

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DAS ÁGUAS “SALOBRAS” E  
RESIDUÁRIAS DA DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA**

**André Moreira de Oliveira**

**MOSSORÓ – RN**  
**MARÇO DE 2011**

**André Moreira de Oliveira**  
Engenheiro Agrônomo

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DAS ÁGUAS “SALOBRAS” E  
RESIDUÁRIAS DA DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Ciência do solo”.

**Orientador: Prof. Dr. Nildo da Silva Dias**

**MOSSORÓ – RN  
MARÇO DE 2011**

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e  
catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA**

O48p Oliveira, André Moreira de.

Potencial de utilização agrícola das águas “salobras” e  
residuárias da dessalinização por osmose reversa. / André  
Moreira de Oliveira. -- Mossoró, 2011.

66f.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo: Área de  
concentração: Manejo e Conservação do solo) –  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria  
de Pós-Graduação.

Orientador: Prof. Dr. Nildo da Silva Dias

1.*Salinidade*. 2.Ajuste Osmótico.3.Hidroponia.  
4.Dessalinização - Rejeito. I. Título.

CDD: 631.45

Bibliotecária: Vanessa Christiane Alves de Souza  
CRB-15/452

**ANDRÉ MOREIRA DE OLIVEIRA**

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DAS ÁGUAS “SALOBRAS” E  
RESIDUÁRIAS DA DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Ciência do solo”.

APROVADA EM: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

D. Sc. Nildo da Silva Dias – UFERSA  
Orientador

---

D. Sc. Rafael Oliveira Batista - UFERSA  
Conselheiro

---

D. Sc. Francisco Valfisio da Silva – Pesquisador UFCG  
Conselheiro

Dedico este trabalho com muito amor e carinho a meus pais Maria Daura e Francisco Assis, como reconhecimento ao carinho, atenção e paciência durante toda a minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus pela saúde e o dom da sabedoria, pois sem ele nada é possível.

A Universidade Federal Rural do Semiárido por servir de templo para a construção deste trabalho.

Aos queridos amigos de turma, pelos bons momentos divididos em aulas de campo, na realização de trabalhos e avaliações.

Dentre os amigos, me darei o direito de citar dois. Que pela ajuda substancial no desenvolvimento deste trabalho, pela dedicação e competência ao longo de vários anos. Então não poderia deixar de agradecer a Osvaldo Nogueira e a Andlêr Milton.

Ao meu amor, Lycia Nascimento, que com seu otimismo, bom humor e competência ajudou-me nos momentos difíceis. Obrigado pelo carinho e dedicação!

Aos meus queridos irmãos, Átilla, Alyce, David e Aléssia pelo amor e conforto familiar proporcionado ao longo dessa difícil jornada.

A todos os professores do programa de pós-graduação em Ciência do Solo, que dedicam seus tempos para compartilhar os conhecimentos e nos ensinando muitas coisas.

Aos Professores Rafael Batista e Francisco Valfisio, por tão prontamente atenderem ao nosso convite, contribuindo de forma valorosa com a viabilização deste trabalho.

Dentre os professores, agradeço de modo especial, ao Professor Nildo da Silva Dias, meu amigo e orientador, por me ensinar muitas coisas, pela paciência, franqueza, oportunidade e apoio que nunca me faltou.

A todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos MUITO OBRIGADO!

*“Imaginação é o início da criação.  
Nós imaginamos o que desejamos;  
Nós seremos o que imaginamos;  
e, no final, nós criamos o que nós seremos.”*

George Bernard Shaw

## RESUMO

ANDRÉ MOREIRA DE OLIVEIRA. **Potencial de utilização agrícola das águas “salobras” e residuárias da dessalinização por osmose reversa.** Mossoró - RN, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Março de 2011. 66 p. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo. Orientador: Professor Dr. Nildo da Silva Dias

As águas salobras podem representar grande potencial na produção agrícola rentável, dependendo da adoção de práticas culturais adequadas, bem como da tolerância da cultura à salinidade. Os sistemas hidropônicos podem contribuir na produção de hortaliças quando se utiliza água de qualidade inferior, pois o estado de saturação que as plantas estão submetidas, possibilita o aumento da tolerância das mesmas à salinidade. Contudo, estudos a ser realizados visando o aumento de informações sobre o uso de águas salobras em hidropônia, e também buscando informações sobre os níveis de resposta das culturas a salinidade, são de fundamental importância para aperfeiçoar os investimentos em produções hidropônicas, principalmente na região nordeste do Brasil. Tendo em vista a falta de informação para as culturas do melão e tomate hidropônico, o objetivo deste trabalho foi averiguar o potencial de utilização de águas salobras e de rejeito de dessalinizador em tais culturas. Foram realizados dois experimentos com melão e dois com tomate, em sistema hidropônico aberto dentro de casa de vegetação no Campus da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA) em Mossoró-RN. Foi avaliado o comportamento do meloeiro (*Cucumis melo* L.) do tipo cantaloupe, cultivar AF 015, sob os aspectos de crescimento e produção, sendo o primeiro experimento utilizando rejeito salino com diferentes níveis de salinidade, ao longo de todo o ciclo, e o segundo experimento a cultura do melão exposta a condições de estresse salino em diferentes estádios. O terceiro e quarto experimentos a cultura avaliada foi o tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) do grupo cereja, cultivar Samambaia e o tomate do grupo Santa Cruz, cultivar Kada Gigante, respectivamente, utilizando água de rejeito de dessalinizador na solução nutritiva em diferentes diluições, sendo este último em diferentes épocas de aplicação. Foram utilizadas três fontes diferentes de água. A água potável era proveniente do sistema de abastecimento público que abastece o campus da UFERSA. A água salobra, era obtida do poço artesiano profundo localizado no Departamento de Ciências Vegetais da UFERSA. Já a água de rejeito do dessalinizador era coletada na comunidade Puxa Boi, localizada em Mossoró, RN. Para os quatro experimentos realizados, utilizou-se um sistema hidropônico dotado de vasos preenchidos com fibra de coco, em que cada vaso representava uma parcela independente. A aplicação de água salobra e de rejeito de dessalinizador na solução nutritiva de maiores condutividades elétricas, provocou reduções nos parâmetros crescimento e de produção, tanto do melão quanto do tomate, contudo sem haver morte de plantas, evidenciando a resistência das mesmas a salinidade da água nesse sistema de cultivo. Foi observado, também, que nos menores níveis de sais, isto é, nas maiores diluições com água de abastecimento, pouco ou quase nenhuma diferença significativa foi observada nos dados coletados. O que pode ser considerado como alternativa viável na utilização das águas de qualidade inferiores quando aplicadas em diluições de solução nutritiva via sistema hidropônico de cultivo.

**Palavras-chave:** Salinidade. Ajuste osmótico. Hidroponia. Rejeito de dessalinização.

## ABSTRACT

ANDRÉ MOREIRA DE OLIVEIRA. **Potential agricultural use of “wastewater” and brackish water desalination by reverse osmosis.** Mossoró - RN, Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), March 2011. 66 p. Dissertation. Graduate Program in Soil Science. Advisor: Professor Dr. Nildo da Silva Dias

The brackish waters may represent a great potential in agricultural production profitable, depending on the adoption of proper cultural practices and the crop tolerance to salinity. Hydroponic systems can contribute to the production of vegetables when you use lower quality water, because the saturation state of the plants are subjected, enables increased tolerance of the same salinity. However, studies to be conducted in order to increase information about the use of brackish water in hydroponic systems, and also looking for information on levels of crop response to salinity are of fundamental importance to improve investment yields in hydroponics, especially in the Northeast Brazil. Given the lack of information for the crops of melons and tomatoes hydroponically, the objective was to investigate the potential use of brackish water and desalinator in such cultures. Two experiments were conducted with two melons and tomatoes in open hydroponic system in the greenhouse of the Universidade Federal Rural do Semi-arido (UFERSA) in Mossoró-RN. We evaluated the melon (*Cucumis melo* L.), cantaloupe, the AF 015, in terms of growth and production, the first experiment using saline waste with different levels of salinity throughout the cycle, and the second experiment the melon crop exposed to salt stress at different stages. The third and fourth experiments the culture was evaluated tomato (*Lycopersicon esculentum* L.), cherry, and tomato cultivar Fern Group Santa Cruz, Kada Gigante cultivar, respectively, using water desalinator in the nutrient solution in different dilutions, and latter at different stages of implementation. We used three different sources of water. The drinking water came from the public supply system that supplies the campus UFERSA. The brackish water was obtained from deep artesian well located in the Departamento de Ciências Ambientais of UFERSA. Already the desalination reject water was collected in the community Puxa Boi, located in Mossoró, RN. For the four experiments, we used a hydroponic system equipped with pots filled with coconut fiber, in which each vessel representing a separate plot. The application of brackish water and desalinator the nutrient solution of higher electrical conductivity, caused reductions in the growth and production of both the melon and tomato, but with no death of plants, showing the strength of the same water salinity this cropping system. It was also observed that at lower levels of salts, ie at higher dilutions with water supply, little or no significant difference was observed in the data collected. What can be considered as a viable alternative to the use of lower quality water when applied at dilutions of nutrient solution via hydroponic cultivation.

**Keywords:** Salinity. Osmotic adjustment. Hydroponics. Desalination reject.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Análise das águas utilizadas.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 24 |
| Tabela 2 – Componentes utilizados como fonte de macronutrientes e micronutrientes no preparo das soluções nutritivas.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 27 |
| Tabela 3 – Análise das águas utilizadas na solução nutritiva .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 31 |
| Tabela 4 – Resumo da análise de variância para matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, área foliar (AF), altura da planta (AL), diâmetro do colo (DC), peso médio dos frutos (PMF) e espessura da polpa (EP), ao final do ciclo de cultivo, em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) .....                                                                                                  | 36 |
| Tabela 5. Resumo da análise de variância para matéria fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA), diâmetro do colo (PMF) e peso médio dos frutos (EP) do meloeiro submetido a três níveis de salinidade da água de irrigação e três épocas de início da aplicação da salinidade (EA).....                                                                                                                                       | 38 |
| Tabela 6 – Efeito da salinidade da solução nutritiva sobre a matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, peso médio dos frutos (PMF) e espessura de polpa (EP). Valores médios calculados entre diferentes épocas de aplicação da salinidade. ....                                                                                                                                                                      | 39 |
| Tabela 7 – Médias das variáveis matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, peso médio dos frutos (PMF) e espessura de polpa (EP) do meloeiro em função das Fases de exposição à salinidade (FS).....                                                                                                                                                                                                                   | 40 |
| Tabela 8 – Médias de matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, peso médio de fruto (PMF) e espessura de polpa (EP), médias em relação ao tratamento testemunha.....                                                                                                                                                                                                                                                   | 40 |
| Tabela 9 – Resumo da análise de variância para produção total de frutos (PTF), produção de frutos comerciais (PFC), produção de frutos não comerciais (PFNC), total de frutos comerciais (TFC), não comerciais (TFNC), massa seca da haste (MSH) e massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de tomate, cv. ‘Samambaia’, ao final do ciclo de cultivo, em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) ..... | 45 |
| Tabela 10 – Resumo da análise de variância para matéria fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA), diâmetro do colo (DC) e produção de frutos (PF) do tomateiro submetido a três níveis de salinidade da água de irrigação e três épocas de início da aplicação da salinidade (EA).....                                                                                                                                        | 48 |
| Tabela 11 – Efeito da salinidade da solução nutritiva sobre a matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, produção de frutos (PF) e diâmetro do colo (DC). Valores médios calculados entre diferentes épocas de aplicação da salinidade.....                                                                                                                                                                            | 49 |
| Tabela 12 – Médias das variáveis matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, produção de frutos (PF) e diâmetro do colo (DC) do tomateiro em função da época de início da aplicação da salinidade (EA). ....                                                                                                                                                                                                            | 50 |
| Tabela 13 – Matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea e, produção (PR) e diâmetro do colo (DC), médias em relação ao tratamento testemunha.....                                                                                                                                                                                                                                                                        | 51 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Vista da área experimental.....                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 23 |
| Figura 2 - Unidade de dessalinização (A) e local de coleta do rejeito da dessalinização (B)...                                                                                                                                                                                                                                        | 24 |
| Figura 3 – Sistema de tutoramento das plantas (A) e disposição das parcelas experimentais no ambiente (B) .....                                                                                                                                                                                                                       | 25 |
| Figura 4 – Detalhe da diluição dos fertilizantes (A) e adição de micronutrientes no reservatório principal (B).....                                                                                                                                                                                                                   | 27 |
| Figura 5 – Detalhe da fertirrigação por inundação (A) e do tensiômetro (B).....                                                                                                                                                                                                                                                       | 28 |
| Figura 6 – Condução do meloeiro (A) e do tomateiro e do tensiômetro (B) em haste unica..                                                                                                                                                                                                                                              | 28 |
| Figura 7 – Poda do ramo do fruto (A) e acondicionamento dos frutos (B).....                                                                                                                                                                                                                                                           | 29 |
| Figura 8 – Detalhe da cultivar de crescimento indeterminado (A) e do raleio dos fruto do tomateiro (B). .....                                                                                                                                                                                                                         | 30 |
| Figura 9 – Comportamento da altura (A) e diâmetro do colo (B) em função da CEsol ( $\text{dS m}^{-1}$ ) e da idade das plantas ..                                                                                                                                                                                                     | 35 |
| Figura 10 – Peso médio dos frutos (A) e espessura da polpa (B) em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol $\text{dS m}^{-1}$ ).....                                                                                                                                                                              | 37 |
| Figura 11 – Parâmetros fisiológicos em plantas de melão ( <i>Cucumis melo</i> L., cv. AF 015), submetido a diferentes concentrações salinas da solução nutritiva.....                                                                                                                                                                 | 42 |
| Figura 12 – Eficiência no uso da água em função do aumento da concentração salina da solução nutritiva. ....                                                                                                                                                                                                                          | 43 |
| Figura 13 – Diâmetro do colo (A) e altura da haste (B) de plantas de tomate cereja, cv. ‘Samambaia’, ao longo do ciclo de cultivo, para cada nível de salinidade da solução nutritiva (CEs).....                                                                                                                                      | 44 |
| Figura 14 – Consumo hídrico, durante o ciclo, em função dos dias após o transplântio do tomate cereja (A) e consumo hídrico total em função da salinidade da solução nutritiva com a adição de rejeito salino (B).....                                                                                                                | 44 |
| Figura 15 – Produção total de frutos (A), produção de frutos comerciais (B), total de frutos comerciais (C), não comerciais (D), massa seca da haste (E) e matéria seca da parte aérea (F) de plantas de tomate, cv. ‘Samambaia’, ao final do ciclo de cultivo, em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol)..... | 46 |

Figura 16 – Produção total (A) e comercial relativas (B) (PTr e PCr, respectivamente) de tomate cereja, cv. ‘Samambaia’, em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEs).....47

Figura 17 - Concentração do extrato de saturação do substrato ao final do ciclo de cultivo em função da salinidade da solução nutritiva nas diferentes épocas de início de aplicação.....52

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                                                    | <b>11</b> |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                                                                                                         | <b>14</b> |
| 2.1 SEMIÁRIDO BRASILEIRO .....                                                                                                                               | 14        |
| 2.2 RECURSOS HÍDRICOS ESCASSOS .....                                                                                                                         | 15        |
| 2.3 SALINIDADE .....                                                                                                                                         | 15        |
| 2.4 DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS SALOBRAS .....                                                                                                      | 17        |
| 2.5 HIDROPONIA COM UTILIZAÇÃO DE ÁGUA SALINA .....                                                                                                           | 18        |
| 2.6 A CULTURA DO MELÃO .....                                                                                                                                 | 19        |
| 2.7 A CULTURA DO TOMATE .....                                                                                                                                | 20        |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                                                                                                            | <b>23</b> |
| 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....                                                                                                   | 23        |
| 3.2 ESTRUTURA EXPERIMENTAL .....                                                                                                                             | 24        |
| 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO SUBSTRATO.....                                                                                                                         | 25        |
| 3.4 PRODUÇÃO DAS MUDAS.....                                                                                                                                  | 26        |
| 3.5 PREPARO E MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA .....                                                                                                              | 26        |
| 3.6 MANEJO DA FERTIRRIGAÇÃO .....                                                                                                                            | 27        |
| 3.7 CONDUÇÃO DAS PLANTAS.....                                                                                                                                | 28        |
| 3.8 EXPERIMENTOS REALIZADOS.....                                                                                                                             | 30        |
| <b>3.8.1 Experimento I: Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva.....</b>              | <b>30</b> |
| <b>3.8.2 Experimento II: Concentração salina e fases de exposição à salinidade do meloeiro cultivado em substrato de fibra de coco .....</b>                 | <b>32</b> |
| <b>3.8.3 Experimento III: Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização .....</b>                             | <b>33</b> |
| <b>3.8.3 Experimento IV: Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva em diferentes épocas de aplicação.....</b> | <b>34</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                                                                                                        | <b>36</b> |
| 4.1 EXPERIMENTO I: PRODUÇÃO DE MELÃO RENDILHADO EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA EM SOLUÇÃO NUTRITIVA. ....                      | 36        |
| 4.2 EXPERIMENTO II: CONCENTRAÇÃO SALINA E FASES DE EXPOSIÇÃO À SALINIDADE DO MELOEIRO CULTIVADO EM SUBSTRATO DE FIBRA DE COCO:                               | 38        |
| 4.3 EXPERIMENTO III: CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE TOMATE CEREJA EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM REJEITO DE DESSALINIZAÇÃO:.....                                      | 44        |
| 4.4 EXPERIMENTO IV: PRODUÇÃO DE TOMATE HIDROPÔNICO UTILIZANDO REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE APLICAÇÃO: .....        | 49        |
| <b>5 CONCLUSÕES.....</b>                                                                                                                                     | <b>55</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                                                                     | <b>56</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a agricultura foi impulsionada a desenvolver suas próprias pesquisas, cometendo alguns erros, como por exemplo, buscar informações apenas para culturas de grande rentabilidade, muitas vezes esquecendo regiões que realmente precisam de alguma solução para a agricultura, que podem ser vistas como regiões para a expansão agrícola, como a região semiárido nordestina, especificamente a semiárida brasileira, que sofre com a escassez de água tanto em quantidade quanto em qualidade. Atualmente, a realidade já mostra o Brasil como um País destacado no cenário científico da agricultura, assegurando-se tecnologia própria, cujo reflexo no campo é a exteriorização de muitas das suas potencialidades agrícolas.

Em todo o mundo, em razão da crescente demanda por água, cada vez mais se testemunha a utilização de águas caracterizadas como de qualidade inferior, sendo essas: efluentes de sistemas de drenagens urbana e rural, esgoto, águas salobras e rejeito de dessalinizadores. No ambiente semiárido brasileiro, devido à escassez de águas superficiais, o grande desafio é promover o abastecimento de água às famílias rurais e garantir a produção de alimentos. O uso de águas subterrâneas é uma alternativa viável para garantir o acesso dessas comunidades à água, a partir de investimentos públicos na perfuração de poços tubulares. Entretanto, essas fontes hídricas apresentam na maioria dos casos restrições de uso para o consumo humano (AYERS; WESTCOT, 1999), por apresentarem problemas de salinidade.

Várias pesquisas tratam da possibilidade de utilização de águas salobras na agricultura. No mesmo instante que algumas visam estudar a tolerância das culturas aos sais, sendo base para estudos de viabilidade técnica de produção e rendimento comercial, outras buscam investigar o impacto da aplicação dessas águas diretamente ao solo, tornando-se o referencial para estudos de viabilidade ambiental.

Na região produtora de frutas do Rio Grande do Norte, é comum a substituição de água boa qualidade, isto é, de baixa condutividade elétrica, por água salobra dos poços rasos devido ao baixo custo. Como alternativa para amenizar o efeito negativo do uso dessa água, a mistura com água de boa qualidade, pode permitir a irrigação de áreas maiores, mas não diminui o total dos sais, tornando-se imprescindível, investigações sobre o uso racional destas

águas salobras, pois a sua utilização indiscriminada pode salinizar os solos, agravando os problemas de desertificação (DIAS et al., 2007).

Outra alternativa encontrada, para suprir a necessidade por águas de boa qualidade das comunidades rurais de Mossoró-RN, as quais são abastecidas com água proveniente do aquífero Jandaíra, que há concentração elevada de sais; é o emprego de equipamentos dessalinizadores, capazes de reduzirem a níveis muito baixos de sais as águas captadas destes poços subsuperficiais, viabilizando sua utilização para o consumo humano. A tecnologia amplamente utilizada tem sido a dessalinização por osmose reversa e, essa técnica tem um fator limitante que é a produção de um rejeito de água com alta salinidade, o qual necessita ser utilizado de forma ambientalmente correta, possibilitando, sempre que possível, a produção de alimentos.

Numa agricultura intensiva e sustentável, como imaginada com o sistema hidropônico, poderia gerar recursos para a aquisição e manutenção do dessalinizador, possibilitando ainda, para dar um destino mais ambientalmente correto as suas águas residuárias, a produção vegetal, seja para alimentação humana ou animal. Em se comprovando a viabilidade técnica do uso de águas salobras em sistemas hidropônicos, pode ser possível viabilizar a construção de tanques de evaporação para o efluente final do processo, empregando recursos gerados na própria atividade.

O aproveitamento do rejeito da dessalinização em solução nutritiva em cultivos hidropônicos de hortaliças é uma opção bastante promissora para dispor esse resíduo. Isso porque, e de acordo com Soares (2006), apesar da alta concentração de sais no rejeito e do seu poder de contaminação, a tolerância das plantas à salinidade em sistemas hidropônicos pode ser maior em relação ao sistema convencional, pois é menor ou inexistente o efeito do potencial mátrico sobre o potencial total da água na hidroponia, o que pode reduzir a dificuldade de absorção de água e nutrientes pelas plantas com consequente aumento da salinidade limiar da cultura. Nesse sentido, em sistemas hidropônicos, espera-se que culturas, sobretudo de ciclo rápido, proporcionem o uso sustentável de águas salinas, naturais ou residuárias provenientes do processo de dessalinização.

Em se provando a viabilidade econômica e ambiental, ter-se-ia disponível para os agricultores, sobretudo os inseridos na região semiárida do Nordeste, uma alternativa de agricultura mais condizente à sua realidade. A garantia da subsistência e o excedente disponível para venda poderiam fortalecer não apenas a agricultura familiar e micro-

empresarial na região, mas aquecer também os comércios locais, com a expansão de mercados para produtos e serviços, preservando os recursos naturais, que se reduzem com a agricultura intensiva e o extrativismo, não obstante contribuintes da desertificação de áreas, antes agricultáveis.

Um grande desafio para a pesquisa, seria contribuir para amenizar da escassez de água para consumo humano e para o desenvolvimento de sistemas sustentáveis de produção de forragens e alimentos com águas salinas. A possibilidade de utilização de águas de qualidade marginal permitirá a disponibilização de água doce para abastecimento humano e a identificação e obtenção de genótipos tolerantes a sais possibilitarão o surgimento de perspectivas para produção de alimentos vegetais de consumo direto pela população e alimentação animal, gerando proteínas necessárias ao uso humano.

Levando-se em consideração estes e outros aspectos, objetivou-se nesta pesquisa, aumentar informações sobre o potencial de utilização de águas salobras em hidroponia, e também, buscando informações sobre as respostas das culturas do melão (*Cucumis melo* L.) e do tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) às águas salobras, cultivadas em fibra de côco sob condições protegidas; sendo estas, de fundamental importância para aperfeiçoar os investimentos em produções hidropônicas, principalmente no semiárido brasileiro.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SEMIÁRIDO BRASILEIRO

O Semiárido brasileiro representa 18% do território nacional e abriga 29% da população nacional. Possui uma extensão de 858.000 km<sup>2</sup>, representando cerca de 57% do território nordestino, sendo que a área designada como Polígono das Secas (ocorrência de secas periódicas) é estimada em 1.083.790,7 km<sup>2</sup>. No Semiárido, vivem 18,5 milhões de pessoas, com destaque para o fato de que 8,6 milhões pertencem à zona rural, caracterizada por alta vulnerabilidade, já que estão entre os mais pobres da região, com índices de qualidade de vida muito abaixo da média nacional. Sua densidade demográfica de 20 hab/km<sup>2</sup> não parece elevada quando comparada com a média nordestina que é de 28 hab/km<sup>2</sup>. Contudo, tomando por base outras regiões semiáridas no mundo, apresenta-se como uma das mais elevadas. Acresçam-se a esse fato as próprias características naturais ali predominantes. Longe de se caracterizar como um espaço homogêneo, o semiárido pode ser apresentado como um "grande mosaico"(SUDENE, 2004).

O Semiárido nordestino, tem como traço principal as frequentes secas que tanto podem ser caracterizadas pela ausência, escassez, alta variabilidade espacial e temporal das chuvas. Não é rara a sucessão de anos seguidos de seca. Geoambientalmente além das vulnerabilidades climáticas do semiárido, grande parte dos solos encontra-se degradada. Os recursos hídricos caminham para a insuficiência ou apresentam níveis elevados de poluição. A flora e a fauna vêm sofrendo a ação predatória do homem. E os frágeis ecossistemas regionais não estão sendo protegidos, ameaçando a sobrevivência de muitas espécies vegetais e animais e criando riscos à ocupação humana, inclusive associados a processos, em curso, de desertificação (SUASSUNA, 1999)

As regiões áridas e semiáridas do planeta geralmente são pobres e de agricultura subdesenvolvida. Nestas regiões, além da limitação de água ocorrem, também, com frequência, solos com sérias limitações. Com relação ao rendimento agrícola, as regiões semiáridas normalmente não podem competir com as úmidas, de modo que são consideradas terras marginais. As tentativas para produção de alimentos nestas áreas, geralmente, fracassam por ocasião das secas, o que provoca a desorganização da economia da região e agrava os sérios problemas sociais já existentes. A produção de alimentos deve ficar restrita às áreas passíveis

de irrigação, diminuindo, assim, os riscos de fracasso e proporcionando uma produção constante e de maior produtividade (MENDES, 1986).

## 2.2 RECURSOS HÍDRICOS ESCASSOS

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

A escassez de água é um problema ambiental cujos impactos tendem a ser cada vez mais graves caso o manejo dos recursos hídricos não seja revisto pelos países. Nas regiões mais secas da Terra, as populações locais vivem numa situação que se convencionou chamar de "estresse hídrico". Trata-se de uma combinação de fatores ambientais (como a falta de chuvas) e socioeconômicos (alto crescimento demográfico) que resulta em crescimento exponencial da população e consequente redução da quantidade de água per capita. Isso nem sempre ocorre, porém, em razão da falta de 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 duplica a cada 20 anos (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000). Segundo Rebouças (1999), 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.

Sabe-se que a escassez de água no semiárido nordestino é um problema que exige uma resposta prioritária. Sua causa está relacionada à baixa pluviosidade e irregularidade das chuvas da região e uma estrutura geológica que não permite acumular satisfatoriamente água no subsolo, o que interfere, até mesmo, no regime dos corpos hídricos. Em virtude do solo, a água apresenta, na maioria das vezes, salinidade elevada – com teores de cloreto acima de 1.000 mg/L – o que a torna imprópria ao consumo humano (SUASSUNA, 1999).

## 2.3 SALINIDADE

De acordo com a FAO (2000), a salinidade é um problema que atinge cerca de 50 dos 230 milhões de hectares da área irrigada do globo terrestre, trazendo sérios prejuízos para a produção agrícola, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, onde cerca de 25% da área irrigada já se encontram salinizados. No Brasil, aproximadamente nove milhões de hectares são afetados pela presença de sais, cobrindo sete Estados. Sendo o estado com maior área o da Bahia, em torno de 45% do total, seguido pelo Estado do Ceará, com 25% da área total do País (GHEYI; FAGERIA, 1997).

Os sais exercem efeitos gerais e específicos nas plantas e influenciam seu crescimento e produção; além disso afetam também as propriedades físico-químicas dos solos que por sua vez, abalam a adequabilidade desses solos, como meio de crescimento para as plantas. A redução no crescimento é consequência de respostas fisiológicas, incluindo-se modificações no balanço de íons, potencial hídrico, nutrição mineral, fechamento estomático, eficiência fotossintética e alocação de assimilados (FLOWER ET al., 1986; BETHKE; DREW, 1992).

O excesso de sais na zona radicular tem, geralmente, efeito deletério no crescimento das plantas, manifestado com redução equivalente nas taxas de transpiração e de crescimento (incluindo-se expansão celular, síntese de metabólitos e componentes estruturais). Este efeito está relacionado, acima de tudo, à concentração eletrolítica, e independe da composição específica do soluto. A hipótese que parece adequar-se melhor às observações, é que a salinidade excessiva reduz o crescimento da planta, por causar aumento no dispêndio de energia para absorver água do solo e realizar os ajustes bioquímicos necessários para sobreviver em condições de estresse. Esta energia é desviada dos processos que conduzem ao crescimento e a produção (FAO, 1992).

A escassez de água, em algumas localidades, está exigindo que águas de qualidade inferior sejam utilizadas, principalmente, na irrigação. Neste caso, a utilização dessas águas fica condicionada à tolerância das culturas à salinidade e ao manejo de práticas como irrigação e adubação, com vistas a se evitar impactos ambientais, com consequentes prejuízos às culturas e à sociedade.

Uma alternativa para esta situação seria misturar águas de boa e de qualidade inferior, e assim, possibilitar sua disponibilização para as culturas. Essa mistura pode permitir a irrigação de áreas maiores, mas não diminui o total dos sais; por esta razão, tornam-se imprescindíveis investigações sobre o uso racional das águas salobras, pois a sua utilização

indiscriminada pode salinizar os solos, agravando os problemas de desertificação (DIAS et al., 2007).

## 2.4 DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS SALOBRAS

A produtividade agrícola sustentável e o abastecimento de água potável é o maior desafio das comunidades rurais da região semiárida do Brasil, que são caracterizadas pela escassez de recursos hídricos de boa qualidade. Numa tendência observada há alguns anos, os Governos Federal e Estaduais têm procurado instalar equipamentos de dessalinização das águas salobras subterrâneas, objetivando a geração de água doce para o abastecimento de comunidades isoladas no nordeste.

O método usado para a dessalinização no Nordeste tem sido, predominantemente, o processo de osmose reversa (PORTO; AMORIM; ARAÚJO, 2004). Amorim et al. (2001) atribuem o predomínio da osmose reversa à simplicidade e robustez do equipamento; aos baixos custos de instalação e operação, incluindo o consumo de energia e de mão-de-obra na operação; à capacidade de tratar volumes baixos ou moderados de água bruta; à elevada taxa de recuperação; à continuidade do processo e à excelente qualidade da água tratada.

Muitas comunidades rurais em Mossoró-RN, são abastecidas com água de concentração elevada de sais (MEDEIROS et al., 2003), a qual é tratada via dessalinização. Para a dessalinização por osmose reversa, dois aspectos são fundamentais, de acordo com Juan (2000): a existência de fonte de energia para vencer o potencial osmótico da água salobra/salina, ou seja, para ‘inverter a direção’ que ocorreria na osmose; e a qualidade da membrana semipermeável que irá separar os sais.

Independentemente da eficiência da membrana e da estrutura instalada dos dessalinizadores, o sistema de osmose reversa produzirá sempre a água potável, e também a água residuária (rejeito, salmoura ou concentrado); estimada em aproximadamente 60% da água bruta inicialmente tratada por osmose reversa, com concentração de sais superior à salinidade da água original. No Brasil, o rejeito da dessalinização não está recebendo, na quase totalidade dos casos, qualquer tratamento; mesmo assim, está sendo despejado no solo, propiciando alto acúmulo de sais nas camadas superficiais do terreno (PORTO et al., 2001). Dessa forma, a busca por alternativas racionais que viabilizem o reuso de águas residuárias se faz a cada dia mais necessária, tanto do ponto de vista ambiental como do ponto de vista

econômico, sobretudo em regiões áridas e semiáridas onde os recursos hídricos são bastante escassos (BEZERRA, 2009).

Conforme Mickley (2004), a escolha da melhor opção para se dispor o rejeito da dessalinização deve atender às disponibilidades locais (terra, compatibilidade das águas receptoras e distância), às disponibilidades regionais (geologia, leis estaduais, geografia e clima), ao volume de concentrado, aos custos envolvidos, à opinião pública e à permissibilidade. Riley et al. (1997) consideraram o cultivo de plantas halófitas a melhor opção para dispor o rejeito da osmose reversa. Soares et al. (2006) sugere o uso da água do rejeito para o cultivo de plantas tolerantes à salinidade em recipientes de cultivo, o que minimiza o acúmulo dos sais no ambiente, pois estes seriam levados com o recipiente de cultivo durante sua comercialização.

Outra opção para dispor o rejeito da dessalinização é a sua utilização na solução nutritiva em cultivos hidropônicos de hortaliças, já que a tolerância das plantas à salinidade em sistemas hidropônicos é maior em relação ao sistema convencional, pois a inexistência do potencial mátrico sobre o potencial total da água irá reduzir a dificuldade de absorção de água pelas plantas (Soares, 2007). Também, a própria estrutura da hidropônica funciona como um sistema de drenagem e, os sais acumulados ao final do cultivo podem ser facilmente descartados para fora do sistema. Assim, os sistemas hidropônicos permitem o uso das águas de rejeito dos dessalinizadores, viabilizando uma atividade produtiva geradora de renda para as comunidades rurais com maior segurança ambiental.

## 2.5 HIDROPONIA COM UTILIZAÇÃO DE ÁGUA SALINA

Os sistemas hidropônicos de produção de plantas atualmente em uso passaram por diversas modificações desde as primeiras experiências realizadas há décadas, para se adaptarem às condições ambientais e sócioeconômicas das distintas regiões de produção. Dentre essas adaptações, destacam-se a opção pela circulação contínua ou intermitente da solução nutritiva, o emprego de diferentes materiais como substratos e a aeroponia (MARTINEZ, 1999; MALFA; LEONARDI, 2001). Na origem dessas modificações, identifica-se o objetivo comum de buscar uma maior adaptação do sistema de cultivo às condições ambientais, visando otimizar o crescimento, o desenvolvimento e/ou a qualidade dos produtos vegetais. Outros fatores como o consumo de energia e as exigências laborais

para a condução e o manejo das culturas, também, podem ser determinantes na escolha do sistema de produção a ser empregado.

No Brasil, poucos são os trabalhos cujo objeto de estudo é o cultivo hidropônico utilizando águas salinas. Os efeitos da salinidade sobre a produção vendável, que na prática é de maior interesse aos agricultores, é um tema pouco abordado. Além disso, extrapolar os valores de tolerância aos sais, determinados nos cultivos em solo, para o hidropônico seria um equívoco, podendo representar sub-aproveitamento das potencialidades das águas e das espécies de interesse.

Os cultivos hidropônicos podem constituir uma vantagem quando se utiliza água salobra, pois neste sistema, inexistente o potencial mátrico, devido ao estado de saturação que as plantas estão submetidas, fato que possibilita o aumento da tolerância das culturas à salinidade (SOARES, 2007). A salinidade afeta o desempenho das plantas pelo déficit de água, toxidez provocadas por íons, desequilíbrio nutricional (MUNNS; TERMAAT, 1986) e indiretamente mediando competições interespecíficas (PENNING; CALLAWAY, 1992).

Além disso, no sistema hidropônico o rejeito da dessalinização de água já está captado, podendo ser diluído para recirculação e irrigar outras culturas ou ainda ser facilmente direcionado para concentração em tanques de evaporação, evitando seu despejo no solo. Com isso, espera-se que os cultivos de plantas em sistema hidropônico proporcionem o uso sustentável das águas salobras provenientes da dessalinização.

Quando o objetivo é aproveitar águas salinas tem-se preferido escolher as culturas que são classificadas como tolerantes e de ciclo curto, para que os efeitos da salinidade na planta sejam menores e não reduzam tanto a produção (SOARES, 2007).

## 2.6 A CULTURA DO MELÃO

O meloeiro pertence à família Curcubitaceae, gênero *Cucumis* e espécie *Cucumis melo* L. O melão parece ser uma espécie originária da África do Sul, pois é possível encontrar uma grande variedade de forma; a Índia é considerada um centro secundário de diversificação, mas é onde existe uma maior variabilidade genética para os melões; outros centros secundários são: China, Iran, Afeganistão e Paquistão (ÁLVAREZ, 1997).

É classificada como uma planta anual, herbácea, trepadeira ou rasteira (ARAÚJO, 1980). O sistema radicular é bastante ramificado, vigoroso e pouco profundo, sendo que a

maioria das raízes está situada na camada de até 20 a 30 cm de profundidade do solo (JOLY, 1993). Possui folhas de tamanho e forma bastante variados, mas em geral, grandes, palmadas pentalobadas, possuindo gavinhas nas axilas; e as flores podem ser monóicas, ginóicas, andromonóicas e hermafroditas (JOLY, 1993). O ovário é ínfero, e devido o grão de pólen apresentar certa viscosidade, necessita-se da abelha como polinizador (PEDROSA, 1997). O meloeiro é uma cultura de clima tropical, exigente em calor e insolação com baixa umidade relativa do ar para o seu desenvolvimento e produção.

O melão vem se destacando nos últimos anos como uma das principais olerícolas cultivadas no semiárido nordestino, tendo como principais produtores os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará, que responderam em 2005 com aproximadamente 79% da produção nacional (IBGE, 2007). Ferrari et al. (2005) relatam que a Região Nordeste é responsável por 95% da produção nacional, sendo que o estado do Rio Grande do Norte concentra cerca de 65% da produção total brasileira, além de se destacar como um dos maiores pólos exportadores de melão do país.

No Estado do Rio Grande do Norte, a cultura do melão ocupa uma área de 12.000 hectares no eixo Assú-Mossoró-Baraúnas, gerando 28.000 empregos diretos e 52.000 empregos indiretos (SET, 2005). Em 2006 foi o produto 1º lugar na pauta de exportações do Estado, representando 15,64 % do total, com faturamento FOB de 58 milhões de dólares, correspondente a venda de 115.800 t (SECEX, 2007) citados por Brasil et al., (2008).

O meloeiro é considerado moderadamente sensível ao estresse salino, apresentando salinidade limiar ao redor de  $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ , isto é sem sofrer redução significativa (PIZARRO, 1990). Alguns estudos revelaram ser bastante comum redução em sua produtividade, quando irrigado com água de elevada concentração salina (NAVARRO et al., 1999; AMOR et al., 1999).

## 2.7 A CULTURA DO TOMATE

O tomateiro é uma hortaliça da família das Solanáceas, do gênero *Lycopersicon*, e possui a maior parte do sistema radicular situado até 35 cm de profundidade, sendo mais superficial para plantas transplantadas. As folhas são alternadas, compostas de número ímpar de folíolos, peciolados e de borda serrilhada. O fruto é uma baga de tamanho e formato

variável, sendo dividido internamente em lojas ou lóculos, podendo ser uniloculares até pluriloculares. A cultura é originária da América do Sul, numa região compreendida entre o Equador e o norte do Chile e na Bolívia e no Peru, os Incas e os Maias já o conheciam como tomate. Desses países, as sementes seguiram para o sul do México, onde o tomateiro foi encontrado pelos espanhóis, em poder dos Aztecas. No Brasil, segundo Nagai (1989), o tomateiro teria sido introduzido há mais de um século, por meio da imigração italiana e portuguesa.

O tomateiro possui o hábito de crescimento indeterminado, existindo também cultivares de crescimento determinado. As plantas são tipicamente autógamas, com baixa porcentagem de polinização cruzada, que quando ocorre é resultado da ação de insetos polinizadores (GIORDANO; SILVA, 2000). Para o tomateiro são considerados cinco grupos: Santa Cruz, Industrial, Salada, Saladinha, e Cereja.

Os frutos do tomateiro do grupo cereja são pequenos e as plantas são de crescimento indeterminado com número de frutos por penca variando de 15 a 50; frutos redondos ou compridos pesando entre 10 e 30 g (DIEZ NICLOS, 1995). Por serem frutos que se destinam principalmente ao consumo fresco, os tomates cereja precisam possuir um sabor agradável (boa relação acidez / sólidos solúveis totais) e firmeza, o que permite um transporte adequado e o consumo como fruto inteiro em saladas.

O grupo santa cruz, as plantas apresentam crescimento indeterminado e podem atingir 2,5 metros de altura. A espécie cultivada é uma planta herbácea de caule mole e flexível, que não suporta o peso dos frutos na vertical e necessita, portanto, de tutoramento quando o cultivo se destina ao consumo in natura, não necessitando desta técnica para o cultivo destinado a indústria (PIMENTEL, 1985). Em consequência dessa especificidade, as cultivares de tomate são melhoradas visando uma melhor adaptabilidade ao local, à forma de cultivo e à sua finalidade para o consumo.

A produção mundial de tomate alcançou cerca de 100 milhões de toneladas, sendo que o Brasil ocupava a oitava posição no ranking mundial, com aproximadamente 3% da produção (CANÇADO JUNIOR, 2003). O elevado consumo se deve, principalmente, às suas qualidades organolépticas e a versatilidade culinária.

O acúmulo de sais no solo em cultivos protegidos é bastante comum devido, principalmente: às altas doses de fertilizantes aplicados, à falta de lixiviação dos sais acumulados após um cultivo e à utilização de águas de má qualidade (BLANCO, 2004). A

salinidade máxima do extrato de saturação do solo tolerada pelo tomateiro, é de  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$  (MAAS; HOFFMAN, 1977), embora possa existir resposta diferenciada à salinidade entre as diferentes cultivares (GORHAM, 1995; ALIAN et al., 2000). Sob salinidade moderada, a redução no rendimento do tomateiro se deve sobretudo à redução no peso médio de frutos, enquanto em condições de alta salinidade a redução na produtividade é resultado do menor número de frutos por planta; além disso, a salinidade aumenta a incidência de podridão apical (MARTINEZ et al., 1987; CUARTERO; MUÑOZ, 1999), tornando os frutos inutilizáveis tanto para consumo quanto para a indústria.

A exploração de culturas moderadamente sensíveis à salinidade (AYERS; WESTCOT, 1999), como o tomate, terá sua produção econômica de frutos, em condições de salinidade, dependente das práticas culturais adequadas e, também da habilidade das plantas em reagir aos efeitos salinos. Porém, a redução na produção de massa seca e na produtividade total e comercial em tomate com o aumento da salinidade tem sido reportada por diversos autores, tanto em solo (MALASH et al., 2002; CAMPOS et al., 2006; MAGAN et al., 2008; AL-BUSAIDI et al., 2009) como em cultivo hidropônico (AL-ERYANI, 2004; MAGGIO et al., 2007).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Visando avaliar a viabilidade da utilização de águas salinas na produção vegetal, foram conduzidos em ambiente protegido quatro experimentos em sistema hidropônico, utilizando-se fibra de coco como substrato. Nos dois primeiros foram avaliados o crescimento e produção da cultura do melão, tipo cantaloupe, cultivar AF 015. O terceiro experimento foi realizado com tomate tipo cereja (*Lycopersicon esculentum* L., cv. Samambaia) e o quarto com tomate tipo salada (grupo Santa Cruz, cv. Kada Gigante).

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Mossoró-RN, Brasil, localizada nas coordenadas geográficas de 5° 11' de latitude sul e 37° 20' de longitude oeste, com altitude média de 18 m. O clima da região, na classificação de Köppen, é do tipo BSw<sup>h</sup>, (quente e seco), com precipitação pluviométrica bastante irregular, média anual de 673,9 mm; temperatura de 27°C e umidade relativa do ar média de 68,9% (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995).

As parcelas experimentais foram alocadas em um ambiente protegido com cobertura em arco, com 6,4 m de largura, 18 m de comprimento e pé direito de 3,0 m, coberta com filme de polietileno de baixa densidade com aditivo anti-ultravioleta e espessura de 150 micras, protegida nas laterais com malha negra 50% (Figura 1).



**Figura 1** – Vista da área experimental  
Fonte: Pesquisa de campo, 2008-2010.

Para a realização dos experimentos, foram utilizadas três fontes diferentes de água. A água potável era proveniente do sistema de abastecimento público que abastece o campus da UFERSA. A água salobra, era obtida do poço artesiano profundo localizado no Departamento de Ciências Vegetais. Já a água de rejeito do dessalinizador era coletada na comunidade Puxa Boi, localizada em Mossoró-RN (Figura 2). Esta era transportada semanalmente da comunidade até o local do experimento em reservatório de 1000 litros, sendo esse o volume suficiente para a preparação da água de irrigação a ser usada durante uma semana. As características químicas das águas utilizadas nos experimentos estão expressadas na Tabela 1.



**Figura 2** – Unidade de dessalinização (A) e local de coleta do rejeito da dessalinização (B)  
Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010.

**Tabela 1.** Análise das águas utilizadas.

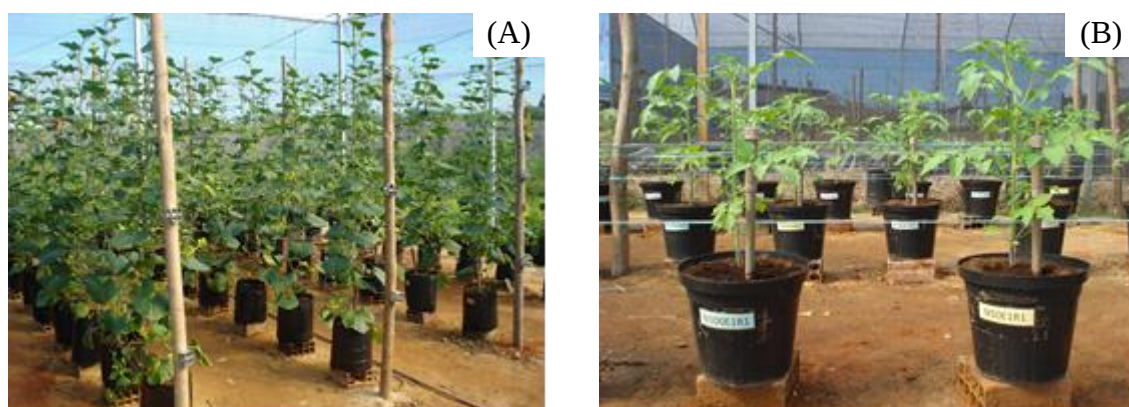
| FONTES                    | CE<br>(dS m <sup>-1</sup> ) | pH  | Ca                                            | Mg   | Na   | Cl   | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | RAS*<br>(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup> |
|---------------------------|-----------------------------|-----|-----------------------------------------------|------|------|------|-----------------|------------------|------------------------------------------------|
|                           |                             |     | .....mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> ..... |      |      |      |                 |                  |                                                |
| Abastecimento da UFERSA   | 0,46                        | 8,0 | 2,0                                           | 0,9  | 2,87 | 1,8  | 0,2             | 4,0              | 2,32                                           |
| Poço artesiano            | 3,79                        | 7,1 | 14,3                                          | 18,1 | 9,6  | 9,2  | 0,0             | 5,2              | 2,38                                           |
| Rejeito do dessalinizador | 5,96                        | 7,4 | 22,4                                          | 8,6  | 39,6 | 64,6 | 0,3             | 8,1              | 10,06                                          |

\*Relação de adsorção de sódio

### 3.2 ESTRUTURA EXPERIMENTAL

Em todos os ensaios a área experimental foi constituída de fileiras de plantas no interior do ambiente protegido, tendo-se a preocupação de deixar sempre bordaduras nas

extremidades. Além disso, foi adotado um sistema de tutoramento, sendo instalados mourões nas extremidades de cada fileira para amarração de três fios de arame com o intuito de tutorar as plantas das parcelas (Figura 3A). Cada parcela experimental foi composta de sacos ou vasos plásticos de 12 L cada, contendo uma camada de 2 cm de brita no fundo, recoberta com telado de nylon e preenchidos com 8 kg de fibra de coco. Os vasos foram posicionados de forma que as plantas ficassem espaçadas 0,50 m dentro das fileiras e 1,00 m entre fileiras de plantas (Figura 3B).



**Figura 3** – Sistema de tutoramento das plantas (A) e disposição das parcelas experimentais no ambiente (B)  
Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010.

Como reservatório dos tratamentos, foram usados cinco tanques com capacidade de 200 litros cada, permanecendo tampados para evitar o aquecimento e o desenvolvimento de algas nas soluções nutritivas, e a aplicação da fertirrigação era realizada manualmente por meio de recipientes graduados em mL.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO SUBSTRATO

Como substrato foi utilizado a fibra de coco (Golden Mix®), por apresentar propriedades bastante favoráveis ao cultivo hidropônico, destacando-se a capacidade de retenção de água. O material foi adquirido em sacos plásticos prensados de 200 L, sendo em seguida distribuída uma quantidade de 3,5 kg de fibra em cada vaso, sendo essa quantidade pesada em balança de precisão. Antes da utilização da fibra nas bandejas das mudas e nos vasos, realizou-se uma lavagem com água em abundância, visto que este material apresentava uma concentração salina um pouco elevada, além disso esta lavagem uniformizou a umidade,

percebendo também que esta apresentava inicialmente a propriedade de repelir a água, dificultando o controle da irrigação.

### 3.4 PRODUÇÃO DAS MUDAS

A produção das mudas foi realizada no mesmo local da realização dos experimentos. A técnica de produção não variou, visto que as sementes tanto de melão, como de tomate foram semeadas em bandejas de poliestireno de 128 células contendo fibra de coco como substrato e colocadas à sombra para germinação. Após a germinação as bandejas eram colocadas na parte central do ambiente protegido, de forma a expor as mudas a incidência plena dos raios solares. Diariamente eram realizadas duas fertirrigações, sendo aplicada pela manhã e à tarde, solução nutritiva básica (FURLANI, 1999) para o meloeiro e para o tomateiro. As mudas do meloeiro ficaram prontas para o transplântio no 14º dia após o plantio, já o transplântio das mudas do tomateiro foi realizado quando estas encontravam-se com quatro folhas definitivas.

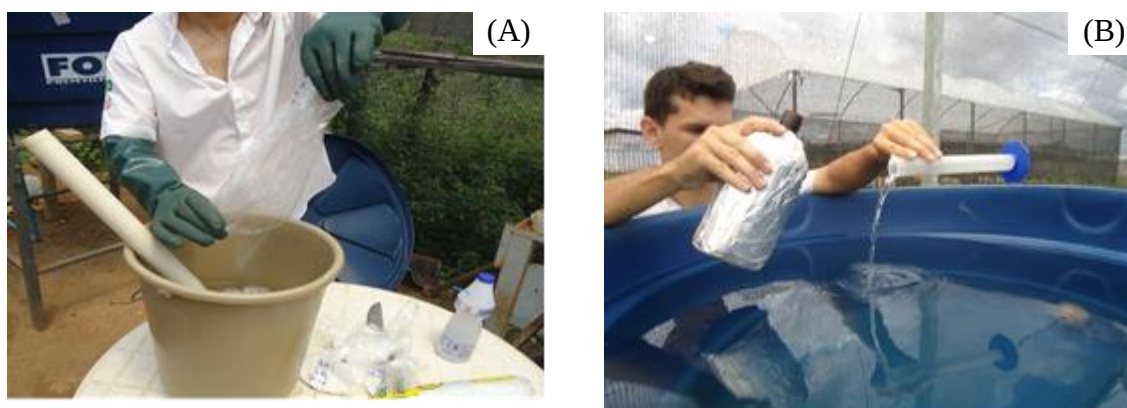
### 3.5 PREPARO E MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

A solução nutritiva utilizada seguiu as recomendações de Furlani et al. (1999), sendo uma solução específica para a cultura do melão e outra para o tomateiro, indiferente nas duas cultivares utilizada. A solução padrão recomendada para o cultivo de melão apresenta a seguinte composição para 1000 litros de água; 210,5 g de N; 270 g de K; 50 g de P; 170 g de Ca; 40 g de Mg; 52 g de S; 0,5g de B; 0,1g de Cu; 0,5g de Mn; 0,05 g de Mo; 0,3 g de Zn e 2,2 g de Fe. A do tomateiro apresenta: 169 g de N; 311 g de K; 62 g de P; 153 g de Ca; 43 g de Mg; 50 g de S; 0,3g de B; 0,05g de Cu; 0,5g de Mn; 0,05 g de Mo; 0,3 g de Zn e 4,3 g de Fe. Os componentes utilizados como fonte de macronutrientes e micronutrientes utilizados no preparo das soluções estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Componentes utilizados como fonte de macronutrientes e micronutrientes no preparo das soluções nutritivas.

| Componentes da Solução Nutritiva                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------|
| Nitrato de potássio (14% N, 44% K <sub>2</sub> O)                              |
| Sulfato de magnésio (10% Mg; 13% S)                                            |
| Nitrato de cálcio (15% N; 34% Ca)                                              |
| Fosfato monoamônico (60% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 12% NH <sub>4</sub> ) |
| Quelatec (mistura sólida de micronutrientes)                                   |

A solução nutritiva, juntamente com os tratamentos foram preparados semanalmente. Nesta ação, cada fertilizante foi diluído individualmente em um reservatório menor e em seguida adicionado ao reservatório principal (Figura 4A). A solução concentrada contendo os micronutrientes era preparada anteriormente, utilizando-se o composto Quelatec diluído em água destilada, sendo então mensurada uma alicota e adicionada ao reservatório principal (Figura 4B).



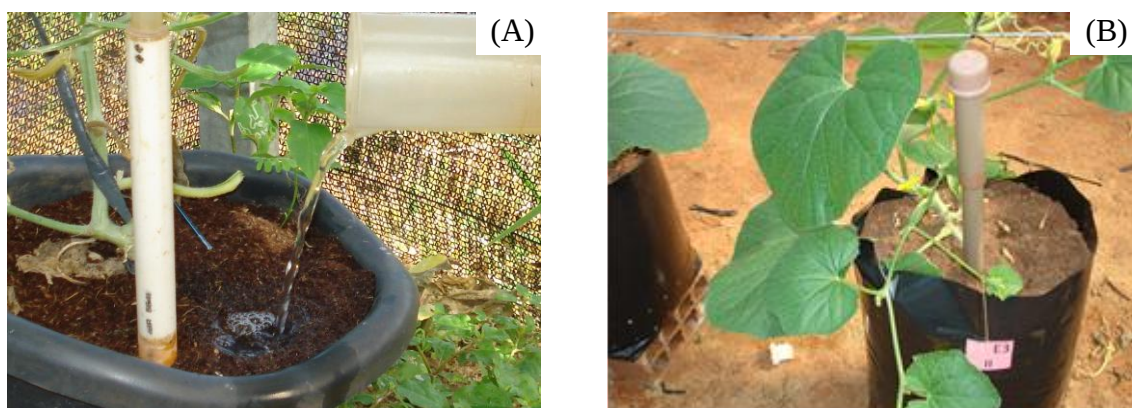
**Figura 4** – Detalhe da diluição dos fertilizantes (A) e adição de micronutrientes no reservatório principal (B)  
Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010.

Após adição dos macro e micro elementos, realizava-se então a regulação do pH e o registro da condutividade elétrica (CEsol dS m<sup>-1</sup>). O pH foi regulado para permanecer na faixa de 5,5 a 6,6.

### 3.6 MANEJO DA FERTIRRIGAÇÃO

A fertirrigação era feita diariamente por inundação (Figura 5A) utilizando-se uma proveta graduada para adicionar o volume de solução necessária para manter a umidade do

substrato próximo a capacidade de campo, definida como a quantidade de água que permanece no substrato logo após a drenagem do excesso de água. Calculou-se o volume de solução aplicado com base nos dados de umidade atual do substrato, obtidos com tensiômetros instalados a 20 cm de profundidade (Figura 5B) e da curva característica de retenção de água da fibra de coco, construída previamente.



**Figura 5** – Detalhe da fertirrigação por inundação (A) e do tensiômetro (B).  
Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010.

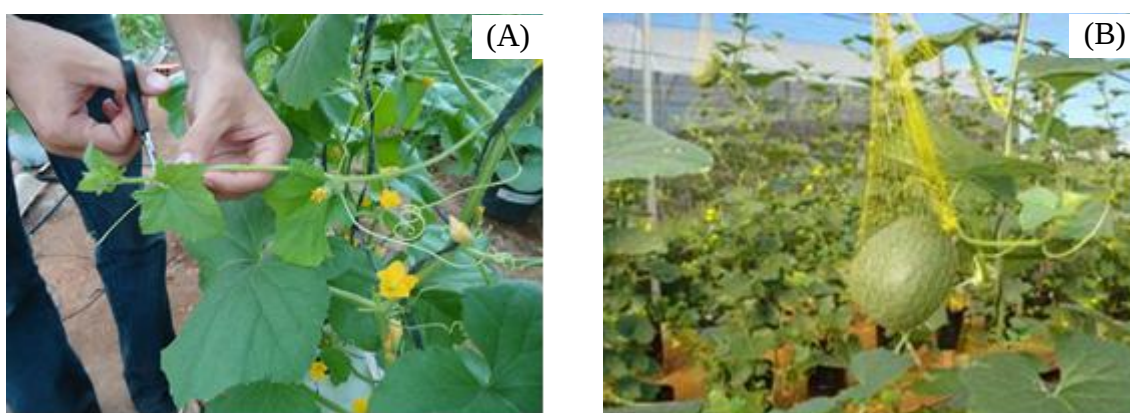
### 3.7 CONDUÇÃO DAS PLANTAS

Após o transplantio, as plantas foram conduzidas na vertical dentro do ambiente protegido. O tutoramento das plantas foi realizado utilizando-se fitilho plástico amarrado na base de cada planta e no arame. À medida que as plantas foram crescendo, enrolava-se o ramo no fitilho. Tanto o meloeiro como o tomateiro, foram conduzidos em haste única, ou seja, com apenas um ramo, o principal (Figura 6A e B).



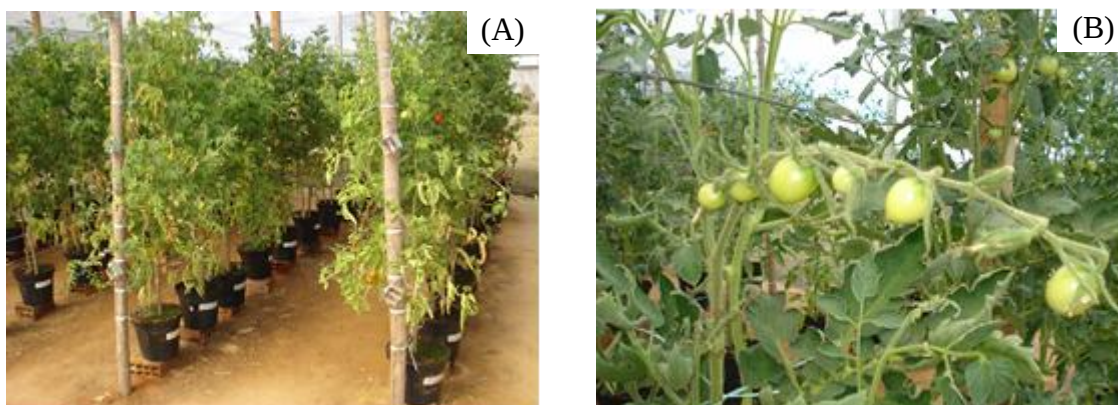
**Figura 6** – Condução do meloeiro (A) e do tomateiro (B) em haste única.  
Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010.

No meloeiro, a condução procedeu-se eliminando-se os excessos de brotações laterais até o 9º ramo (entre 0,6 a 0,7 m do colo da planta) por meio de podas a cada dois dias, deixando-se os demais brotos a partir daí, sendo essas brotações destinadas ao desenvolvimento dos frutos, podadas a partir da primeira folha após o fruto (Figura 7A). A polinização foi melitófila e espontânea, ou seja, durante a fase de florescimento as abelhas adentravam no ambiente protegido. Os frutos foram acondicionados em cestas plásticas (Figura 7B), presos à linha de arame, para ajudar a sustentação nas plantas e conferir melhor qualidade de casca, permitindo bom desenvolvimento dos frutos selecionados (raleio) ao longo do ciclo da cultura; após o raleio deixaram-se dois frutos por planta.



**Figura 7** – Poda do ramo do fruto (A) e acondicionamento dos frutos (B).  
Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010.

No tomateiro, a prática da poda é comum e utilizada exclusivamente em cultivares de crescimento indeterminado, sendo nesse caso realizada na cv. Kada Gigante (Figura 8A). Realizou-se poda apical ao redor de 1,80 m de altura, assim como foi realizado o raleio dos frutos (Figura 8B), deixando-se cerca de seis frutos até a quarto cacho e nos cachos superiores quatro frutos, de acordo com a recomendação de Alvarenga (2004). No caso do tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* L., cv. Samambaia), a medida que as plantas se desenvolviam foram sendo eliminadas algumas hastes e as folhas velhas da parte basal, para melhorar a luminosidade e circulação de ar.



**Figura 8** – Detalhe da cultivar de crescimento indeterminado (A) e do raleio dos frutos do tomateiro (B).  
Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010.

Utilizou-se, na poda, tesoura apropriada para cortes em hastes tenras. Esta era constantemente mergulhada em uma solução de água e álcool hidratado na proporção de 50 %, visando evitar transmissão de doenças. Além disso, foi realizado o tratamento fitossanitário do ramos com calda bordalesa, visando evitar a entrada de patógenos pelos ferimentos.

### 3.8 EXPERIMENTOS REALIZADOS

#### 3.8.1 Experimento I: produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva

Este trabalho, teve como objetivo avaliar a produção de melão rendilhado em sistema hidropônico em fibra de coco, com a adição de água de rejeito da dessalinização na solução nutritiva. Obtiveram-se as águas das soluções nutritivas com o rejeito da dessalinização da água, diluída ou não com água de abastecimento (D1 = água de abastecimento, D2 = 25% água de rejeito + 75% água de abastecimento, D3 = 50% água de rejeito + 50% água de abastecimento, D4 = 75% água de rejeito + 25% água de abastecimento e D5 = água de rejeito) que, após a adição dos fertilizantes, apresentavam condutividades elétricas iguais, respectivamente, a 2,1; 3,6; 4,9; 6,0 e 7,0  $\text{dS m}^{-1}$ , constituindo-se os cinco tratamentos experimentais aleatorizados em blocos com quatro repetições. Tendo-se um arranjo experimental constituído de seis fileiras de plantas, sendo as duas fileiras da extremidade designadas como bordadura

As características químicas das águas de rejeito, abastecimento e as diluições utilizadas no experimento, são descritos na Tabela 3.

**Tabela 3.** Análise das águas utilizadas na solução nutritiva

| Mistura        | CE<br>(dS m <sup>-1</sup> ) | pH  | Ca                                            | Mg  | Na   | Cl   | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | RAS*<br>(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup> |
|----------------|-----------------------------|-----|-----------------------------------------------|-----|------|------|-----------------|------------------|------------------------------------------------|
|                |                             |     | .....mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> ..... |     |      |      |                 |                  |                                                |
| D <sub>1</sub> | 0,46                        | 8,0 | 2,0                                           | 0,9 | 2,87 | 1,8  | 0,2             | 4,0              | 2,32                                           |
| D <sub>2</sub> | 2,23                        | 7,8 | 6,2                                           | 4,6 | 7,7  | 12,4 | 0,6             | 5,2              | 3,30                                           |
| D <sub>3</sub> | 3,78                        | 7,6 | 11,6                                          | 8,2 | 16,8 | 26,0 | 0,7             | 5,7              | 5,34                                           |
| D <sub>4</sub> | 5,02                        | 7,6 | 16,5                                          | 9,1 | 23,9 | 41,4 | 0,7             | 6,4              | 7,67                                           |
| D <sub>5</sub> | 5,96                        | 7,4 | 22,4                                          | 8,6 | 39,6 | 64,6 | 0,3             | 8,1              | 10,06                                          |

\*Relação de Adsorção de Sódio

A colheita dos frutos foi realizada aos 62 DAT, quando atingiram o ponto de maturação fisiológica, isto é, mudança de coloração da casca para acinzentada e rendilhamento em volta do pedúnculo.

Foram estimados, durante o experimento, a altura das plantas e o diâmetro do caule utilizando-se uma régua graduada e um paquímetro digital. No final do ciclo, foram estimados: a área foliar (AF) da planta de cada parcela experimental, utilizando-se o integrador de área foliar modelo LI-3100; o peso de matéria fresca da parte aérea (MFPA), através de balança de precisão e o peso de matéria seca da parte aérea (MSPA), pelo peso seco em estufa com circulação forçada de ar a 70°C, até atingir peso constante.

Para as análises de produção e os componentes de produção utilizaram-se todos os frutos da área útil da parcela e se avaliaram o peso médio de frutos (PMF), expresso em g fruto<sup>-1</sup>, e a espessura da polpa (EP), em mm.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância do programa SISVAR (FERREIRA, 2000), utilizando-se a análise de regressão e o teste de médias para as variáveis coletadas, com base no teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### **3.8.2 Experimento II: concentração salina e fases de exposição à salinidade do meloeiro cultivado em substrato de fibra de coco**

Objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos da salinidade da solução nutritiva em diferentes fases de desenvolvimento da cultura do meloeiro cultivado em substrato de fibra de coco sob condições de ambiente protegido.

A solução nutritiva foi preparada com águas de diferentes níveis de salinidade, sendo proveniente de água de abastecimento ( $CE = 0,52 \text{ dS m}^{-1}$ ), água de poço artesiano profundo ( $CE = 3,7 \text{ dS m}^{-1}$ ), mistura das águas e a adição de NaCl à água de poço. Após a obtenção das águas foram adicionados os fertilizantes da solução nutritiva básica.

As plantas de melão foram nutridas com soluções salinas de condutividades elétricas 1,1 (testemunha); 2,5; 4,0 e 5,5  $\text{dS m}^{-1}$  aplicadas durante as fases: crescimento vegetativo (10-30 dias após o transplantio-DAT); florescimento (31-50 DAT) e frutificação e maturação (51-70 DAT). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 10 tratamentos arranjados em esquema fatorial 3x3, mais testemunha, (níveis de salinidade x fases fenológicas e aplicação da solução nutritiva básica durante todo o ciclo da cultura), com três repetições.

A colheita dos frutos foi realizada aos 72 DAT, quando atingiram o ponto de maturação fisiológica, ou seja, mudança de coloração da casca de verde para acinzentada e ocorrência de rendilhamento em volta do pedúnculo. A produtividade foi relacionada com o peso médio de fruto (PMF) e a espessura da polpa (EP), por meio de balança eletrônica e paquímetro digital, respectivamente.

As matérias fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea da planta foram obtidas ao término do experimento retirando-se toda a parte vegetativa de cada planta, excluindo o sistema radicular, determinando-se a massa fresca e, posteriormente, a massa seca após secagem em estufa a  $65^\circ\text{C}$  até atingir peso constante. Também foram realizadas avaliações no que se diz respeito ao funcionamento fisiológico das plantas durante a fase de florescimento (31 a 50 DAT). Nesta ocasião, foram determinadas a taxa fotossintética, a condutância estomática, a transpiração, a concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  e a eficiência do uso da água, usando para isso um analisador de gás infravermelho (IRGA) LI-COR 6400 com fonte de luz constante de  $1.200 \mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão pelos programas ASSISTAT e SIGMA PLOT, sendo ajustadas equações (lineares e não lineares), sendo escolhida aquela com maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e possível explicação biológica.

### **3.8.3 Experimento III: crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização**

O experimento foi realizado, no período de março a junho de 2008, com o objetivo de avaliar o crescimento, consumo hídrico e a produção de tomate cereja em sistema hidropônico com fibra de coco utilizando rejeito da dessalinização.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições e cinco tratamentos, obtidos pelo acréscimo de rejeito da dessalinização da água salobra na solução nutritiva elaborada, que correspondeu a valores de condutividade elétrica da solução ( $CE_s$ ) de 2,1  $dS\ m^{-1}$  (sem a adição de rejeito salino), 3,55  $dS\ m^{-1}$  (25% de rejeito salino), 4,88  $dS\ m^{-1}$  (50% de rejeito salino), 6,02  $dS\ m^{-1}$  (75% de rejeito salino) e 6,96  $dS\ m^{-1}$  (100% de rejeito salino).

Semanalmente, realizavam-se medidas da altura das plantas, medindo-se a distância entre a superfície do solo e a gema apical, do diâmetro da haste, tomando-se como referência a região da haste localizada a 1 cm de altura em relação à superfície do solo, e do consumo hídrico, que foi estimado através das leituras do tensiômetro instalado a 20 cm de profundidade, utilizando uma curva característica do substrato estimada por meio de regressão exponencial simples.

Os frutos foram colhidos a partir dos 90 dias após o transplântio (DAT) quando completavam a maturação. Os frutos com podridão apical e os menores que 2 cm em uma das suas dimensões, foram classificados como não comerciais. O peso fresco dos frutos, comerciais e não comerciais, foram registrados individualmente. Ao final da colheita (127 DAT), foram coletadas as plantas de cada tratamento para determinação da área foliar (AF), utilizando o integrador de área foliar (Licor, LI-3100) e da matéria seca da parte aérea, após secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C.

Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão utilizando-se os programas computacionais SISVAR (FERREIRA, 2000) e SIGMA PLOT, respectivamente.

### **3.8.3 Experimento IV: produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva em diferentes épocas de aplicação**

O experimento foi conduzido de 19 de julho a 05 de novembro de 2009, com o objetivo de avaliar a produtividade e comportamento do tomateiro (grupo Santa Cruz, cv. Kada Gigante) em cultivo hidropônico, utilizando-se água de rejeito da dessalinização por osmose reversa na composição da solução nutritiva, em diferentes épocas de início da aplicação dos níveis de salinidade.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, aplicando-se três níveis de salinidade da solução nutritiva ( $S1 = 7,1$ ;  $S2 = 8,7$  e  $S3 = 10,1$   $\text{dS m}^{-1}$ ) iniciando-se em três diferentes épocas de desenvolvimento da cultura (EA), sendo estas épocas: 7; 32 e 58 dias após o transplântio (DAT), formando nove tratamentos, arrançados em um esquema fatorial  $3 \times 3$  (níveis de salinidade x época de início da aplicação da salinidade), mais a testemunha, correspondentes a seqüência:  $T1 = S1, S1$  e  $S1$ ;  $T2 = S0, S1$  e  $S1$ ;  $T3 = S0, S0$  e  $S1$ ;  $T4 = S2, S2$  e  $S2$ ;  $T5 = S0, S2$  e  $S2$ ;  $T6 = S0, S0$  e  $S2$ ;  $T7 = S3, S3$  e  $S3$ ;  $T8 = S0, S3$  e  $S3$  e  $T9 = S0, S0$  e  $S3$ , mais o tratamento testemunha, Test. =  $S0, S0$  e  $S0$  ( $S0 = 2,1$   $\text{dS m}^{-1}$ ), sendo que o 1º, 2º e 3º termos destes tratamentos correspondem às épocas de início da aplicação da solução salina.

Os três níveis de salinidade da solução nutritiva foram obtidos pela mistura de água de rejeito da dessalinização por osmose reversa (AR), coletada de uma unidade de tratamento de água salobra em uma comunidade rural localizada na zona rural de Mossoró-RN, com água de abastecimento (AA) proveniente do campus da Ufersa (CEa =  $0,52$   $\text{dS m}^{-1}$ ), nas seguintes proporções:  $S1 = 50\% \text{ AA} + 50\% \text{ AR}$ ;  $S2 = 25\% \text{ AA} + 75\% \text{ AR}$  e  $S3 = 100\% \text{ AR}$ , mais o  $S0 = 100\% \text{ AA}$  (Testemunha).

As variáveis analisadas foram produção de frutos (PF), obtido através da soma dos pesos dos frutos das duas colheitas realizadas (18 de outubro e 05 de novembro), o diâmetro do colo da planta (DC), e matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea da planta, que foram obtidas ao término do experimento, quando foi possível retirar toda parte vegetativa de cada planta, excluindo o sistema radicular, para ser pesada em balança eletrônica,

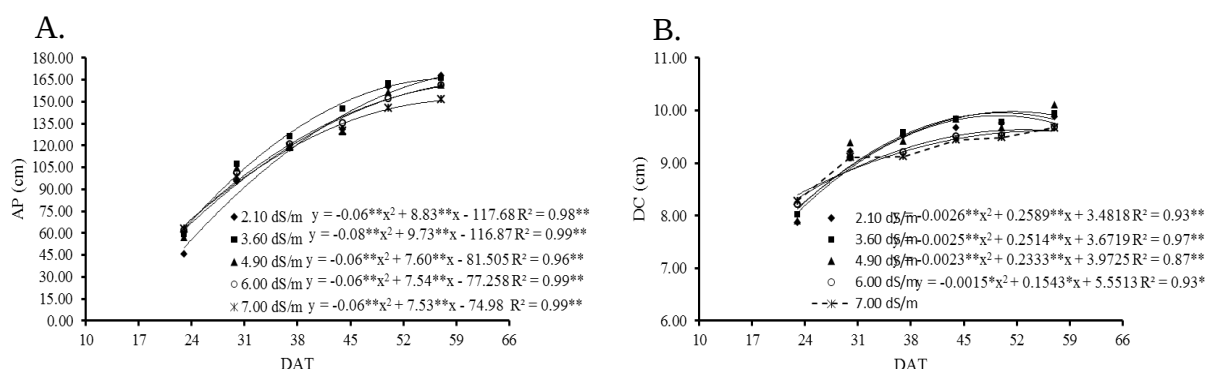
acondicionando o material em embalagens de papel e posta para secagem em estufa a 70 °C até peso constante.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa ASSISTAT®. Os efeitos dos diferentes níveis de salinidade, época de início da aplicação e a interação destes sobre as variáveis estudadas foram avaliados por métodos convencionais da análise de variância (teste F), aplicando-se os testes Tukey e Dunnet à 5% de probabilidade para comparação de médias para os casos em que ocorreu efeito significativo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 EXPERIMENTO I: PRODUÇÃO DE MELÃO RENDILHADO EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA EM SOLUÇÃO NUTRITIVA.

Ao longo do ciclo da cultura, a altura e o diâmetro do colo das plantas do meloeiro ajustaram-se melhor ao modelo quadrático (Figura 9A e B). Os maiores valores para altura das plantas e diâmetro, foram encontrados aos 48 dias após o transplantio. Não foi verificado diferenças significativas entre os tratamentos ao longo do ciclo da cultura. Além disso, ao final do ciclo não foram observadas diferenças significativas para estas variáveis (Tabela 4). No entanto, foram observados maiores valores para os tratamento de menores condutividade elétrica da solução nutritiva para estas variáveis ao final do ciclo.



**Figura 9** – Comportamento da altura (A) e diâmetro do colo (B) em função da CESol ( $\text{dS m}^{-1}$ ) e da idade das plantas.

Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010.

Dias et al. (2006) verificaram, trabalhando com melão em ambiente protegido, que o diâmetro do colo foi afetado linearmente pela salinidade inicial do solo, em todas as medições efetuadas, exceto aos 34 DAT, quando houve efeito quadrático. Segundo Ayers e Westcot (1999), o aumento do estresse salino da água e do solo prejudica o crescimento da maior parte das plantas cultivadas, principalmente aquelas sensíveis e moderadamente sensíveis, como o melão.

Não foi detectado diferenças significativas para as características de crescimento analisadas (Tabela 4). No entanto detectou-se efeito significativo ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) da

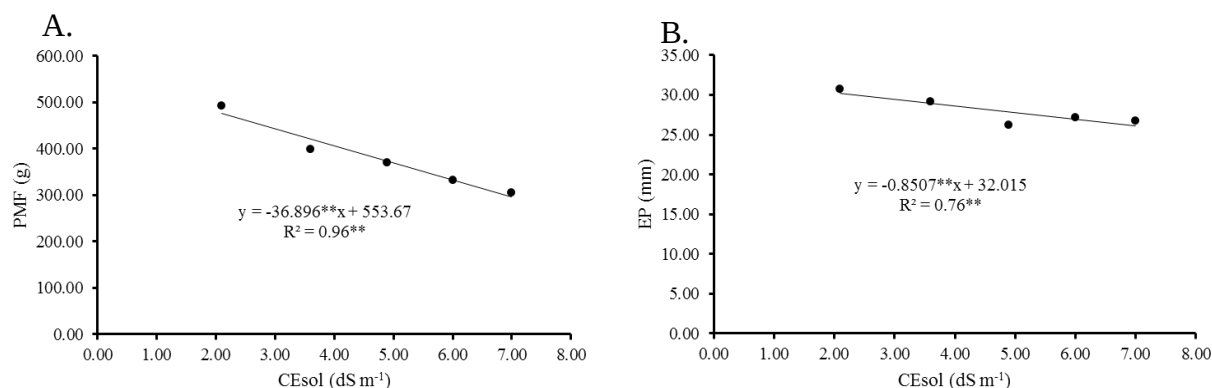
salinidade da solução nutritiva para a produção média de frutos (PMF) e espessura da polpa (EP), respectivamente. Estas foram reduzidas linearmente com o incremento da salinidade da solução nutritiva observando-se reduções das mesmas nas plantas nutridas com solução de 7,1 dS m<sup>-1</sup> em relação ao tratamento testemunha, variando de 38,2 e 13,01% (Figura 10). Pode-se constatar que as variáveis de produção (PMF e EP) foram mais afetadas pelos efeitos da salinidade da água de rejeito na solução nutritiva quando comparadas com as variáveis de crescimento, as quais se mostraram muito sensíveis aos efeitos da salinidade.

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância para matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, área foliar (AF), altura da planta (AL), diâmetro do colo (DC), peso médio dos frutos (PMF) e espessura da polpa (EP), ao final do ciclo de cultivo, em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

| FV             | GL | Estatística F      |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|----------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                |    | MFPA               | MSPA               | AF                 | AP                 | DC                 | PMF                | EP                 |
| Blocos         | 3  | 0,85 <sup>NS</sup> | 0,43 <sup>NS</sup> | 2,07 <sup>NS</sup> | 5,70*              | 1,18 <sup>NS</sup> | 2,23 <sup>NS</sup> | 1,19 <sup>NS</sup> |
| Salinidade (S) | 4  | 0,64 <sup>NS</sup> | 0,74 <sup>NS</sup> | 1,73 <sup>NS</sup> | 1,92 <sup>NS</sup> | 0,38 <sup>NS</sup> | 7,39**             | 4,41*              |
| Linear         | 1  | 0,04 <sup>NS</sup> | 0,18 <sup>NS</sup> | 2,32 <sup>NS</sup> | 6,30*              | 0,45 <sup>NS</sup> | 28,42**            | 13,48**            |
| Quadrática     | 1  | 1,38 <sup>NS</sup> | 1,11 <sup>NS</sup> | 3,32 <sup>NS</sup> | 0,72 <sup>NS</sup> | 0,52 <sup>NS</sup> | 0,76 <sup>NS</sup> | 2,32 <sup>NS</sup> |
| Erro           | 12 | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |
| CV (%)         | -  | 12,39              | 10,84              | 17,88              | 5,61               | 5,91               | 14,12              | 6,41               |

(<sup>NS</sup>) não significativos a 0,05, (\*) significativo a 0,05 e (\*\*) significativo a 0,01 de probabilidade, pelo teste F

A salinidade limiar da cultura para o parâmetro PMF foi de 1,66 dS m<sup>-1</sup> com perda relativa por incremento unitário da CE de 7,487% por dS m<sup>-1</sup>. Para o melão rendilhado (cv. Bônus II) em cultivo protegido, Dias et al. (2006) registraram perdas de peso médio de frutos de 14,24% por dS m<sup>-1</sup> acima da salinidade limiar; já Medeiros et al. (2008) citam, para a cultura do melão (cv. Orange flash) irrigado com água salobra, perdas de rendimento relativas de 11,37% por dS m<sup>-1</sup> para o cultivo tradicional nas condições de Mossoró-RN, comprovando que a salinidade reduz a disponibilidade de água e nutrientes às plantas, provocando perdas de peso médio de frutos à medida em que a concentração salina aumenta. De acordo com Medeiros et al. (2008) a redução no rendimento total dos frutos com o aumento da salinidade é avaliada pelo efeito dos tratamentos nos componentes de produção e no índice de falha do stand.



**Figura 10** – Peso médio dos frutos (A) e espessura da polpa (B) em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol dS m<sup>-1</sup>).

Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010.

O efeito reduzido da salinidade da solução nutritiva sobre as variáveis de crescimento e produção do melão, pode ser atribuído ao sistema de cultivo em fibra de coco, visto que a alta capacidade de absorção hídrica deste substrato, cerca de 85% de umidade, diminuiu a concentração de sais na solução nutritiva e, conseqüentemente, os efeitos negativos da salinidade sobre o crescimento das plantas; além disso, o uso do substrato torna o potencial matricial inerte, pouco interferindo na força de retenção de água e, em contrapartida, reduz a dificuldade de absorção de água pelas plantas do meio.

## 4.2 EXPERIMENTO II: CONCENTRAÇÃO SALINA E FASES DE EXPOSIÇÃO À SALINIDADE DO MELOEIRO CULTIVADO EM SUBSTRATO DE FIBRA DE COCO:

### Variáveis de crescimento e produção

Na análise de variância, verificou-se que houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) da salinidade para todas as variáveis avaliadas da fase de exposição para matéria fresca e seca da parte aérea (Tabela 5). A interação entre salinidade (S) e fases de exposição a salinidade (FS) não proporcionou efeito significativo para nenhuma das variáveis, ressaltando que no caso do meloeiro nas condições estudadas, o efeito do aumento da salinidade da solução nutritiva, independe da fase em que as plantas são expostas aos sais. Na comparação entre a testemunha e os demais tratamentos, houve diferenças ( $P < 0,01$ ) para MFPA, MSPA, PMF e EP. O

mesmo comportamento foi observado na comparação entre a média do fator salinidade (2,5; 4,0 e 5,5 dS m<sup>-1</sup>) com a testemunha (Tabela 6).

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância para matéria fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA), diâmetro do colo (PMF) e peso médio dos frutos (EP) do meloeiro submetido a três níveis de salinidade da água de irrigação e três épocas de início da aplicação da salinidade (EA)

| FV                                   | GL | Estatística F      |                    |                    |                    |
|--------------------------------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                      |    | MFPA               | MSPA               | PMF                | EP                 |
| Salinidade (S)                       | 2  | 92,99**            | 22,65**            | 9,32**             | 21,77**            |
| Fases de exposição à salinidade (FS) | 2  | 16,08**            | 57,73**            | 1,55 <sup>NS</sup> | 7,44 <sup>NS</sup> |
| S x FS                               | 4  | 2,73 <sup>NS</sup> | 1,09 <sup>NS</sup> | 0,15 <sup>NS</sup> | 1,77 <sup>NS</sup> |
| Fatorial vs Testemunha               | 1  | 63,39**            | 160,84**           | 4,69*              | 29,56**            |
| Tratamentos                          | 9  | 32,49**            | 36,22**            | 3,00*              | 10,55**            |
| Erro                                 | 20 | -                  | -                  | -                  | -                  |
| CV (%)                               | -  | 2,35               | 4,63               | 16,96              | 3,34               |

(<sup>NS</sup>) não significativos a 0,05, (\*) significativo a 0,05 e (\*\*) significativo a 0,01 de probabilidade, pelo teste F

Observando-se a Tabela 6, afirma-se que o efeito restritivo da salinidade da água da solução nutritiva, tanto nos parâmetros vegetativos, matéria fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA); como nos parâmetros de produção, peso médio dos frutos (PMF) e espessura de polpa (EP), é mais acentuado à medida que se eleva a concentração de sais da solução nutritiva, concordando com o observado por Amor et al. (1999). Resultados similares foram verificados por Mendlinger e Pasternak (1992) ao afirmarem que, quanto maior a salinidade da água e o tempo de uso da mesma na irrigação, maior a perda no rendimento da cultura.

**Tabela 6.** Efeito da salinidade da solução nutritiva sobre a matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, peso médio dos frutos (PMF) e espessura de polpa (EP). Valores médios calculados entre diferentes épocas de aplicação da salinidade.

| Salinidade (dS m <sup>-1</sup> ) | MFPA                      | MSPA     | PMF                      | EP      |
|----------------------------------|---------------------------|----------|--------------------------|---------|
|                                  | (g planta <sup>-1</sup> ) |          | (g fruto <sup>-1</sup> ) | (mm)    |
| 2,5                              | 645,89 A                  | 126,11 A | 933,44 A                 | 36,11 A |
| 4,0                              | 600,33 B                  | 113,55 B | 759,89 B                 | 33,89 B |
| 5,5                              | 544,00 C                  | 103,00 C | 659,78 B                 | 32,55 B |

Fatorial vs Test.

|            |          |          |          |         |
|------------|----------|----------|----------|---------|
| Média      | 600,07 b | 116,22 b | 784,37 b | 34,11 b |
| Testemunha | 669,33 a | 159,22 a | 963,37 a | 38,00 a |
| DMS        | 17,05    | 6,67     | 162,35   | 1,37    |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si na comparação do fatorial completo, pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si na comparação fatorial completo vs testemunha pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ )

De acordo com a Tabela 7, o menor efeito dos níveis de salinidade sobre a fitomassa quando exposta apenas na fase de frutificação, deve-se ao fato das plantas já terem passado pelo período de maior crescimento vegetativo (10-30 DAT e de 31-50 DAT), em que nesta fase de frutificação, grande parte da produção de assimilados são destinados ao enchimento dos frutos. Segundo Taiz e Zeiger (2004), em ambiente salino as plantas regulam a sua fisiologia impedindo a perda da turgidez, retardando o crescimento celular, enquanto gera um maior potencial osmótico, que permite o acesso à água para o crescimento vegetal. Entretanto, essas plantas frequentemente continuam a crescer mais lentamente após esse ajuste e, algumas adaptações morfológicas, tais como abscisão de folhas e redução da área foliar, são características de plantas que sobrevivem em meio salino. No presente estudo, os efeitos da salinidade relatados pelo autor ocorreram com maior intensidade quando os níveis de salinidade foram expostos no período de 10-30 DAT e de 31-50 DAT, compreendendo respectivamente ao desenvolvimento inicial da meloeiro e o florescimento.

A exposição à salinidade no estágio de frutificação (51-70 DAT), reduziu o peso médio dos frutos (PMF) e espessura de polpa (EP). Embora as plantas apresentassem um maior crescimento vegetativo, no início desta fase, a salinidade dificultou a absorção de água e nutrientes, justamente na fase de maior demanda hídrica da planta para suprimento do dreno (fruto).

**Tabela 7.** Médias das variáveis matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, peso médio dos frutos (PMF) e espessura de polpa (EP) do meloeiro em função das Fases de exposição à salinidade (FS).

| Fases de exposição à salinidade (FS) | MFPA<br>(g planta <sup>-1</sup> ) | MSPA     | PMF<br>(g fruto <sup>-1</sup> ) | EP<br>(mm) |
|--------------------------------------|-----------------------------------|----------|---------------------------------|------------|
| 10 - 30 DAT                          | 587,00 B                          | 112,00 B | 841,50 A                        | 34,55 A    |
| 31 - 50 DAT                          | 591,22 B                          | 114,66 B | 830,89 A                        | 35,00 A    |
| 51 - 70 DAT                          | 622,00 A                          | 132,00 A | 721,44 B                        | 33,00 B    |
| Fatorial vs Test.                    |                                   |          |                                 |            |
| Média                                | 606,94 b                          | 120,17 b | 797,94 b                        | 34,41 b    |
| Testemunha                           | 669,33 a                          | 159,22 a | 963,37 a                        | 38,00 a    |
| DMS                                  | 17,05                             | 6,67     | 162,35                          | 1,37       |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si na comparação do fatorial completo, pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si na comparação fatorial completo vs testemunha pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

As plantas que sofreram estresse salino apenas no estágio de frutificação (51-70 DAT), (Tabela 7) registraram maiores ganhos de biomassa, o que tornou a planta mais tolerante à salinidade e possivelmente, através de rotas metabólicas, concentrou os assimilados nos frutos, gerando maior potencial osmótico na planta em relação à solução salina no substrato (AMOR et al., 1999; TAIZ; ZEIGER, 2004).

**Tabela 8.** Médias de matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, peso médio de fruto (PMF) e espessura de polpa (EP), médias em relação ao tratamento testemunha

| Tratamentos                                                    | MFPA<br>(g planta <sup>-1</sup> ) | MSPA                | PMF<br>(g fruto <sup>-1</sup> ) | EP<br>(mm)          |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|
| T <sub>1</sub> (S <sub>1</sub> S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> ) | 640,67 <sup>ns</sup>              | 184,40 <sup>#</sup> | 949,33 <sup>ns</sup>            | 35,33 <sup>ns</sup> |
| T <sub>2</sub> (S <sub>0</sub> S <sub>1</sub> S <sub>0</sub> ) | 638,66 <sup>ns</sup>              | 113,00 <sup>#</sup> | 951,00 <sup>ns</sup>            | 37,33 <sup>ns</sup> |
| T <sub>3</sub> (S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> S <sub>1</sub> ) | 658,33 <sup>ns</sup>              | 145,33 <sup>#</sup> | 900,00 <sup>ns</sup>            | 35,67 <sup>ns</sup> |
| T <sub>4</sub> (S <sub>2</sub> S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> ) | 575,67 <sup>#</sup>               | 108,00 <sup>#</sup> | 772,33 <sup>ns</sup>            | 35,00 <sup>#</sup>  |
| T <sub>5</sub> (S <sub>0</sub> S <sub>2</sub> S <sub>0</sub> ) | 585,30 <sup>#</sup>               | 103,00 <sup>#</sup> | 805,66 <sup>ns</sup>            | 34,33 <sup>#</sup>  |
| T <sub>6</sub> (S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> S <sub>2</sub> ) | 640,00 <sup>ns</sup>              | 129,67 <sup>#</sup> | 701,67 <sup>ns</sup>            | 32,33 <sup>#</sup>  |
| T <sub>7</sub> (S <sub>3</sub> S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> ) | 544,66 <sup>#</sup>               | 108,00 <sup>#</sup> | 680,66 <sup>ns</sup>            | 33,33 <sup>#</sup>  |
| T <sub>8</sub> (S <sub>0</sub> S <sub>3</sub> S <sub>0</sub> ) | 549,66 <sup>#</sup>               | 98,00 <sup>#</sup>  | 736,00 <sup>ns</sup>            | 33,33 <sup>#</sup>  |
| T <sub>9</sub> (S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> S <sub>3</sub> ) | 567,67 <sup>#</sup>               | 121,00 <sup>#</sup> | 562,66 <sup>#</sup>             | 31,00 <sup>#</sup>  |
| Test. (S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> )          | 669,33                            | 159,33              | 963,66                          | 38,00               |
| DMS                                                            | 34,43                             | 13,45               | 327,69                          | 1,47                |

(<sup>ns</sup>) não significativo e (<sup>#</sup>) diferença significativa em relação ao tratamento testemunha pelo teste Dunnett a 0,05 de probabilidade

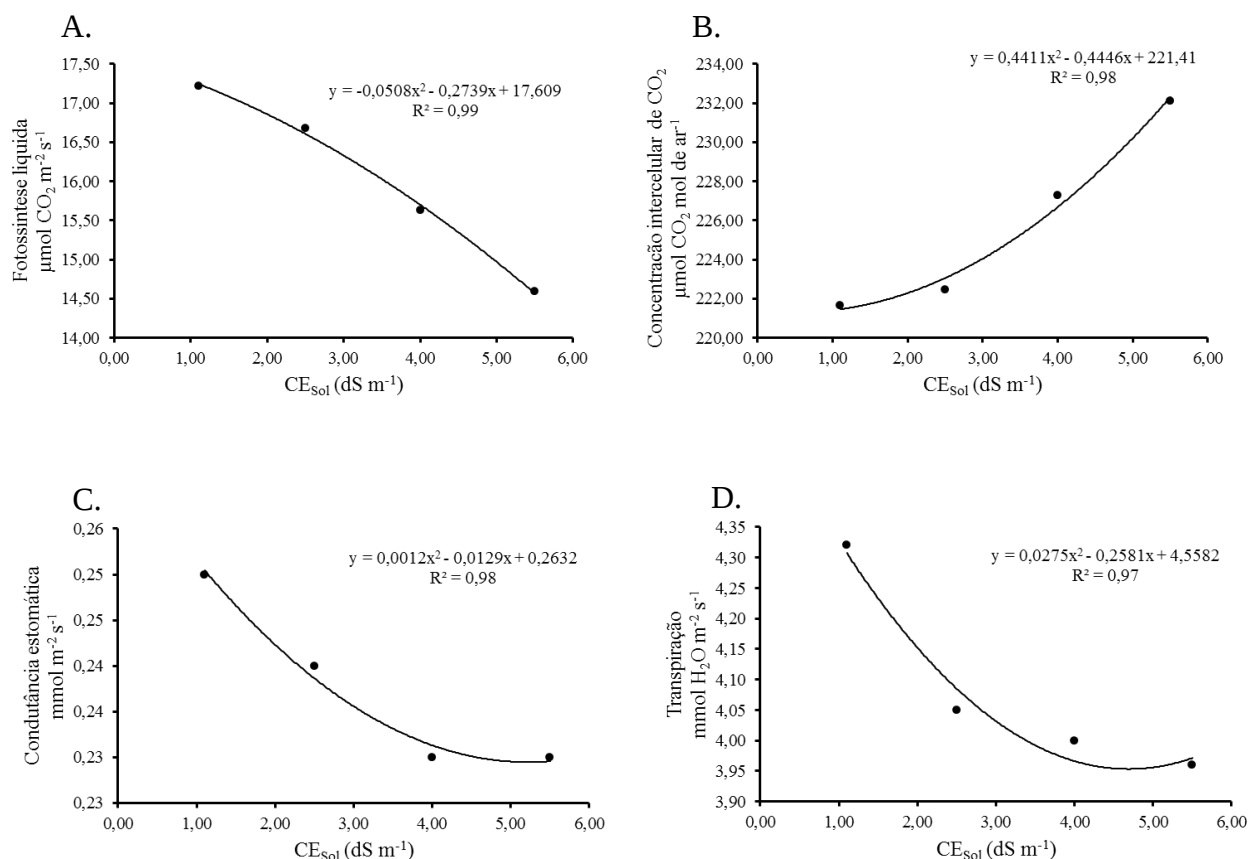
Conforme a Tabela 8, os tratamentos que foram submetidos à solução nutritiva de 2,5 dS m<sup>-1</sup> (S1) em qualquer fase, sejam eles T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> para MFPA e EP, não apresentaram

diferenças significativas quando comparado a testemunha, ou seja, indiferente da época de exposição à salinidade, a aplicação de solução nutritiva de condutividade elétrica até  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$  pode ser usada sem perdas de fitomassa fresca e reduções de espessura de polpa. Já para os demais níveis, de um modo geral, a MFPA e EP sofreram perdas em todas as fases de exposição.

A MSPA para todos os tratamentos, apresentou diferenças significativas quando comparada com a testemunha, isto é, a utilização de águas salinas na solução nutritiva em qualquer das fases, reduziu a quantidade de fitomassa seca. Diferentemente foi percebido para o peso médio dos frutos (PMF), em que não houve diferença significativa dos tratamentos comparados com a testemunha, exceto para o tratamento T9, quando o meloeiro foi irrigado com solução nutritiva de condutividade elétrica de  $5,5 \text{ dS m}^{-1}$  na fase de frutificação (51-70 DAT). Isto caracteriza a possibilidade de utilização de águas salinas em épocas distintas na cultura sem afetar o peso dos frutos, porém necessitando de um manejo mais adequado quanto a aplicação de águas de salinidade elevada na fase de frutificação.

### **Variáveis fisiológicas**

A fotossíntese líquida (Figura 11A), reduziu com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, sendo essa redução de 15,27% entre a menor ( $1,1 \text{ dS m}^{-1}$ ) e a maior ( $5,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) concentração salina. A redução na taxa fotossintética pode estar associada à diminuição na aquisição de  $\text{CO}_2$  devido ao fechamento dos estômatos, já que a condutância estomática e a transpiração (figuras 11B e 11D) também reduziram com o aumento da salinidade. Porém, observa-se comportamento contrário quanto à concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  (Figura 11C), fato que leva a acreditar que pode haver limitações não-estomáticas, pois a concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  está aumentando com o aumento da salinidade. Isso significa que o  $\text{CO}_2$  está se acumulando nos espaços intercelulares pela sua não fixação na fase carboxilativa da fotossíntese, como tem ocorrido em alguns trabalhos com outras espécies (SIVAKUMAR et al., 2000).



**Figura 11** – Parâmetros fisiológicos em plantas de melão (*Cucumis melo* L., cv. AF 015), submetido a diferentes concentrações salinas da solução nutritiva.  
Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010.

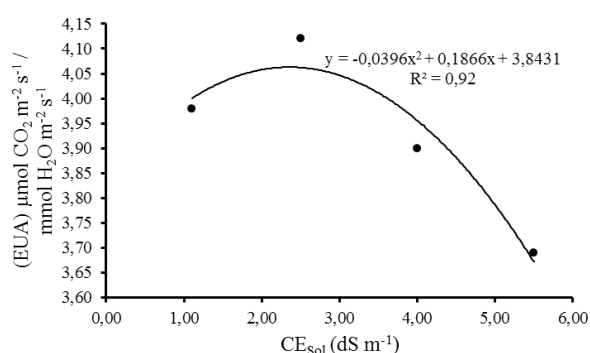
Têm-se observado reduções na taxa fotossintética em diversas espécies de plantas submetidas a condições de estresse salino (MELONI et al., 2003; PEREIRA et al., 2005). Em sua maioria essa diminuição também é atribuída à redução na aquisição  $\text{CO}_2$  pelo fechamento dos estômatos. Pereira et. al. (2005) encontraram no tomateiro variedade ‘Santa Clara’ a redução na taxa fotossintética foi de 11,8, 24,1 e 49,4% quando as plantas foram submetidas a 50, 100 e 150 mM de NaCl, respectivamente.

Os estresses provocados pelo excesso de íons, em geral, diminuem a assimilação de  $\text{CO}_2$ , condutância estomática e transpiração das plantas (GULZAR et al. 2003). Contudo, aumenta a respiração e a concentração de carbono interno (KHAVARINEJAD & CHAPARZADEH, 1998). Além disso, a salinidade inibe o transporte de elétrons utilizados na fotossíntese e a atividade de enzimas do ciclo de Calvin.

A redução da fotossíntese de forma geral, depende de dois aspectos da salinização: concentração total de sal e sua composição iônica (VERSLUES et al. 2006). A concentração elevada de sais no substrato aumenta o potencial osmótico, que reduz a disponibilidade de

água para plantas (VERSLUES et al. 2006). Este aumento no potencial osmótico inativa tanto os transportadores de elétrons fotossintéticos quanto os respiratórios (PAPAGEORGIOU et al. 1998; ALLAKHVERDIEV et al. 1999). A diminuição do potencial hídrico causa estresse osmótico, que inativa irreversivelmente a via do transporte de elétrons fotossintéticos por proteínas canais da membrana plasmática (ALLAKHVERDIEV et al. 1999).

Para a variável, eficiência do uso da água (Figura 12), observa-se uma tendência de crescimento com o aumento da concentração salina da solução nutritiva até níveis intermediários, vindo a reduzir posteriormente. Isso indicando que a razão entre a fixação de  $\text{CO}_2$  e a perda de água é favorecida sob níveis intermediários de salinidade.



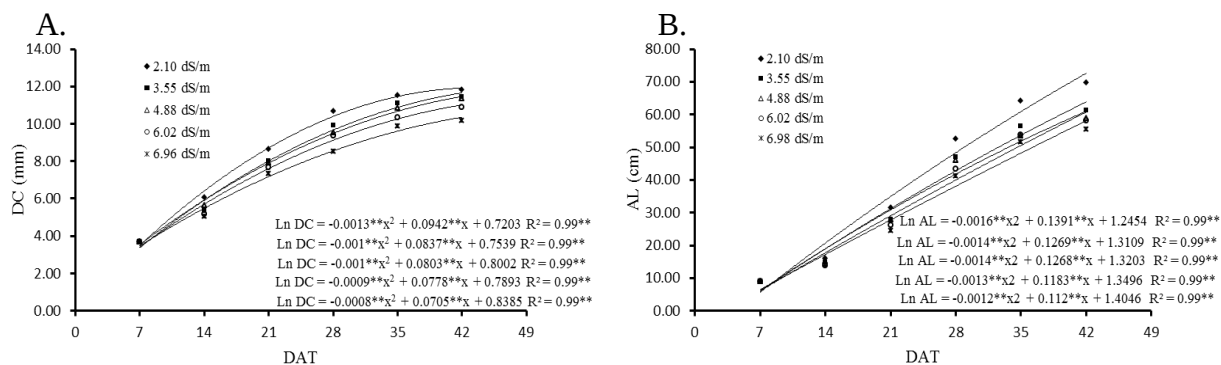
**Figura 12** - Eficiência no uso da água em função do aumento da concentração salina da solução nutritiva. Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010.

A fotossíntese envolve uma longa cadeia de mecanismos, enzimas e produtos intermediários, que são regulados por vários fatores externos e internos. O estresse salino inibe a fotossíntese por redução do potencial hídrico. Logo, um dos principais objetivos da tolerância à salinidade é aumentar a eficiência do uso da água sobre a salinidade.

#### 4.3 EXPERIMENTO III: CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE TOMATE CEREJA EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM REJEITO DE DESSALINIZAÇÃO:

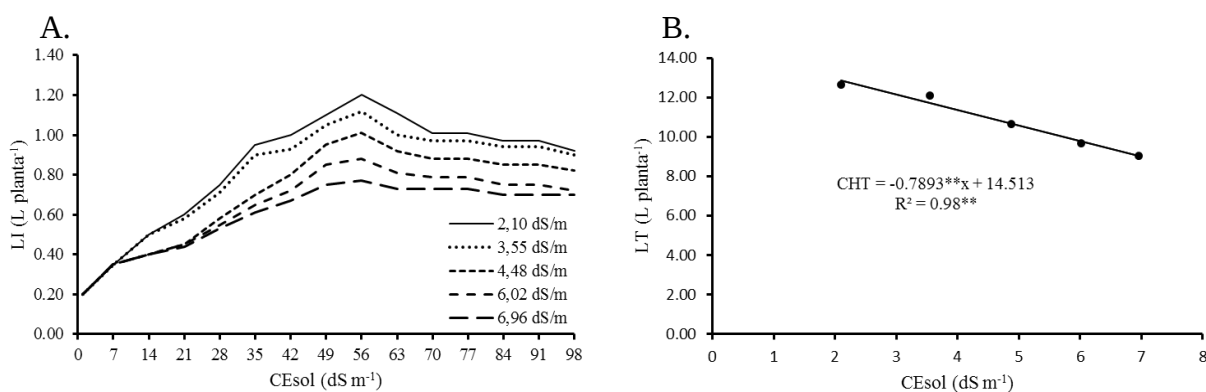
O diâmetro do colo e altura da haste do tomateiro ajustaram-se significativamente ( $p < 0,05$ ) ao modelos quadrático e linear respectivamente (Figura 13). No entanto, não se constatou diferença significativa entre os níveis de salinidade ao longo do ciclo da cultura. A altura final das plantas reduziu em média de 70 cm no nível  $2,10 \text{ dS m}^{-1}$ , caracterizada como testemunha, para 55 cm no nível  $6,96 \text{ dS m}^{-1}$ , representando uma redução de 21%. Já para o diâmetro da haste esta redução foi de 14%. Egídio Neto (2004) constatou a diminuição do

diâmetro caulinar causado pela salinidade na cultura no tomate para a indústria. Assim como, reduções na altura e no diâmetro da haste do tomateiro com o aumento da salinidade foram também observadas por Oliveira et al. (2007) e Najla et al. (2007).



**Figura 13** - Diâmetro do colo (A) e altura da haste (B) de plantas de tomate cereja, cv. 'Samambaia', ao longo do ciclo de cultivo, para cada nível de salinidade da solução nutritiva (CEs).  
Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 – 2010.

Observou-se efeito linear decrescente no consumo hídrico do tomate cereja ( $p < 0,01$ ) com o aumento da salinidade da solução nutritiva preparada com rejeito salino (Figura 14). As reduções no consumo hídrico médio durante o ciclo (Figura 4), em relação ao tratamento testemunha ( $T_0$ ) foram de 4,59; 15,82; 23,58; 28,72% ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  e  $T_4$ , respectivamente).



**Figura 14** – Consumo hídrico, durante o ciclo, em função dos dias após o transplante do tomate cereja (A) e consumo hídrico total em função da salinidade da solução nutritiva com a adição de rejeito salino (B).  
Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010

É possível observar na Figura 14 que à medida que o nível salino aumentou, as plantas reduziram o consumo hídrico através de mecanismos fisiológicos, induzidos pela situação de estresse salino, que sacrificam fases de crescimento e desenvolvimento, reduzindo as perdas de água por transpiração. Outrossim, as plantas tendem a fechar os estômatos para reduzir as

perdas de água por transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, e contribuindo para redução do crescimento das espécies sob tal estresse (NOBRE, 2002). Deste modo a redução do ciclo, nesta situação de estresse, compromete os índices de crescimento (Figura 15E e 15F) e produção (Figura 15A e 15B) devido à redução da disponibilidade de água a ser consumida, afetando a divisão e o alongamento das células (VALE et al., 2005).

Relacionando o consumo hídrico da cultura do tomate cereja ao longo do ciclo (Figura 15A), é notório o crescimento desse consumo paralelamente ao desenvolvimento vegetativo que ocorreu até meados de 42 à 49 dias após o transplântio (DAT) para a maioria dos níveis de salinidade da solução nutritiva. Em seguida a esse período o consumo hídrico das plantas ficou estabilizado até o início das colheitas aos 90 dias. Estes dados evidenciam que o período de maior consumo de água pelas plantas, independentemente da concentração salina da solução nutritiva, é o período de desenvolvimento vegetativo e florescimento.

**Tabela 9.** Resumo da análise de variância para produção total de frutos (PTF), produção de frutos comerciais (PFC), produção de frutos não comerciais (PFNC), total de frutos comerciais (TFC), não comerciais (TFNC), massa seca da haste (MSH) e massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de tomate, cv. ‘Samambaia’, ao final do ciclo de cultivo, em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

| FV             | GL | Estatística F      |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|----------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                |    | PTF                | PFC                | PFNC               | TFC                | TFNC               | MSH                | MSPA               |
| Blocos         | 3  | 0,58 <sup>NS</sup> | 0,68 <sup>NS</sup> | 0,73 <sup>NS</sup> | 0,34 <sup>NS</sup> | 0,56 <sup>NS</sup> | 1,64 <sup>NS</sup> | 2,29 <sup>NS</sup> |
| Salinidade (S) | 4  | 3,39*              | 3,86*              | 1,15 <sup>NS</sup> | 4,61*              | 1,72 <sup>NS</sup> | 15,76**            | 13,36**            |
| Linear         | 1  | 10,74**            | 8,96*              | 3,44 <sup>NS</sup> | 11,45**            | 5,93*              | 55,98**            | 47,72**            |
| Quadrática     | 1  | 0,06 <sup>NS</sup> | 0,79 <sup>NS</sup> | 1,12 <sup>NS</sup> | 0,73 <sup>NS</sup> | 0,36 <sup>NS</sup> | 0,29 <sup>NS</sup> | 0,38 <sup>NS</sup> |
| Erro           | 12 | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |
| CV (%)         | -  | 23,13              | 22,29              | 35,19              | 20,66              | 37,45              | 8,52               | 7,56               |

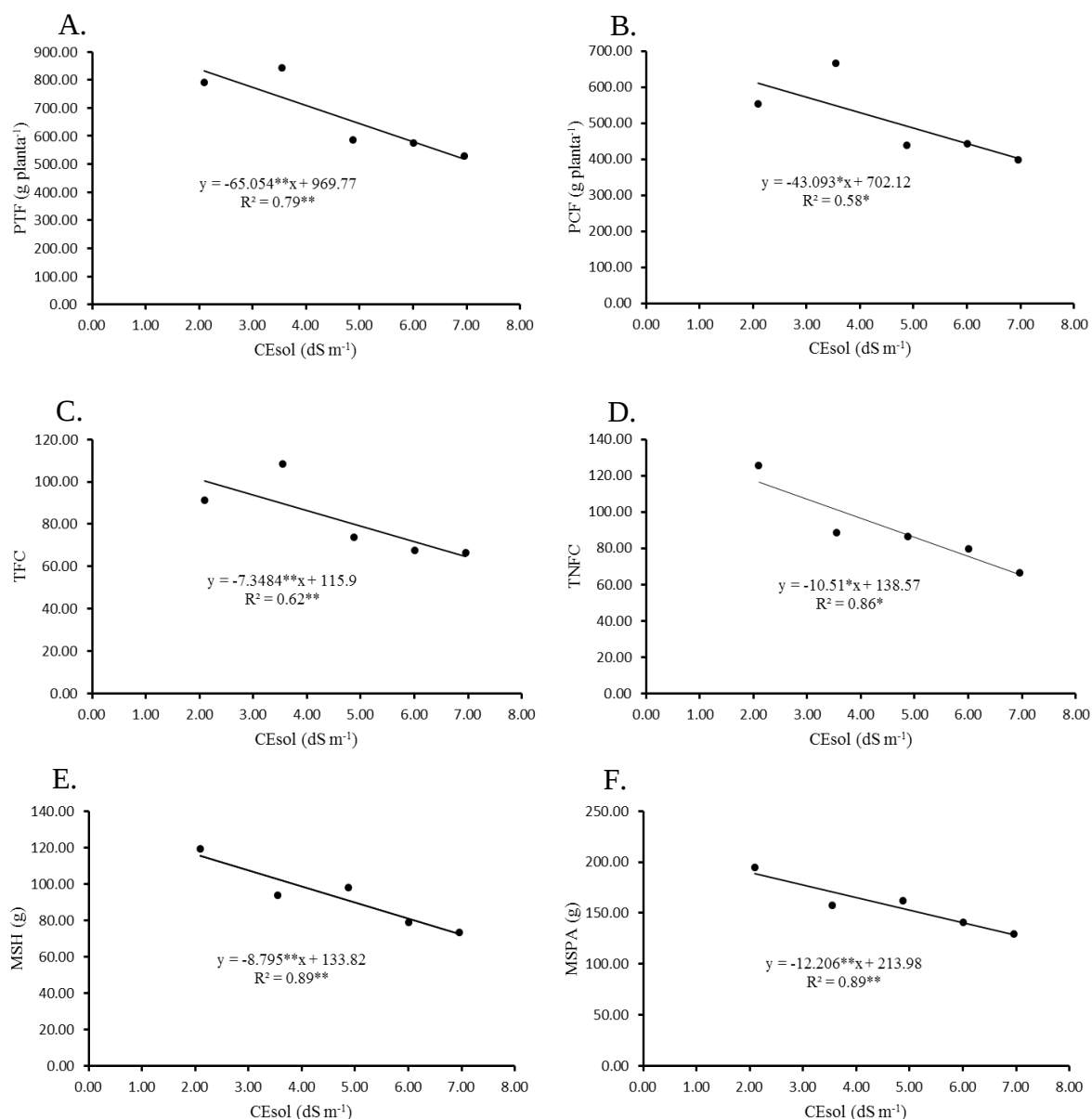
(<sup>NS</sup>) não significativos a 0,05, (\*) significativo a 0,05 e (\*\*) significativo a 0,01 de probabilidade, pelo teste F

De acordo com a análise de variância (Tabela 9), pode-se observar efeito significativo da salinidade para produção total e comercial de frutos, total de frutos comerciais, matéria seca da haste e da parte aérea. Além disso, estas variáveis reduziram linearmente com o aumento da salinidade da solução nutritiva.

A literatura tem demonstrado que o estresse salino reduz o crescimento e o desenvolvimento das plantas em diferentes fases fisiológicas; esta redução pode estar relacionada com os efeitos adversos do excesso de sais sob homeostase iônica, balanço hídrico, nutrição mineral e metabolismo de carbono fotossintético (ZHU, 2002; MUNNS;

JAMES, 2003). Contudo, os mecanismos pelos quais o estresse salino deprecia as plantas ainda é uma questão discutida devido à natureza muito complexa do estresse salino na planta.

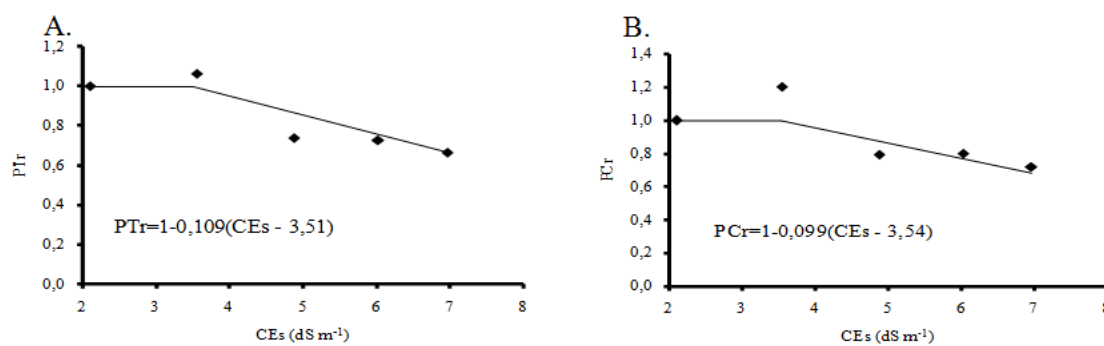
A CE também reduziu a massa seca da haste (MSH) e total (MSPA) das plantas, sendo os decréscimos de MSH e MSPA de 9,14 g e 12,58 g por planta, respectivamente, para cada unidade de aumento da CE acima de 2,1 dS m<sup>-1</sup> (Figura 15E e F). Os resultados obtidos estão compatíveis com Egídio Neto (2004) o qual constatou que a elevada concentração de NaCl na solução nutritiva promoveu redução significativa na produção da matéria seca da cultura do tomate industrial.



**Figura 15** – Produção total de frutos (A), produção de frutos comerciais (B), total de frutos comerciais (C), não comerciais (D), massa seca da haste (E) e matéria seca da parte aérea (F) de plantas de tomate, cv. ‘Samambaia’, ao final do ciclo de cultivo, em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010

A produtividade total de frutos (PTF) diminuiu de 791 g por planta, no tratamento de CEs de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ , para 527 g por planta no tratamento de maior salinidade, o mesmo ocorreu para a produtividade de frutos comerciáveis (PFC), a qual reduziu de 552 para 398 g por planta. Ajustando-se os valores relativos de PTF e PC (PTFr e PFCr, respectivamente) ao modelo proposto por Ayers e Westcott (1999), verificando-se que as reduções de PTFr e PFCr foram de 10,9% e 9,9%, respectivamente, para cada aumento de uma unidade de CEs, sendo a CEs limiar em torno de  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  para ambas (Figura 16). Assim, considerando-se somente a produtividade da cultura, seria possível adicionar em torno de 25% de rejeito salino à solução nutritiva sem haver perda de produção.



**Figura 16** – Produção total (A) e comercial relativas (B) (PTr e PCr, respectivamente) de tomate cereja, cv. ‘Samambaia’, em função da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEs).  
Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 – 2010

A redução na produção de massa seca e na produtividade total e comercial em tomate com o aumento da salinidade tem sido reportada por diversos autores, tanto em solo (MALASH et al., 2002; CAMPOS et al., 2006; MAGAN et al., 2008; AL-BUSAIDI et al., 2009) como em cultivo hidropônico (AL-ERYANI, 2004; MAGGIO et al., 2007). Sob sistema hidropônico, geralmente observa-se maior tolerância do tomateiro à salinidade do que no cultivo em solo, o que possibilita a utilização de água salina com menor risco de redução de produtividade. Além disso, águas de salinidade baixa a moderada permitem a obtenção de frutos de melhor qualidade, com maior teor de sólidos solúveis e acidez titulável (MAGAN et al., 2008), permitindo atingir mercados diferenciados.

#### 4.4 EXPERIMENTO IV: PRODUÇÃO DE TOMATE HIDROPÔNICO UTILIZANDO REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE APLICAÇÃO:

De acordo com a análise da variância das variáveis estudadas (Tabela 10), verificou-se que os níveis de salinidade (S) da solução nutritiva influenciaram significativamente os resultados das variáveis analisadas: matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA) e produção de frutos (PF) ( $P < 0,01$ ) e DC ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 10.** Resumo da análise de variância para matéria fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA), diâmetro do colo (DC) e produção de frutos (PF) do tomateiro submetido a três níveis de salinidade da água de irrigação e três épocas de início da aplicação da salinidade (EA)

| FV                                | GL | Estatística F      |                    |                    |                    |
|-----------------------------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                   |    | MFPA               | MSPA               | PF                 | DC                 |
| Salinidade (S)                    | 2  | 20,13**            | 15,82**            | 22,00**            | 3,87*              |
| Época de início da aplicação (EA) | 2  | 1,91 <sup>NS</sup> | 3,49*              | 21,79**            | 0,32 <sup>NS</sup> |
| S x EA                            | 4  | 0,55 <sup>NS</sup> | 1,24 <sup>NS</sup> | 1,10 <sup>NS</sup> | 0,72 <sup>NS</sup> |
| Fatorial vs Testemunha            | 1  | 24,30**            | 12,88**            | 168,73**           | 1,66 <sup>NS</sup> |
| Tratamentos                       | 9  | 7,84**             | 6,27**             | 28,97**            | 1,44 <sup>NS</sup> |
| Erro                              | 20 | -                  | -                  | -                  | -                  |
| CV (%)                            | -  | 6,52               | 9,14               | 12,08              | 5,29               |

(<sup>NS</sup>) não significativos a 0,05, (\*) significativo a 0,05 e (\*\*) significativo a 0,01 de probabilidade, pelo teste F

Com relação à época de início da aplicação da salinidade às plantas (EA), esta só apresentou significância para as variáveis MSPA ( $P < 0,05$ ) e PF ( $P < 0,01$ ). A interação entre S e EA não proporcionou efeito significativo para nenhuma das variáveis, ressaltando que no caso do tomateiro, o efeito do aumento da salinidade da solução nutritiva, independe da época em que as plantas são expostas aos sais. Na comparação entre a testemunha e os demais tratamentos, houve diferenças para MFPA, MSPA e PF ( $P < 0,01$ ), não sendo observado o mesmo para diâmetro do colo. O mesmo comportamento foi observado na comparação entre as médias do fatorial (7,1; 8,7 e 10,1 dS m<sup>-1</sup>) com a testemunha (2,1 dS m<sup>-1</sup>), com exceção do DC (Tabela 11).

A redução na MFPA ocorreu a partir do nível médio de salinidade da solução nutritiva (8,7 dS m<sup>-1</sup>), sendo a redução de 14,9% comparando o nível médio de salinidade

com o menor nível de salinidade ( $7,1 \text{ dS m}^{-1}$ ) e chegando a 15,9% comparando o menor nível de salinidade com o maior ( $10,1 \text{ dS m}^{-1}$ ). O tratamento testemunha ( $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ ) superou a média dos demais tratamentos em 16,6 %, o que já era esperado em virtude da menor concentração salina utilizada na testemunha.

Na Tabela 11 é mostrada a comparação entre as médias das variáveis no fatorial completo, sob diferentes níveis de salinidade, onde verifica-se que o aumento da concentração salina da solução nutritiva provocou redução da MFPA, MSPA e da PF ( $p < 0,05$ ), com exceção do DC.

**Tabela 11.** Efeito da salinidade da solução nutritiva sobre a matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, produção de frutos (PF) e diâmetro do colo (DC). Valores médios calculados entre diferentes épocas de aplicação da salinidade.

| Salinidade ( $\text{dS m}^{-1}$ ) | MFPA                      | MSPA     | PF       | DC      |
|-----------------------------------|---------------------------|----------|----------|---------|
|                                   | (g planta <sup>-1</sup> ) |          |          | (mm)    |
| 7,10                              | 1006,67 A                 | 184,42 A | 245,40 A | 11,06 A |
| 8,70                              | 856,67 B                  | 163,04 B | 188,33 B | 11,72 A |
| 10,10                             | 846,11B                   | 144,83 B | 164,37 B | 11,78 A |
| Fatorial vs Test.                 |                           |          |          |         |
| Média                             | 903,15 b                  | 164,10 b | 199,37 b | 11,52 a |
| Testemunha                        | 1083,33 a                 | 197,93a  | 409,83 a | 12,00 a |
| DMS                               | 71,67                     | 18,30    | 31,77    | 0,73    |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si na comparação do fatorial completo, pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si na comparação fatorial completo vs testemunha pelo teste Tukey( $P < 0,05$ )

O comportamento da MSPA foi semelhante ao da MFPA (Tabela 11), chegando a diminuir em 21,5% a MSPA comparando quando da aplicação do nível de salinidade mais baixo ( $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ ) com o mais elevado ( $10,1 \text{ dS m}^{-1}$ ). Para esta variável a testemunha superou em 17,1% a média dos demais tratamentos. As perdas ocorridas nestas variáveis refletem o efeito negativo do potencial osmótico da solução nutritiva, devido ao estresse salino, sobre o crescimento do tomateiro em sistema hidropônico, uma vez que este estresse reduz o potencial hídrico inibindo absorção de água pelas plantas bem como a capacidade fotossintética devido a vários fatores, tais como: desidratação das membranas celulares, toxicidade por sais, redução do suprimento de  $\text{CO}_2$  (fechamento de estômatos), senescência induzida pela salinidade e mudança na atividade das enzimas (IYENGAR; REDDY, 1996). Outros autores como, Oliveira et al. (2007), cultivando tomate em solo, obtiveram para a

biomassa seca da parte aérea, uma redução de 48,4% para o nível salino da água de irrigação de 12,7 dS m<sup>-1</sup> em relação à testemunha (0,01 dS m<sup>-1</sup>).

A produção de frutos (PF) foi a variável mais afetada pela salinidade da solução nutritiva (Tabela 11), a redução atingiu 33,0% entre o nível de maior salinidade (10,1 dS m<sup>-1</sup>) com o menor nível (7,1 dS m<sup>-1</sup>), e uma diferença de 51,4% entre a média dos tratamentos e a testemunha, evidenciando que o produção dos frutos do tomateiro é reduzida com a exposição das plantas à salinidade, ocasionando a diminuição da produtividade do tomateiro. De acordo com Cuartero e Fernández-Muñoz (1999), os frutos originados de plantas sob tratamentos salinos parecem crescer normalmente durante a fase de divisão celular, no entanto, durante a fase de expansão celular os efeitos deletérios dos sais são observados. Bolarin et al. (2001), observou redução da produção dos frutos do tomateiro em função da salinidade, colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento. Com relação ao diâmetro do colo (DC), não ocorreram diferenças significativas (Tabela 11).

As comparações entre as médias das variáveis no fatorial completo com a época de início da aplicação das soluções salinas (EA) mostradas na Tabela 12. É observado que EA afetou significativamente as variáveis MSPA e PF ( $p < 0,05$ ), não ocorrendo influência sobre as médias da MFPA e DC. Já a comparação das médias do fatorial completo com a testemunha mostrou diferença significativa para MFPA, MSPA e PF ( $p < 0,05$ ), excetuando-se apenas o DC (Tabela 3).

**Tabela 12.** Médias das variáveis matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, produção de frutos (PF) e diâmetro do colo (DC) do tomateiro em função da época de início da aplicação da salinidade (EA).

| Época de início da<br>aplicação da<br>salinidade (EA) | MFPA                      | MSPA      | PF       | DC      |
|-------------------------------------------------------|---------------------------|-----------|----------|---------|
|                                                       | (g planta <sup>-1</sup> ) |           |          | (mm)    |
| 7 DAT                                                 | 872,22 A                  | 153,91 B  | 153,47 B | 11,39 A |
| 32 DAT                                                | 911,67 A                  | 166,84 AB | 210,60 A | 11,61 A |
| 58 DAT                                                | 925,56 A                  | 172,54 A  | 234,02 A | 11,56 A |
| Fatorial vs Test.                                     |                           |           |          |         |
| Média                                                 | 903,15 b                  | 164,43 b  | 199,36 b | 11,52 a |
| Testemunha                                            | 1083,33 a                 | 197,93 a  | 409,83 a | 12,00 a |
| DMS                                                   | 71,66                     | 18,30     | 31,77    | 0,73    |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si na comparação do fatorial completo, pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si na comparação fatorial completo vs testemunha pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

Com relação à MFPA, a testemunha foi superior em 16,3% em relação à média dos demais tratamentos (Tabela 12). Já para MSPA, não houve diferença entre o início da aplicação da salinidade aos 7 e 32 DAT como também entre 32 e 58 DAT. No entanto, comparando a média da EA - 7 DAT com a EA - 58 DAT, observa-se uma redução de 10,8%.

Este fato mostra o efeito da salinidade à planta do tomateiro quando esta é exposta aos sais da solução nutritiva em cultivo hidropônico por maiores períodos de tempo durante o seu desenvolvimento. Na comparação da testemunha com os demais tratamentos, estes tiveram uma redução na MSPA de 16,9%.

Com relação ao PF a EA afetou de forma mais acentuada esta variável, ocorrendo uma redução de 27,1% comparando a EA - 7 DAT com a EA - 32 DAT, e chegando a atingir 34,4% comparando a EA - 7 DAT com a EA - 58 DAT, não havendo diferença entre EA - 32 DAT e EA - 58 DAT.

Resposta semelhante ocorreu com Saito et al. (2006) cultivando o tomateiro em sistema hidropônico NFT, que obtiveram uma redução na produção dos frutos de 54%, quando aplicaram uma solução nutritiva de condutividade elétrica de 8,0 dS m<sup>-1</sup> a partir do início da antese das flores.

O desenvolvimento vegetativo do tomateiro, representado pela MFPA, MSPA e DC, sofreu efeito significativo (P < 0,05) do fator tratamento aplicado, com exceção do DC que não sofreu efeito significativo (P > 0,05) dos tratamentos aplicados (Tabela 13).

**Tabela 13.** Matéria fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea e, produção (PR) e diâmetro do colo (DC), médias em relação ao tratamento testemunha

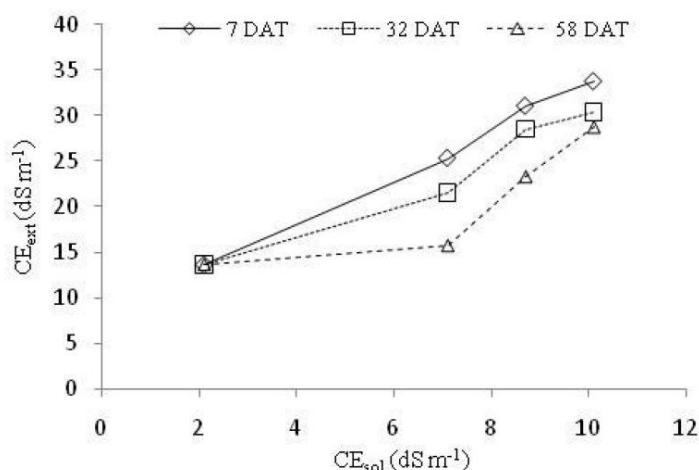
| Tratamentos                                                    | MFPA                      | MSPA                 | PF                  | DC                  |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
|                                                                | (g planta <sup>-1</sup> ) |                      |                     | (mm)                |
| T <sub>1</sub> (S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> ) | 1000,00 <sup>ns</sup>     | 184,40 <sup>ns</sup> | 218,60 <sup>#</sup> | 10,83 <sup>ns</sup> |
| T <sub>2</sub> (S <sub>0</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> ) | 1016,66 <sup>ns</sup>     | 183,93 <sup>ns</sup> | 254,56 <sup>#</sup> | 11,16 <sup>ns</sup> |
| T <sub>3</sub> (S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> S <sub>1</sub> ) | 1003,33 <sup>ns</sup>     | 187,93 <sup>ns</sup> | 263,03 <sup>#</sup> | 11,17 <sup>ns</sup> |
| T <sub>4</sub> (S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> ) | 778,33 <sup>#</sup>       | 144,57 <sup>#</sup>  | 132,93 <sup>#</sup> | 11,66 <sup>ns</sup> |
| T <sub>5</sub> (S <sub>0</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> ) | 876,67 <sup>#</sup>       | 162,80 <sup>ns</sup> | 196,86 <sup>#</sup> | 11,50 <sup>ns</sup> |
| T <sub>6</sub> (S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> S <sub>2</sub> ) | 895,00 <sup>#</sup>       | 181,76 <sup>ns</sup> | 235,20 <sup>#</sup> | 12,00 <sup>ns</sup> |
| T <sub>7</sub> (S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> ) | 818,33 <sup>#</sup>       | 132,77 <sup>#</sup>  | 108,90 <sup>#</sup> | 11,66 <sup>ns</sup> |
| T <sub>8</sub> (S <sub>0</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> ) | 841,66 <sup>#</sup>       | 153,80 <sup>#</sup>  | 180,36 <sup>#</sup> | 12,16 <sup>ns</sup> |
| T <sub>9</sub> (S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> S <sub>3</sub> ) | 878,33 <sup>#</sup>       | 147,93 <sup>#</sup>  | 203,83 <sup>#</sup> | 11,50 <sup>ns</sup> |
| Test. (S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> S <sub>0</sub> )          | 1083,33                   | 197,93               | 409,83              | 12,00               |
| DMS                                                            | 144,65                    | 36,94                | 64,12               | 1,47                |

(<sup>ns</sup>) não significativo e (<sup>#</sup>) diferença significativa em relação ao tratamento testemunha pelo teste Dunnett a 0,05 de probabilidade

Analisando as médias da variável MFPA para os tratamentos dispostos na Tabela 13, observa-se que houve uma redução destas em relação ao tratamento testemunha a partir do tratamento T<sub>4</sub>, quando se utilizou o nível intermediário de salinidade ( $S_2 = 8,7 \text{ dS m}^{-1}$ ), porém, o mesmo comportamento não foi observado para MSPA, em que os tratamentos T<sub>5</sub> e T<sub>6</sub>, (mesmo nível de salinidade do T<sub>4</sub>) não foram significativos, caracterizando uma maior influência da salinidade quando aplicada no estágio inicial do desenvolvimento da planta do tomateiro.

Apesar dos tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, em que o nível de salinidade era o mais baixo ( $S_1 = 7,1 \text{ dS m}^{-1}$ ), não apresentarem efeito significativo em relação à testemunha para MFPA e MSPA, o comportamento para o PF foi diferente, neste caso, todos os tratamentos reduziram esta variável, com quedas de produção de até 73,42% para o tratamento T<sub>7</sub>, nível mais alto de salinidade ( $S_3 = 10,1 \text{ dS m}^{-1}$ ), aplicado a partir dos 7 DAT (Tabela 13). Ou seja, a produtividade do tomateiro é mais reduzida quando se aplica a salinidade nos estádios iniciais do seu desenvolvimento, em concordância com Bao e Li (2010) que obtiveram redução na produção do tomateiro de até 97,0%, para o tratamento salino ( $16,67 \text{ dS m}^{-1}$ ) aplicado no estágio inicial da floração.

Ao fato de terem sido constatados valores relativamente baixos para a produção de frutos nas condições estudadas, deve-se ressaltar que não foi aplicada lâmina para lixiviação dos sais durante as irrigações, o que promoveu uma concentração salina muito elevada para o extrato de saturação do substrato (Figura 17) obtido ao final do experimento.



**Figura 17** - Concentração do extrato de saturação do substrato ao final do ciclo de cultivo em função da salinidade da solução nutritiva nas diferentes épocas de início de aplicação.

Fonte: Pesquisa de Campo, 2008 - 2010.

Os valores das condutividades elétricas do extrato de saturação do substrato variaram de 13,6 a 33,7 dS m<sup>-1</sup> (Figura 17). Estas condutividades elétricas estão acima de 13 dS m<sup>-1</sup> (CE<sub>es</sub>), que segundo Ayers e Westcot (1999), seria o nível de salinidade do solo na qual o tomateiro teria produção relativa zero. Daí percebe-se a importância do uso do sistema hidropônico com substrato de fibra de coco quando se tem água de salinidade elevada para utilizar na solução nutritiva, a exemplo da água de rejeito salino.

Esta alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, sendo a água osmoticamente retida em uma solução salina, para Taiz e Zeiger (2004), o aumento da pressão osmótica do substrato atua de forma negativa sobre o processo fisiológico, reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática, o alongamento celular e, como consequência, redução no crescimento e desenvolvimento das plantas.

## 5 CONCLUSÕES

O incremento da água de rejeito salino no preparo da solução nutritiva reduziu linearmente o crescimento e a produção do melão cultivado em fibra de coco, sendo os efeitos mais severos sobre as variáveis peso médio de fruto e área foliar.

O efeito do aumento da salinidade da solução nutritiva, independe da fase em que o meloeiro ou tomateiro são expostos aos sais.

O aumento da concentração salina da solução nutritiva reduziu a eficiência fotossintética, a condutância estomática, transpiração e aumentou a concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  no meloeiro.

A adição de 25% de rejeito de dessalinizador, com CE de  $3,55 \text{ dS m}^{-1}$ , à solução nutritiva permite o cultivo do tomate cereja, cv. 'Samambaia', sem haver redução na produtividade.

A água de rejeito da dessalinização, diluída ou não com água de abastecimento, pode ser utilizada no cultivo de tomate cereja, cv. 'Samambaia' em sistema hidropônico com reduzida perdas no rendimento dos frutos, permitindo que as águas de boa qualidade, de difícil aquisição escassez, sejam utilizadas para outros fins.

Apesar das reduções dos parâmetros vegetativos e de produção, o uso da água de rejeito no preparo da solução nutritiva do melão e do tomate cultivado em fibra de coco é uma alternativa para se dispor o rejeito gerado na dessalinização, evitando sua deposição direta no solo.

## REFERÊNCIAS

AL-BUSAIDI, A.; AL-RAWAHY, S.; AHMED, M. Response of different tomato cultivars to diluted seawater salinity. **Asian Journal of Crop Science**, v.1, n.2, p.77-86, 2009.

AL-ERYANI, A.R.A.A. **Effects of salinity on yield and postharvest quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. Serdang: Universiti Putra Malaysia, 2004. 140p. Dissertação Mestrado

ALIAN, A.; ALTMAN, A.; HEUER, B. Genotypic difference in salinity and water stress tolerance of fresh market tomato cultivars. **Plant Science**, v.152, n.1, p.59-65, 2000.

ALLAKHVERDIEV, S.I.; NISHIYAMA, Y.; SUZUKI, I.; TASAKA, Y.; SAKAMOTO, A. & MURATA, N. 1999. Genetic engineering of the unsaturation of fatty acids in membrane lipids alters the tolerance of *Synechocystis* to salt stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96: 5862–5867.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: Produção em campo, casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA. 400p. 2004.

ÁLVAREZ, J. M. Tendencias en la mejora genética del melón. In. VALLESPÍR, A. N. (Coord.) **Melones**. Reus Ediciones de Horticultura, 1997. cap. 25-34. (Compendios de Horticultura, 10).

AMOR, F.M. del et al. Salinity duration and concentration affect fruit yield and quality, and growth and mineral composition of melon plants grown in perlite. **HortScience**, Alexandria, v.34, n.7, p. 1234-1237, 1999.

AMORIM, M.C. C.; PORTO, E. R.; ARÁUJO, O. J.; SILVA JÚNIOR, L. G. Alternativas de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose reversa : evaporação solar e meio líquido para cultivo de tilápia koina (*Oreochromis* sp.) In\_\_\_\_\_: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. Saneamento ambiental: desafio para o século 21. João Pessoa: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2001. 1 CD-ROM.

ARAUJO, J. P. **Cultura do melão**. Petrolina: Embrapa Centro de Pesquisa Agropecuário para o Trópico Semi-Árido, 1980. 40 p.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BAO, H.; LI, Y. Effect of stage-specific saline irrigation on greenhouse tomato production. **Irrigation Science**, v.28, p. 421–430, 2010.

BETHKE, P. C. ; DREW, M. C. Somatal and non-stomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annum* during progressive exposure to NaCl salinity. **Plant Physiology**, Rockville, v.99, p. 219-226, 1992.

BLANCO, F. F. **Tolerância do tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução do solo e na planta**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 115p. Tese Doutorado

BEZERRA, B. G.; FILHO, J. F. Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigada com águas residuárias. **Revista Ciência Agronômica**. v. 40, n. 3, p. 339-345, 2009.

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

BRASIL, M. A. S.; OLIVEIRA, K. C.; ARAÚJO NETO, P. L.; VASCONCELOS, A.F.de. **Custos do cultivo do melão amarelo na safra 2006/2007: Um estudo de caso na empresa Santa Júlia Agro Comercial Exportadora de Frutas Tropicais Ltda**. Disponível em <[www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br)>. Acesso em 13 dez. 2010.

CAMPOS, C.A.B. et al. Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. **Scientia Agricola**, v.63, n.2, p.146-152, 2006.

CANÇADO JUNIOR, F. L.; CAMARGO FILHO, W. P.; ESTANISLAU, M. L. L.; PAIVA, B. M.; MAZZEI, A. R.; ALVES, H. S. **Aspectos econômicos da produção e comercialização do tomate para mesa**. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v.24, n.219, p.7-18, 2003.

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

CUARTERO, J.; MUÑOZ, R. F. Tomato and salinity. **Scientia Horticulturae**, v.78, n.1/4, p.83-125, 1999.

DIAS, N. DA S.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F. DE; TELES FILHO, J. F. Salinidade e manejo da fertirrigação em ambiente protegido. II: Efeitos sobre o rendimento do meloeiro. **Irriga**, v.11, n.3, p.376-383, 2006.

DIAS, N. S. et al. Salinização do solo por aplicação de fertilizantes em ambiente protegido. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 135 -143, 2007.

DIEZ NICLOS, J. Tipos varietables. In: NUEZ, F. (Coord.) **El cultivo del tomate**. Madrid: Mundi Prensa. p. 93-129, 1995.

EGÍDIO NETO, B. **Efeito da salinidade sobre quatro cultivares de tomateiro**. 1985. Dissertação (Mestrado) - UFPE, Recife, 1985. <<http://www.ufrpe.br/química/medidio.htm>>. Acesso em 14 Jan. 2010.

FAO. **Global Network on integrated soil manegement for sustainable use of salt-affected soils**. 2006. <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spush/intro.htm>. Acesso em 25 fevereiro 2011.

FERRARI, C. C.; RODRIGUES, L. K.; TONON, R. V.; HUBINGER, M. D. Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p. 564-570, 2005.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFV, 2000, 66 p.

FLOWER, T. J. HAJIBAGHERI, M. A.; CHIPSON, N. J. W. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Annual review of **Plant Physiology**, Palo Alto, v. 28, p. 89-121, 1986.

FURLANI, P. R., et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas : Instituto Agronômico, 1999. 52p.

GHEYI, H. R.; FAGERIA, N. K. Efeito dos sais sobre as plantas. In **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande, PB: UFPB,. p. 125-131, 1997.

GIORDANO, L.B. e SILVA, J.B.C. Clima e época de plantio. In: SILVA, J.B.C e GIORDANO, L.B (Ed.). Tomate para processamento industrial. Brasília. EMBRAPA, CNPH. 168p. 2000

GORHAM, J. Sodium content of agricultural crops. In: Phillips, C. J. C.; Chiy, P. C. (ed.). Sodium in agriculture. Canterbury: Chalcombe Publ., 1995. cap.2, p.17-32.

GULZAR, S.; KHAN, M.A. & UNGAR, I. A.. Salt tolerance of a coastal salt marsh grass. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 34: p. 2595–2605, 2003.

IBGE. 2007. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp>>. Acesso em 11 dez. 2010.

IYENGAR, E. R. R.; REDDY, M. P. Photosynthesis in highly salt tolerant plants. In: Pessarakli, M. (ed.) **Handbook of photosynthesis**. Baten Rose: Marshal Dekar. 1996. P.897-909.

JOLY, A.B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Nacional, 1993. v. 4, 776 p. (Biblioteca Universitária Ciências Puras, 3).

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

KHAVARINEJAD, R.A. & CHAPARZADEH, N. 1998. The effects of NaCl and CaCl<sub>2</sub> on photosynthesis and growth of alfalfa plants. **Photosynthetica**, 35: 461–466.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plant and soils**. San Diego: Academic Press, 1995. 495 p. Francisco Hevilásio F. Pereira, **Trocas Gasosas em Plantas de Tomateiro Submetidas a Condições Salinas**.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - Current Assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**. 1977. ASCE . v.103, n IR2, p.115-34.

MAGAN, J. J.; GALLARDO, M.; THOMPSON, R. B. Effects of salinity on fruit yield and quality of tomato grown in soil-less culture in greenhouses in Mediterranean climatic conditions. **Agricultural Water Management**, v.95, n.9, p.1041-1055, 2008.

MAGGIO, A.; RAIMONDI, G.; MARTINO, A. Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. **Environmental and Experimental Botany**, v.59, n.3, p.276-282, 2007.

MALASH, N.; GHAI BEH, A.; YEO, A.; RAGAB, R., CUARTERO, J. Effect of irrigation water salinity on yield and fruit quality of tomato. **Acta Horticulturae**, n.573, p.415-423, 2002.

MARTÍNEZ, F. C. Sistemas de cultivo hidropônicos. In: MILAGROS, M. F.; GÓMEZ, I. M. C. (Ed.) **Cultivos sin suelo II**. Curso Superior de Especialización. Almeria: DGIFA-FIAPA Caja Rural de Almeria. 1999. P. 207 – 228.

MARTINEZ, V.; CERDA, A.; FERNANDEZ, F. G. Salt tolerance of four tomato hybrids. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.97, n.2, p.233-242, 1987.

MALFA, G. L.; LEONARDI, C. Crop practices and techniques. **Acta Horticulturae**, Leuven. V. 559, p. 31 – 39, 2001.

MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; BARROS, A. D. de. Manejo da irrigação e tolerância do meloeiro a salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, p.242-247, 2008.

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

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

MELONI, D. A.; OLIVA, M. A.; MARTINEZ, C. A.; CAMBRAIA, J. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, p. 69-76, 2003.

MENDLINGER, S.; PASTERNAK, D. Effect of time of salinization on flowering, yield and fruit quality factors in melon, *Cucumis melo* L. **Journal of Horticultural Science**, v.67, n.4, p.529-534, 1992.

MICKLEY, M. C. **Membrane concentrate disposal: Practices and regulation**. Denver: U.S. Department of the Interior. (Desalination and Water Purification Research and Development Program Report N.69). <http://www.usbr.gov/pmts/water/media/pdfs/report069.pdf>. 02 Jul. 2004.

MUNNS, R., JAMES, R. A. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. **Plant Soil**, v. 253, n.02, p. 201–218, 2003.

MUNNS, R.; TERMATT, A. Whole plant responses to salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, p. 143–160, 1986.

NAJLA, S.; VERCAMBRE, G.; PAGÈS, L.; GRASSELLY, D.; GAUTIER, H. Effect of salinity on tomato plant architecture. **Acta Horticulturae**, n. 801, p.1183-1190, 2007.

NAVARRO, J. M.; BOTELLA, M. A.; MARTINEZ, V. Yield and fruit quality of melon plants grown under saline conditions in relation to phosphate and calcium nutrition. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.74, n.5, p. 573-578, 1999.

NOBRE, R. G. **Formação de mudas enxertadas de graviola em condições de salinidade**. Campina Grande, 2002. 84p. Dissertação Mestrado.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O.; Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010

OLIVEIRA, B.C.; CARDOSO, M. A. A.; OLIVEIRA, J. C. Características produtivas do tomateiro submetido a diferentes níveis de sais, na água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.11-16, 2007.

PAPAGEORGIOU, G.C.; ALYGIZAKI-ZOBRA, A.; LADAS, N. & MURATA, N. 1998. A method to probe the cytoplasmic osmolarity and osmotic water and solute fluxes across the cell membrane of cyanobacteria with Chl a fluorescence: experiments with *Synechococcus* sp. PCC 7942. **Physiologia Plantarum**, 103: 215–224.

PAZ, V. P. da 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.

PEDROSA, J.F. **Cultura do melão**. 4 ed. Mossoró: ESAM, 1997, 51 p. (Apostila Encadernada)

PENNINGS, S. C.; CALLAWAY, R. M. Salt marsh plant zonation: the relative importance of competition and physical factors. **Ecology**, v.73, p.681–690, 1992.

PEREIRA, F. H. F.; NETO, D. E.; SOARES, D. C. S.; OLIVA, M. A. Trocas gasosas em plantas de tomateiro submetidas a condições salinas. **Horticultura Brasileira**, Campo Grande, v. 22, n. 2, 2005. CD-ROM.

PIMENTEL, A.A.M.P. **Olericultura no trópico úmido: Hortaliças na Amazônia**, Editora Ceres LTDA, São Paulo, 1985.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación**. 2.ed. Madrid: Mundi Prensa, 1990. 459p.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C.; SILVA JÚNIOR, L. G.A. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex numulária*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n.1, p. 111-114, 2001.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C.; ARAÚJO, O. J. **Potencialidades da erva-sal (*Atriplex numulária*) irrigada com o rejeito da dessalinização de água salobra no semi-árido brasileiro como alternativa de reutilização**. Disponível em: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaidis/aresidua/x-003.pdf>. Acesso em 10 jul. 2004.

REBOUÇAS, A. C. Águas subterrâneas. In: **Águas Doces do Brasil – capital ecológico, uso e conservação**. p. 117 – 151. Editores: A. C. Rebouças, B. Braga, e J. G. Tundisi. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo. Escrituras editora. São Paulo. 1999.

RILEY, J.J.; FITZSIMMONS, K.M.; GLENN, E.P. Halophyte irrigation: an overlooked strategy for management of membrane fraction concentrate. **Desalination**, v.110, n.3, p.197-211. 1997.

SAITO, T.; FUKUDA, N.; NISHIMURA, S. Effects of salinity treatment duration and planting density on size and sugar content oh hydroponically grow tomato fruits. **Japanese Society for Horticultural Science**, v.75, p.392-398, 2006.

SET, 2005. **Turismo lidera investimentos no RN** (Tribuna do Norte - 14/11/2005). Disponível em: <<http://www.set.rn.gov.br/set/noticias/arquivos/not/14nov2005>>.htm. Acesso em 13 dez. 2010.

SIVAKUMAR, P.; SHARMILA, P.; SARADHI, P. P. Proline alleviates salt-stress induced enhancement in ribulose-1,5-bisphosphate oxygenase activity. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 279, p. 512-515, 2000.

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

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

SUASSUNA, J. **Água potável no semi-árido: escassez anunciada**. Disponível em <http://www.fundaj.gov.br>. Acesso em 22 dez. 2010.

SUDENE. **O nordeste semi-árido e o polígono das secas**. Disponível em <http://www.sudene.gov.br>. Acesso em 12 dez. 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VALE, L. S. et al. Efeito da salinidade na cultura do algodoeiro herbáceo. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 5, 2005, Paraíba. **Anais eletrônicos...** Paraíba: EMBRAPA, 2005.

VERSLUES, P.E.; AGARWAL, M.; ZHU, J. K.. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, 45: 523–539. 2006.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Ann. Rev. Plant Biol.**, v.53, p.247–273, 2002.