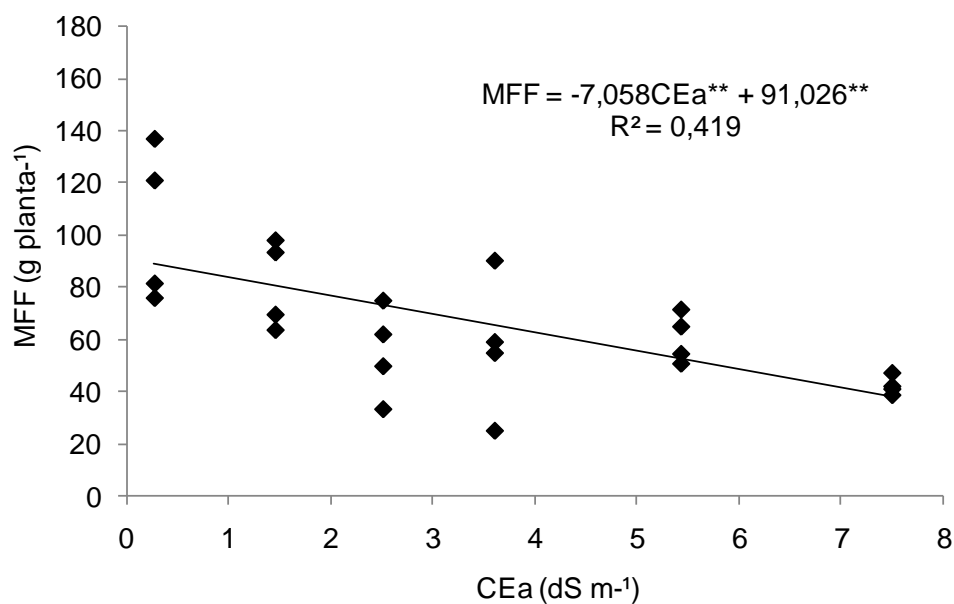


Figura 8. Massa fresca das folhas em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso II.

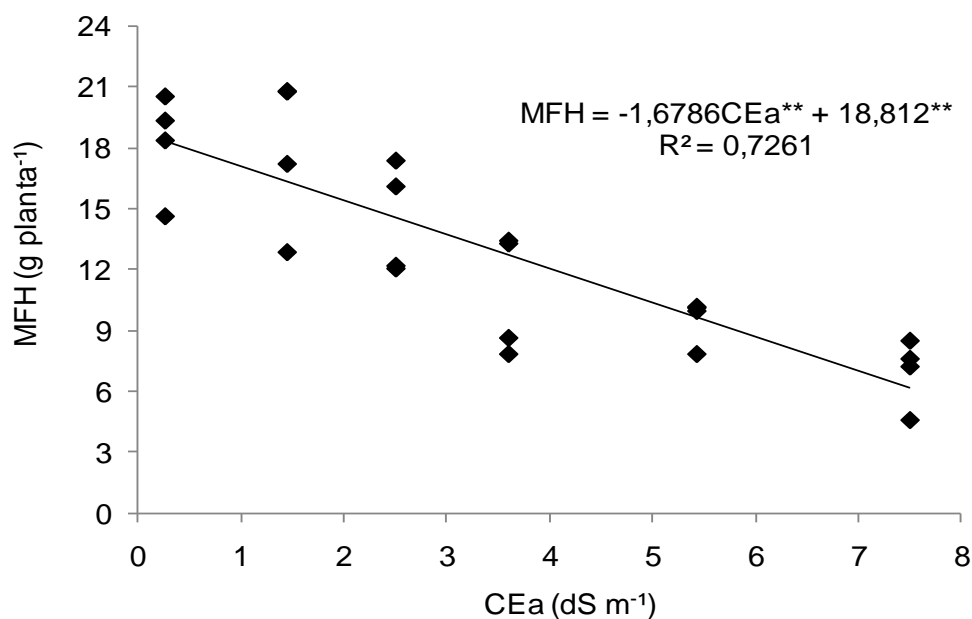


Figura 9. Massa fresca da haste principal em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso II.

As reduções das massas de matérias frescas repercutiram sobre as massas de matéria secas da parte aérea (MSPA) (Figura 10), na massa de matéria seca das folhas (MSF) (Figura 11), na massa de matéria seca da haste principal (MSH) (Figura 12), também sendo ajustado o modelo linear, obtendo-se reduções de 7,30,

7,08 e 8,53%, respectivamente. Como pode ser observado na Figura 13, o aumento da salinidade da água também causou redução linear no comprimento da haste principal, apresentando redução de 7,54%. Pode-se notar que neste estratégia de uso todas as variáveis tiveram reduções semelhantes, nesse caso, pode se considerar estas reduções como um fator negativo para a comercialização dessa cultura.

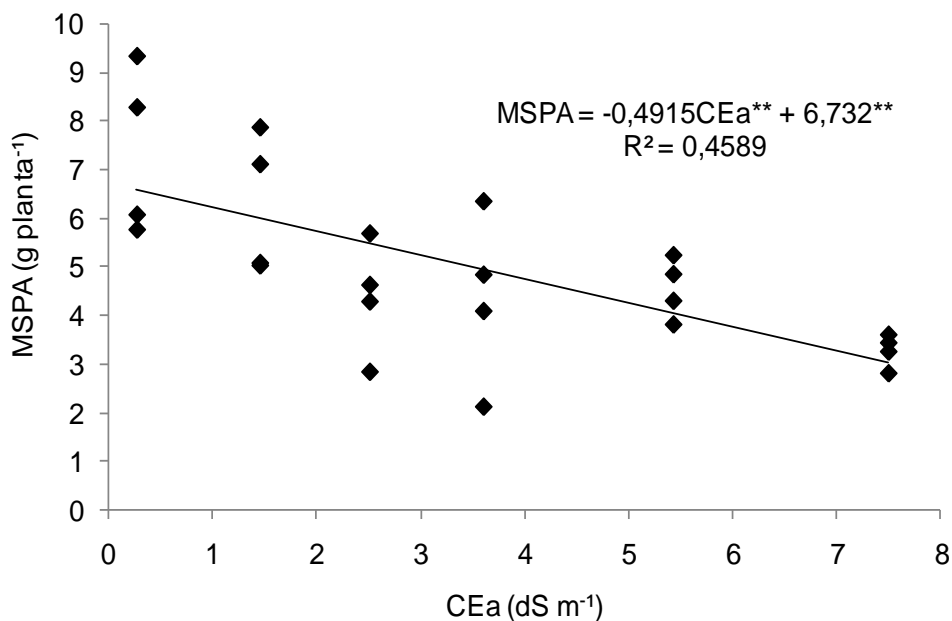


Figura 10. Massa seca da parte aérea em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso II

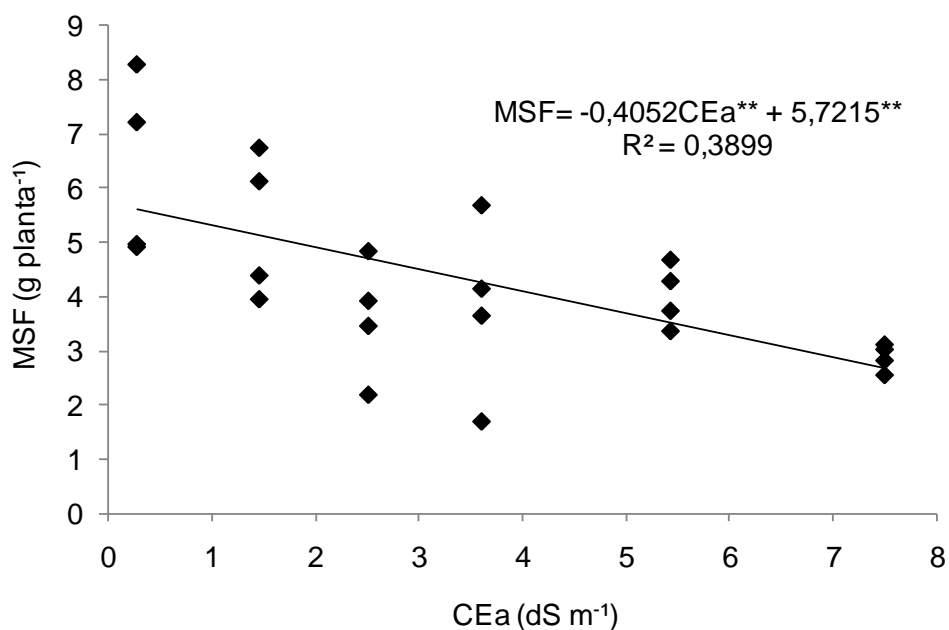


Figura 11. Massa seca das folhas em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso II

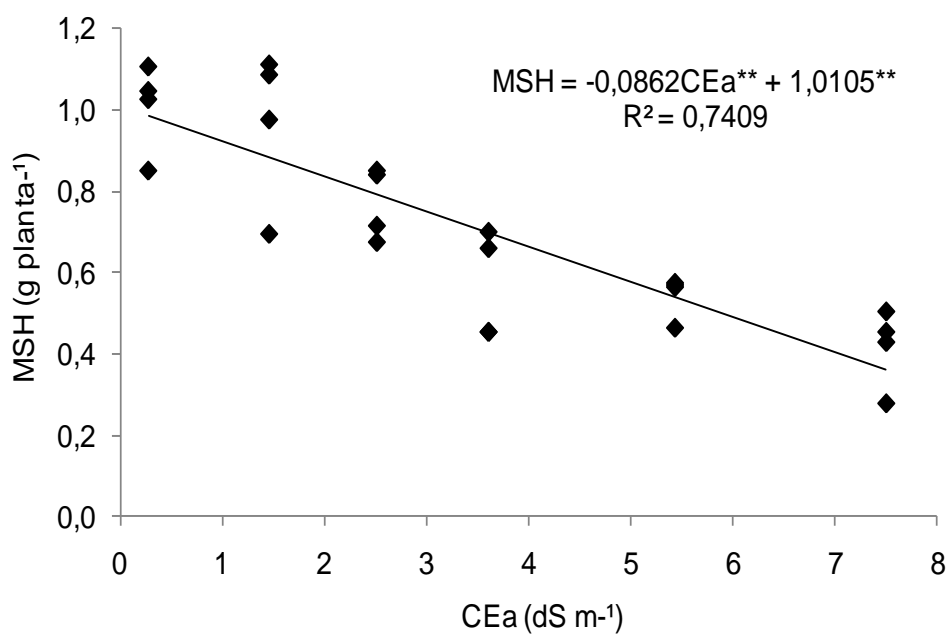


Figura 12. Massa seca da haste principal em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso II.

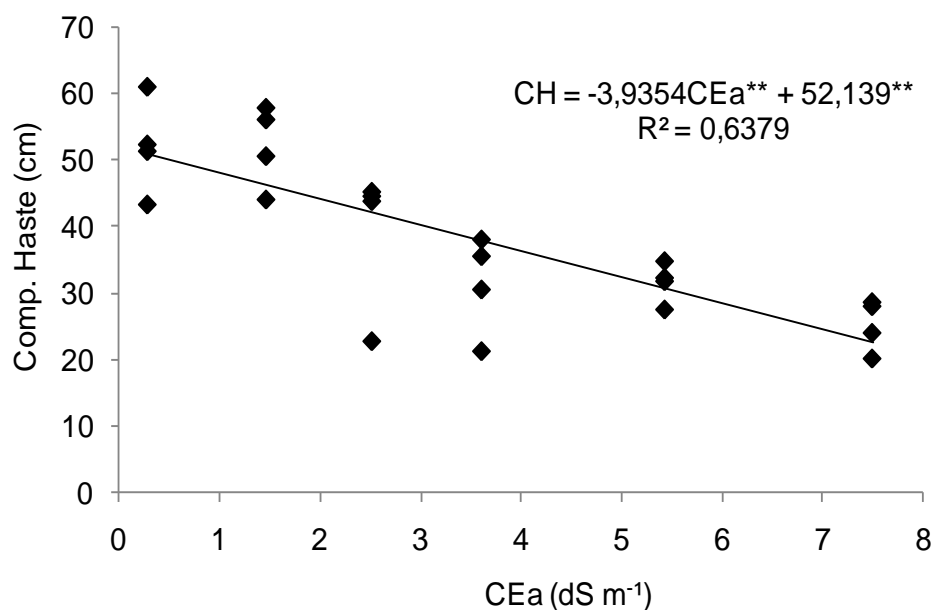


Figura 13. Comprimento haste principal em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso II.

Não foram verificados sintomas de toxidez ou de deficiência nutricionais que pudessem prejudicar visualmente a qualidade do agrião, ou seja, mesmo sendo plantas de menor porte, nos elevados níveis de salinidade da água, a mesma não interferiu nos atributos fisiológicos para a comercialização (Figura 14).



Figura 14. Diferenças visuais entre as plantas de agrião produzidas com água doce (Testemunha) e os níveis mais elevados de salinidade da água na estratégia de uso II.

Segundo TESI et al. (2003), em muitos experimentos desenvolvidos com águas salobras em hidroponia NFT, não se registram efeito da salinidade da água sobre o sistema radicular. De fato, assim como neste trabalho, SOARES et al. (2009), PAULUS et al. (2010), ALVES et al. (2011) e em outros estudos desenvolvidos na mesma unidade de pesquisa do presente trabalho, porém, com plantas de alface, não se verificou efeito da CEa sobre a MSR (Figura 15).

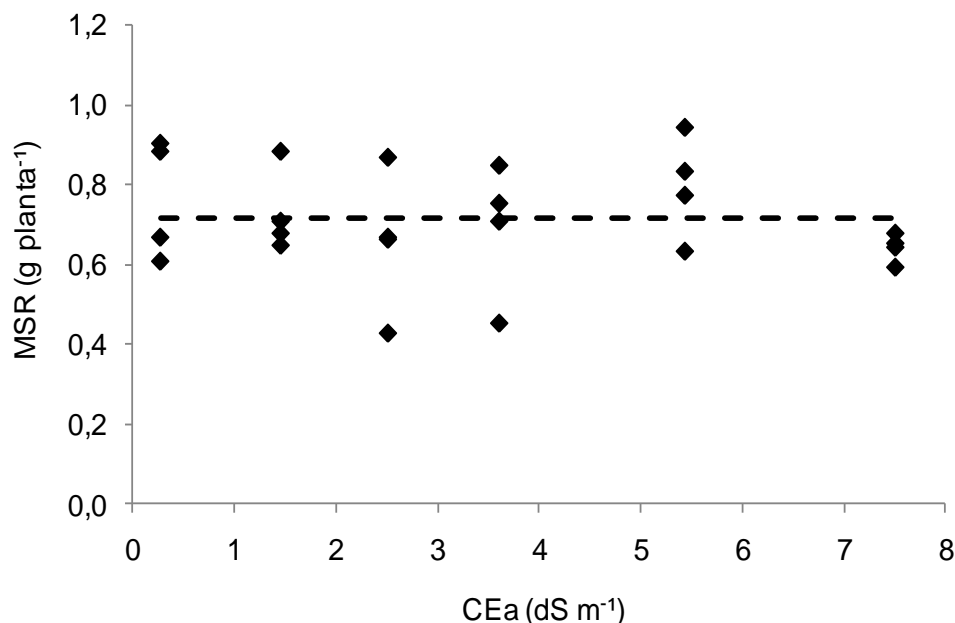


Figura 15. Massa seca da raiz em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso II.

Em se tratando do uso de água salobra no preparo da solução nutritiva e na reposição da evapotranspiração (UIII), foi verificado redução linear mais acentuada, em comparação com o estratégia de uso II, com o aumento da salinidade da água. Estimou-se uma perda relativa para cada aumento unitário da salinidade da água (em dS m⁻¹), de 9,5% na massa de matéria fresca da parte aérea (Figura 16), 9,64% para massa de matéria fresca das folhas (Figura 17) e de 9,30% para a massa de matéria fresca da haste principal (Figura 18).

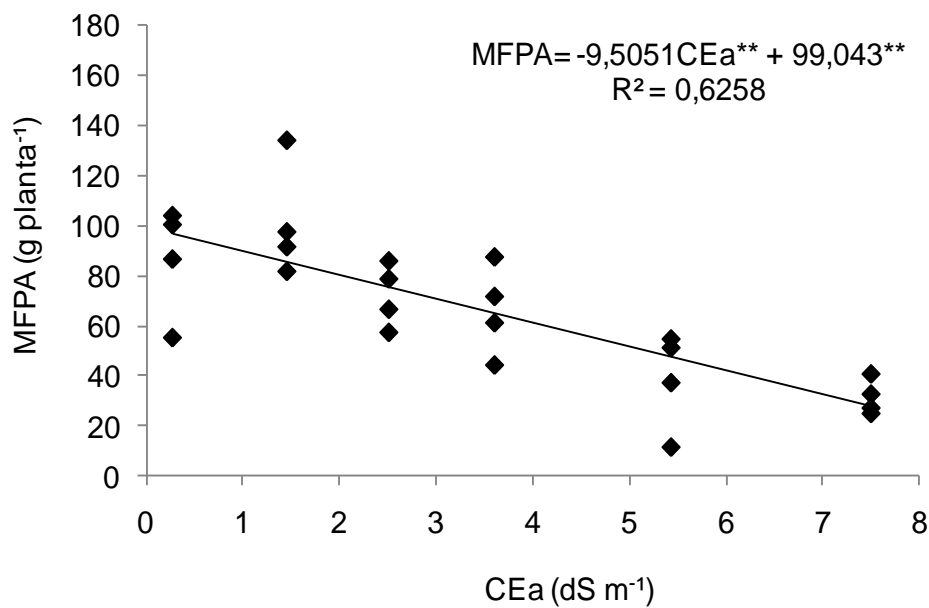


Figura 16. Massa fresca da parte aérea em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso III

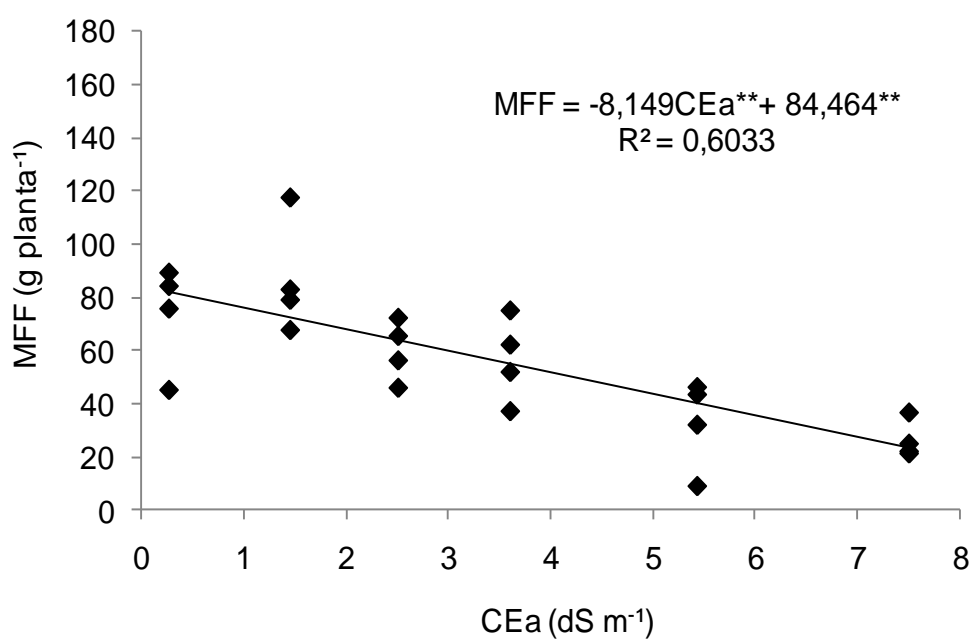


Figura 17. Massa fresca das folhas em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso III

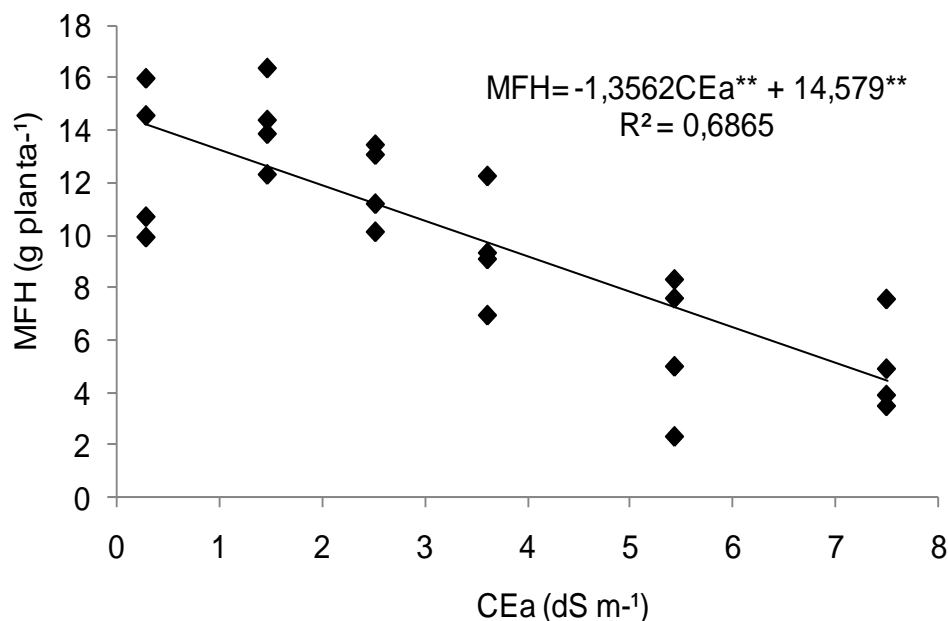


Figura 18. Massa fresca da haste principal em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso III

Os resultados do presente estudo foram maiores que os reportados por GOMES (2009) para cultivar de agrião 'folha larga' nas condições de Piracicaba, São Paulo. Este autor estimou uma perda de 7,28% para cada aumento unitário da salinidade da água, em dS m^{-1} . ALVES et al. (2011) em experimento com águas salobras com alface hidropônica citam reduções da MFPA e da MFF com aumento da salinidade da água, essas perdas foram estimadas em 7 e 6,8%, respectivamente para cada aumento unitário da salinidade. SILVA (2009) estudando o uso de águas salinas plantas de rúcula hidropônica nas condições de Piracicaba, São Paulo encontrou redução de 5% da MFPA para cada aumento unitário da salinidade da água.

A massa de matéria seca da parte aérea foi reduzida em $8,75 \% (\text{dS m}^{-1})^{-1}$ (Figura 19), enquanto as massas de matéria seca das folhas (Figura 20) e da haste principal (Figura 21) foram reduzidas em $8,76$ e $8,69 \% (\text{dS m}^{-1})^{-1}$, respectivamente. Como pode ser constatado na Figura 22, a salinidade da água não alterou significativamente a massa de matéria seca das raízes, resultado este muito comum nos trabalhos científicos com plantas de alface quando se utiliza águas salobras em sistemas hidropônicos, como por exemplo, nos trabalhos de ALVES et al. (2011), PAULUS et al. (2010), SOARES et al. (2010) e SOARES et al. (2007). Já GOMES

(2009) registrou redução da MSR com o aumento da salinidade da água em plantas de agrião folha larga.

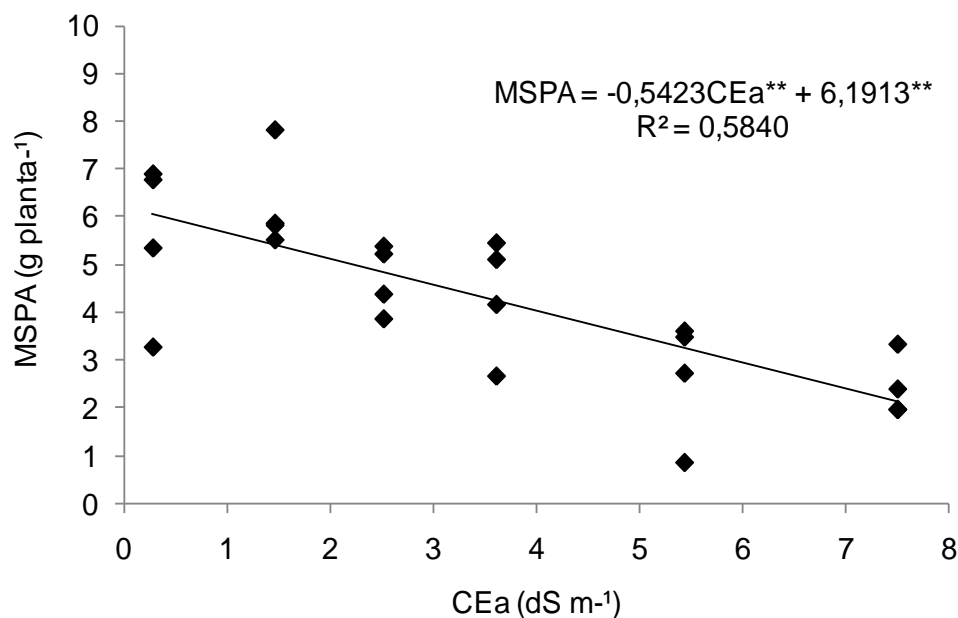


Figura 19. Massa seca da parte aérea em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso III

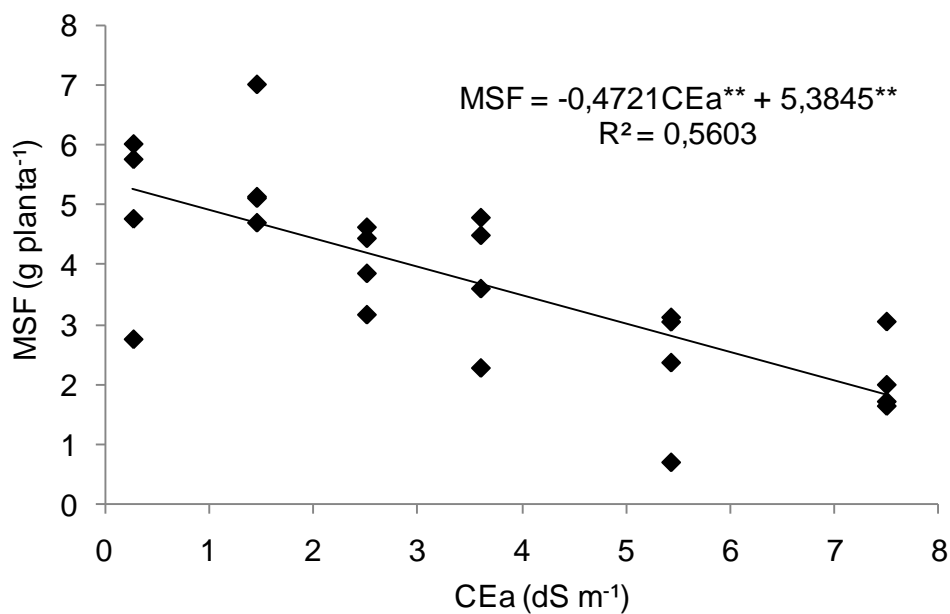


Figura 20. Massa seca das folhas em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso III

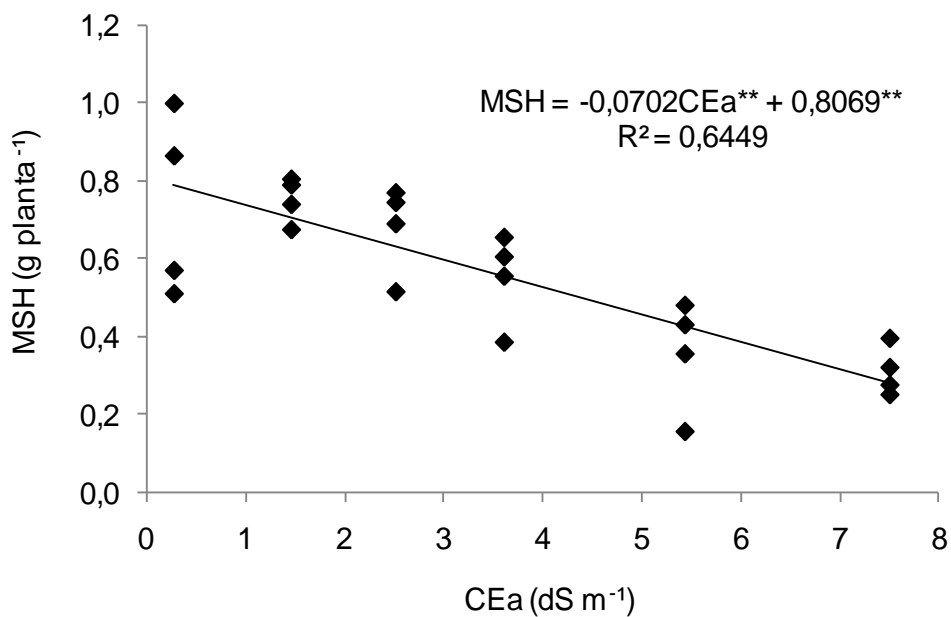


Figura 21. Massa seca da haste principal em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso III

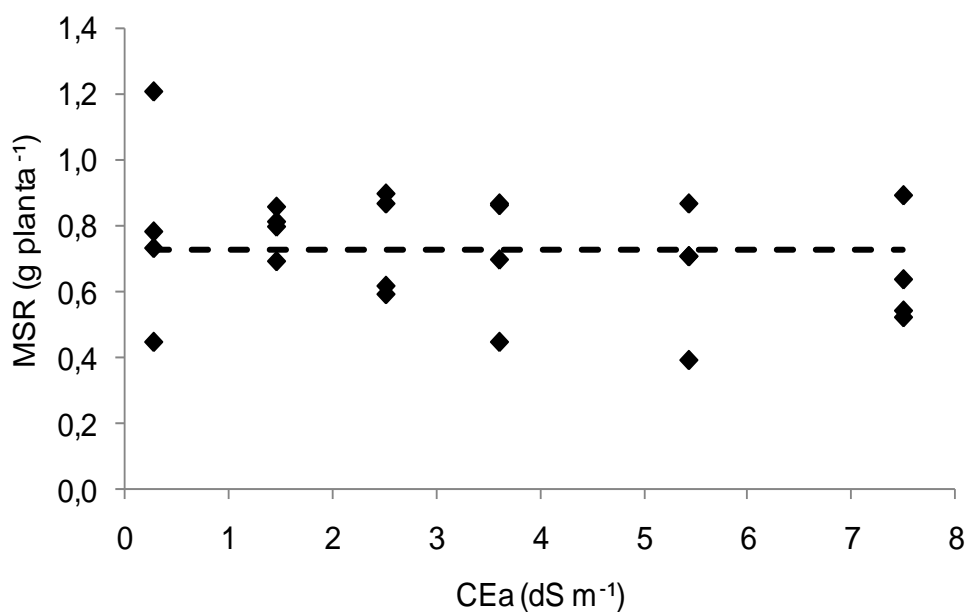


Figura 22. Massa seca da raiz em função da salinidade da água utilizada na estratégia de uso III

Na Figura 23 apresenta-se o aspecto visual das plantas de agrião no dia da colheita, aos 28 DAT em cada tratamento, em que se verifica claramente a redução das plantas com o aumento da salinidade da água utilizada. E na Figura 24 é mostrada as plantas de agrião no nível mais alto de salinidade da água (7,50 ds m⁻¹)

em comparação com a testemunha ($0,27 \text{ ds m}^{-1}$). No entanto não foi observado nenhuma injúria nem sintomas de toxidez e/ou deficiência que depreciassem o valor comercial do agrião; como reportado em outros estudos com salinidade em sistemas hidropônicos, o sintoma mais visível foi a tonalidade mais verde-escura das folhas. A ausência desses sintomas, pode se tornar um ponto favorável para a produção de agrião, uma vez que os agricultores podem aumentar da densidade de cultivo por m^2 ou comercializar com molhos (normalmente como se comercializa as hortaliças) com maiores quantidades de planta. Isto é possível se a rentabilidade do agrião for alta.



Figura 23. Plantas de agrião no momento da colheita submetidas a cinco níveis de salinidade da água na estratégia de uso IIII

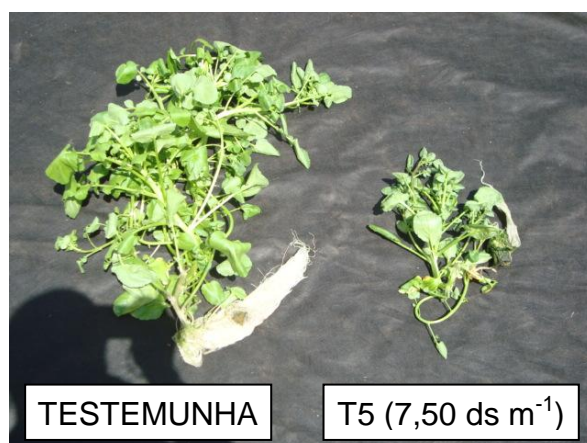


Figura 24. Comparação das plantas de agrião produzidas com água doce (Testemunha) com as produzidas com nível mais alto de salinidade da água (T5)

Como não ocorreu diferença significativa nas variáveis de produção na estratégia de uso I, pode-se dizer que a produtividade nos diferentes níveis de salinidade da água foram praticamente as mesmas. Já para os usos II e III, fica evidente na tabela 4 a redução das variáveis de produção (MFF, MFPA e MSPA) com o aumento da salinidade da água. Nota-se ainda que a redução da MFPA, que é parte comercializada, foi de 59,7% na estratégia de uso I e de 63,7% na estratégia de uso III quando se utilizou a água salobra de 7,50 dS m⁻¹.

Quando se compara o estratégia de uso II e o estratégia de uso III, é possível anotar que com salinidades da água até 3,60 dS m⁻¹ é preferível produzir agrião com uso exclusivo de água salobra (UIII), pois, a produtividade relativa é maior quando comparado com o uso II. Isto é um resultado importante, tendo em vista que quanto maior a produtividade relativa maior será a rentabilidade do produtor. Acima desse valor, o estratégia de uso II pode ser o mais recomendado. Contudo, é importante ressaltar que uma produção de agrião só se torna satisfatório se os preços comerciais forem bastante elevado.

Tabela 4. Produtividade relativa (PR) de massa de matéria fresca das folhas (MFF), massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), para diferentes níveis de salinidade da água (CEa)

TRAT	MFF (%)			MFPA (%)			MSPA (%)		
	UI	UII	UIII	UI	UII	UIII	UI	UII	UIII
TEST	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
T1	117,3	78,1	117,9	112,7	81,1	116,9	95,7	107,1	112,3
T2	99,9	61,4	81,6	101,5	56,8	83,3	98,5	92,5	84,5
T3	117,9	55,1	77,0	108,2	55,7	76,5	105,2	81,7	78,0
T4	107,8	58,1	44,6	99,4	57,3	40,7	90,3	85,2	46,6
T5	94,7	40,6	35,9	91,5	40,3	36,3	96,9	68,2	43,3

Em relação ao consumo hídrico das plantas notou-se na figura 25 que o consumo evapotranspirado foi praticamente o mesmo quando se utilizou a água salobra apenas na reposição da ETc. Como a salinização foi baixa e gradual as plantas não tiveram redução da absorção. Já na estratégia de uso II e III, notou-se uma redução do consumo hídrico com o aumento da salinidade, o que era esperado

devido ao efeito osmótico no sistema radicular, essa água osmoticamente retida na solução salina se torna indisponível para as plantas.

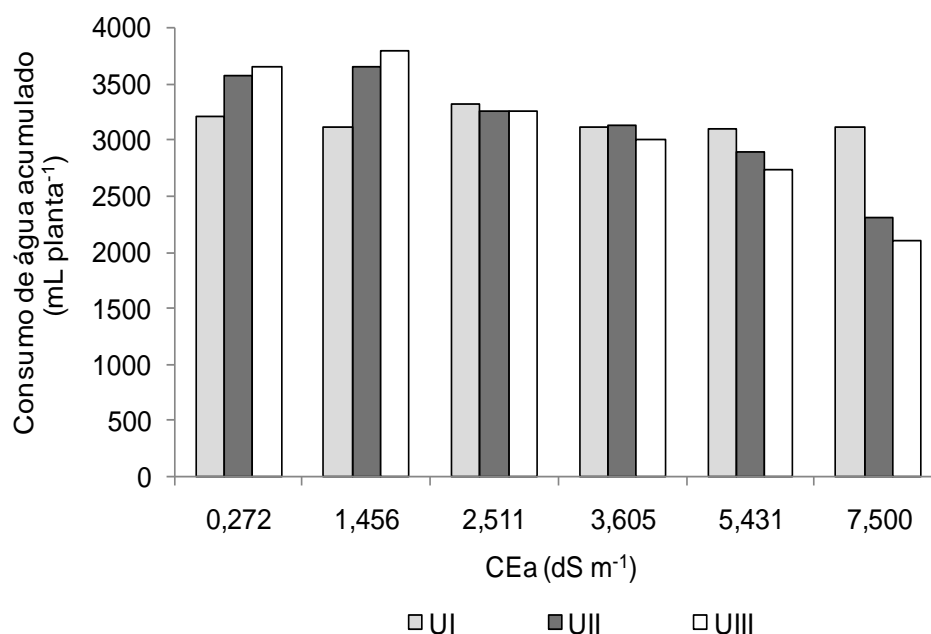


Figura 25. Consumo hídrico acumulado do transplântio até a colheita em função da salinidade da água nos tipos de uso I, II e III.

CONCLUSÕES

- 1.O uso de água salobra no preparo da solução nutritiva proporcionou redução da produção do agrião AF - 238 com o aumento da salinidade da água;
- 2.Na combinação de água doce e salobra, o uso da água salobra na reposição da evapotranspiração não prejudicou a produção do agrião.
- 3.O uso de água salobra na solução nutritiva originou plantas de agrião com aspecto coriáceo, nanismo e coloração verde escuro nos níveis mais altos de salinidade da água.
- 4.Em relação ao uso de água salobra no preparo da solução nutritiva o uso exclusivo obteve melhores rendimentos quando comparado com o uso combinado com água doce em salinidades abaixo de 3,60 dS m⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.491-498, 2011.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino**: caracterização, variação sazonal, limitações de uso. Recife: CNPq, 1995. 128 p.

BARBOSA, F. E. B.; FIGUEIREDO NETO, E.; SARTORI, R. A.; COLOVATO, G. F.; MANCHINI, L. H.; VILELLA JUNIOR, L. V. E. Cultivo hidropônico de agrião d'água em garça (SP). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. Garça, SP, Ano VII, n.14, 2008.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.1, n.13, p.1-7, 1992.

CARVALHO, P. Água potável via energia solar. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 158, p. 72-74, 2000.

D'ANGIOLELLA, G. L. B.; CASTRO NETO, M. T. & COELHO, E. F. Tendências climáticas para os tabuleiros costeiros da região de Cruz das Almas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Poços de Caldas. Anais, Lavras, **SBEA**. p.43-45, 1998.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia Moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ª edição, revista e ampliada. Viçosa: UFV, 2003.

FURLANI, P.R; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo Hidropônico de Plantas. 1. Ed. Campinas: IAC, 52p. **Boletim técnico**, 180. 1999.

GOMES, L. O. **Resposta da cultura do agrião à salinidade utilizando um sistema hidropônico do tipo NFT**. 2009. 67 p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

LAPOOK, J.D.; MAGUN, A.M.; NICKERSON, K.G.; MELTZER, J.I. Sheep, watercress and the Internet. *Lancet-British-edition*, 356: 9225, 218. 2000.

MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R. Riscos de salinidade em áreas irrigadas. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M.(Ed.). **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. cap.5, p. 255-314. (Série Engenharia Agrícola, Irrigação, 1).

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. cap. 1, p. 319-362.

PAULUS, D. **Produção, qualidade, parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas**. 2008. 105p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p.29-35, 2010.

PRECIOSO, M. B. **Cultivo hidropônico de Agrião em diferentes concentrações de solução nutritiva, em sistema NFT**. Monografia (Graduação em Agronomia) - Instituto de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

REBOUÇAS, A.C. Águas subterrâneas. In: Rebouças, A.C.; Braga, B.; Tundisi, J.G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. cap. 4, p. 117-151.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de H.R. Gheyi, J.R. de Sousa e J.E. Queiroz. Campina Grande: UFPB, 2000. 117 p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 48).

SAAD, S.M.I.; IARIA, S.T.; FURLANETTO, S.M.P. Motile Aeromonas spp. in retail vegetables from São Paulo, Brazil. **Revista de Microbiologia**, v.26, n.1, p.22-27. 1995

SAKATA SEED SUDAMERICA LTDA. Disponível em: www.sakata.com.br/catalogo <acessado em: 12 de dezembro de 2010

SANTOS, A. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. de F. e; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.961-969, 201

SANTOS, A.N. **Rendimento e avaliação nutricional do cultivo hidropônico de alface em sistema NFT no semiárido brasileiro utilizando águas salobras**. 2009. 133p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SCHENKEL, C.S.; MATALLO JR., H. **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 2003. 82 p.

SILVA, F. V.. **Cultivo hidropônico de rúcula (*Eruca sativa Mill*) utilizando águas salinas**. 2009. 69 p. Tese (Doutorado) - Escola superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SILVA, J.P. DA; MARZOCHI, M.C. DA A.; CAMILLO COURA, L.; MESSIAS, A. DE A.; MARQUES, S.; DA SILVA, J.P. Estudo da contaminação por enteroparasitas em hortaliças comercializadas nos supermercados da cidade do Rio de Janeiro. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.28, n.3, p.237-241. 1995.

SIQUEIRA, I.M.C.; MOURA, A.F.P.; GIRAO, F.G.F.; SANTOS, W.L.M. Avaliação microbiológica de saladas cruas e cozidas servidas em restaurantes industriais da grande Belo Horizonte. **Higiene Alimentar**, v.11, n.49, p.36-39. 1997

SOARES, T. M. ; DUARTE, S. N., SILVA, E. F. F., MELO, R. F., JORGE, C.A., OLIVEIRA, A. S. Experimental structure for evaluation of saline water use in lettuce hydroponic production. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.1, p. 102-114. 2009.

SOARES, T.M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro**. 2007. 267 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SOARES, T.M.; DUARTE, S.N.; SILVA, E.F.F.; JORGE, C. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, V.14, N.7, p.705-714, 2010.

SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F.; DUARTE, S.N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; BONFIM-MARIA, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 235-248, 2007.

SOARES, T.M.; SILVA, I.J.O.; DUARTE, S.N.; SILVA, E.F.F. Destinação de águas residuárias provenientes de dessalinizadores por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 730-737, 2006.

TESI, R.; LENZI, A.; LOMBARDI, P. Effect of salinity and oxygen level on lettuce grown in a floating system. **Acta Horticultural**, Leuven, n.609, p. 383-387, 2003.

ZOBY, J.L.G.; OLIVEIRA, F.R. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, 2005. 73 p.

SAKATA SEED SUDAMERICA LTDA. Disponível em: www.sakata.com.br/catalogo
<acessado em: 12 de dezembro de 2010

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo, o conjunto de dados obtidos permitiu mostrar que a hidroponia pode ser uma alternativa eficaz ao cultivo de hortaliças no solo quando a água utilizada para a irrigação for salobra – como geralmente são as das reservas disponíveis no subsolo do semi-árido nordestino

Também ficou provado que não só é possível utilizar água salobra para cultivar hortaliças em hidroponia, como também este é um sistema mais vantajoso para o agricultor e menos agressivo ao meio ambiente.

Em nosso experimento utilizamos água acrescida de um único sal, o cloreto de sódio, que é o mais encontrado nas águas subterrâneas daquela região, além de ser um dos mais prejudiciais ao vegetal, por conter dois íons extremamente fitotóxicos, que são o sódio e o cloreto.

Portanto, é estratégico a continuidade de estudos econômicos da produção de hortaliças em sistemas hidropônicos com águas salobras, visto que, mesmo em níveis muito altos de salinidade não apresentarem sintomas deletérios à comercialização a produção da massa de matéria fresca da parte aérea foi reduzida com o aumento da salinidade, considerando até que níveis de salinidade da água se pode obter rendimentos favoráveis ao produtor.