

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Cultivo hidropônico de rúcula (*Eruca sativa* Mill) utilizando águas salinas

Francisco Valfisio da Silva

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Ciências. Área de concentração:
Irrigação e Drenagem

**Piracicaba
2009**

Francisco Valfisio da Silva
Engenheiro Agrônomo

Cultivo hidropônico de rúcula (*Eruca sativa* Mill) utilizando águas salinas

Orientador:
Prof. Dr. **SERGIO NASCIMENTO DUARTE**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Ciências. Área de concentração:
Irrigação e Drenagem

**Piracicaba
2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Silva, Francisco Valfisio da
Cultivo hidropônico de rúcula (*Eruca sativa* Mill) utilizando águas salinas / Francisco Valfisio da Silva. - - Piracicaba, 2009.
69 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
Bibliografia.

1. Ambiente protegido (plantas) 2. Hidropônia 3. Rúcula 4. Salinidade da água I. Título

CDD 635.5
S586c

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

*A meus amados pais, Valquíria e Effzio,
pelo amor e dedicação que sempre
tiveram a mim.*

OFEREÇO

*À minha amada namorada Ireudenes, pelo
amor, carinho e compreensão de sempre.*

*As minhas queridas irmãs, Valfisia e Vatefisia,
pelo carinho e incentivo em todos os momentos.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência e Sua presença em todos os momentos da minha vida.

Ao Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade oferecida.

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. Sergio Nascimento Duarte, pela orientação, estímulo e confiança no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço às empresas: METALCORTE/EBERLE, HIDROGOOD, TIGRE, PERENNE e HANNA INSTRUMENTS, pelo apoio e fornecimento de equipamentos.

Ao Prof. Dr. Tales Miler Soares, pelas sugestões e contribuições para a realização deste trabalho.

Agradeço aos professores, funcionários e colegas de pós-graduação pela convivência e amizade.

Ao amigo Cláudio Augusto Uyeda, pela amizade, incentivo, paciência e apoio na longa jornada pós-graduação.

Ao amigo Carlos José Gonçalves de Souza Lima e à Rafaelly Suzanye da Silva Santos pelas suas valorosas contribuições para realização deste trabalho.

Aos amigos Allan Cunha, Pedro Róbinson, Anthony Wellington (Garotinho) e Lucas Vellame sempre presentes nesta caminhada.

Enfim agradeço a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização e sucesso deste trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO | 9 |
| ABSTRACT..... | 11 |
| LISTA DE FIGURAS | 13 |
| LISTA DE TABELAS | 15 |
| 1 INTRODUÇÃO | 17 |
| 2 DESENVOLVIMENTO..... | 19 |
| 2.1 Revisão bibliográfica..... | 19 |
| 2.1.1 A cultura da rúcula..... | 19 |
| 2.1.2 Origem dos sais no solo | 20 |
| 2.1.4 Efeito dos sais sobre as plantas..... | 23 |
| 2.1.5 Qualidade da água de irrigação | 26 |
| 2.1.6 Irrigação em hortaliças..... | 27 |
| 2.1.7 Salinidade em ambiente protegido | 28 |
| 2.1.8 Cultivo hidropônico | 30 |
| 2.1.9 Escassez dos recursos hídricos | 33 |
| 2.1.10 Águas subterrâneas como alternativa..... | 37 |
| 2.2 Material e Métodos | 42 |
| 2.2.1 Estrutura experimental..... | 42 |
| 2.2.2 Preparo das mudas | 45 |
| 2.2.3 Condução do experimento | 46 |
| 2.3 Resultados e Discussão..... | 49 |
| 3 CONCLUSÕES..... | 59 |
| REFERÊNCIAS..... | 61 |

RESUMO

Cultivo hidropônico de rúcula (*Eruca sativa* Mill) utilizando águas salinas

A degradação ambiental dos últimos anos tem motivado a preocupação a respeito da sustentabilidade das atividades humanas. O manejo inadequado da irrigação e adubação, e baixas precipitações, para lixiviar o excesso de sais aplicados via água de irrigação, podem acarretar a salinização dos solos. A hidroponia se constitui em uma alternativa, para a conservação do solo e preservação dos mananciais de água. A rúcula (*Eruca sativa* Mill) foi a cultura escolhida para este estudo, pois a sua produção vem se destacando entre as hortaliças. O presente trabalho teve por objetivo determinar a tolerância da rúcula à salinidade da solução nutritiva. O experimento foi conduzido em ambiente protegido localizado na área experimental do Setor de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP, no município de Piracicaba-SP. O delineamento experimental foi blocos ao acaso. Avaliaram-se nove níveis de salinidade obtidos com a adição de NaCl sendo estes 1,8; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5; 7,5; 8,5; 9,5; 10,5 dS m⁻¹. Os resultados obtidos demonstram que o aumento nos níveis de salinidade proporcionou redução em todos os parâmetros avaliados, exceto o número de folhas que não sofreu influência significativa e a relação raiz/parte aérea foi influenciada de forma crescente. A salinidade limiar encontrada foi de 2,57 dS m⁻¹, com redução de 5,57% na produção para cada aumento unitário na salinidade. A cultura da rúcula foi classificada, como moderadamente sensível à salinidade. É possível obter produções satisfatórias utilizando águas salinas no cultivo hidropônico da rúcula.

Palavras-chave: Ambiente protegido; Hidroponia; Salinidade

ABSTRACT

Hydroponic cultivation of rocket press (*Eruca sativa* Mill) using saline water

The environmental degradation in recent years has motivated the concern about the sustainability of human activities. The inadequate management of irrigation and low rainfall fertilization, to leach the excess salts applied through irrigation water, can lead to soil salinization. Hydroponics constitutes an alternative to soil conservation and preservation of water sources. The rocket (*Eruca sativa* Mill) was the culture chosen for this study because its production has been increasing among the vegetables. This study aimed to determine the tolerance of the rocket to the salinity of the nutrient solution. The experiment was carried out in protected environment on the experimental area of the Hydraulics Section of the University of São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, State of São Paulo, Brazil. The experimental design was randomized blocks. It were evaluated nine levels of salinity obtained with the addition of NaCl and these 1.8, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5, 8.5, 9.5, 10.5 dS m^{-1} . The results obtained show that the increased levels of salinity caused a reduction in all parameters except the number of leaves was not affected and the ratio root/shoot was influenced incrementally. The salinity threshold was found to be 2.57 dS m^{-1} , a reduction of 5.57% in production for each unit increase in salinity. The rocket press was classified as moderately sensitive to salinity. It is possible to obtain satisfactory production using saline water for hydroponic cultivation rocket press.

Keywords: Greenhouse; Soilless; Salinity

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Área experimental e detalhe do perfil hidropônico..... | 43 |
| Figura 2 – Plântulas recém germinadas e berçário | 46 |
| Figura 3 – Plantas no dia da colheita nos perfis e já colhidas | 47 |
| Figura 4 – Número de folhas (NF) em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo | 51 |
| Figura 5 – Matéria fresca da parte aérea (MFPA) em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo | 51 |
| Figura 6 – Matéria seca da parte aérea (MSPA) em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo | 52 |
| Figura 7 – Matéria seca das raízes (MSR) em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo | 53 |
| Figura 8 – Umidade da parte aérea (U) em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo | 54 |
| Figura 9 – Relação da massa seca de raiz/parte aérea em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo | 55 |
| Figura 10 – Produtividade relativa de massa seca da raiz/parte aérea (r) em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo..... | 56 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Concentração de nutrientes e quantidades de fertilizantes para o preparo de 1 m ³ de solução nutritiva para o cultivo hidropônico de rúcula (FURLANI, 1998)..... | 45 |
| Tabela 2 - Tratamentos aos quais foram submetidas as plantas de rúcula..... | 47 |
| Tabela 3 – Resumo da análise de variância para o número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), relação da massa seca de raiz/parte aérea e umidade da parte aérea da rúcula cultivada em sistema hidropônica utilizando água salina | 50 |
| Tabela 4 – Partição da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) das quatro plantas de rúcula avaliadas por unidade amostral..... | 57 |

1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental dos últimos anos tem motivado a preocupação a respeito da sustentabilidade das atividades humanas. Uma proporção considerável dos ecossistemas terrestres vem sendo ocupada e modificada pelo homem de forma intensiva e o ritmo de exploração dos recursos naturais parece exceder a capacidade de regeneração de muitos desses ecossistemas. A adição de fertilizantes via irrigação, tem elevado os níveis de salinidade do solo, chegando a ultrapassar os limites de tolerância das culturas, causando a diminuição do rendimento ao longo de ciclos sucessivos.

A crescente demanda mundial em alimentos associada à má distribuição das chuvas nas regiões semi-áridas, a redução da disponibilidade das terras em quantidade e qualidade está, cada vez mais, exigindo a utilização de água, antes considerada restritiva ou imprópria para a agricultura.

O manejo inadequado da irrigação, a adição de fertilizantes em altas dosagens e baixas precipitações, para promover a lixiviação do excesso de sais aplicados via água de irrigação, podem trazer como consequência, a salinização dos solos e prejudicar o rendimento das culturas mais sensíveis.

Nesse contexto a hidroponia se constitui em uma alternativa, quando viável de ser implementada, para a conservação do solo e preservação dos mananciais de água.

Dentre as técnicas de cultivo hidropônico, a que tem apresentado maior praticidade é a NFT (Nutrient Film Technique) desenvolvida por Allen Cooper em 1965. Esta técnica se caracteriza pela passagem periódica de uma fina lâmina de solução nutritiva pelas raízes das plantas, banhando-as e permitindo que elas absorvam os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento.

Espera-se que as plantas respondam diferentemente às mesmas condições de salinidade da solução quando cultivadas em solo e cultivadas hidroponicamente, pois no cultivo em solo o nível de umidade varia entre as irrigações, havendo a diminuição dos potenciais osmótico e mátrico. Além disso, no cultivo hidropônico, o potencial mátrico é minimizado, devido ao estado de saturação ao qual estão submetidas as

plantas, o que se constitui numa vantagem quando se utiliza águas salinas; deve representar uma maior absorção de água e nutrientes pelas plantas, com menor gasto energético, para uma mesma quantidade de sais, em relação ao cultivo em solo.

Desta forma espera-se que, principalmente para as culturas de ciclo mais rápido, a hidroponia proporcione o uso sustentável de águas salinas.

A rúcula (*Eruca sativa* Mill) foi a cultura escolhida para este estudo, pois apesar de serem escassos os trabalhos científicos com esta cultura, a sua produção vem se destacando entre as hortaliças. No estado de São Paulo, o volume comercializado triplicou no período de 1997 a 2000, indicando o interesse por parte da população e comprovando sua importância econômica entre as demais hortaliças folhosas.

O presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito da salinidade sobre a cultura da rúcula cultivada em hidroponia. De modo mais específico, determinar a tolerância da rúcula à salinidade da solução nutritiva.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 A cultura da rúcula

A rúcula é uma cultura originária da Região Mediterrânea, muito popular nas regiões de colonização italiana no Brasil. É rica em K, S, Fe e vitaminas A e C e é apreciada pelo sabor picante e cheiro agradável e acentuado (TRANI; PASSOS, 1998). É uma hortaliça herbácea anual, baixa, possuindo normalmente altura de 15 a 20 cm. Apresenta folhas relativamente espessas e divididas, de cor verde clara e as nervuras verde arroxeadas claras.

Quanto à irrigação, é preferível, em pequenas áreas, fazer a rega diária na base de 3 a 5 litros de água por metro quadrado. Em áreas maiores, faz-se a irrigação por aspersão.

O excesso de água reduz o crescimento das plantas, podendo provocar o amarelecimento das folhas em fase inicial de crescimento, o que compromete o valor comercial da rúcula. Além disso, muita água no solo pode ser propícia para ao aparecimento do tombamento, doença provocada por certos fungos do solo, na fase inicial da cultura.

Segundo Minami e Tessarioli Neto (1998), a colheita da rúcula é feita de 30 a 40 dias após a semeadura. Nesta fase, as folhas deverão estar com 15 a 20 cm de comprimento, bem desenvolvidas, verdes e frescas. A colheita é feita arrancando-se as plantas com raízes, ou cortando-as rentes ao solo. Neste caso, deixa-se o restante no solo para a rebrota, originando-se um segundo corte.

Em São Paulo, as principais microrregiões produtoras são Paranapiacaba, Grande São Paulo, Sorocaba e Campinas, cabendo às duas primeiras quase 90% da produção (TRANI; PASSOS, 1998).

2.1.2 Origem dos sais no solo

A origem dos problemas de salinidade se confunde com a própria formação do solo, que é um produto da intemperização das rochas, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, mediante a ação de fatores como clima, relevo, organismos vivos e o tempo. Durante a intemperização, os diversos constituintes das rochas são liberados na forma de compostos simples.

Os sais liberados durante o processo de intemperização das rochas, dependendo da geomorfologia da região, podem ser carreados para horizontes inferiores mediante percolação ou levados a lugares distantes por escoamento superficial, conforme as condições de relevo, fluxo de água, etc; no primeiro caso, os sais são depositados nas águas sub-superficiais podendo, por capilaridade, acumular-se na superfície do solo à medida em que a água for evaporada ou consumida pela planta; o segundo fenômeno é responsável pela deposição e acumulação de sais em rios, mares, açudes e lagoas. Em regiões úmidas, por se tratar de zonas com precipitações elevadas, os sais são lixiviados até a zona freática ou eliminados através das águas superficiais, com maior frequência. Já em regiões de clima árido e semi-árido, por apresentarem déficit hídrico na maior parte do ano e, na maioria das vezes, os solos serem rasos ou apresentarem camadas impermeáveis, a água que contém sais fica sujeita aos processos de evaporação ou evapotranspiração, podendo atingir, com o tempo, níveis comprometedores para o crescimento e desenvolvimento das plantas (PIZARRO, 1978; RICHARDS, 1970).

Embora a fonte principal e direta de todos os sais presentes no solo seja a intemperização das rochas (RICHARDS, 1954), são raros os exemplos em que esta fonte de sais tenha provocado diretamente problemas relacionados com a salinidade do solo. A salinização do solo por este fenômeno é denominada salinização primária.

Os problemas de salinidade têm sido também associados à água utilizada na irrigação, à drenagem deficiente e à presença de águas sub-superficiais ricas em sais solúveis a pouca profundidade. Nesses, ou seja, quando a salinização resultante é devida à ação antrópica, a mesma é conhecida como salinização secundária. Além

disso, a salinização pode ser causada pela aplicação de fertilizantes, de forma excessiva e pouco parcelada ao longo do ciclo cultural, induzindo o sistema radicular ao stress osmótico.

De acordo com Oliveira (1997), em alguns casos a salinização secundária é responsável por perdas irreparáveis na capacidade produtiva do solo, tornando estéreis grandes extensões de terras cultivadas. Assim sendo, águas de qualidade duvidosa (com elevados riscos de salinidade e sodicidade), adubos com elevado índice salino (cloreto de potássio, nitrato de sódio e nitrato de amônio), drenagem ineficiente, dentre outros, são fatores que podem acelerar o processo de salinização secundária.

Trabalhando com várias estimativas da extensão global da salinização, Ghassemi, Jakeman e Nix (1995) estimaram que dos 230 milhões de hectares de terras irrigadas no mundo, cerca de 45 milhões têm severos problemas de salinidade induzida pela irrigação. Já Szabolcs, 1985 apud Medeiros e Gheyi (2001), considerava que metade das áreas irrigadas estivessem como prejudicadas pela salinidade, informando que aproximadamente 10 milhões de hectares eram abandonados anualmente em virtude desse problema.

Observando que as principais áreas no mundo prejudicadas pelos sais se encontram nas regiões áridas e semi-áridas, Medeiros e Gheyi (2001) concluem pela associação de causa-efeito entre irrigações e salinidade do solo. Registros históricos evidenciam que grandes civilizações residentes no baixo curso do Rio Eufrates, como a dos Sumerianos, foram extintas em função, dentre outros motivos, da indução da salinidade nas suas antigas terras férteis, localizadas na várzea da planície aluvial da Mesopotâmia (OLIVEIRA, 1997).

Embora ocupe uma área bem menor que a dos solos naturalmente salinos (salinização primária), as áreas com salinização secundária são as que trazem mais prejuízos econômicos, pois é justamente nessas áreas onde há um investimento frustrado de capital e trabalho (SILVA et al., 2005). Mesmo nos EUA, com todo seu aparato tecnológico, os problemas da salinização secundária parecem incontroláveis. Epstein e Bloom (2006) rememoram alguns autores, desde Hilgard (1886) até von

Schilfgaard (1990), que questionaram a sustentabilidade da agricultura irrigada, em virtude dos problemas relacionados à salinidade.

Segundo Bernardo (1995), no Nordeste, aproximadamente 30% das áreas irrigadas dos projetos públicos estão com problemas de salinização e algumas dessas áreas já não produzem, à semelhança do que já começava a ocorrer em Minas Gerais. Para Medeiros e Gheyi (2001), essa ordem de grandeza da salinidade dos solos no Nordeste é considerada bastante conservadora. Segundo Oliveira e Resende, (1990 apud Oliveira, 1997), a agricultura familiar, secularmente praticada nessa região, nas áreas características de planícies aluvionais, não tem demonstrado incremento da salinidade induzida.

Outro fator importante que também deve ser levado em consideração, segundo Villas Bôas (1994), é que em cultivo fertirrigado o processo de salinização pode ser acelerado quando se utilizam fertilizantes com maior poder de salinização, medidos pelo seu índice salino global e parcial. O índice global representa de forma relativa o poder de salinização dos fertilizantes, em que se atribui índice 100 ao nitrato de sódio e para os demais fertilizantes se atribui índice relativo a este; já o índice parcial considera o índice salino por unidade de nutrientes e, este é obtido pela razão entre o índice global e a porcentagem de nutriente fornecido pelo adubo.

2.1.3 Tolerância das culturas à salinidade

Várias práticas de manejo têm sido utilizadas para se produzir, economicamente, em condições de salinidade, dentre elas destaca-se o uso de plantas tolerantes, sendo importante os estudos que visem avaliar a sensibilidade das espécies ao estresse salino.

Nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade; algumas produzem rendimentos economicamente aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Tal fato deve-se a melhor capacidade de adaptação osmótica de algumas plantas, capacidade esta que permite absorver, mesmo em meio salino, maior quantidade de água (AYERS; WESTCOT, 1991).

Segundo Ayers e Westcot (1991), é muito útil essa variabilidade genética entre as espécies, permitindo a seleção das culturas mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo abaixo do nível de tolerância das plantas tradicionalmente cultivadas. A amplitude desta tolerância relativa permite maior uso das águas de qualidade inferior e aumento da faixa aceitável da salinidade do solo.

Segundo Medeiros et al. (1998), a informação básica requerida para as decisões de manejos em solos afetados por sais inclui saber como as culturas respondem à salinidade, aos íons tóxicos e ao efeito dos sais na infiltração da água no solo.

O comportamento das plantas com relação à salinidade pode variar de acordo com o seu estágio de desenvolvimento, embora não esteja claro se isto é devido à susceptibilidade à salinidade em um determinado estágio de crescimento ou ao longo período em que a planta ficou exposta ao substrato salino, ou ainda, à combinação destes fatores.

Maas e Hoffman (1977) afirmam que, de maneira geral, a salinidade afeta as plantas em todos os estádios, sendo que em algumas culturas mais sensíveis isto pode variar dos primeiros estádios para os últimos.

De acordo com Ayers e Westcot (1985) cada cultura, em função do mecanismo fisiológico, tolera certa salinidade a partir da qual o rendimento começa a decrescer; a maioria das hortaliças folhosas são moderadamente sensíveis. Esse resultado também foi verificado por Silva et al. (2006), avaliando a tolerância da rúcula, em solo, sob condições crescentes de salinidade, em ambiente protegido.

2.1.4 Efeito dos sais sobre as plantas

As culturas sensíveis à salinidade sofrem redução progressiva do crescimento e da produção à medida que a concentração salina aumenta. De acordo com Lima (1997), os efeitos da acumulação excessiva dos sais solúveis sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água, toxicidade de íons específicos e

pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos), reduzindo o crescimento das plantas.

Os sais solúveis na solução do solo afetam o desenvolvimento das plantas devido à diminuição do potencial osmótico, que juntamente com o potencial mátrico, representam as resistências que as raízes das plantas têm que vencer para absorver água do solo (MEDEIROS et al., 1992). Segundo estes autores, o aumento da pressão osmótica pode atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar esse potencial e, conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido, fenômeno conhecido por seca fisiológica.

Os efeitos tóxicos acontecem quando as plantas absorvem os sais do solo, juntamente com a água, permitindo que haja toxicidade na planta por excesso de íons absorvidos. Este excesso promove desbalanceamento e danos ao citoplasma, resultando em danos principalmente na bordadura e no ápice das folhas, a partir de onde a planta perde, por transpiração, quase que tão somente água, havendo nestas regiões acúmulo do sal translocado do solo para a planta e, obviamente, intensa toxicidade de sais (LIMA, 1997)

Os danos devido à toxicidade podem reduzir significativamente o rendimento das culturas e sua magnitude depende do tempo, da concentração de íons, da tolerância das plantas e do uso da água pelas culturas. Os problemas de toxicidade, freqüentemente, acompanham ou complicam os de salinidade ou de permeabilidade, podendo surgir mesmo quando a salinidade for baixa. Os sintomas de toxicidade podem aparecer em qualquer cultura, desde que as concentrações de sais no interior da planta sejam suficientemente altas ou acima de níveis de tolerância da cultura. A toxicidade, normalmente, é provocada pelos íons cloreto, sódio e boro, entretanto, muitos outros oligoelementos são tóxicos para as plantas, mesmo em pequenas concentrações (AYERS ; WESTCOT, 1991).

Os efeitos indiretos usualmente ocorrem devido a concentração elevada de sódio ou outros cátions na solução, que interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de outros elementos, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas indiretamente. Em muitos casos a concentração de sais não atinge níveis

osmóticos capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas; no entanto, a concentração de íons diversos pode provocar interferências indiretas e ser um obstáculo à boa absorção de nutrientes e, conseqüentemente, ao desenvolvimento de um processo metabólico normal (MEDEIROS et al., 1997).

O excesso de sais na solução do solo modifica as atividades metabólicas das células no processo de alongamento celular, limitando a elasticidade da parede celular, reduzindo o alongamento da célula e, como conseqüência, o crescimento da planta.

Orteli (1968) afirma que o alongamento da célula vegetal ocorre quando a pressão hidrostática vacuolar interna excede à pressão externa resultante da tensão das paredes e membranas celulares e da pressão exercida pelas células adjacentes. Com isso, a pressão de turgor aumenta e a parede da célula ganha elasticidade e plasticidade, permitindo sua expansão. A redução na quantidade de água disponível e conseqüente diminuição na quantidade de água absorvida, combinado com os distúrbios nutricionais provocados pelo meio salino, provocam reduções consideráveis no crescimento das plantas.

Plantas afetadas pela salinidade apresentam desenvolvimento lento e as folhas são menores, apesar de serem mais espessas que as de plantas normais (BRESLER et al., 1982). Plantas sob estresse salino geralmente apresentam folhas de coloração verde mais escura que plantas normais, além da redução do desenvolvimento de frutos. Porém, muitas vezes, a planta pode não exibir nenhum sintoma de estresse salino e apenas a comparação com plantas normais pode revelar a magnitude da inibição causada pelo baixo potencial osmótico do meio ao qual a planta está submetida.

De acordo com Bernstein e Hayward (1958), a salinidade pode resultar em diferentes efeitos no desenvolvimento e produção da planta, dependendo de fatores como a finalidade da cultura (órgãos vegetativos ou frutos e sementes), o tipo de crescimento (determinado ou indeterminado), a tolerância diferenciada à salinidade nos diferentes estágios de desenvolvimento e outros fatores relacionados.

Para Läuchli e Epstein (1984), existem dois aspectos quanto ao mecanismo de tolerância à salinidade. Primeiro, se uma glicófita tolerante à salinidade pode realizar o ajuste osmótico para um meio moderadamente salino, as taxas crescentes de absorção

e transporte de íons e, particularmente, a síntese de solutos orgânicos requerem gastos adicionais de energia, a qual deveria ser utilizada no processo de crescimento. Segundo, o estresse salino é primeiramente sentido pelas raízes, mas o ajuste osmótico, assim como a inibição do crescimento e a toxicidade, são mais perceptíveis na parte aérea da planta. Assim, em adição aos processos celulares, a interação entre o sistema radicular e a parte aérea é parte essencial na resposta da planta à salinidade.

2.1.5 Qualidade da água de irrigação

Segundo Medeiros e Gheyi (1994), normalmente a salinidade em áreas irrigadas é consequência do uso de água de qualidade inadequada, associado ao manejo do sistema solo-água-planta e, qualquer que seja sua fonte, a água utilizada na irrigação sempre contém sais, embora a quantidade e a qualidade de sais presentes nela possam variar bastante.

O teor de sais das águas superficiais é função das rochas predominantes nas nascentes, da zona climática, da natureza do solo em que a água flui e de poluições devido à atividade humana. Já no caso de águas subterrâneas, o teor de sais depende da origem da água e do curso sobre o qual ela flui, em conformidade com a lei de dissolução, baseada no contato entre a água e o substrato que a armazena. As mudanças no teor de sais da água subterrânea no processo de recarga resulta da redução (geralmente de natureza bioquímica), troca catiônica, evapotranspiração e precipitação (YARON, 1973).

A quantidade de sais adicionados ao solo pela água de irrigação é proporcional à quantidade de água aplicada. Segundo Van Hoorn e Van Alphen (1994), a concentração de sais no solo cresce em função da lâmina de irrigação aplicada, até que a salinidade do solo atinja o equilíbrio dinâmico. Segundo Bernardo (1995), atualmente, a principal causa do aumento da salinização dos solos agrícolas tem sido as irrigações mal feitas. Em ambiente protegido, o excesso de fertilização, o uso de água salina e a ausência de drenagem adequada são fatores que resultam em situações desfavoráveis.

Segundo Biggar et al. (1984), o problema da salinidade em áreas irrigadas torna-se agravado quando o balanço de sais revela uma maior entrada que saída, indicando um acréscimo de concentração salina na área considerada. Nessas condições, a água de irrigação, além de contribuir para o acréscimo da concentração salina, pode também provocar a ascensão do lençol freático que, através de ascensão capilar, passa a fornecer água e sais à zona radicular. Como as plantas absorvem quantidades pouco significativas de sais e a evapotranspiração remove apenas a água, deverá ocorrer um aumento da concentração salina do solo.

Shalhevet (1994) afirma que o processo de acúmulo de sais no solo está intimamente relacionado com o processo de evapotranspiração. Conforme a água é absorvida pelas plantas ou evaporada na superfície do solo, os sais se acumulam.

Em ambiente protegido, Blanco e Folegatti (1999) reportam que mesmo quando se utiliza água de irrigação de boa qualidade e concentrações adequadas de fertilizantes, pode ocorrer o acúmulo de sais na região radicular se não forem adotadas medidas de controle.

2.1.6 Irrigação em hortaliças

De acordo com Gomes (1999), a irrigação é uma prática agrícola de fornecimento de água às culturas, onde e quando as dotações pluviométricas, ou qualquer outra forma natural de abastecimento, não são suficientes para suprir as necessidades hídricas das plantas. Constitui-se em uma atividade, atualmente, imprescindível para qualquer agricultura rentável, em quase todas as regiões e climas do nosso planeta.

A determinação do momento adequado para irrigar é de fundamental importância para aumentar o rendimento das culturas. A quantidade de água disponível no solo é um fator importante para suprir as necessidades hídricas durante as diversas fases fenológicas da planta, e seu consumo varia em função do tipo de solo, da topografia do terreno, das condições climáticas e do desenvolvimento vegetativo, atingindo valores

máximos geralmente nas fases de floração e frutificação (VIEHMEYER; HENDRICKSON, 1975).

As hortaliças, de modo geral, tem seu desenvolvimento intensamente influenciado pelas condições de umidade do solo. A deficiência de água é, normalmente, o fator mais limitante à obtenção de produtividades elevadas e produtos de boa qualidade, mas o excesso também pode ser prejudicial. A reposição de água ao solo por irrigação, na quantidade e no momento oportunos, é decisiva para o sucesso da horticultura (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 1996).

O ambiente protegido, ao impedir a incidência das chuvas, promove uma condição assemelhada à de uma área árida ou semi-árida (MEDEIROS, 1998). Inclusive, quando se cultiva no solo e sob ambiente protegido, há grande risco de salinização do solo (SILVA; DUARTE; DIAS, 2005; MEDEIROS, 1998; DIAS, 2004). O manejo da água, da adubação e da atmosfera interna (temperatura, radiação, umidade relativa do ar) são pontos críticos que podem inviabilizar os cultivos protegidos.

2.1.7 Salinidade em ambiente protegido

Os cultivos em ambiente protegido se distinguem dos sistemas de produção a céu aberto pelo uso intensivo do solo e controle parcial de fatores ambientais. O sistema de produção em casa de vegetação tornou-se muito difundido dentro da horticultura, o que advém da necessidade de fornecer produtos de boa qualidade durante longos períodos do ano (ANDRIOLO, 1999).

Oliveira (1995) comenta que as casas de vegetação cobertas com plásticos podem proporcionar maior proteção às plantas contra fenômenos climáticos adversos, tais como, geadas, granizo, excesso de chuva, sol muito forte durante o dia e queda acentuada da temperatura durante a noite. Elas também reduzem a lixiviação do solo e promovem uma adequada proteção contra pragas e doenças, além de permitir obter uma produção duas ou três vezes maior do que as obtidas em cultivos de campo, uma vez que as plantas cultivadas sob plástico não sofrem tanta influência dos fatores negativos observados a céu aberto. O autor acrescenta que, na expansão dos cultivos

de plantas ornamentais e hortaliças em casas de vegetação, tem-se buscado maior produtividade, melhor qualidade e produção durante a entressafra.

Há, basicamente, três sistemas de produção em cultivo protegido: cultivo no solo, cultivo em substrato e hidropônico. O cultivo de hortaliças em condições protegidas, utilizando o próprio solo como substrato, é a forma mais empregada no mundo, principalmente em países em desenvolvimento (SILVA; MAROUELLI, 1998).

A salinização dos solos sob condições de ambiente protegido está relacionada diretamente ao acúmulo de sais em excesso na solução do solo. Verificam-se duas causas que proporcionam o acúmulo de sais nos solos com maior frequência no cultivo comercial sob casas de vegetação. A primeira se deve a utilização de águas de qualidade inferior provindas de poços, com alto teor de cloretos, carbonatos e bicarbonatos de sódio, cálcio e magnésio e a segunda em virtude da adição de fertilizantes de elevados índices salinos em quantidades superiores à requerida para a nutrição das plantas, sendo esta última mais freqüentemente encontrada (SILVA, 2002).

O manejo inadequado da irrigação, a adição de fertilizantes em altas dosagens e a falta de lixiviação, para o excesso de sais aplicados via água de irrigação, podem trazer como consequência a salinização dos solos nesse ambiente, prejudicando o rendimento das culturas mais sensíveis.

No Estado do Rio Grande do Sul, Veduim e Bartz (1998) observaram aumento da concentração de nutrientes no solo de 44 casas de vegetação localizadas em regiões distintas. Esse excesso de nutrientes pode conduzir à salinização e/ou antagonismo entre os nutrientes, com efeitos negativos sobre a produção.

Existem informações de que no Estado de São Paulo, os solos de casas de vegetação apresentam problemas de salinização, provavelmente devido ao manejo inadequado da lâmina de irrigação, embora a água de irrigação utilizada seja de boa qualidade. Entretanto, a aplicação de fertilizantes em casas de vegetação é feita via água de irrigação, o que a torna salina, sendo o nível de salinidade da água diretamente proporcional à quantidade de fertilizantes adicionada (BLANCO; MEDEIROS; FOLEGATTI, 1999).

De acordo com Gotto (1998), existe uma grande perspectiva para os cultivos protegidos, pois, uma vez implantado, dificilmente retrocede, sendo mais fácil reduzir o cultivo em campo aberto. Entretanto, é necessário resolver alguns problemas, como salinização e fertirrigação, além de incorporar mais tecnologias.

2.1.8 Cultivo hidropônico

A hidroponia tem despertado interesse crescente no mundo todo, devido contribuir para redução dos impactos ambientais. Trata-se de é uma técnica alternativa de cultivo de plantas em solução nutritiva, na ausência ou na presença de substratos naturais ou artificiais. De modo geral, o aumento da produtividade com menor impacto ambiental, a maior eficiência na utilização de água de irrigação e fertilizantes, a redução da quantidade ou eliminação de alguns defensivos e maior probabilidade de obtenção de produtos de qualidade são as principais vantagens dessa tecnologia de cultivo (RODRIGUES, 2002).

O cultivo hidropônico de plantas, na sua conceituação moderna, é bastante recente. No Brasil, o cultivo hidropônico em escala comercial vem crescendo de forma rápida, destacando-se os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul que vêm desenvolvendo pesquisas pioneiras para a implantação da hidroponia (SANTOS, 2000). Diferentes sistemas hidropônicos vêm sendo empregados em diversos países.

No solo são aplicadas quantidades maiores e desuniformes de fertilizantes e há perdas por lixiviação e percolação. Nos sistemas hidropônicos fechados, a quantidade de fertilizantes é menor do que nos cultivos convencionais (RODRIGUES, 2002). O sistema exige o fornecimento regular de uma solução nutritiva completa, cujos volumes consumidos durante o ciclo de produção dependem principalmente da transpiração diária da cultura (BAILLE, 1994). A solução nutritiva é o meio pelo qual os nutrientes, previamente dissolvidos na água, são colocados à disposição das plantas e, é tida como uma das partes mais importantes de todo o sistema hidropônico, sendo que o mau uso desta pode acarretar sérios prejuízos para as plantas (MARTINEZ, 1997; ANDRIOLO, 1999).

Furlani et al. (1999) salientam que muitos cultivos hidropônicos não obtêm sucesso, principalmente devido ao conhecimento dos aspectos nutricionais desse sistema de produção, o qual requer formulação e manejo adequados das soluções nutritivas. A intensificação da horticultura e principalmente a sua concentração em determinadas regiões produtoras criaram problemas tanto de ordem nutricional, como salinização do solo e/ou antagonismo entre nutrientes, quanto de sanidade do sistema radicular, pois aumentou a incidência de doenças provocadas pelos patógenos que vivem no solo (ABAK; CELIKEL; 1994; ANDRIOLO et al., 1997). Esta situação é bastante preocupante, pois pode inviabilizar o cultivo de espécies hortícolas em áreas fortemente atacadas.

Atualmente, encontram-se no mercado substratos formulados pelos mais variados tipos de materiais e proporções de misturas sem quaisquer restrições quanto à origem desses componentes ou composição de misturas (FABRI et al., 2004). A escolha do substrato determinará o tipo de estrutura para produção das mudas. O substrato mais adequado deverá atender às seguintes características: ser inerte quanto ao fornecimento de nutrientes, ter pH neutro e apresentar retenção de água e porosidade adequadas para oxigenação das raízes, oferecer sustentação para a muda e proteger as raízes dos danos físicos (FURLANI, et al., 1999).

O pH influencia diretamente na solubilidade e disponibilidade dos nutrientes na solução presente no ambiente radicular, afetando ainda a capacidade de troca catiônica dos substratos, podendo também ter efeito direto sobre a planta. O nível adequado de pH em água no ambiente radicular deve ficar entre 5,0 e 6,0 (MILNER, 2001). A CE está relacionada à concentração inicial de sais solúveis no presente substrato, indicando se há necessidade de se adicionar nutrientes ou não. A acumulação excessiva de sais no substrato pode ser causada por diversos fatores, como a presença excessiva de sais em alguns componentes do substrato, adição e nutrientes em excesso na solução nutritiva ou na fabricação de substratos, podendo influenciar na germinação das sementes (MINER, 1994).

A maior produtividade normalmente obtida nos sistemas hidropônicos, comparativamente ao cultivo tradicional, deve-se fundamentalmente à ausência de

enfermidades radiculares, desde que utilizado material isento de patógenos, e ao melhor controle sobre a nutrição das plantas, através do uso de solução nutritiva adequada à espécie (CALDEVILLA; LOZANO, 1993). A solução permite manter junto às raízes a concentração desejada de nutrientes, procedendo-se os ajustes sempre necessários. Da mesma forma, pode-se manter os valores de pH da solução em faixas pré-estabelecidas, otimizando a absorção de nutrientes (MARTINEZ; ALVAREZ, 1993). Segundo Furlani et al., (1999), quando se procede à análise das exigências nutricionais de plantas visando o cultivo sem solo, devem-se focar as relações entre os nutrientes, pois esta é uma indicação da relação de extração do meio de crescimento, diferentemente do cultivo em solo, onde se procura fornecer as quantidades de nutrientes exigidas pela cultura através do conhecimento prévio das quantidades disponíveis no solo.

Quanto maior for o volume de solução por planta, menores serão as alterações nas concentrações de nutrientes; além disso, um maior volume por planta, permite um maior contato dos elementos essenciais com o sistema radicular e uma maior diluição dos efeitos de substâncias tóxicas ou inibitórias, que por ventura possam estar inseridas nos sistemas (JONES JUNIOR, 1983).

O sistema NFT juntamente com o DFT (técnica do fluxo profundo, do inglês deep flow technique) são os dois sistemas hidropônicos que apresentam viabilidade econômica até agora. Ambos são classificados como sistemas fechados, pois a solução nutritiva é reaproveitada continuamente. Sua vantagem em relação aos sistemas abertos diz respeito ao controle ambiental (RODRIGUES, 2002).

No Brasil, onde tem crescido o interesse nos últimos anos pela hidroponia, predomina o sistema NFT (FURLANI et al., 1999). Conforme Furlani (1999), no país, ao final dos anos 90, a alface representava 80% da produção hidropônica e o restante da produção era distribuído entre as culturas de agrião, rúcula, salsa, cebolinha, morango, manjeriço e menta.

No sistema NFT, a solução nutritiva é bombeada aos canais e escoada por gravidade formando uma fina lâmina de solução que irriga as raízes das plantas fixadas

em orifícios presentes nos canais de cultivo (FURLANI et al., 1999), daí o nome de batismo da técnica.

O fluxo corrente de água não deve inundar as raízes por completo. Aproximadamente 2/3 delas devem estar submersos para absorver a água e os nutrientes, e 1/3 no ar, absorvendo oxigênio. Manter uma provisão constante de oxigênio é fator determinante para garantir o êxito desse método (STAFF, 1997). Além disso, o sistema NFT opera, mediante um temporizador, fornecendo solução nutritiva em intervalos regulares. Para a cultura da alface, por exemplo, o controlador deve ser regulado para funcionar em intervalos de 15 minutos (15 minutos ligado, 15 desligado), desde o amanhecer até o anoitecer e, durante a noite, 15 minutos a cada duas horas (ALBERONI, 1998).

2.1.9 Escassez dos recursos hídricos

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; TEODORO; MENDONÇA, 2000; REBOUÇAS, 1999a). Segundo Rebouças (1999a), a guerra da água é um conflito milenar que tende a se expandir para além das suas áreas tradicionais, Oriente Médio e Norte da África, sobretudo porque muito pouco vem sendo feito para evitá-la. Paz, Teodoro e Mendonça (2000) informam que atualmente em 26 países é crônica a falta de água, citando-se Kuwait, Israel, Jordânia, Arábia Saudita, Líbia, Iraque, Bélgica, Argélia, Cabo Verde, Etiópia, Hungria, México, Estados Unidos, França e Espanha.

Falkenmark (1986) apud Rebouças (1999a) considera que menos de 1.000 m^3 ano⁻¹ por habitante já representa uma condição de estresse hídrico numa área, e que menos de 500 m^3 anuais per capita já significa escassez de água. Ainda que o limite de estresse hídrico territorial não seja alcançado em qualquer um dos estados brasileiros (REBOUÇAS, 1999a), alguns deles apresentam disponibilidade próxima à limiar.

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. Em 1831, a Regência Trina autorizou a abertura de fontes artesianas profundas. Bernardo (1992a) informa que em 1877, pela primeira vez, a seca no Nordeste foi considerada oficialmente um desastre nacional. Em dezembro daquele ano, foi criada a primeira Comissão Nacional para resolver esse problema, sendo recomendada a construção de açudes, estradas de ferro e de rodagem, e de poços. Aventou-se a possibilidade de transposição de bacias, por meio de canal, entre os rios São Francisco e Jaguaribe. Esses são alguns eventos que inauguraram a primeira fase da irrigação na nação. Atualmente, a transposição das águas do rio São Francisco voltou a ser veiculada e debatida (CONFEA, 2000), talvez como mais um sintoma do não aprendizado a se conviver com as secas e os recursos disponíveis na região. Certamente, também um reflexo do aumento da demanda hídrica regional.

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 e 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.

A veiculação da escassez de águas doces na mídia, a despeito de evidenciar o problema, pode criar uma representação da realidade como forma de distorção sistemática pela qual aqueles que estão submetidos à informação vêem o mundo objetivo por um 'filtro' que promove ou omite fatos de forma arbitrária (CORRÊA, 2007). Os interesses dos controladores da mídia podem fomentar o enfrentamento decisivo do problema, mas também podem servir à sua continuidade ou à abordagem atenuada das suas causas.

No Nordeste do Brasil, por muito tempo se considerou as secas e suas conseqüências como fatalidades. Também foi sempre tolerado o papel pseudo-assistencialista dos políticos que se beneficiavam dos 'desastres' e sua 'eventualidade'. Segundo Campello Neto (1995), são algumas das mazelas a serem superadas nessa região: a baixa eficiência da profusa lista de organismos criados, de programas e projetos elaborados e não-implantados; o caráter paternalista e político-eleitoreiro das intervenções realizadas; a falta de coordenação; a pouca eficiência no uso das águas já disponíveis no semi-árido do Nordeste (açudes e poços), assim como a descontinuidade dos esforços. Caracteriza Rebouças (1997) que na realidade do semi-árido nordestino, onde campeia o fatalismo, ainda se observa a existência de práticas de manejo solo/água e de cultivo que se diferenciam daquelas típicas da era paleolítica tão somente por utilizarem instrumentos de trabalho feitos com os metais. Em conseqüência, é longa a trajetória de mudança e grande a responsabilidade dos formadores de opinião, em especial dos técnicos e cientistas.

Em 1996, a demanda hídrica mundial estava estimada em $5.692 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$ contra uma oferta de $3.745 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$, ou seja, a oferta hídrica só atendia a cerca de 66% dos usos múltiplos. Mantendo-se as taxas de consumo e se considerando um crescimento populacional à razão geométrica de 1,6% a.a., o esgotamento da potencialidade de recursos hídricos pode ser referenciado por volta do ano 2053. Assim, as disponibilidades hídricas precisam ser ampliadas e, para tanto, são necessários investimentos em pesquisa e desenvolvimento tecnológico para exploração viável e racional da água (MAIA NETO, 1997 apud PAZ; TEODORO; MENDONÇA 2000).

Nesse sentido, à realidade do Nordeste tem que se investir esforços e assumir responsabilidades para se superar duas importantes crises, alojadas no cenário mundial atual e definidas de forma lúdica por Paz, Teodoro e Mendonça (2000): a crise alimentar e a crise da escassez de água. Mediante essas crises, que parecem indissociáveis, será necessário aumentar a produção das lavouras e concomitantemente 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 (BERNARDO, 1992a), ora

apontada como uma das principais formas de degradação ambiental (BERNARDO, 1992b).

Considerando as taxas de aumento populacional mundial e a conseqüente demanda crescente por alimentos, intuitivamente, tem-se que aceitar o aumento do consumo de água na agricultura (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000). Por esse motivo, cada vez mais se testemunha a necessidade de utilização de fontes alternativas de água, muitas vezes caracterizadas como de qualidade inferior para a atividade agrícola (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000; GHEYI; MEDEIROS; SOARES, 2005; PESCOD, 1992), o que é concordante com o fato de ser a agricultura o setor que mais deriva água para uso consuntivo no mundo (cerca de 69% de toda água superficial derivada) (CHRISTOFIDIS, 1997 apud PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

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, Lemos e Salati (1999), para o desenvolvimento sustentável, o recurso água deve ser racionalmente gerido.

Na região Nordeste do Brasil, além da limitação dos recursos hídricos pelo clima, há uma tendência à limitação por origem antrópica, seja dando conseqüência às mudanças climáticas provocadas no planeta, seja como resposta às atividades locais, especialmente a agricultura e a pecuária irracionalmente conduzidas, que têm depredado os recursos naturais, sendo testemunhadas a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, a erosão do solo e o assoreamento de corpos d'água, cenário conjunto que culmina com a desertificação de grandes áreas, onde esmorecem as vidas das plantas e dos seus dependentes heterotróficos.

A escassez hídrica no Nordeste 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.

2.1.10 Águas subterrâneas como alternativa

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 explorada 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).

No Estado de São Paulo, dos 645 municípios, 462 (71,6%) são abastecidos total ou parcialmente com águas subterrâneas, sendo que 308 (47,7%) são municípios totalmente abastecidos por este recurso hídrico. No Maranhão, mais de 70% das cidades usam água de poços, e no Estado do Piauí este percentual supera 80%. A água subterrânea participa do abastecimento de comunidades rurais do semi-árido nordestino e da população urbana de diversas capitais do país, como Manaus, Belém, Fortaleza, Recife, Natal e Maceió. É amplamente utilizada na irrigação em Mossoró no Rio Grande do Norte, no Oeste da Bahia e na região de Irecê (BA). Na Região Metropolitana de São Paulo, a água subterrânea é utilizada em hospitais, indústrias e hotéis. Estima-se um número próximo de 11.000 poços em operação. Na Região Metropolitana de Recife, estima-se a existência de 4.000 poços, abastecendo cerca de 60% da população (ZOBY; OLIVEIRA, 2005).

Sobre os custos de água captada, Rebouças (1999b) informa que, comparativamente a alternativa tecnológica mais barata para se atender a uma determinada demanda constitui-se na 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).

Segundo publicação da Johnson Division (1978), a maior parte das águas subterrâneas não contém matéria suspensa e, praticamente, nenhuma bactéria, sendo, em regra, límpida e incolor, características que contrastam com as águas de superfície, em geral túrbidas e de considerável teor de bactérias. As águas subterrâneas são, portanto, de superior qualidade sanitária. Acrescenta Steel (1966), que águas subterrâneas normalmente não necessitam tratamento prévio, a sua temperatura se conserva uniforme durante todo o ano, sendo mais baratas do que as acumuladas em açudes, além de ser mais certa a avaliação de sua quantidade, praticamente não sendo afetadas pelas estiagens.

As águas de chuva até atingirem grandes profundidades, interagem com rochas e minerais diversos, sendo submetidas a condições de temperatura e pressão elevadas que constituem um processo de autodepuração capaz de modificar suas características. Além disso, na água, as bactérias anaeróbias, para garantir seu processo metabólico,

utilizam-se da matéria orgânica e do oxigênio nela dissolvido, provocando um processo de mineralização de eventuais poluentes orgânicos biodegradáveis representados, em grande parte, pelos materiais carbonáceos e, ainda, transferindo espécies químicas inorgânicas para as águas infiltradas que, assim, têm suas características físico-químicas modificadas (VAITSMAN; VAITSMAN, 2005).

Devido sua natureza predominantemente mineral, inorgânica, as águas subterrâneas são consideradas mais isentas de microorganismos. Além de valorizada quando se visa o consumo humano, essa característica é também útil à irrigação de certos cultivos. O atual modelo de produção de mudas cítricas vigente no Estado de São Paulo, por exemplo, utiliza-se da melhor qualidade fitossanitária das águas subterrâneas: para atender às normas de certificação, e evitar contaminar as mudas com patógenos disseminados via água (principalmente *Phytophthora*, agente causal da gomose, e nematóides), preconiza-se o tratamento da água de irrigação com cloro a 5 mg L^{-1} ou a utilização de água de poço tubular profundo (OLIVEIRA et al., 2001; GRAF, 2001).

O relativamente lento movimento da água infiltrando-se no solo propicia-lhe um íntimo e demorado contato com os minerais que formam a crosta terrestre e que nela vão se dissolvendo em maior ou menor proporção. Assim, a água subterrânea vai aumentando o seu teor em substâncias dissolvidas à medida que prossegue no seu movimento, até que entre essas seja alcançado um equilíbrio (JOHNSON DIVISION, 1978). Portanto, a qualidade química das águas subterrâneas depende da concentração inicial de sais na água de recarga e, principalmente, das características dos solos e das rochas em que escoam, infiltram e se confinam (HOLANDA; AMORIM, 1997). Justamente em virtude da variabilidade espacial sobre as características do solo e da sua matriz, tem-se a variabilidade qualitativa das águas subterrâneas disponíveis.

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, 1999a), mesmo valor preconizado

pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Para a produção agrícola irrigada, Ayers e 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 $0,5 \text{ ‰}$); águas salobras (salinidade superior a $0,5 \text{ ‰}$ e inferior a 30 ‰) e águas salinas (salinidade igual ou superior a 30 ‰). Expressando esses valores no Sistema Internacional de Unidades, como faz Rebouças (1999a), o limite superior de salinidade é 500 mg L^{-1} para águas doces e 30.000 mg L^{-1} para águas salobras.

Existem basicamente três formas em que a água ocorre no subsolo. Nas rochas fraturadas, ela está presente nas discontinuidades da rocha como falhas e fraturas. Corresponde às rochas ígneas e metamórficas. Nos terrenos fraturados-cársticos, além das discontinuidades da rocha, ocorre também a dissolução ao longo dos planos de fraturas, devido à presença de minerais solúveis nas rochas calcárias. Por final, nas rochas sedimentares, a água é armazenada no espaço entre os grãos da rocha. De forma geral, os terrenos sedimentares apresentam os melhores aquíferos, e ocupam cerca de $4.130.000 \text{ km}^2$, ou seja, aproximadamente 48% do território nacional. Os terrenos cristalinos constituem os aquíferos cárstico-fraturados e fraturados, que ocupam cerca de $4.380.000 \text{ km}^2$, 52% do território nacional (ZOBY; OLIVEIRA, 2005).

Segundo Zoby e 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 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.

Águas salinas (FERNANDES; GHEYI; MEDEIROS, 2005), efluentes do esgoto e águas residuárias do abastecimento doméstico e das indústrias, além da própria agricultura, no caso da recirculação do lixiviado de drenagem, também são apontadas (GHEYI; MEDEIROS; SOARES, 2005; PESCOD, 1992; AYERS; WESTCOT, 1999) como alternativas às águas derivadas dos rios e lagos, apresentando, no entanto, limitações químicas e sanitárias muitas vezes ainda mais restritivas que as águas subterrâneas salobras.

A dessalinização de águas salobras e mesmo marítimas também é uma outra alternativa ao abastecimento hídrico e à economia de águas superficiais. Estima-se que a atual capacidade instalada de dessalinização no mundo seja superior aos 35 milhões de m³ por dia (MARTÍNEZ-BELTRÁN; KOO-OSHIMA, 2006; WATSON; MORIN JÚNIOR; HENTHORNE, 2003). Diversas opções para dessalinização existem e sua escolha depende de avaliações econômicas e também ambientais. Dentre os sistemas de dessalinização, a osmose reversa destaca-se, tanto em número de instalações (68% das instalações), quanto em percentual da capacidade instalada (44% da capacidade) (WATSON; MORIN JÚNIOR; HENTHORNE, 2003). No Brasil, vêm sendo instalados diversos dessalinizadores visando a obtenção de água doce a partir de águas subterrâneas salobras, sobretudo na região Nordeste, onde a escassez hídrica é maior (ZOBY; OLIVEIRA, 2005; CARVALHO et al., 2004; PORTO; AMORIM; SILVA JÚNIOR, 1999).

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Estrutura experimental

A estrutura experimental foi instalada no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior 'Luiz de Queiroz' ESALQ-USP, na cidade de Piracicaba, Estado de São Paulo, em casa-de-vegetação do tipo arco simples com 17,80 m de comprimento, 7,10 m de largura, pé-direito de 3 m, altura do arco de 1,35 m e orientação leste-oeste, localizada nas coordenadas geográficas 22° 42' 89,4" latitude Sul, 47° 37' 46,2" de longitude Oeste, à 540 m de altitude.

O ambiente foi protegido no teto por filme transparente de polietileno de baixa densidade com 0,10 mm de espessura e aditivo anti-ultravioleta, e nas laterais por telas de sombreamento 'sombrite' 50%.

O piso da casa-de-vegetação foi coberto por geotêxtil de poliéster (bidim OP-20)', coloração preta, visando aumentar a vida útil do sistema de bombeamento e melhorar as condições fitossanitárias (Figura 1).

Com o objetivo de reduzir a temperatura do interior da casa-de-vegetação em dias muito quentes, foi instalada internamente, à 2,70 m de altura, uma malha termorrefletores (aluminet 50-I) com sombreamento de 50 a 54% e tamanho do orifício de 2,5 x 10 mm. Os percentuais de reflexão, luz difusa e conservação de energia são, respectivamente: 50, 65 e 20%.



Figura 1 – Área experimental e detalhe do perfil hidropônico

Conforme classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, subtropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco. As temperaturas médias mensais variam de $24,8^{\circ}\text{C}$ no verão e $17,1^{\circ}\text{C}$ no inverno, sendo a média anual igual a $21,4^{\circ}\text{C}$. As chuvas são da ordem de 1.278 mm anuais, ocorrendo cerca de 1.000 mm de outubro a março e, 278 mm de abril a setembro (SENTELHAS, 1998).

Foi utilizada uma estrutura hidropônica composta por 36 unidades experimentais. Cada parcela representava um sistema hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) independente, constituindo-se de: um reservatório plástico com capacidade para 60 L de solução nutritiva; uma eletrobomba de circulação Metalcorte/Eberle, autoventilada, modelo EBD250076 (acionada por motor monofásico, 120 V de tensão, 60 Hz de frequência, corrente nominal de 2 A, isolamento classe B, 130°C), com

componentes internos em plástico para evitar o efeito corrosivo da solução nutritiva; e um perfil hidropônico Hidrogood confeccionado em polipropileno com aditivo anti-ultravioleta, de tamanho médio, diâmetro comercial de 100 mm, comprimento de 2,8 m e orifícios (de 2,5 cm de raio) espaçados em 0,30 m.

As eletro-bombas foram instaladas todas à mesma cota, independente do relevo. Os reservatórios foram instalados sobre tábuas de madeira. Sendo mantida a mesma diferença de nível entre o fundo do reservatório e o eixo da bomba, em todas as parcelas.

Na estrutura hidropônica, os perfis foram instalados a uma altura média de 0,85 m, possuindo quatro pontos de apoio e uma inclinação de 3,3%. Na extremidade do perfil onde se dava a admissão da solução nutritiva, foi instalado um tampão visando evitar a entrada de luz e eventuais perdas de solução.

As parcelas foram montadas duas a duas sobre suportes de madeira, ficando os perfis espaçados em 0,53 m. Entre os pares de parcelas, foi deixado um corredor de 0,95 m. A largura do corredor e o espaçamento entre os perfis foram também projetados para evitar a competição entre plantas pertencentes a tratamentos distintos. Não foram utilizados perfis como bordadura.

A solução nutritiva era conduzida por uma tubulação de PVC do reservatório até a parte mais alta da bancada, de onde a solução era aplicada no perfil hidropônico. A solução aplicada escoava por gravidade, ao longo do perfil (com declive de 3%) retornando para o reservatório de solução nutritiva. A diferença de nível entre a eletrobomba, afixada em uma estaca, e o sistema injetor será de 0,76 m. O sistema injetor era composto por dois emissores que saíam da tubulação e se prolongavam por tubos flexíveis até o perfil hidropônico, apresentando em média uma vazão conjunta de $1,60 \text{ L min}^{-1}$. O excedente não injetado no perfil voltava ao reservatório mediante tubulação de PVC, em cuja extremidade era conectada uma curva de raio curto de 90° visando favorecer a aeração da solução nutritiva.

A solução nutritiva foi preparada com a água do sistema de abastecimento e com fertilizantes de modo a fornecer todos os nutrientes necessários durante todo o ciclo da cultura, baseada na recomendação de Furlani (1998), (Tabela 1).

Tabela 1 - Concentração de nutrientes e quantidades de fertilizantes para o preparo de 1 m³ de solução nutritiva para o cultivo hidropônico de rúcula (FURLANI, 1998)

| Fertilizante | NH4 | NO3 | P | K | Ca | Mg | S | B | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn |
|---------------------|------|--------|--------|-------|-------|----|----|------|------|------|------|------|------|
| -----g m-3----- | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrato de cálcio | 750 | 7,5 | 108,75 | | 142,5 | | | | | | | | |
| Nitrato de potássio | 500 | | 65 | | 182,5 | | | | | | | | |
| Fosfato monoamônico | 150 | 16,5 | | 39 | | | | | | | | | |
| Sulfato de magnésio | 400 | | | | | 40 | 52 | | | | | | |
| Sulfato de cobre | 0,15 | | | | | | | | 0,02 | | | | |
| Sulfato de zinco | 0,3 | | | | | | | | | | | | 0,07 |
| Sulfato de manganês | 1,5 | | | | | | | | | | 0,39 | | |
| Ácido bórico | 1,8 | | | | | | | 0,31 | | | | | |
| Molibdato de sódio | 0,15 | | | | | | | | | | | 0,06 | |
| Fe-EDTA -13% Fe | 16 | | | | | | | | | 2,08 | | | |
| Recomendações | 24 | 173,75 | 39 | 182,5 | 142,5 | 40 | 52 | 0,31 | 0,02 | 2,08 | 0,39 | 0,06 | 0,07 |

Foram montados sistemas de abastecimento automático individualizados para cada parcela e construídos com tubulação de PVC de seção contínua e diâmetro de 200 mm. 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 contido naquele.

2.2.2 Preparo das mudas

As sementes utilizadas foram da cultivar “Folha Larga” sendo que as mesmas foram plantadas em placas de espuma fenólica. Após a germinação (2 dias após o semeio) as mudas foram levadas a um “berçário”, onde permaneceram por duas semanas, sendo irrigadas na primeira semana com solução nutritiva (Furlani, 1998) diluída a 50% (Figura 2).

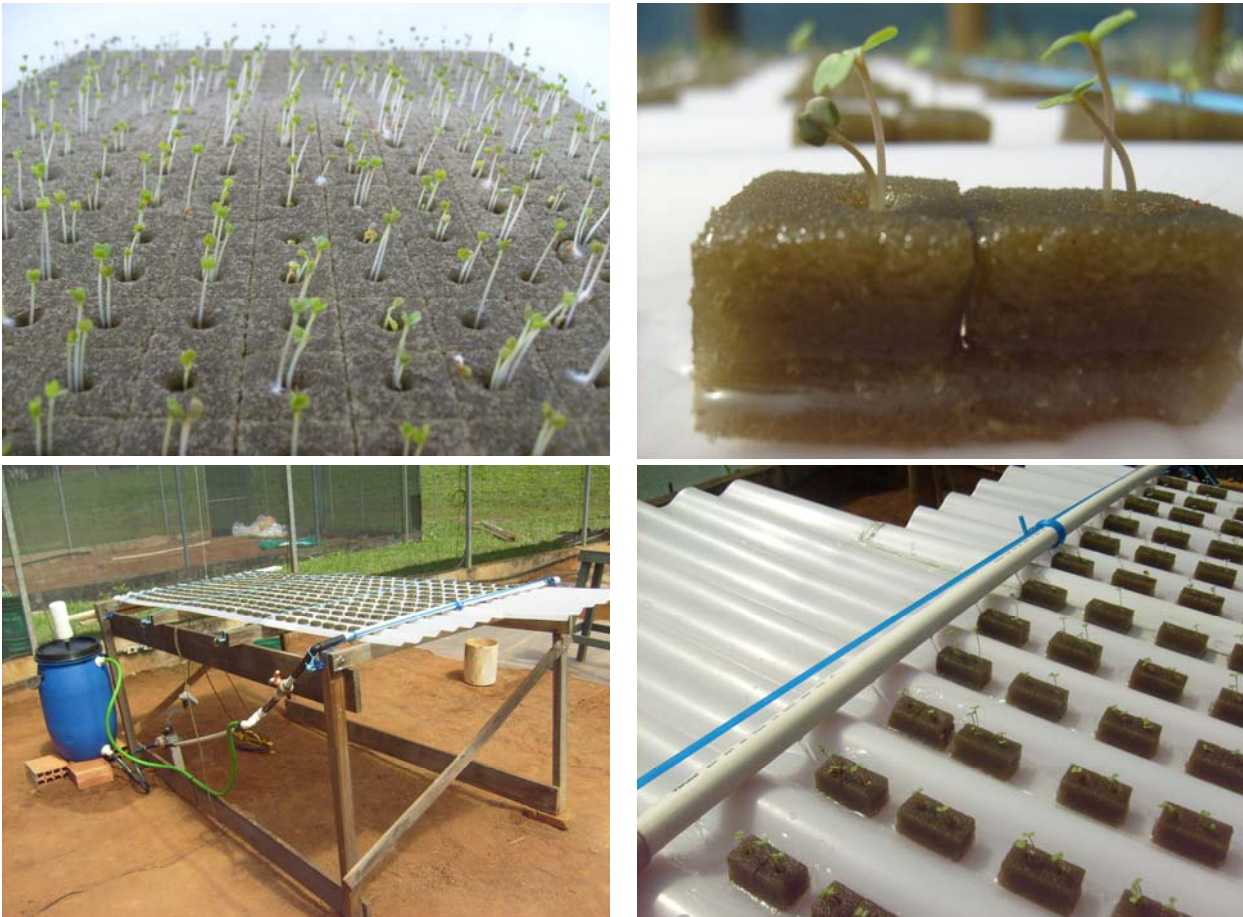


Figura 2 – Plântulas recém germinadas e berçário

Posteriormente, as mudas foram irrigadas com solução nutritiva à 100%, visando sua adaptação às condições experimentais.

A solução nutritiva utilizada na produção das mudas quanto no cultivo foi baseada na recomendação proposta por Furlani (1998) (Tabela 1), sendo caracterizada com CE em torno de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ quando composta a partir de água com baixa salinidade ($0,20 \text{ dS m}^{-1}$) conforme Furlani et al. (1999).

2.2.3 Condução do experimento

A casa-de-vegetação foi dividida em quatro blocos e em cada um desses foram aleatorizados os nove tratamentos indicados na Tabela 2. A variação da salinidade entre os tratamentos foi obtida com a aplicação de NaCl à solução nutritiva. Para a Testemunha não foi aplicado NaCl.

Tabela 2 - Tratamentos aos quais foram submetidas as plantas de rúcula

| Tratamentos | Testemunha | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 |
|---|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| CE _{sol} (dS m ⁻¹) | 1,8 | 3,5 | 4,5 | 5,5 | 6,5 | 7,5 | 8,5 | 9,5 | 10,5 |



Figura 3 – Plantas no dia da colheita nos perfis e já colhidas

O controle da circulação da solução nutritiva foi realizado com o auxílio de um temporizador programado para acionar a eletrobomba durante 15 minutos, com

intervalos de 15 minutos, no período das 06:00 às 11:00; irrigação constante das 11:00 às 14:00; irrigações a cada 15 minutos, das 14:00 às 19:00; irrigações de 15 minutos às 21:00, 23:00, 02:00. Sendo esta programação usada desde a fase de “berçário”.

Aos 30 dias após o transplântio (DAT), duas unidades amostrais (ou “covas”) em cada parcela foram colhidas e pesadas em balança de precisão para obtenção da massa de matéria fresca da parte aérea. Também foi determinado o número de folhas por unidade amostral. Cada unidade amostral (ou “cova”) era composta de 4 plantas (Figura 3).

Após pré-secagem, as plantas foram levadas à estufa de circulação forçada, regulada em 60 °C, visando obter a massa de matéria seca da parte aérea. As raízes foram retiradas dos perfis e também levadas à mesma estufa para obtenção da massa de matéria seca do sistema radicular. Somando-se as massas de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, foi calculada a matéria seca total. O teor de água nas folhas e a razão entre as massas de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular foram determinados usando as médias dessas variáveis em cada parcela, conforme eq. (1) e eq. (2), respectivamente. As médias das duas unidades amostrais obtidas em cada parcela foram analisadas estatisticamente no software “SISVAR”.

As produtividades percentuais da rúcula em função da salinidade em cada tratamento foram calculadas em relação à produtividade obtida com o tratamento Testemunha, eq. (3). Os valores dos parâmetros b e SL do modelo de Maas e Hoffman (1977), eq. (4), foram estimados com o programa SAS.

$$U = \left(\frac{MFPA - MSPA}{MSPA} \right) * 100 \quad (1)$$

em que:

U - teor de água na parte aérea, %;

$MFPA$ - massa de matéria fresca da parte aérea, g;

$MSPA$ - massa de matéria seca da parte aérea, g.

$$r \frac{msr}{mspa} = \frac{MSR}{MSPA} \quad (2)$$

em que:

$r \frac{msr}{mspa}$ - relação das massas de matéria seca da raiz e da parte aérea, adimensional;

MSR - massa de matéria seca do sistema radicular, g;

MSPA - massa de matéria seca da parte aérea, g.

$$PR = \frac{MFPA_{TRAT}}{MFPA_{TESTEMUNHA}} * 100 \quad (3)$$

em que:

PR - produtividade relativa, %;

$MFPA_{TRAT}$ - massa de matéria fresca da parte aérea de um dado tratamento, g;

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

$$PR = 100 - b * (CE - SL) \quad (4)$$

em que:

b - redução da produtividade (%) por aumento unitário da CE (dS m⁻¹) acima da SL;

CE - salinidade mantida durante o cultivo, dS m⁻¹;

SL - salinidade limiar tolerada pela cultura, dS m⁻¹.

2.3 Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância, verifica-se que as variáveis referentes à parte aérea e umidade foram afetadas pelo fator salinidade ao nível de 1% de

probabilidade, e a massa seca de raiz ao nível ($p < 0,05$) de significância, sendo que as demais variáveis não apresentaram resposta significativa para o fator estudado. As variáveis massa seca e fresca, tanto de raiz, quanto de parte aérea dentro dos blocos apresentaram resposta significativa ($p < 0,05$), e resposta não significativa foi verificada para as demais variáveis (Tabela 3). Observa-se ainda uma precisão no experimento variando de regular a ótima. Com relação às médias gerais, verifica-se um acúmulo de massa seca de raiz cerca de 18% em relação ao acúmulo de massa na parte aérea, já com relação ao acúmulo de massa seca da parte aérea, verifica-se valores médios em torno 8,6%, constatando-se assim um elevado teor de água na parte aérea.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para o número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), relação da massa seca de raiz/parte aérea e umidade da parte aérea da rúcula cultivada em sistema hidropônica utilizando água salina

| Fonte de Variação | GL | Quadrados Médios | | | | | |
|-------------------|----|---------------------|-----------|---------|-------|----------------------|-----------------------|
| | | NF | MFPA | MSPA | MSR | r | U |
| Salinidade | 8 | 57,12 ^{ns} | 3666,94** | 13,50** | 0,31* | 0,0007 ^{ns} | 34581,92** |
| Blocos | 3 | 53,38 ^{ns} | 1571,81* | 7,63* | 0,47* | 0,0011 ^{ns} | 8163,67 ^{ns} |
| Resíduo | 24 | 38,16 | 435,58 | 2,38 | 0,12 | 0,0006 | 4576,48 |
| CV(%) | | 12,19 | 15,34 | 13,22 | 16,49 | 13,46 | 6,46 |
| Média Geral | | 50,67 | 136,08 | 11,67 | 2,08 | 0,175 | 1047,06 |

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo

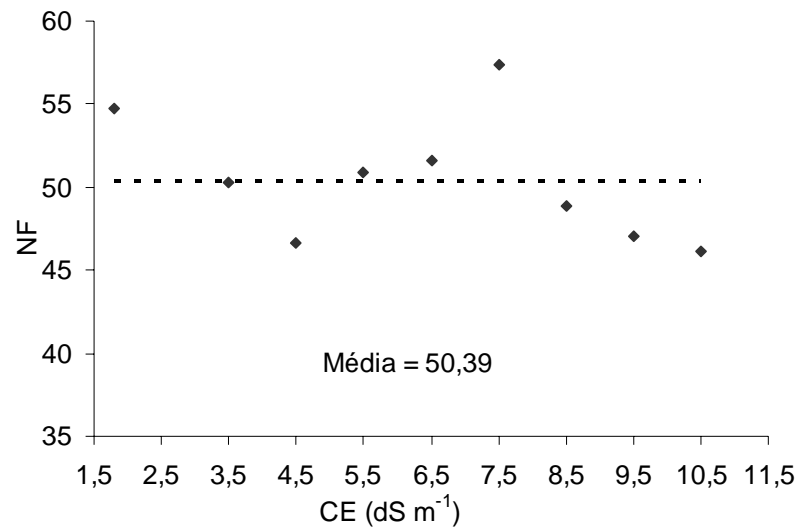


Figura 4 – Número de folhas (NF) em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo

Com base no diagrama de dispersão (Figura 4), é possível observar que não houve equação que se ajustasse significativamente ao parâmetro avaliado, mostrando que a variável número de folhas respondeu de forma aleatória ao incremento de condutividade elétrica da solução aplicada no cultivo hidropônico da rúcula. Desta forma apresentou um valor médio de 50,39 folhas em cada unidade amostral contendo quatro plantas que foram avaliadas.

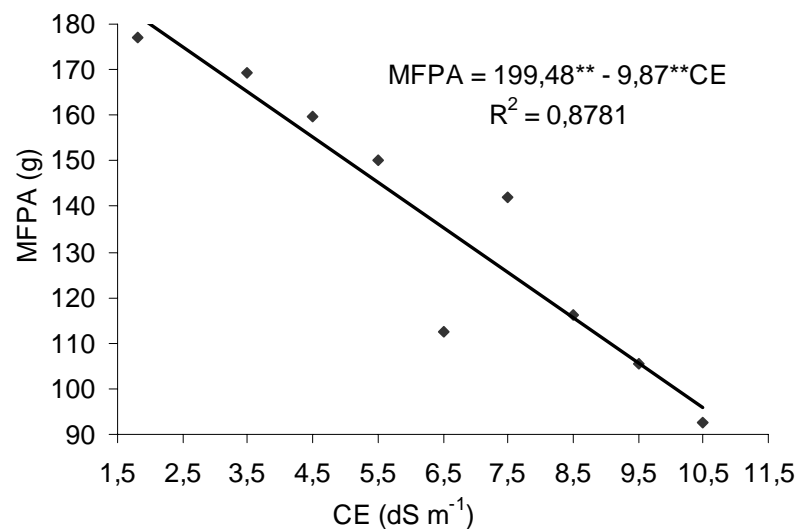


Figura 5 – Matéria fresca da parte aérea (MFPA) em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo

A Figura 5 mostra a correlação da massa fresca da parte aérea e a condutividade elétrica da solução aplicada, apresentando um ajuste ($p < 0,01$) linear e decrescente com o incremento da salinidade e um coeficiente de determinação igual a 0,8781. O maior valor de acúmulo de massa fresca foi de 177 gramas, obtido no menor nível de salinidade ($1,8 \text{ dS m}^{-1}$), sendo esse superior em 91% com relação ao acúmulo no maior nível do fator salinidade ($10,5 \text{ dS m}^{-1}$), que foi de 92,5 gramas por unidade amostral. Verifica-se ainda que para cada incremento de uma unidade de condutividade elétrica, houve um decréscimo de 9,87 gramas no acúmulo de massa fresca, sendo observado a partir do coeficiente angular negativo na equação de ajuste.

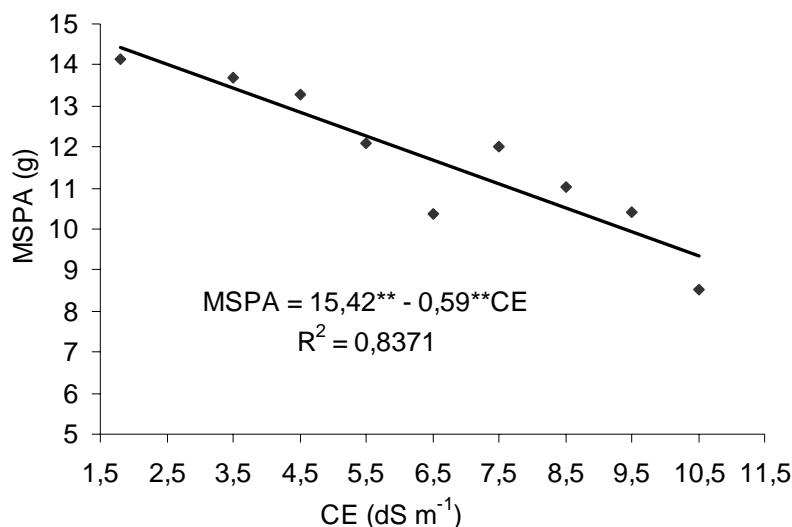


Figura 6 – Matéria seca da parte aérea (MSPA) em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo

Ajustou-se modelo linear ($p < 0,01$) e decrescente para variável massa seca da parte aérea em função do incremento dos níveis de salinidades, apresentando coeficiente angular negativo em torno de 0,59, e coeficiente de correlação igual a 0,8371 (Figura 6). Observa-se comportamento similar ao acúmulo de massa fresca, no entanto de forma menos expressiva, devido ao elevado teor de água na parte aérea, tornando os valores de massa seca menos discrepantes quando comparados entre os níveis de salinidade estudados. O menor valor de acúmulo de massa seca foi obtido no maior nível do fator salinidade, sendo este inferior em 65% quando comparando ao

acúmulo de massa seca da parte aérea no tratamento testemunha. Verifica-se ainda que nos três primeiros níveis de salinidade, ou seja, de 1,8 a 4,5 dS m⁻¹, o acúmulo de massa não apresentou reduções pouco expressivas, apenas cerca de 5,6%, sendo que a partir do terceiro nível a redução no acúmulo de massa seca da parte aérea apresentou reduções drásticas, chegando a ordem de 65% para o nível máximo de condutividade elétrica da solução aplicada.

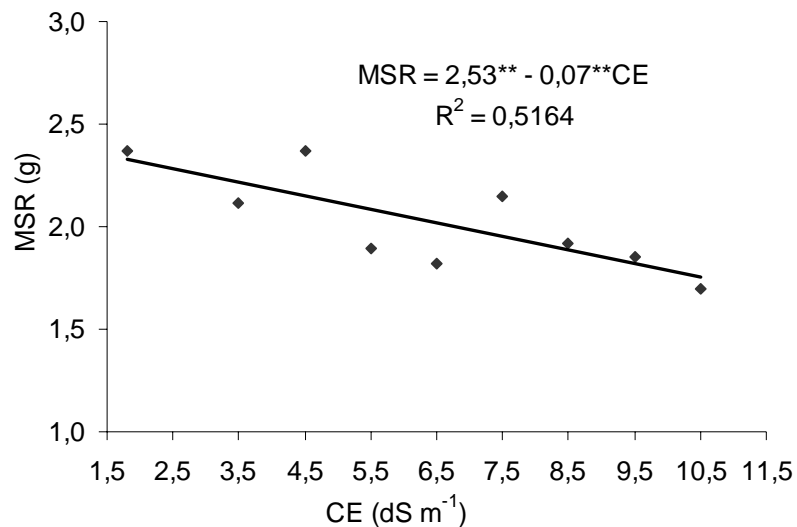


Figura 7 – Matéria seca das raízes (MSR) em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo

Para a variável massa seca de raiz em função dos níveis crescentes de salinidade da solução aplicada, obteve-se um ajuste linear e decrescente ao nível de 1% de probabilidade, com regular coeficiente de determinação $R^2 > 0,5$, apresentando um baixo coeficiente angular, ou seja, a massa seca de raiz foi afetada de maneira menos marcante que as variáveis referentes à parte aérea, com redução de 33%, entre o terceiro e o maior nível do fator salinidade (Figura 7). Desta forma demonstrou-se que o acúmulo de massa pela parte aérea de plantas de rúcula, é sensivelmente mais afetado pelo incremento do cloreto de sódio do que o sistema radicular. Esses resultados divergem dos obtidos por Paulus (2008), trabalhando com alface variedade Verônica

conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água aplicada, que não obtiveram efeito significativo para a variável massa seca de raiz.

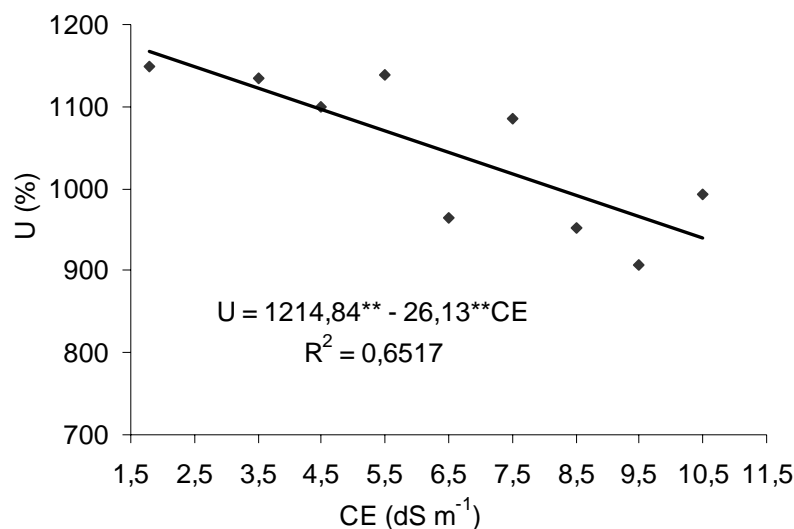


Figura 8 – Umidade da parte aérea (U) em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo

O parâmetro umidade da parte aérea respondeu de maneira linear ($p < 0,01$) negativa para o aumento nos níveis do fator salinidade da solução aplicada (Figura 8), apresentando um regular coeficiente de correlação igual a 0,6517, mostrando ainda uma redução significativa no teor de água na parte aérea a partir do terceiro nível do fator salinidade, ou seja, a redução para esse intervalo foi apenas de 4,4%, sendo que entre terceiro e último nível, houve uma redução de 19,8% do teor de água na parte aérea das plantas. Deste modo, demonstrou-se que o estresse proporcionado pelo incremento da salinidade, reduz fisiologicamente a absorção de água pelas plantas e conseqüentemente reduz o acúmulo de massa seca. Esses resultados corroboram os obtidos por Paulus (2008) e Soares (2007) que verificaram uma redução da umidade nos tecidos de alface conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água aplicada.

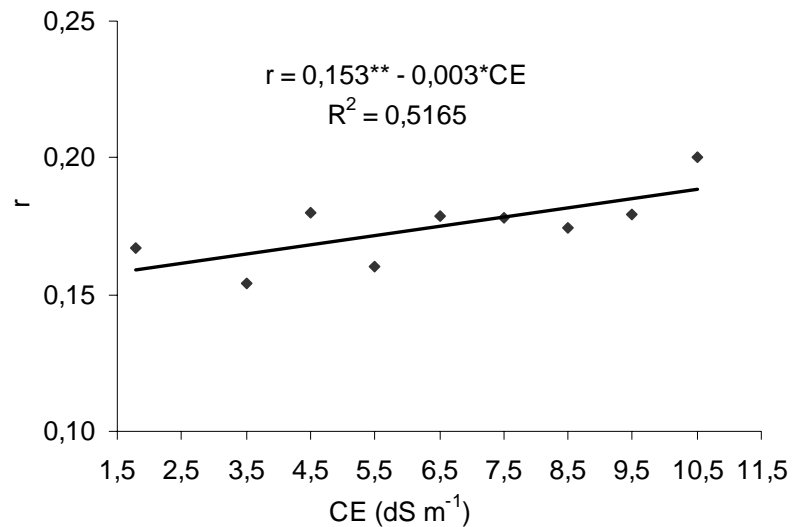


Figura 9 – Relação da massa seca de raiz/parte aérea em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo

A variável relação massa seca de raiz/ parte aérea foi ajustada de forma linear ($p < 0,05$) e crescente em função do aumento dos níveis de salinidade (Figura 9), apresentando um regular coeficiente de determinação $R^2 > 0,51$, observando-se ainda uma leve inclinação, com coeficiente igual 0,003. Esse comportamento se deve a redução do acúmulo de massa seca pela parte aérea ter sido reduzida significativamente com o aumento da salinidade na solução; o mesmo ocorreu com o acúmulo de massa seca de raiz, só que de forma menos expressiva, proporcionando assim um aumento significativo na relação raiz/parte aérea. Constatou-se uma variação de 20% na relação da massa seca de raiz/parte aérea entre os níveis extremos do fator salinidade e desta forma confirmou-se que a raiz é afetada de forma menos severa que a parte aérea. Essa medida de relação, é um parâmetro indicativo do grau de sensibilidade fisiológica das partes vegetais ao estresse salino.

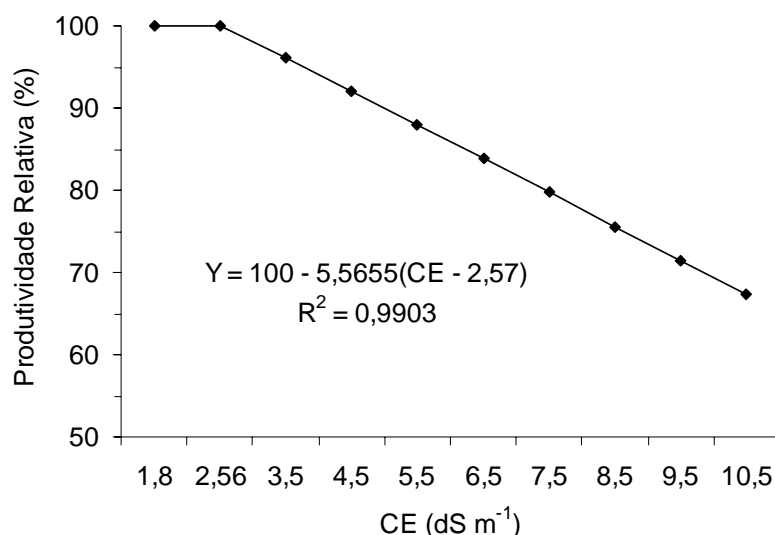


Figura 10 – Produtividade relativa de massa seca da raiz/parte aérea (r) em função da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva utilizada no cultivo

O aumento dos níveis de salinidade promoveu a redução da produtividade (Figura 10), ocasionando um decréscimo acentuado para os níveis mais elevados de condutividade elétrica. Segundo Maas e Hoffman (1977), a tolerância de várias culturas à salinidade é convencionalmente expressa em termos de rendimento relativo. Obteve-se a produção máxima da cultura até o nível de salinidade de 2,57 dS m⁻¹ caracterizando assim este valor de CE como sendo a salinidade limiar da cultura nas condições estudadas.

Para valores de condutividade elétrica acima de 2,57 dS m⁻¹, a produção relativa decresceu 5,57% por aumento unitário da CE.

Verificou-se que a cultura pode ser classificada como moderadamente sensível à salinidade, nas condições estudadas. Resultado semelhante foi encontrado por Silva (2006), que obteve o valor de salinidade limiar de 2,1 dS m⁻¹ cultivando rúcula em solo em ambiente protegido.

Tabela 4 – Partição da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) das quatro plantas de rúcula avaliadas por unidade amostral

| Tratamentos | CE (dS m ⁻¹) | MSPA (g) | MSPA (%) | MSR (g) | MSR (%) | MST (g) |
|-------------|--------------------------|----------|----------|---------|---------|---------|
| TEST | 1,8 | 14,00 | 86,15 | 2,25 | 13,85 | 16,25 |
| T1 | 3,5 | 13,75 | 85,94 | 2,25 | 14,06 | 16,00 |
| T2 | 4,5 | 13,25 | 84,13 | 2,50 | 15,87 | 15,75 |
| T3 | 5,5 | 12,00 | 85,71 | 2,00 | 14,29 | 14,00 |
| T4 | 6,5 | 10,25 | 83,67 | 2,00 | 16,33 | 12,25 |
| T5 | 7,5 | 12,00 | 84,21 | 2,25 | 15,79 | 14,25 |
| T6 | 8,5 | 11,00 | 84,62 | 2,00 | 15,38 | 13,00 |
| T7 | 9,5 | 10,25 | 83,67 | 2,00 | 16,33 | 12,25 |
| T8 | 10,5 | 8,50 | 85,00 | 1,50 | 15,00 | 10,00 |

Tanto a massa seca da parte aérea quando de raiz foram reduzidas com incremento da salinidade, mas essa redução não se mostra muita marcante em termos de partição percentual, ou seja, a influencia do efeito salino não se mostra proporcional quando compara-se a redução do acúmulo de massa entre parte aérea e raiz (Tabela 4). No entanto quando se avalia isoladamente o acúmulo de massa em gramas, verifica-se um efeito mais deletério na parte aérea, constata-se ainda que para o acúmulo de massa total, houve uma redução de 38,5% entre os níveis extremos do fator salinidade.

Com base nesses resultados, constata-se que é viável o cultivo comercial de rúcula em condições hidropônicas com água de média a elevada condutividade elétrica, sendo necessária uma avaliação específica das condições físicas e econômicas da região.

3 CONCLUSÕES

Considerando as condições em que o presente estudo foi desenvolvido e com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- Com exceção da variável número de folhas, todos os parâmetros avaliados foram afetados negativamente pelo incremento do fator salinidade da solução nutritiva utilizada no cultivo da rúcula;
- O teor água no tecido vegetal diminuiu em função do aumento da salinidade; comportamento inverso foi obtido para a relação raiz/parte aérea;
- A cultura da rúcula foi classificada, como moderadamente sensível, quanto a sua tolerância à salinidade, para as condições experimentais adotadas;
- A salinidade limiar encontrada foi de $2,57 \text{ dS m}^{-1}$, sendo que a partir desta, cada incremento de uma unidade de condutividade proporciona uma redução de 5,57% na produção da matéria fresca comercial;
- É possível obter produções satisfatórias utilizando águas salinas no cultivo hidropônico da rúcula.

REFERÊNCIAS

- ABAK, K.; CELIKEL, G. Comparison of some Turkish originated organic and inorganic substrates for tomato soiless culture. **Acta Horticulturae**, Dordrecht, n. 366, p. 423-429, 1994.
- ALBERONI, R.B. **Hidroponia**. São Paulo: Nobel, 1998. 102 p.
- ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p.
- ANDRIOLO, J.L.; DUARTE, T.S.; LUDKEL, L.; SHREBSKY, E.C. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, n.1, p. 28-32, 1997.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D. W. **Qualidade de água na agricultura**. Trad. de H.R. Gheyi et al. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).
- 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).
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO, 1985. 174 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29 rev. 1)
- BAILLE, A. Water status monitoring in greenhouse crops. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.304, p.15-27, 1994.
- BERNARDO, S. Desenvolvimento e perspectiva da irrigação no Brasil. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.1, n.14, p.1-14, 1992a.
- BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.1, n.13, p.1-7, 1992b.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6 ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657p.
- BERNSTEIN, L.; HAYWARD, H.E. Physiology of salt tolerance. **Annual Review of Plant Physiology**, Rockville, v.9, p.25-46, 1958.

BIGGAR, J.W.; ROLSTON, D.E.; NIELSEN, D.R. Transport of salts by water. **California Agriculture**, Berkeley, v.38, n.10, p.10-11, 1984.

BLANCO, F. F.; MEDEIROS, J. F.; FOLEGATTI, M. V. Produção da alface (*Lactuca sativa* L.) em ambiente protegido sob condições salinas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1999, Pelotas. **Anais ...** Pelotas: SBEA, 1999. 1 CD-ROM.

BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Salinização do solo em ambiente protegido sob fertirrigação. In: WORKSHOP DE FERTIRRIGAÇÃO, 1, Piracicaba, 1999. **Resumos...** Piracicaba: DER/ESALQ/USP, 1999. p.3-4.

BRESLER, E.; McNEAL, B.L.; CARTER, D.L. **Saline and sodic soils: principles dynamics - modeling**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 236p. (Advanced series in Agricultural Sciences, 10)

CALDEVILLA, E.M.; LOZANO, M.G. Cultivos sin suelo: hortalizas en clima mediterraneo. Reus: Ediciones de horticultura, 1993. 123 p.

CAMPELLO NETO, M.S. Políticas de recursos hídricos para o semi-árido nordestino. Brasília, Projeto ÁRIDAS–RH, SEPLAN/PR, 1995.

CARRIJO, O.A.; SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R. Tendências e desafios da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. cap.1, p.155-169.

CARVALHO, P.; FREIRE, C.; MONTENEGRO, C.; RIFFEL, D. The Brazilian experience with a photovoltaic powered reverse osmosis plant. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**, West Sussex, v. 12, n. 5, p. 373-385, 2004.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA. **Transposição das águas do rio São Francisco**. Brasília, 2000. 138 p.

CORRÊA, E.L.P. **Mídia regional e ambiente: a água no jornalismo da EPTV**. 2007. 158 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

DIAS, N.S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão em ambiente protegido**. 2004. 110 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** Tradução de M.E.T. Nunes. 2.ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p.

FABRI, E.G.; SALA, F.C.; MINAMI, K. Caracterização física e química de diferentes substratos. In: BARBOSA, J.G.; MARTINEZ, H.E.P.; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato.** Viçosa: UFV, 2004. p. 318.

FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.; MEDEIROS, S.S. Agricultura bio-salina. In: WORKSHOP USO E REÚSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR, 1., 2005, Campina Grande. Transcrição das **palestras ...** Campina Grande: UFCG; UEPB; 2005. 1 CD-ROM.

FURLAN, R.A. **Avaliação de nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido.** Piracicaba. 2001. 146p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

FURLANI, P.R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 481, p. 777-778, 1999.

FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. Campinas: IAC, 1998. 30 p. (IAC. Boletim Técnico, 168).

GHASSEMI, F.; JAKEMAN, A. J.; NIX, H. A. **Salinization of land and water resources: human causes, extent, management and case studies.** Wallingford: CAB International, 1995. 526 p.

GHEYI, H.R.; MEDEIROS, S.S.; SOARES, F.A.L. Uso e reuso de águas de qualidade inferior: realidade e perspectivas. In: WORKSHOP USO E REÚSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR, 1., 2005, Campina Grande. **Palestras ...** Campina Grande: UFCG; UEPB; 2005. 1 CD-ROM.

GOMES, P. **Como agricultar as terras nordestinas.** 3.ed. João Pessoa: 'A União' Editora, 1984. 125 p.

GOTTO, R.; TIVELLI, S.W. (Org.). **Produção em ambiente protegido: condições subtropicais.** São Paulo: Editora UNESP, 1998. 319 p.

GRAF, C.C.D. Vivecitrus e a produção de mudas certificadas. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 22, n.2, p. 533-548, 2001.

HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. cap. 5, p. 137-169.

JOHNSON DIVISION. **Água subterrânea e poços tubulares**. 3.ed. São Paulo: CETESB, 1978. 482 p.

JONES JÚNIOR, J.B.. **A guide for the hydroponics and soilless culture grower**. Portland: Timber Press, 1983. 124 p.

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

LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **Califórnia Agriculture**, Berkeley, v.38, n.10, p.18-20, 1984.

LIMA, L.A. Efeitos de sais no solo e na planta. Campina Grande: UFPB, 1997, lo e na planta. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. cap. 4, p. 113-136.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance: current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division ASCE**, New York, v.103, n. IR2, p. 115-134, 1977.

MAIA NETO, R.F. Água para o desenvolvimento sustentável. **A Água em Revista**, Belo Horizonte, n. 9, p. 21-32, 1997.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W.L. DE C.E.; SILVA, H.R.DA. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5 ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 72p.

MARTÍNEZ, C.F.; ALVAREZ, J.R.D. Cultivos sin suelo. La Mojonera, Espanha: Instituto de Estudos Almerienses, FIAPA, 1993. 372 p.

MARTINEZ, H.E.P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 1997. 47 p. (Cadernos Didáticos, 1).

MEDEIROS, J.F. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão**. 1998. 152 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R. **A qualidade da água de irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1994. 60 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.
- MILNER, L. M Water and fertilizers management in substrates. DONADIO, L.C.; MOREIRA, C.S.; STUCHI, E.S. In: INTERNACIONAL CONGRESS OF CITRUS NURSERYMEN, 6., Ribeirão Preto, 2001. **Proceedings...** Ribeirão Preto: sl, 2001. p. 93-95.
- MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J. **A cultura da rúcula**. Piracicaba: ESALQ, 1998. 345p.
- MINER, J.A. **Substratos**: propiedades y caracterización. Bilbao: Mundi-Prensa, 1994. 171p.
- 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.
- OLIVEIRA, M.R.V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: Vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.8, p. 1049-1060, 1995.
- ORTELI, J.J. Effects of external salt concentrations on water relations in plants. **Soil Science**, New Brunswick, v.105, p.216-221, 1968.
- PAULUS, D. **Produção, qualidade e parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas**. 2008. 82 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- 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.
- PESCOD, M.B. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome: FAO, 1992. 125 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 47).

PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF):** goteo, microaspersión, exudación. 3.ed. Madri: Mundi Prensa, 1996. 513 p.

PORTO, E.R.; AMORIM, M.C.C. de; ARAÚJO, O.J.; SILVA JÚNIOR, L.G.A. Aproveitamento dos rejeitos da dessalinização. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 1.,1997, Petrolina. **Anais ...** Petrolina: EMBRAPA Semi-Árido; IRPAA; IRCSA: 1999. p. 51-57.

REBOUÇAS, A.C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Ed.). **Águas doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 1999a. cap. 1, p.1-36.

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, 1999b. 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).

RICHARDS, L.A. (Ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160 p. (USDA. Agricultura Handbook, 60).

RICHARDS, L.A. Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos. Mexico: Aid, 1970. 172p.

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.

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, E.C. dos. **Efeito do cloreto de sódio na germinação de sementes e no desenvolvimento inicial do mamoeiro.** Mossoró, 2000. 35p. Monografia (Graduação) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2000.

SENTELHAS, P.C. **Estimativa diária de evapotranspiração de referência com dados de estação meteorológica convencional e automática.** 1998. 97 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

SHALHEVET, J. Using water of marginal quality for crop production: major issues. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.25, n.3, p.233-269, 1994.

SILVA, E. F. F.; ALMEIDA, G. C. F.; SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; FOLEGATTI, M. V. Tolerância da cultura da rúcula à salinidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35, 2006, João Pessoa. **Anais ...** João Pessoa: SBEA, 2006. 1 CD-ROM.

SILVA, E.F.F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo.** 2002. 136 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, E.F.F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo.** 2002. 136p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

SILVA, E.F.F.; DUARTE, S.N.; DIAS, N.S. Controle da salinidade em cultivos sob ambiente protegido e aproveitamento da água de drenagem. In: WORKSHOP 'USO E REÚSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR', 1., 2005, Campina Grande. **Transcrição das palestras ...** Campina Grande: UFCG; UEPB; 2005. 1 CD-ROM.

SILVA, J.O.; SOUZA, P.A.; GOMES JÚNIOR, J.; PEREIRA, P.R.G.; ROCHA, F.A. Crescimento e composição mineral da alface no sistema hidropônico por capilaridade. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 2, p. 146-154, 2005.

SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. In: SIMPÓSIO "MANEJO DE IRRIGAÇÃO, 1998. **Trabalhos apresentados...** Lavras: UFLA; SBEA, 1998. p. 311-348.

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

STAFF, H. **Hidroponia**. Cuiabá: SEBRAE/MT, 1997. 86 p.

STEEL, E.W. **Abastecimento d'água, sistemas de esgotos**. Tradução de S. RITTA. Rio de Janeiro: USAID, 1966. 866 p.

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

TRANI, P.E.; PASSOS, F.A. Rúcula (Pinchão). In: FAHL, J.I.; CAMARGO, M.B.P. de; PIZINATTO, M.A.; BETTI, J.A.; MELO, A.M.T.de; DEMARIA, I.C.; FRURLANI, A.M.C. (Ed.) **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: IAC, 1998. p.241-242. (IAC. Boletim, 200).

VAITSMAN, D.S.; VAITSMAN, M.S. **Água mineral**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005. 219 p. (Interdisciplinar, 3).

VAN HOORN, J.W.; VAN ALPHEN, J.G. Salinity control. In: RITZEMA, H.P. (Ed.). **Drainage principles and applications**. 2nd.ed. Wageningen: ILRI, 1994. cap.15 p.533-600. (ILRI Publication, 16)

VEDUIM, J.V.R.; BARTZ, H.R. Fertilidade do solo e rendimento do tomateiro em estufa de plástico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 28, p. 229-233, 1998.

VIEHMEYER, F.J.; HENDRICKSON, A.H. Does transpiration decrease as the soil moisture decreases. **Transactions of the American Geophysical Union**, Missouri, n.36, p. 425 – 428, 1975.

VILLAS BÔAS, R.L.; BOARETO, A.E.; VITTI, G.C. Aspectos da fertirrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETO, A.E. (Ed.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: PATAFOS, 1994. cap.15 p.283-308.

WATSON, I.C.; MORIN JÚNIOR, O.J.; HENTHORNE, L. **Desalting handbook for planners**. 3th ed. Denver: United States Department of the Interior, 2003. 310 p. (Desalination and Water Purification Research and Development Program Report, 72).

YARON, B. Water suitability for irrigation. In: YARON, E.; DANFORS, E.; VAADID, Y. (Ed.). **Arid zone irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1973. p.71-88, 1973. (Ecological Studies, 5)

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. **Anais...** 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.