

ANTÔNIO GILBERTO DE OLIVEIRA JALES

**CULTIVO DA ALFACE EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS UTILIZANDO REJEITO
DA DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA**

MOSSORÓ - RN

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ANTÔNIO GILBERTO DE OLIVEIRA JALES

**CULTIVO DA ALFACE EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS UTILIZANDO REJEITO
DA DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi - Árido, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. D.Sc. Nildo da Silva Dias

MOSSORÓ - RN

2009

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

J26c Jales, Antonio Gilberto de Oliveira.

Cultivo da alface em sistemas hidropônicos utilizando rejeito da dessalinização da água / Antonio Gilberto de Oliveira Jales. -- Mossoró, 2009.

64 f.

Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem: Área de concentração em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pós-Graduação.

Orientador: Prof^o. D.Sc. Nildo da Silva Dias.

1. *Lactuca Sativa* L. 2. Nutrição de plantas. 3. Osmose reversa. 4. Salinidade. I. Título.

CDD: 635.52

ANTÔNIO GILBERTO DE OLIVEIRA JALES

**CULTIVO DA ALFACE EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS UTILIZANDO REJEITO
DA DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

APROVADA EM: ____/____/____

Prof. D.Sc. Nildo da Silva Dias - Orientador

Prof. D.Sc. José Francismar de Medeiros

Prof. D.Sc. Hans Raj Gheyi

AGRADECIMENTOS

A Deus;

A MINHA ESPOSA Maria do Amparo e aos meus filhos, Liliane e João Gilberto pela força e incentivo;

Ao meu orientador, Professor Doutor Nildo da Silva Dias;

Ao professor José Francismar de Medeiros, Coordenador do programa de pós-graduação em Irrigação e Drenagem, pela obstinação e dedicação aos objetivos do curso;

Aos demais professores do curso de Mestrado em Irrigação e Drenagem;

Especialmente a todos os colegas de turma, pelo companheirismo, pela força e animação, tão necessárias e fundamentais;

Aos funcionários da UFERSA;

Aos estudantes da Graduação, Osvaldo Nogueira, Rafaelly, Alice Porto e Ítalo Sorac, pelo trabalho incansável em busca dos resultados dos experimentos e pela troca de informações;

A Comunidade do Assentamento Boa Fé, que partilhou um pouco de sua água para que pudéssemos desenvolver os experimentos;

A todos os pesquisadores que nos antecederam em pesquisas e trabalhos, produzindo conhecimento sobre as questões de relevância para o desenvolvimento do ambiente semi-árido;

A Prefeitura Municipal de Mossoró pela liberação de horas de trabalho em favor dessa pesquisa, bem como pela disponibilização de meios materiais para a sua execução;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa – CNPQ, pelo apoio financeiro fundamental para o desenvolvimento do presente trabalho.

À Deus, aos meus pais e aos meus filhos, eles fundamentais da corrente da vida. Em especial a minha esposa Maria do Amparo, companheira de caminhada que, com carinho e amor, me inspira a continuar lutando, vivendo e aprendendo.

Dedico!

RESUMO

JALES, Antonio Gilberto de Oliveira. **Cultivo da alface em sistemas hidropônicos utilizando rejeito da dessalinização da água**. 2009. 64f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009.

No município de Mossoró-RN, cerca de 50 comunidades rurais são abastecidas com água do aquífero Jandaíra de salinidade elevada, a qual é tratada por dessalinização, possibilitando a sua utilização para consumo humano. Entretanto, faz-se necessário considerar os riscos ambientais decorrentes desta técnica, isto porque, na dessalinização se gera, além da água potável, uma água residuária (rejeito) altamente salina e com risco de contaminação ambiental. Esse rejeito deve ter utilização ambientalmente correta, possibilitando prioritariamente a produção de alimentos, pois quase sempre os cursos d'água e o solo são os principais meios para sua deposição. Uma 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. O sistema hidropônico permite ainda que o cultivo se realize com o potencial osmótico constante. Também, a própria estrutura da hidropônica funciona como um sistema de drenagem e, os sais acumulados ao final do cultivo podem ser facilmente descartados. Com essa hipótese, foram conduzidos três experimentos para investigar como a salinidade da solução nutritiva obtida com ou sem a necessidade de diluição da água de rejeito gerado pela osmose reversa influencia a produção da alface em sistema hidropônica em ambiente protegido. A pesquisa concluiu no Experimento I que a cultivar de alface Babá de verão é mais resistente ao incremento de salinidade da solução nutritiva do que a cultivar de alface Verônica em todos os parâmetros analisados. Com relação ao Experimento II, concluiu-se que a produtividade comercial da alface utilizando o rejeito da dessalinização no preparo da solução ($CE = 5,7 \text{ dS m}^{-1}$) é permissível para o cultivo hidropônico com fibra de coco, com perdas entre 25,7% e 25,69% para a cultivares Verônica e Quatro estações, respectivamente. Já com relação ao Experimento III, a pesquisa concluiu que a cultivar de alface Babá de verão mostrou-se mais tolerante em relação à salinidade em todos os tempos de exposição da solução nutritiva com água de rejeito de dessalinizadores. Os efeitos da salinidade foram mais severos quando se aumentou o tempo de exposição das plantas ao sais e no final do ciclo da alface, demonstrando que a resposta da alface hidropônica à salinidade da água de rejeito em solução nutritiva depende do tempo de exposição e do estágio de desenvolvimento.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L. Nutrição de plantas. Salinidade e Osmose reversa.

SUMMARY

JALES, Antonio Gilberto de Oliveira. **Culture of lettuce in hydroponic systems using waste water from desalination**. 2009. 64p. Dissertation (MSc in Irrigation and Drainage) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009.

At municipal district of Mossoró-RN, more 50 rurais communities was been supplied with water from Jandaíra ground of the salt height concentration, it is treated by desalination process, permitting your use for human consummate. Whoever needed consideration under environmental impacts this technical, because in desalting makings, moreover potage water, a wastewater (reject) with salt height and risk increased of the contamination environmental. The reject have been utilizing correct for environmental, permitting the food yields, because several times it is deposited in water curses or soil. The option to destination the reject water from desalting is your use in nutrient solutions to hydroponic cultivation of the hortaliças, when the crop salt tolerance in hydroponic system is more in relationship to system conventional, which there is no matric potential under the water total potential, difficult decreased to water uptake by plants. Furthermore, the hidroponics structure operates as a drainage system and accumulated salt at the end cultivation may be easily removed from system. In order to test this hypothesis, were carried out experiments to evaluate how the nutrient solution salinity makings in present or less needed of the reject dilution of the desalination process by reverse osmosis under yield of the hydroponic lettuce in greenhouse. The research concluded that in experiment I the cultivars of summer nanny is more resistant to increased salinity of the nutrient solution of the “Veronica” cultivar in all parameters examined. With the experiment II, it was concluded that the productivity of commercial lettuce using the desalination of waste in the preparation of the solution ($EC = 5.7 \text{ dS m}^{-1}$) is permissive for the hydroponic cultivation with coconut fiber, with losses between 25,7%, and 25.69% for the cultivars speedwell and four stations, respectively. Already with the experiment III, the research concluded that the cultivar “Babá de verão” was more tolerant in relation to salinity at all times of exposure to nutrient solution with the waste water of desalination. The effects of salinity were more severe when it increased the time of exposure of plants to salt and end the cycle of the lettuce, indicating that the response of hydroponic lettuce to salinity of water waste in nutrient solution depends on the time of exposure and the stage development.

Key words: *Lactuca sativa* L. Plant nutrition. Salinity and Reverse Osmosis.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Variáveis utilizadas para estudos da qualidade da água para irrigação.....	21
Tabela 2	Caracterização química da água de abastecimento (A), da mistura de 50% de rejeito da dessalinização com 50 % água de abastecimento (AR) e do rejeito da dessalinização (R) utilizado no preparo da solução nutritiva básica.....	40
Tabela 3	Resultado da comparação de média pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade para as variáveis de crescimento considerando o fator tipo de cultivar.....	54
Tabela 4	Resultado da comparação de média pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade para as variáveis de crescimento considerando o tempo de exposição da água de rejeito salino e testemunha.....	55
Tabela 5	Resultado da comparação de média pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade para as variáveis de interesse considerando o tempo de exposição da água salobra dentro da cultivar Verônica.....	56
Tabela 6	Resultado da comparação de média pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade para as variáveis de interesse considerando o tempo de exposição da água salobra dentro da cultivar Babá de Verão.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Sistema hidropônico alternativo (A) e aleatoriamente das cultivares de alface nos vasos (B).....	35
Figura 2	Detalhe do psicrômetro não instalado no ambiente protegido (A) e datalogger para armazenados e coleta de dados (B).....	36
Figura 3	Canaleta de PVC tipo trapézio preenchidas com fibra de coco utilizada no experimento aos 12 DAT (A) e aos 24 DAT (B).....	37
Figura 4	Tubogotejadores na superfície da fibra de coco (A) e o sistema eletro bomba com reservatório para solução nutritiva (B).....	38
Figura 5	Visão geral do sistema hidropônico NFT durante o experimento III e o sistema de bombeamento com reservatório para solução nutritiva.....	41
Figura 6	Temperatura média diária do ar no interior (TI) e exterior (TE) ao longo do ciclo da alface (A) e a análise de regressão (B).....	43
Figura 7	Umidade relativa no interior (UR _I) e exterior (UR _E) ao longo do ciclo da alface (A) e a análise de regressão (B).....	43
Figura 8	Comportamento horário interno e externo da temperatura (A) e umidade relativa (B).....	44
Figura 9	Comportamento das duas cultivares de alface hidropônica para variável número de folhas absoluto (A) e relativo (B) em função da variação da CEs com adição de rejeito salino.....	45
Figura 10	Comportamento das duas cultivares de alface hidropônica para variável MFPA absoluto (A) e relativo (B) em função da variação da CEs com adição de rejeito salino.....	46
Figura 11	Comportamento das duas cultivares de alface hidropônica para variável MSPA absoluto (A) e relativo (B) em função da variação da CEs com adição de rejeito salino.....	47
Figura 12	Comportamento das duas cultivares de alface hidropônica para variável MFPA absoluto (A) e relativo (B) em função da variação da CEs com adição de rejeito salino.....	48

Figura 13	Produção absoluta (A) e produção relativa de matéria fresca da parte aérea (B) por incremento unitário da salinidade da solução nutritiva (CE_{sol}) para as cultivares Verônica e Quatro estações.....	50
Figura 14	Produção absoluta (A) e produção relativa de matéria seca da parte aérea (B) por incremento unitário da salinidade da solução nutritiva (CE_{sol}) para as cultivares Verônica e Quatro estações.....	51
Figura 15	Número de folhas em termos absoluto (A) e relativo (B) em função da salinidade da solução nutritiva (CE_{sol}) para as cultivares Verônica e Quatro estações.....	52
Figura 16	Área foliar absoluto (A) e relativo (B) em função da salinidade da solução nutritiva (CE_{sol}) para as cultivares Verônica e Quatro estações.....	52

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 ÁGUA SUBTERRÂNEA COMO ALTERNATIVA PARA A IRRIGAÇÃO E A DESSALINIZAÇÃO DAS ÁGUAS.....	16
2.2 EFEITO DA SALINIDADE NO SOLO E NAS PLANTAS.....	18
2.3 CULTIVO HIDROPÔNICO COM ÁGUA DE REJEITO SALINO.....	22
2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS DA ATIVIDADE AGRÍCOLA E DO DESPEJO DE ÁGUAS DE REJEITO NO SOLO.....	25
2.5 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA REGIÃO DE MOSSORÓ E DA ÁREA DE ESTUDO.....	28
2.6 CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO.....	30
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 EXPERIMENTO I – PRODUÇÃO DA ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO ALTERNATIVO UTILIZANDO ÁGUA DE REJEITO DE DESSALINIZADORES PARA O PREPARO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	33
3.2 EXPERIMENTO II – USO DO REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA DA ALFACE CULTIVADA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO HIDROPÔNICO COM FIBRA DE COCO.....	36
3.3 EXPERIMENTO III – UTILIZAÇÃO DO REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA BÁSICA PARA A ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT EM DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO.....	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1 EXPERIMENTO I – PRODUÇÃO DA ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO ALTERNATIVO UTILIZANDO ÁGUA DE REJEITO DE DESSALINIZADORES PARA O PREPARO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	42
4.1.1 Monitoramento da temperatura e da umidade no ambiente protegido e suas relações com o ambiente externo.....	42
4.1.2 Variáveis de produção e crescimento.....	44

4.2 EXPERIMENTO II – USO DO REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA DA ALFACE CULTIVADA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO HIDROPÔNICO COM FIBRA DE COCO.....	49
4.3 EXPERIMENTO III – UTILIZAÇÃO DO REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA BÁSICA PARA A ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT EM DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO.....	53
5 CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

No ambiente semi-árido brasileiro, devido à reconhecida escassez de águas superficiais, o grande desafio é promover o abastecimento de água às famílias de comunidades rurais e garantir a estas, a produção sustentável 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. O tratamento amplamente utilizado para reduzir a concentração de sais destas águas tem sido a dessalinização por osmose reversa (AMORIM et al., 2001; PORTO et al., 2001). Somente no município de Mossoró-RN, cerca de 50 comunidades rurais são abastecidas com água proveniente do aquífero Jandaíra de concentração elevada de sais (MEDEIROS et al., 2003), a qual é tratada por dessalinização, possibilitando a sua utilização para consumo humano.

Independentemente da eficiência da membrana e da estrutura instalada dos dessalinizadores, o sistema de osmose reversa produzirá sempre a água potável, mas 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 (NOBLE; STERN, 1995 Apud FÉRIS L. A. 2008). Deste modo, o grande desafio da utilização do sistema de tratamento de água com osmose reversa está na deposição ou reutilização da água de rejeito de forma a evitar impactos negativos ao meio ambiente das comunidades que se beneficiam desta tecnologia, possibilitando sempre que possível à produção de alimentos, pois os cursos d'água e o solo são os principais meios para sua deposição.

Conforme Mickley (2004) Apud Amorim et al. (2001) a escolha da melhor opção para se dispor o rejeito da dessalinização deve atender, dentre outros fatores, 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) apud Porto et al. (2001) consideraram o cultivo de plantas halófitas a melhor opção para dispor o rejeito da osmose reversa; já para Soares et al. (2005) afirmam que o uso do rejeito para irrigação de plantas halófitas forrageiras pode ser incompatível com a segurança ambiental em razão da ineficiência de extração de sais dessas plantas frente ao montante

aplicado ao solo e, aponta uma alternativa merecedora de investigações que é o uso da água do rejeito para o cultivo de plantas tolerantes à salinidade em recipientes de cultivo, o que evitar-se-ia o acúmulo dos sais no ambiente, pois estes seriam levados com o recipiente de cultivo durante sua comercialização.

No Brasil, o rejeito da dessalinização não está recebendo, na quase totalidade dos casos, qualquer tratamento; mesmo assim, está sendo despejado no solo e, quando utilizados na irrigação de culturas não há qualquer fundamentação técnico-científica para o seu uso, causando problemas de salinização nos solos (PORTO et al., 2001), podendo trazer, em curto espaço de tempo, sérios problemas ambientais para as comunidades que se beneficiam da tecnologia de dessalinização.

Os efeitos da salinidade sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos), reduzindo o crescimento das plantas mais sensíveis (DIAS et al., 2003). Como informado por Shannon, M.C. (1997), o grau com que o potencial osmótico, influencia o crescimento das plantas é dependente de muitos fatores, destacando-se a espécie vegetal, a cultivar, o estágio fenológico, a composição salina do meio e as condições edafoclimáticas. Além disso, informa Adams (1991) que a tolerância das plantas à salinidade é influenciada por diversos fatores, incluindo o estágio de crescimento para o tempo de exposição, duração da exposição, condição ambiental, tipo de substrato e sistema de produção.

No que concerne ao fator sistema de produção, as plantas cultivadas em hidroponia são mais tolerantes aos efeitos da salinidade em relação aos sistemas convencionais, devido à inexistência da matriz do solo (hidroponia tipo FNT) ou por ser relativamente inerte (hidroponia em substrato) e, conseqüentemente, a absorção de água pela plantas está condicionada apenas ao potencial osmótico, diminuindo a energia livre da água (SOARES, 2007). Assim, os sistemas hidropônicos permitem o uso de água salobra, como por exemplo, as águas de rejeito dos dessalinizadores, viabilizando uma atividade produtiva geradora de renda para as comunidades rurais com maior segurança ambiental.

Diante do exposto, o objetivo geral do presente trabalho foi estudar a viabilidade técnica do uso de rejeito da dessalinização por osmose reversa na produção de alface cultivada em sistema hidropônico, visando o uso sustentável deste resíduo, garantido também a produção de alimentos para as comunidades aonde têm sido implantadas as estações de tratamento de água por dessalinização, e como objetivos específicos: investigar a produção de duas cultivares de alface (cv. Verônica e Babá de verão) em sistema hidropônico fechado utilizando água de rejeito de dessalinizadores para o preparo da solução nutritiva; avaliar a salinidade da solução nutritiva com a adição de água de rejeito da dessalinização sobre a produção de alface (cv. Verônica e Quatro estações) cultivada em sistema de irrigação por gotejamento hidropônico com fibra de coco; estudar os efeitos da utilização do rejeito da dessalinização na solução nutritiva básica para a alface (cv. Verônica e Babá de verão) em sistema hidropônico NFT em diferentes fases de desenvolvimento da cultura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ÁGUA SUBTERRÂNEA COMO ALTERNATIVA PARA A IRRIGAÇÃO E A DESSALINIZAÇÃO DAS ÁGUAS

A Região do Nordeste brasileiro ocupa 18,27% do território, com uma área de 1.561.177,8 km². Deste total, 962.857,3 km² situam-se no Polígono das Secas, abrangendo oito Estados nordestinos – exceto o Maranhão – e uma área de 121.490,9 km² em Minas Gerais. Sudene,(2003), ressalta que o Semi-Árido ocupa 841.260,9 km² de área no Nordeste e outros 54.670,4 Km² em Minas Gerais, caracterizada pelo déficit hídrico em grande parte do ano, inviabilizando a prática agrícola sob condições de chuva natural. Embora a precipitação pluviométrica média do semi-árido da região Nordeste seja relativamente inferior, entre 300 e 800 mm ano⁻¹ com regime de distribuição muito irregular, as temperaturas médias anuais ficam entre 17°C e 27°C, ou seja, condições geoambientais altamente favoráveis ao desenvolvimento da agricultura.

Dentre as diversas modalidades de intervenção pública dirigidas ao Nordeste, a política de implantação da agricultura irrigada permite um controle diferenciado sobre as condições naturais, promovendo um equilíbrio entre luminosidade, temperatura e oferta de água, viabilizando a produção durante todo o ano, garantindo várias colheitas.

Entretanto, se considerarmos a disponibilidade absoluta de recursos hídricos renováveis, a agricultura irrigada na Região Nordeste é limitada devido a reservas insuficientes de água em seus mananciais (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

Deste modo, o desenvolvimento de tecnologias como pesquisas adaptadas às condições geoambientais do Nordeste são necessárias para se atingir uma agricultura com base no uso racional da água e no aproveitamento de fontes alternativas dos recursos hídricos, comprovando que as condições físico climáticas que predominam nesta região podem dificultar a vida, exigir maior empenho e maior racionalidade na gestão dos recursos hídricos, mas não podem ser responsabilizadas pelo quadro de pobreza amplamente manipulado e sofridamente tolerado.

Uma importante fonte alternativa às águas superficiais é o uso das águas subterrâneas, estas são intensamente exploradas; estima-se que existe no Brasil cerca de 400.000 poços (ZOBY; MATOS, 2002). Segundo a Associação Brasileira de Águas

Subterrâneas (ABAS), o volume de água subterrânea a ser explorado no Nordeste brasileiro, somente nas áreas de domínio sedimentar é da ordem de 19,5 bilhões de metros cúbicos, sem risco de esgotamento.

A maior parte das águas subterrâneas não contém matéria suspensa e, praticamente ausente de bactérias, sendo límpida e incolor. Porém, as águas subterrâneas podem qualidade química (sólidos solúveis totais) limitante ao consumo humano e à produção agrícola, sendo grande desse volume tem restrição de uso para consumo humano e produção agrícola. “No Brasil, a portaria nº 36/90 do Ministério da Saúde estabelece que o valor máximo permissível de sólidos totais dissolvidos é 1.000 mg L^{-1} para consumo humano” (REBOUÇAS, 2004) e, para fins de agricultura Ayers e Westcot (1999) indicam não haver restrições para o uso de água com até 450 mg L^{-1} , existindo moderada restrição para águas com 450 a 2.000 mg L^{-1} e a restrição é severa quando o teor de sólidos dissolvidos supera 2.000 mg L^{-1} .

No Brasil, tem-se instalados diversos dessalinizadores para obtenção de água doce a partir de água subterrânea salobras, sobretudo na região Nordeste onde há maior escassez hídrica (CARVALHO et al., 2004), constituindo uma alternativa para viabilizar o abastecimento de comunidades rurais em todo o semi-árido. Somente no município de Mossoró mais de 50 comunidades rurais e assentamentos de reforma agrária são abastecidos com água, proveniente de unidades de captação e tratamento de água por dessalinização. Em todas estas unidades do município de Mossoró, a técnica utilizada é a da Osmose reversa. Amorim et al (2001) atribui o predomínio da osmose reversa como principal método de dessalinização de água no nordeste devida a simplicidade das instalações aos baixos custos de implantação e manutenção aliados a sua alta eficiência de recuperação. Ainda esses sistemas têm a grande vantagem de serem adaptadas as mais variadas necessidades de volume de água tratada e disponibilidade de água bruta.

De acordo com Noble e Stern, (1995) Apud Féris L. A. (2008) a osmose reversa é um processo induzido pela ação de uma força externa, mecânica, superior à pressão osmótica do sistema, ou seja, quando esta pressão é aplicada sobre a solução mais concentrada, que está separada de outra mais diluída por uma membrana, ocasiona o transporte de solvente contra o gradiente natural de concentração. À medida que a pressão é aumentada, mais água atravessa a membrana semipermeável (água potável), havendo retenção dos íons na membrana que separa as duas soluções e o aumento da concentração de sais na solução em que se está aplicando a pressão (salmoura ou rejeito). O Processo de osmose reversa, no entanto, gera um grande volume de água de rejeito com salinidade acima da salinidade natural da água tratada,

isso se dá pelo fato de que durante o processo a totalidade dos sais dispersos na água ser concentrado na água de rejeito tornando-a mais salinizada.

A destinação ambientalmente correta da água de rejeito tem sido a grande preocupação dos ambientalistas e das instituições públicas responsáveis pelas políticas públicas de abastecimento de água. Essa preocupação a nível mundial está cada vez mais ocupando os pesquisadores e técnicos em busca de soluções menos impactantes possíveis. A grande maioria das plantas de dessalinização dos Estados Unidos e Países do oriente médio utilizam o mar como destino final do rejeito dos dessalinizadores.

No Brasil, a grande maioria das usinas de dessalinização se encontra localizadas no interior do continente, portanto, longe da costa, o que inviabiliza a emissão para o mar das águas de rejeito dos dessalinizadores. A grande maioria dos dessalinizadores deposita a totalidade ou parte da água de rejeito diretamente no solo. A deposição dessa água de rejeito diretamente no solo poderá trazer em curto espaço de tempo, sérios problemas para as comunidades que estão se beneficiando do processo de dessalinização (PORTO et al., 2001). Uma das alternativas para a utilização da água de rejeito tem sido testada com sucesso em varias experiência é a produção de peixes e camarões em tanques com água salina obtida do rejeito de dessalinizadores, associada ao cultivo de plantas hálófitas.

Um estudo realizado por Amorim et al. (2001) confirmaram a salinização dos solos causados pelo despejo da água de rejeito dos dessalinizadores instalados em duas comunidades do município de Petrolina (PE), aonde foram implantados unidades de tratamentos de água por dessalinização. De acordo com Amorim et al. (2001), a água de rejeito tem potencial para contaminar mananciais, solos e, em casos extremos a fauna e a flora da região; além disso, os sais depositados na superfície solo poderão ser transportados pela ação do vento ou por escoamento superficial e salinizar aguadas e áreas próximas.

2.2 EFEITO DA SALINIDADE NO SOLO E NAS PLANTAS

O efeito da salinidade do solo e da água nas plantas é objeto de preocupação de pesquisadores desde há muito tempo. Cada vez mais tem sido necessária a ampliação da produção de alimentos no mundo. Adversamente a essa necessidade de expansão da agricultura, restrições de solo e água têm sido impeditivo desafiador. O desafio consiste exatamente em técnicas de manejo que possibilitem a recuperação de áreas degradadas; no

entanto mais que isso tem sido necessária a ampliação das possibilidades da utilização de águas de inferior qualidade.

A salinidade do solo é o principal estresse ambiental que afeta adversamente o crescimento e o metabolismo de plantas cultivadas (SULTANA et al., 2001), isso se dá pelo fato de que a salinidade afeta a fisiologia da planta através das mudanças provocadas no potencial osmótico e a composição iônica das células (KASHEM et al., 2000; apud CAVALCANTE, L. F., 2002).

Os efeitos da salinidade na planta podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos) e no solo, caracteriza-se por problemas de permeabilidade (DIAS et al., 2003). Consequentemente, a vegetação local será prejudicada pelos efeitos dos sais no solo e na plantas e, também os rebanhos e os animais silvestres, pela falta de pastagem natural e abrigo.

A qualidade da água de irrigação é outro importante fator de limitação ao desenvolvimento das plantas.

A redução da taxa de crescimento em algumas plantas pode ser resultado do elevado nível salino na água de irrigação, afetando o equilíbrio iônico, a composição nutricional e fitohormonal, processos fisiológicos, reações bioquímicas. (HASEGAWA et al., 2000).

A utilização direta desta água na irrigação tem sido pesquisada nos últimos anos. Alguns trabalhos indicam a sua utilização na produção de espécies halófitas, sendo que destas, a atriplex tem sido a mais utilizada. Outros trabalhos de pesquisa procuraram utilizar água com elevada salinidade para a produção de alface. Em Gervásio, Carvalho e Santana (2000), foi verificado que as plantas que receberam água com condutividade elétrica acima de 3 dS m^{-1} apresentaram folhas com coloração verde-escuro, sem brilho e pouco tenras.

A Tabela 1 apresenta as principais variáveis utilizadas na caracterização da água para uso na agricultura irrigada. São demonstrados claramente na citada tabela os valores limiares de tolerância do uso da água conforme valores de Salinidade, Relação de adsorção de sódio e toxicidade para alguns elementos químicos. Esses valores estabelecem limites relativos de tolerância de uso da água.

Na região do semi-árido nordestino os efeitos da salinidade são agravados mais ainda pela alta taxa de evapotranspiração das plantas, principalmente nos períodos de estiagem. Nestes períodos do ano em que praticamente não chove na região, a temperatura ambiente chega aos 40 graus.

Em períodos de alta temperatura o funcionamento da raiz é afetado pela redução do potencial osmótico devido a uma maior concentração de sais (desequilíbrio iônico) no solo, ocasionado principalmente pelo acúmulo de Na^+ e Cl^- , o que reduz a marcha de absorção de outros nutrientes minerais como K^+ , Ca^{2+} e Mn^{2+} (LUTTS et al., 1999).

Garcia (2000) encontrou algumas evidências científicas de que a salinidade afeta os vasos condutores de água e nutrientes no fruto, tornando-se assim um impedimento a assimilação de cálcio e demais nutrientes, culminando em podridão apical dos frutos.

Os efeitos depressivos dos sais às plantas são dependentes de vários fatores, como cultivar e estágio fenológico, concentração de sais e tempo de exposição da planta, além de condições edafoclimáticas (CRAMER, et al., 1994). Sultana et al, (1999) ao estudar os efeitos salinos sobre a cultura do arroz concluiu que a salinidade afetou o crescimento, produção de matéria seca e produção. Lucena et al. (1983) após cultivarem feijão *Vigna unguiculata* e *Sorghum bicolor* em solos salinizados, de condutividade elétrica do extrato de saturação acima de 8 dS m^{-1} , observaram que as plantas tiveram o crescimento em altura sensivelmente afetado. Dentre elas o feijão apresentou-se mais sensível.

Holanda (2001) observou que com o aumento da salinidade da água de irrigação, houve a inibição do crescimento, do peso médio e do volume de água de coco produzida e houve um aumento da concentração salina desta mesma água do coco para o consumo ao natural. Por outro lado, os teores de sólidos solúveis totais (°Brix) aumentaram com o aumento do conteúdo salino da água de irrigação. Já Pereira (2000) observou que na goiabeira, o incremento de sais na água de irrigação promoveu inibição da germinação, diâmetro do caule, área foliar e produção de matéria seca das raízes, caules e folhas, não observou no entanto a formação de mudas com qualidade fitotécnica quando estas são irrigadas com água de condutividade elétrica superior a $1,5 \text{ dSm}^{-1}$.

Em relação à cultura da mangueira, Zuazo et al. (2003) ao estudarem os portas enxertos Gomera-1 e Gomera-3 obtiveram marcantes diferenças na retenção de elementos tóxicos nos diferentes órgãos das plantas (raízes, ramos e folhas) bem como efeitos negativos sobre esses órgãos, evidenciando as diferenças nos efeitos dos sais entre cultivares dentro de uma mesma espécie.

A cultura do maracujazeiro-amarelo é considerada sensível aos efeitos da salinidade inclusive com efeitos diferenciados entre os de natureza direta ou indireta a germinação de sementes, crescimento em altura, desenvolvimento radicular, floração, frutificação e qualidade de frutos. Portanto, o monitoramento dos índices salinos da água e do

solo representa uma ferramenta de suma importância no controle dos efeitos salinos sobre essa cultura. (AYERS; WESTCOT, 1999)

Águas que oferecem riscos à agricultura devido à salinidade, estão sendo cada vez mais utilizadas por produtores de maracujá na região Nordeste, especialmente em algumas áreas dos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Em tais situações as perdas hídricas por evaporação devem ser reduzidas através da utilização de tecnologias a nível de solo, bem como reduzidas as perdas de água no ambiente radicular por infiltração lateral.

Tabela 1. Variáveis utilizadas para estudos da qualidade da água para irrigação (Ayers e Westcot, 1999)

Variável	Restrição da água		
	Nenhuma	Ligeira-moderada	Severa
- Salinidade:			
CE _a (dS m ⁻¹)	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
CS (mg L ⁻¹)	< 450	450 - 2000	> 2000
- Infiltração de água do solo:			
RAS ^o (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}		CE _a	
		dS m ⁻¹	
0 – 3	> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
3 – 6	> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
6 – 12	> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
12 – 20	> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
20 – 40	> 5,0	5,0 - 2,9	< 2,9
- Toxidez específica:			
		mmol _c L ⁻¹	
Boro			
a) Irrigação por superfície	< 3	3 – 9	> 9
b) Irrigação por aspersão	< 3	>3	
Cloreto			
a) Irrigação por superfície	< 4	4 -10	> 10
b) Irrigação por aspersão	< 3	> 3	
Bicarbonato	< 1,5	1,5 - 8,5	> 8,5
		mmol _c L ⁻¹	
Boro	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
Nitrogênio	< 5,0	5,0 - 30,0	> 30,0
pH		Faixa normal 6,5 – 8,4	

* Interpretação simultânea da RAS com a CE_a. CE_a = condutividade elétrica da água de irrigação; Cs = concentração de sais dissolvidos; e RAS^o = relação de adsorção de sódio corrigida.

2.3 CULTIVO HIDROPÔNICO COM ÁGUA DE REJEITO SALINO

A prática da agricultura convencional, principalmente em pequenas áreas tem ocasionado em muitos casos a exaustão do solo. Esse insumo explorado maciçamente, por ciclos repetidos de cultivos ocasiona a perda da matéria orgânica do solo, e a sua erosão. Em outros casos quando o cultivo do solo se dá por meio de irrigação, o uso inadequado desse sistema pode acarretar problemas de salinidade e sodicidade ao solo. “Nos perímetros irrigados é freqüente o surgimento dos problemas de sais no solo, em decorrência do manejo, as vezes pouco eficaz do solo e da água”. (LEITE et al., 2007).

Os problemas decorrentes da irrigação repetitiva, em área agricultáveis no Brasil são acumulativos. Algumas áreas do país, notadamente nos seus perímetros irrigados grandes áreas já estão abandonadas por excesso de sais no solo.

Especificamente no Projeto de Irrigação do perímetro irrigado de São Gonçalo, no estado da Paraíba, 24% de sua área encontra-se afetada sem considerar as áreas que foram abandonadas por conta de excessos de sais e/ou sódio trocável (GOMES et al., 2000 *apud* LEITE, et al., 2007).

Somando-se a isso a aplicação de águas com elevados teores salinos, o agravamento da situação pode levar à exaustão toda a atividade da irrigação, principalmente se levarmos em conta o reduzido tamanho das áreas agricultáveis que são disponibilizadas para a agricultura familiar.

Como alternativa ao cultivo em solo, tem-se a hidroponia que é uma tecnologia para o cultivo de plantas em solução nutritiva, com ou sem o uso de substrato alternativo ao solo (JENSEN, 1997). Esse cultivo permite que seja feito o plantio da mesma espécie o ano todo, sem a necessidade de rotação de culturas. O sistema hidropônico permite ainda maior eficiência do uso de água, de fertilizantes e de defensivos (ALBERONI, 1998; FAQUIN; FURLANI, 1999).

Fontes e Guimarães (1999) observaram que em casa de vegetação, o cultivo de hortaliças no solo, tem apresentado dificuldade de manejo, tais como a salinização do solo resultante do uso intensivo da mesma área e inadequada fertilização; Picanço e Marquini (1999) trabalhando com cultivo hidropônico em solo dentro de casa de vegetação verificaram que a ocorrência de plantas daninhas, patógenos do solo e pragas que dificultam a condução das culturas trabalhadas.

A água da solução nutritiva, ou seja, uma solução (nutrientes e água) alimenta a planta através de sub-irrigação. “Praticamente qualquer espécie de vegetal pode ser cultivada por hidroponia: verdura folhosa, legumes, erva aromática, ervas medicinais, gramíneas, etc (TEIXEIRA, 1996). Sganzerla (1995) considera que se plantando em estufa pode-se ter, entre outras, as seguintes vantagens: melhor qualidade do produto, maior controle de pragas e doenças e proteção contra intempéries. O cultivo comercial de hortaliças hidropônicas é recente no Brasil, sobretudo para hortaliças de frutos, das quais o tomate é a cultura mais estudada. A ausência ou diminuição do potencial matricial do solo no cultivo hidropônico, aliada a condições fitossanitárias de ambiente fechado permitem uma possibilidade do cultivo proporciona uma boa possibilidade de cultivo de plantas mediamente tolerantes a salinidade nesse tipo de cultivo.

A hidroponia é uma técnica de cultivo de plantas em meio líquido que tem se expandido no mundo todo como meio de cultivo de hortaliças, pois permite o plantio durante todo o ano, além de atender perfeitamente às exigências de produção com uniformidade, alta qualidade, alta produtividade, desperdício mínimo de água e nutrientes e o mínimo uso de defensivos agrícolas (ALBERONI, 1998).

No Brasil, a hidroponia está bastante disseminada. Teixeira (1996) afirma que em praticamente todos os Estados cultiva-se nesse sistema, principalmente a alface (Teixeira, 1996). Koefender (1996) Apud Soares (2007) credita ser o alface a espécie mais difundida para cultivo hidropônico entre os produtores por se tratar de cultura de fácil manejo e por ter ciclo curto, garantindo rápido retorno do capital investido. Segundo Gualberto et al. (1999), existem no mercado disponíveis muitas cultivares de alface, no entanto pouco se sabe a respeito de suas adaptações à hidroponia, não havendo recomendação de cultivares para esse sistema de cultivo.

Um aspecto fundamental para o sucesso do cultivo hidropônico é a escolha da solução nutritiva, que deve ser formulada de acordo com o requerimento nutricional da espécie que se deseja produzir, ou seja, conter em proporções adequadas, todos os nutrientes essenciais para o seu crescimento. Atualmente existem diversas fórmulas recomendadas para o cultivo da alface. No entanto são poucas as informações sobre qual seja a melhor solução, pois elas apresentam grande diferença nas concentrações de nutrientes. Além disso, “fatores como idade das plantas, época do ano e condições climáticas locais influenciam a eficiência da solução nutritiva” (FAQUIN et al., 1999). Maroto (1990) afirma que, além da composição em si, deve-se considerar a concentração total da solução nutritiva, pois no verão, as soluções devem ser diluídas a até 50%, quando comparadas com aquelas utilizadas no inverno.

A utilização de água salina na agricultura está condicionada ao potencial osmótico total para absorção dos nutrientes pela planta. Ferreira (2005) Apud Soares (2007) propõe a equação abaixo, na qual mostra o somatório dos potenciais osmóticos:

$$\Psi_T = \Psi_g + \Psi_m + \Psi_P + \Psi_o$$

em que:

Ψ_T = Potencial total energia, m;

Ψ_g = Componente gravitacional, m;

Ψ_m = Componente matricial, m;

Ψ_P = Componente de pressão, m;

Ψ_o = Componente osmótico, m.

No caso do cultivo hidropônico uma grande vantagem é a inexistência do potencial matricial do solo, visto que o cultivo se dá sem a utilização do solo. A ausência do potencial matricial possibilita a utilização de água com salinidade mais elevada se comparado com cultivo em solo. Outro fator que constitui vantagem no cultivo hidropônico é o menor componente no potencial gravitacional o qual é diminuído pelo fato da planta ficar submetida a uma maior pressão da água sobre as raízes da planta.

Na hidroponia o que pode constituir uma vantagem, segundo Soares T. Miler (2007) é quando se utiliza água de rejeito salino, 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. Deste modo, não haveria contaminação do solo e, como benefício extra, a garantia da segurança alimentar das famílias com a maior proteção ambiental. A água de rejeito da dessalinização quando utilizada para preparar soluções nutritivas em cultivos hidropônicos de hortaliças, o efluente salino no final do cultivo (íons da solução nutritiva e rejeito) seria captado nos reservatório do sistema (hidroponia NFT) ou no substrato (hidroponia aberto), facilitando sua destinação mais apropriada.

O maior potencial da água na hidroponia pode representar uma maior absorção de água e nutrientes pela planta, com menor gasto de energia e menores prejuízos fisiológicos, para uma mesma quantidade de sais em relação ao cultivo em solo. Neste sentido, espera-se que os cultivos de plantas em sistema hidropônico proporcionem o uso sustentável das águas salobras provenientes da dessalinização. Como na hidroponia não há efeito da salinidade

sobre a matriz do solo, os prejuízos às plantas, como verificados em cultivos convencionais decorrentes das alterações da estrutura do solo pelo excesso de sódio, tornam-se nulos, o que também contribuiria para o uso das águas de rejeito na hidroponia.

No cultivo em solo com água salobra, a drenagem natural ou a fração de lixiviação pode carrear os sais abaixo da zona radicular, mas a remoção leva às águas subterrâneas. Quando se instalam sistemas de drenagem, os sais poluentes podem ser removidos para fora do meio de cultivo, mas quase sempre a remoção leva os sais para os corpos d'água ou terrenos, contaminando-o. Na hidroponia, a carga poluente já está captada e, com a vantagem de ser menos tóxica que o lixiviado de solos, podendo ser diluída para recirculação, utilizada para irrigação de outras culturas (plantas halófitas), ou facilmente direcionada para concentração em tanques de evaporação.

Em se comprovando a viabilidade técnica da utilização do rejeito salino para a produção vegetal em hidroponia, pode ser possível viabilizar a construção de tanques de evaporação para o efluente gerado no final do processo, empregando recursos gerados na própria atividade. Em se provando a viabilidade econômica e ambiental, ter-se-ia disponível para as famílias, sobretudo nas comunidades aonde foram implantados os dessalinizadores, uma alternativa para a produção de alimento, fazendo melhor preservar os recursos naturais extensivamente explorados.

Além do benefício do uso sustentável das águas residuárias provenientes do processo de dessalinização, a sua utilização em sistemas hidropônicos irá garantir também a produção de alimentos para as comunidades aonde têm sido implantadas as estações de tratamento de água por dessalinização.

2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS DA ATIVIDADE AGRÍCOLA E DO DESPEJO DE ÁGUAS DE REJEITO NO SOLO

A ocupação desordenada do ambiente pelas atividades produtivas tem ocasionado impactos ambientais de grande monta e, às vezes, até irreversíveis em determinadas regiões. O desmatamento excessivo da vegetação nativa para implantação de projetos produtivos, sem obedecer aos limites de reservas naturais e a utilização indiscriminada dos recursos naturais, poderão comprometer substancialmente os ecossistemas.

O desenvolvimento de nossa sociedade urbana e industrial, por não conhecer limites, ocorreu de forma desordenada, sem planejamento, à custa de níveis crescentes de poluição e degradação ambiental (BRAGA et al., 2002).

Nesse aspecto os recursos naturais são comprometidos, muitas vezes tornando impossível a continuidade do seu uso e, conseqüentemente, a necessidade de novas áreas para a produção. O uso de defensivos químicos na agricultura pode trazer conseqüências de forma a tornar o solo de uma área imprestável para a agricultura e pecuária em um curto espaço de tempo. Outro fato importante diz respeito aos mananciais hídricos, que requerem ainda mais cuidados na sua preservação, embora sejam muitas vezes os mais diretamente atingidos pelas atividades humanas.

O controle da qualidade da água destinada a um fim específico visa principalmente a proteção da saúde humana. São inúmeras as doenças de veiculação hídrica (SEZERINO; BENTO, 2005).

Na região do Pólo Agrícola Mossoró/Açu, no Estado do Rio Grande do Norte, a maior demanda por água para irrigação tem obrigado à utilização de águas com salinidade mais elevada Medeiros (2003); Segundo Oliveira; Maia (1998), embora a maioria das fontes de água da região apresentem boa qualidade, existem águas de qualidade inferior nessa região que, no entanto, podem ser utilizadas na irrigação. Na Chapada do Apodi, as águas subterrâneas são provenientes de dois tipos de aquíferos, o Arenito Açu, com poços profundos ($\pm 1000\text{m}$) e água de boa qualidade, com condutividade elétrica (CE_a) em torno de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$, entretanto, exigindo alto investimento para sua captação e o Calcário Jandaíra, com poços rasos ($\pm 100\text{m}$), com menor custo de implementação do poço e de captação, mas com CE_a variando de $1,2$ a $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, rica em Ca^{++} e HCO_3^- .

No caso do aquífero jandaíra, a utilização da água fica condicionada à tolerância das culturas à salinidade e ao manejo da irrigação com vistas ao controle da salinização do solo.

Salienta-se que os métodos de irrigação por gotejamento são os mais adequados ao uso e manejo de águas salinas, por manterem a umidade do solo sempre elevada, não permitindo que a concentração de sais chegue a níveis críticos (DASBERG; BRESLER, 1985; PIZARRO, 1990).

A elevação da concentração de sais na água de irrigação em até 1000mg/L¹, resulta num aumento da condutividade elétrica em mais de 1,5 dSm¹. Essa elevação já reduz em cerca de 20% o rendimento das culturas sensíveis (FOLEGATTI, 1999).

O uso de água de rejeito de dessalinizadores tem sido cada vez mais utilizado no Nordeste brasileiro. Ocorre que durante o processo de dessalinização grande parte da água bruta tratada é descartada como rejeito salino cuja concentração de sais é muito mais alto que a água original. Caso essa água seja descartada diretamente no solo poderá causar a salinização deste. O efeito do descarte de água salina no solo é significativamente mais impactante em regiões áridas e semi-áridas onde inexiste diluição desta ou mesmo o efeito de lixiviação por águas de chuva.

No Brasil, conforme Porto et al. (2001), o rejeito não está recebendo, na quase totalidade dos casos, qualquer tipo de tratamento; mesmo assim, está sendo despejado no solo, propiciando alto acúmulo de sais nas camadas superficiais do terreno. A deposição deste rejeito poderá trazer, em curto espaço de tempo, sérios problemas para as comunidades que se beneficiam da tecnologia de dessalinização (PORTO et al., 2001).

Um estudo no município de Petrolina, Estado de Pernambuco, por Amorim et al. (1997), estes confirmaram que a salinização do solo era causada pelo despejo indiscriminado dos efluentes de dois dessalinizadores instalados em duas comunidades. No Estado do Ceará, Pessoa (2000) verificou que, somente no município de Canindé, em 25% das localidades estudadas foram observados problemas de erosão e salinidade nos solos que recebem os rejeitos.

Pinheiro e Callado (2004), também no Estado do Ceará, verificaram, que de um total de 79 comunidades com dessalinizadores em operação, somente apenas 20% destas, aproveitavam os rejeitos, muito embora, esse aproveitamento seja feito sem qualquer fundamentação técnico-científica ou econômica para o seu uso; segundo eles, lavagem de roupa e automóveis constitui a maior frequência em utilização dos rejeitos (38%), não se podendo afirmar que as referidas práticas tragam benefício significativo às pessoas, sendo apenas experiências isoladas e motivadas pela absoluta falta de água de boa qualidade. Atividades estritamente econômicas tem sido fruto de exclusiva curiosidade dos produtores, embora alguns projetem a exploração da tilápia vermelha e do camarão com o uso dos rejeitos; entretanto, predomina a drenagem dos rejeitos para terrenos próximos ao sistema e para os cursos d'água (60%), sendo esta a forma mais prática e de baixo custo de descartá-los. Quanto ao retorno do rejeito para o poço, verificado em 9,5% das comunidades, talvez fosse interessante, conforme os autores, aprofundar pesquisas sobre os limites de salinidade que

permitissem sua eventual reciclagem. Concluem os autores, pelas pequenas vazões observadas nas comunidades pesquisadas, que os impactos no ambiente decorrentes do rejeito podem ser considerados desprezíveis.

Amorim et al. (2001), entretanto, reforçam que esses rejeitos de dessalinizadores, possuem potencial para contaminar mananciais, solo e até a fauna e flora da região, alertando que os sais depositados na superfície do solo, além de contaminarem mananciais subterrâneos, poderão ser transportados pela ação dos ventos ou pela água de escoamento superficial e salinizar aguadas e áreas próximas. O sódio dos sais, por exemplo, poderá substituir o cálcio nos sítios de troca de cátions, causando a dispersão dos colóides do solo, contribuindo para redução da sua condutividade hidráulica. Conseqüentemente, segundo acrescentam os autores, a vegetação da área seria prejudicada devido à deterioração das características físico-químicas dos solos e aos efeitos negativos dos sais sobre a fisiologia das plantas. Com a destruição do estrato herbáceo, os rebanhos e os animais silvestres seriam seriamente prejudicados pela falta da pastagem natural e de abrigo.

O impacto ambiental negativo do descarte da água salinizada pode ser agravado pelo aumento da compactação do solo, pela Condutividade elétrica elevada que pode levar a incapacidade total do solo para a produção. O impacto poderá ser revertido com a recuperação do solo. Ocorre que para a recuperação de um solo salinizado, o primeiro passo é ter-se um bom sistema de drenagem, por onde deve escoar a água de lavagem de recuperação. A quantidade de água deve ser determinada levando-se em conta a salinidade inicial do solo a ser lavada, a salinidade final desejada e a profundidade do solo a ser recuperado. O custo de recuperação do solo afetado por sais em muitos casos pode inviabilizar tal operação, tornando o impacto ambiental irreversível. Segundo Dias et al., (2003), deve ser considerada também as propriedades do solo a ser recuperado e o método de aplicação da água de lavagem.

2.5 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA REGIÃO DE MOSSORÓ E DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Mossoró, aonde se desenvolveu o trabalho de pesquisa, está inserido dentro do Semi-árido nordestino, apresentando características edafoclimáticas e ambientais peculiares ao bioma Caatinga. Dentro do município um Assentamento de reforma agrária, intitulado Projeto de Assentamento BOA FÉ. Localizado na porção centro oeste, foi

escolhido para a coleta da água a ser utilizada no experimento. O município está inserido dentro da região semi-árida do Nordeste brasileiro, tendo características climáticas típicas deste bioma. O clima do município é o semi-árido de Koppen. As temperaturas médias se situam em torno dos 27 graus, com mínimas de 18 e máximas chegando aos 39 graus Celsius.

A precipitação pluviométrica da região é bastante variada, com uma má distribuição temporal e espacial das chuvas. A média pluviométrica anual é de 667,4 mm/ano, porém com ocorrência de precipitação mínima registrada de 145,2 mm/ano, variando até uma máxima de 2.065,7 mm/ano. A região de Mossoró apresenta um período chuvoso concentrado entre os meses de fevereiro e abril, enquanto que, entre os meses de maio e janeiro, configura-se a estação seca, embora possa haver anos em que as médias pluviométricas sejam consideradas satisfatórias, acima da média histórica, pode acontecer uma concentração dessas chuvas em um determinado local, em detrimento de outros. Essa descontinuidade espacial prejudica, principalmente, o planejamento e acompanhamento de políticas agrícolas para a região.

A região específica do trabalho situa-se a Leste da cidade de Mossoró. Na área da comunidade de Assentamento Boa fé, as rochas calcárias da Formação Jandaíra, estão recobertas por camadas delgadas de arenitos de idade terciária, dando a morfologia do terreno características particulares. E influenciando diretamente na vegetação. A vegetação típica da Caatinga, sobressaindo uma vegetação de porte médio, constituída em sua grande maioria por plantas arbóreas, tais como a Catanduva (*Piptadenia monilliformes* Benth) e a jurema branca (*Pithecolobium dumosum*). No Assentamento há uma intensa atividade de cajucultura, aonde estas árvores, os cajueiros, compõem em também a paisagem local com muito destaque.

Os solos da área são solos arenosos de boa drenagem, no entanto a baixa pluviosidade da região, não disponibiliza um volume de água suficiente para que seja feita a drenagem de lixiviação dos sais acumulados. O experimento foi realizado, utilizando-se a água de rejeito do dessalinizador instalado na comunidade. Vale salientar que muitas vezes, o excesso de água de rejeito é despejado diretamente sobre o solo, sem nenhum tratamento, ocasionando a sua salinização;

Segundo Jales (2004), a vegetação halófitas existente na região concentra-se em áreas localizadas, na área caracterizada como uma planície fluvial, próxima à comunidade. Nesta área especificamente, a evaporação intensa, associada a baixa pluviosidade, provocam a salinização do solo. Essa vegetação é, em sua maioria, de porte rasteiro. Entre as espécies halófitas predominam o pirrixiu (*Batis maritima* - *Bataceae*) e o bredo (*Iresine portulacoides* - *Amaranthaceae*).

Os solos do município de Mossoró são de medianamente profundos a rasos, apresentando, em geral, boa porosidade e permeabilidade, que fazem com que sejam moderadamente drenados. São solos de textura argilosa ou argilo-arenosos. Durante os meses secos, tornam-se extremamente duros e apresentam gretas de contração que alcançam até 2 cm de largura. O estudo de oportunidades econômicas do município realizado pela empresa Natrontec constatou que o município de Mossoró apresenta os melhores solos do Estado para a exploração agrícola, entre eles, os cambissolos (FIERN/NATRONTEC, 1999).

O uso da água de rejeito do dessalinizador instalado na comunidade para a produção de hortaliças poderá se tornar uma atividade a ser realizada pelos agricultores familiares da comunidade e de outras comunidades vizinhas. Essa atividade sendo implantada vai contribuir com a segurança alimentar dos moradores, gerar renda na comunidade e ainda reduzir o risco de impactos ambientais negativos, ocasionados pelo despejo indevido da salmoura do dessalinizador.

2.6 CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO

Os recursos hídricos do município de Mossoró se caracterizam por dois tipos bastante diferenciados: recursos hídricos de superfície constituídos pela grande bacia hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró e seus afluentes, sendo o principal, dentre estes, o Rio do Carmo, e os recursos hídricos de sub-superfície ou subterrâneos, que constituem os mananciais de água dos aquíferos do calcário Jandaíra, do arenito Açú, e da cobertura arenosa do Grupo Barreiras, além das águas dos corpos de aluvião.

O Rio Apodi-Mossoró forma a mais extensa bacia hidrográfica do Rio Grande do Norte, ocupando aproximadamente 18.100 km². Isso corresponde a 28,5% da superfície do Estado. O Rio Apodi-Mossoró é, portanto, de regime temporário em seu alto e médio cursos, apresentando-se perene, graças à construção de pequenas represas, a partir da cidade de Governador Dix-Sept Rosado. Por cerca de 25-30 km a partir de sua foz, chegando às cercanias de Mossoró, sofre a influência das marés (FIERN/NATRONTEC, 1999).

A região de Mossoró possui dois aquíferos subterrâneos: o Açú, confinado no arenito de mesmo nome, a 700-1200 m de profundidade, e o Jandaíra, em extratos calcários situados a profundidades menores, de 20 a 150 m. Ambos possuem grande significado econômico e social, por permitirem a agricultura irrigada e o abastecimento d'água. Estudos

realizados a partir das características dimensionais e hidrodinâmica dos aquíferos da Bacia Potiguar, mais principalmente no arenito Açú e no calcário Jandaíra, permitiram uma estimativa das reservas de água na região. A estimativa de reservas de água da região que é da ordem de $300 \times 10^9 \text{ m}^3$, sendo $180 \times 10^9 \text{ m}^3$ no calcário Jandaíra e $120 \times 10^9 \text{ m}^3$ no arenito Açú. As vazões sem comprometimento dos aquíferos são $160 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ e $5 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ para a formação Jandaíra e Açú, respectivamente (REBOUÇAS et al., 1967). Esse volume de água está disponível em maior quantidade nos municípios de Baraúnas e Mossoró-RN, e se fosse possível aproveitá-lo por completo daria para irrigar por volta de 40.000 ha de melão por ano.

O Aquífero Açú constitui-se no mais importante manancial de água subterrânea do Estado do Rio Grande do Norte. O Aquífero Jandaíra, formado por rochas carbonáticas ou pelíticas intercaladas, constitui-se uma importante reserva hidrogeológica dentro do contexto regional. A qualidade da água do Calcário Jandaíra não é adequada ao consumo humano devido à sua alta dureza e salinidade. Esse aquífero, no entanto, vem sendo cada vez mais explorado no município de Mossoró. No caso específico do presente trabalho, utilizou-se água proveniente de um poço tubular, instalado na comunidade de Boa Fé, onde é explorado o Aquífero Jandaíra. A exploração desse aquífero, na região, iniciou-se nos anos 20, já com a implantação da IOCS - Inspetoria de Obras Contra as Secas, principalmente com a construção de poços em comunidades rurais, até hoje vêm sendo utilizados tais poços, e muitos mais têm sido perfurados.

Em função de pesquisas desenvolvidas, principalmente, pela Escola Superior de Agricultura de Mossoró, atualmente Universidade Federal Rural de Semi-Árido (UFERSA), às quais constataram em várias regiões do município e de municípios vizinhos a perfeita adequação dessas águas para a fruticultura irrigada, desde que observadas as técnicas empregadas; o Aquífero Jandaíra vem sendo explorado cada vez mais, existindo uma séria preocupação quanto à sua super exploração. A super exploração desse aquífero já se constata, por exemplo, no município de Baraúna, a cerca de 30 quilômetros da cidade de Mossoró, onde ocorre um rebaixamento acelerado dos níveis dos poços ali bombeados.

A qualidade da água do Aquífero Jandaíra já foi objeto de estudos por parte da Escola Superior de Agricultura de Mossoró. “As águas do aquífero Jandaíra apresentam concentrações de sais relativamente elevadas, podendo chegar a 3.000 mg/l ” (MEDEIROS, 1992 apud OLIVEIRA; MAIA, 1998).

As culturas exploradas na região classificadas como sensíveis a moderadamente sensíveis à salinidade, surge a necessidade urgente de melhor caracterizar essas águas para se estabelecer o manejo adequado das plantas, solo e sistemas de irrigação. A água do Jandaíra

se caracteriza, na sua grande maioria, quanto à salinidade entre C2 e C3 e quanto à sodicidade como S2 e S3, quando os teores dos íons carbonatos se tornam muito elevados. Os poços do Aquífero Jandaíra têm profundidade variando desde 50 até 200 metros, e seus níveis estáticos variam de 25 a 80 metros conforme a região.

Na região do estudo, o Aquífero Jandaíra se encontra coberto pelos sedimentos terciários da Formação Barreiras, caracterizados pelos arenitos de granulometria fina a média, os quais atuam como cobertura e ao mesmo tempo ajudam no processo de recarga do aquífero jandaíra. A espessura dessas rochas clásticas varia de 30 a 60 metros de profundidade. Nesta área a captação de água subterrânea se dá após a camada de arenito superior, já no domínio da Formação Jandaíra. Portanto o potencial aquífero da Região é o aquífero Cástico, embora haja a cobertura por rochas porosas da Formação Barreiras, localmente.

No aspecto hidrogeológico o fato de existir essa camada de rochas aluvionares é de fundamental importância para a recarga de água do Jandaíra. Os arenitos e areias da cobertura atuam como uma forma de esponja absorvente, que permite a infiltração rápida da água das chuvas, carreando-a para os níveis mais profundos, onde essa água se acumula no calcário Jandaíra. O aquífero da região se caracteriza por ser do tipo livre até a profundidade média de 40 metros, onde predominam os sedimentos arenosos, abaixo desta profundidade o aquífero regional se apresenta confinado sendo constituído pelos calcáreos da Formação Jandaíra. Nas camadas superficiais há uma elevada permeabilidade e a conseqüente influência da drenagem superficial, sobre a recarga do mesmo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para testar a viabilidade técnica do uso da água de rejeito da dessalinização foram conduzidos três experimentos. O primeiro, denominado de experimento I, foi conduzido em um sistema hidropônico alternativo, constituído por vasos plásticos preenchidos sílica (quartzo moído) e vermiculita. O segundo, denominado de experimento II, foi conduzido em um sistema de irrigação por gotejamento hidropônico com fibra de côco e, o terceiro, denominado de experimento III, conduzido em sistema hidropônico NFT. Não foi aplicado nenhum defensivo agrícola durante a condução dos experimentos, pois não foram observados sintomas de doença e níveis populacionais de insetos que necessitasse de controle.

3.1 EXPERIMENTO I - PRODUÇÃO DA ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO ALTERNATIVO UTILIZANDO ÁGUA DE REJEITO DE DESSALINIZADORES PARA O PREPARO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

O experimento foi realizado, no período de abril a junho de 2008, em um ambiente protegido do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localizado em Mossoró, RN (5° 11' S, 37° 20' W e 18 m). Segundo a classificação de Köppen, “o bioclima da região é do tipo BSw_h”, com temperatura média anual de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual bastante irregular, com média de 672,9 mm, e umidade relativa de 68,9 % “. (CARMO FILHO, ESPÍNOLA SOBRINHO; MAIA NETO, 1991).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados completos em parcelas subdivididas com três repetições. Nas parcelas experimentais foram testados as misturas de água de rejeito da dessalinização e abastecimento para o preparo da solução nutritiva para a alface em sistema hidropônico de cultivo (M) e, nas subparcelas, as cultivares de alface (C). Mistura de água de rejeito da dessalinização: M₁ = 100 % água de abastecimento, M₂ = 25 % água de rejeito + 75 % água de abastecimento, M₃ = 50 % água de rejeito + 50 % água de abastecimento, M₄ = 75 % água de rejeito + 25 % água de abastecimento e M₅ = água de rejeito coletada no dessalinizador. Cultivares de alface: C₁ = Cultivar Verônica e C₂ = Cultivar Babá de Verão.

A solução nutritiva foi preparada utilizando as águas das misturas descritas anteriormente e, a quantidade de fertilizantes adicionados foi suficiente para atender as necessidades nutricionais da cultura durante o ciclo da alface, conforme recomendação de um produtor de alface hidropônico da região; em que foram adicionados para 100 L de mistura de água as quantidades de 50 g nitrato de cálcio, 37 g nitrato de potássio, 14 g de MAP, 27 g sulfato de magnésio e 6 g Quelatec. Após a adição dos fertilizantes, a salinidade final da solução nutritiva para cada tratamento foi: $S_1 = 1,1$; $S_2 = 2,4$; $S_3 = 3,6$; $S_4 = 4,7$ e $S_5 = 5,7$ dS m^{-1} .

Cada parcela experimental foi constituída por uma bancada de aço com $0,64$ m^2 e $1,90$ m de altura contendo um sistema hidropônico alternativo (Figura 1A), constituído de 6 vasos plásticos de 3,0 L, os quais tinham as bases perfuradas e equipadas com microtubos protegido por tela, possibilitando a conexão individual a um reservatório coletor de solução nutritiva (um balde plástico com capacidade de 12 L), constituindo o sistema de drenagem, sendo cada vaso preenchidos com 10 cm de “sílica” (quartzo moído) na camada inferior e de 10 cm de substrato vermiculita na camada superior.

A fim de diminuir a intensidade luminosa, as parcelas foi utilizada sobre parcelas experimentais, a $1,0$ m de altura acima da cultura, uma malha termo-tefletora com 40% de atenuação da radiação solar. As parcelas experimentais foram alocadas em um ambiente protegido do tipo capela com pé direito de 3,0 m, $12,0$ m de comprimento e $16,0$ m de largura, coberta com filme de polietileno de baixa densidade com aditivo anti-ultra violeta e espessura de 150 micras, protegida nas laterais com malha negra.

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células preenchidas com vermiculita, as quais flutuavam em solução nutritiva na mesa de germinação. O transplante das mudas foi realizado aos 16 dias após a semeadura, quando as plantas apresentaram de 5 a 6 cm de altura e 5 folhas definitivas com emissão da sexta; transplantando-se aleatoriamente uma muda por vaso, totalizando de 3 plantas de cada cultivar por sub-parcela (Figura 1B).

Diariamente, ao final da tarde, a solução nutritiva era drenada dos vasos para o reservatório coletor, sendo esta prática realizada por gravidade, ou seja, baixando o reservatório em nível menor do que os vasos. Na manhã seguinte, a solução nutritiva era retornada para os vasos, elevando o reservatório coletor a um nível maior do que os vasos, sendo o procedimento de drenagem repetido ao meio dia, visando à oxigenação do sistema.

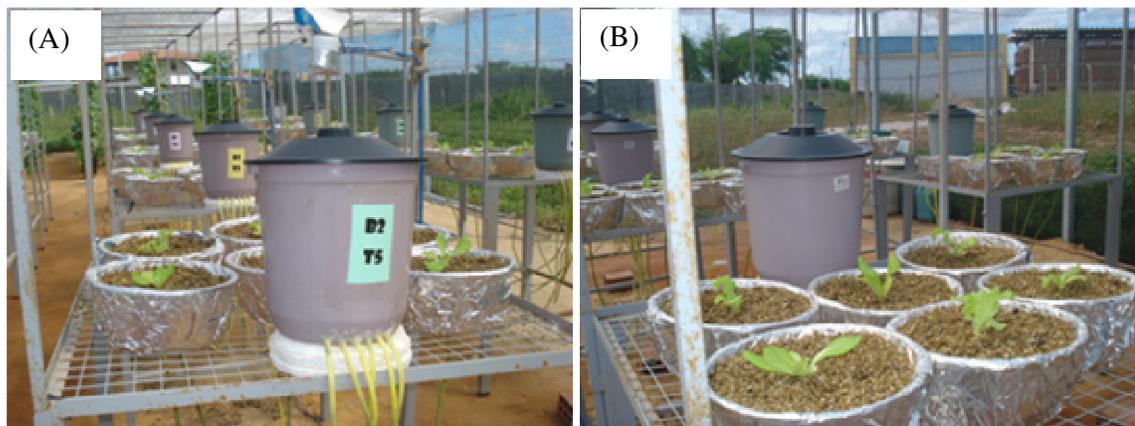


Figura 1. Sistema hidropônico alternativo (A) e aleatoriamente das cultivares de alface nos vasos (B)

Para monitorar o microclima no interior do ambiente protegido foram instalados cinco psicrômetros não aspirados de cobre e constatam (Figura 2A) para efetuar as leituras de temperatura real do ar e umidade relativa, registrando médias a cada trinta minutos e médias diárias ao longo do ambiente, ou seja, temperatura em bulbo seco e temperatura em uma gaze de algodão umedecida, todos em mesma posição em cada bancada, visando medir possíveis variações na temperatura e umidade relativa nas parcelas ao longo do dia. As médias relacionadas à temperatura do ar e umidade relativa foram registradas em intervalos de dez segundos, mediante programação do datalogger (Figura 2B), os dados eram armazenados e coletados diariamente.

A colheita foi realizada aos 24 dias após o transplântio para a realização das análises de produção: número de folhas (NF), determinado pela contagem de folhas verde maiores de 3,0 cm de comprimento, desprezando-se as amareladas e/ou secas, partindo-se das folhas basais até a última folha aberta; diâmetro caulinar (DC), determinado com um paquímetro digital na por ocasião da colheita, medindo-se a distancia entre as margens oposto do disco foliar, sendo os valores expressos em cm; biomassa fresca (PMF), estimada por pesagem em balança digital de precisão; biomassa seca (PMS), determinada pelo peso seco em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C até atingir peso constante, expresso em gramas e área foliar (AF), utilizando o integrador de área foliar, modelo LI-3100 da Licor.

Os resultados foram interpretados pela análise de variância utilizando-se o programa “SISVAR”, Ferreira (2000) para a comparação das médias de cada variável. As

médias das variáveis de produção foram analisadas por teste de média, com base no teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

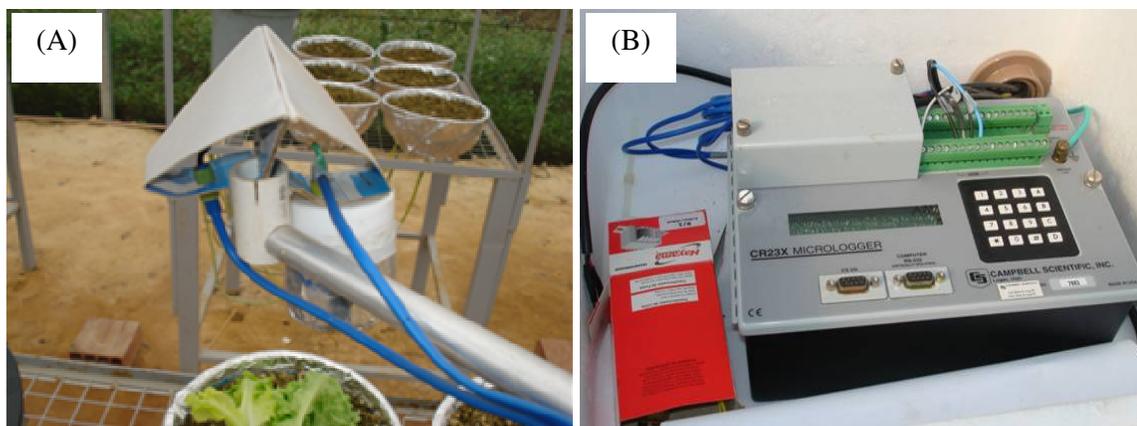


Figura 2. Detalhe do psicrômetro instalado no ambiente protegido (A) e datalogger para armazenados e coleta de dados (B)

3.2 EXPERIMENTO II – USO DO REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA DA ALFACE CULTIVADA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO HIDROPÔNICO COM FIBRA DE COCO

O trabalho constituiu-se de um experimento com duas cultivares de alface, uma do tipo crespa (Verônica) e outra roxa (quatro estações), conduzido em ambiente protegido o Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), conforme descrição do experimento I.

Foram testadas cinco misturas de água de rejeito da dessalinização e abastecimento para o preparo da solução nutritiva ($M_1 = 100\%$ água de abastecimento, $M_2 = 25\%$ água de rejeito + 75% água de abastecimento, $M_3 = 50\%$ água de rejeito + 50% água de abastecimento, $M_4 = 75\%$ água de rejeito + 25% água de abastecimento e $M_5 =$ água de rejeito coletada no dessalinizador), que após a adição dos fertilizantes, a salinidade final da solução nutritiva para cada tratamento foram: 1,1; 2,4; 3,6; 4,7 e 5,7 $dS\ m^{-1}$, respectivamente.

A solução nutritiva foi preparada utilizando as águas das misturas descritas anteriormente e, a quantidade de fertilizantes adicionados foi suficiente para atender as necessidades nutricionais da cultura durante o ciclo da alface, conforme recomendação de um

produtor de alface hidropônico da região; em que foram adicionados para 100 L de mistura de água as quantidades de 50 g nitrato de cálcio, 37 g nitrato de potássio, 14 g de MAP, 27 g sulfato de magnésio e 6 g Quelatec.

Cada parcela experimental era composta por um sistema hidropônico aleatorizado entre os blocos, constituído por uma canaleta de PVC tipo trapézio com 6 m de comprimento, tendo em sua base perfurações a cada 0,5 m para escoar o excesso de solução. As canaletas de cultivos foram preenchidas com fibra de côco, substrato que serviu de sustentação às raízes e de material de retenção da solução nutritiva e, foram colocadas a 0,90 m do nível do solo do ambiente protegido, fixadas por suporte de madeira com declividade de aproximadamente 3 % para facilitar a drenagem do excesso de solução nutritiva. A pista parcial de uma parcela experimental é mostrada na Figura 3.

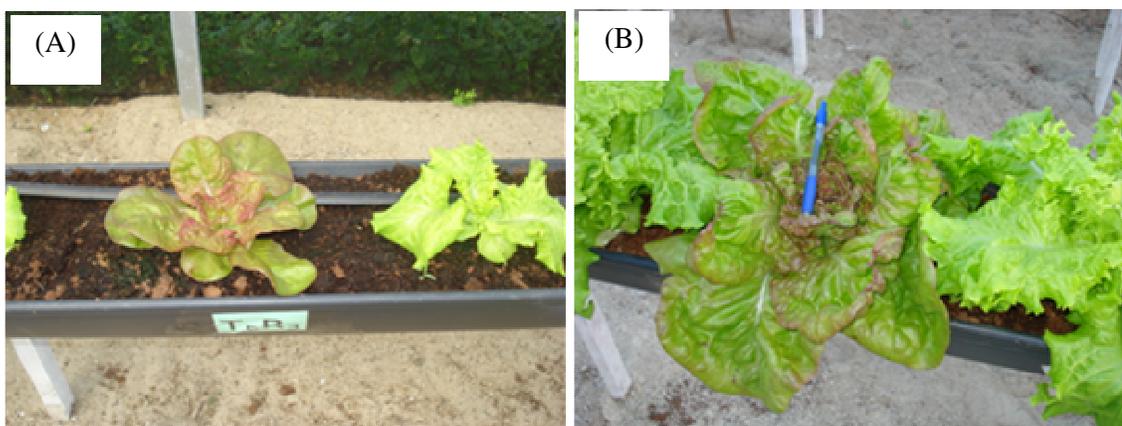


Figura 3. Canaleta de PVC tipo trapézio preenchidas com fibra de coco utilizada no experimento aos 12 DAT (A) e aos 24 DAT (B)

Para aplicar a solução nutritiva foi instalado, em cada tratamento, um sistema de irrigação constituído por um tubogotejador na superfície com emissores espaçados de 0,5 m e vazão de $2,5 \text{ Lh}^{-1}$, um reservatório com capacidade para 500 L e uma eletrobomba (modelo EBD 250076) com componentes internos de plástico para evitar corrosão (Figura 4). O sistema de irrigação era acionado diariamente, até que a solução nutritiva começasse a escoar pelos orifícios. Ressalta-se que durante a condução do experimento as plantas não apresentaram sintomas visuais de deficiência hídrica nem, tampouco, falta de oxigenação.

As mudas de alface foram produzidas em bandejas de poliestireno com 128 células, preenchidas com vermiculita, as quais flutuavam em solução nutritiva na mesa de germinação, sendo semeadas em 23/7/2008, duas sementes por cavidade. O desbaste foi

realizado cinco dias após a emergência das plântulas, sendo mantida uma planta por célula. O transplante das mudas foi realizado aos 16 dias após a semeadura, quando as plantas apresentaram de 5 a 6 cm de altura e 5 folhas definitivas com emissão da sexta.

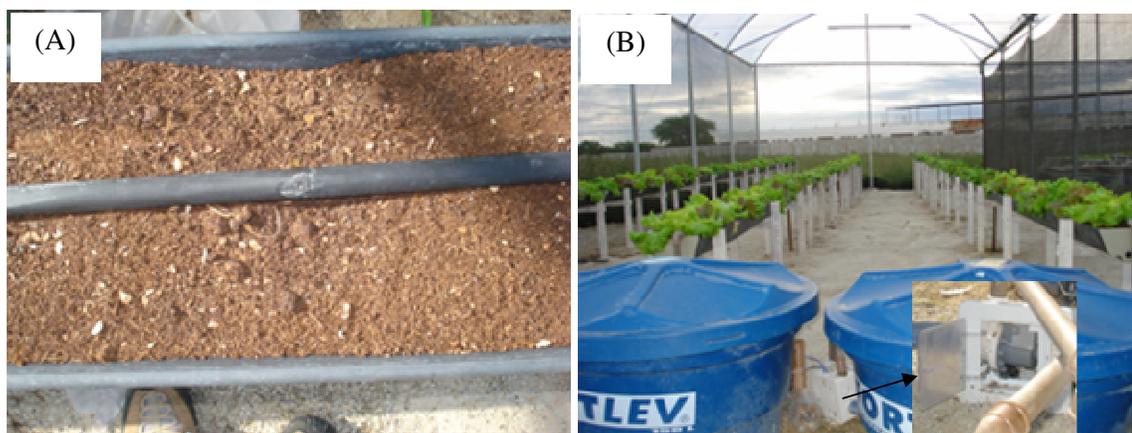


Figura 4. Tubogotejadores na superfície da fibra de coco (A) e o sistema eletro bomba com reservatório para solução nutritiva (B)

As mudas das cultivares “Verônica” (crespa) e “Quatro estações” (roxa) foram transplantadas alternadamente nas parcelas, coincidindo com o emissor, sendo essas distribuídas aleatoriamente por sorteio. Considerando as 12 plantas por caneleta, 4 foram consideradas útil de cada cultivar e, as duas plantas localizadas nas extremidades das caneletas designadas como bordadura. Foi utilizado o delineamento aleatorizado em blocos com três repetições por tratamento.

A colheita foi realizada aos 19 dias após o transplântio para a realização das análises de produção: número de folhas (NF), diâmetro caulinar (DC), biomassa fresca (PMF), biomassa seca (PMS) e área foliar (AF), conforme procedimentos descritos no experimento I.

As produtividades percentuais da alface em função da salinidade em cada tratamento foram calculadas em relação à produtividade obtida com o tratamento testemunha. A análise estatística compreendeu análises de variância e de regressão e se fez o teste de média para comparar os fatores qualitativos com 0,05 de significância.

3.3 EXPERIMENTO III – UTILIZAÇÃO DO REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA BÁSICA PARA A ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT EM DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO

O trabalho foi conduzido no período de 17 de setembro a 29 de outubro de 2008, em um ambiente protegido situada no Campus da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA, município de Mossoró-RN, a 5°11' de latitude Sul e 37°20' de longitude Oeste, a uma altitude de 18m. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo BSw^h, ou seja, quente com estação chuvosa no verão, atrasando-se para o outono. A precipitação média anual é de 825 mm, sendo março e abril os meses mais chuvosos. “A temperatura média anual é de 27,4°C, com média das máximas igual a 33,3°C e das mínimas 22,6°C, a insolação média é de 236h mensais e a umidade relativa média é de 68,9%”. (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1989).

As plantas de alface foram nutridas com solução nutritiva básica (CE 1,1 dS m⁻¹) até os 28 dias após o transplântio - DAT (tratamento testemunha) e com solução nutritiva básica contendo 50% de água de rejeito da dessalinização (CE 4,8 dS m⁻¹) expostas durante 7, 14, 21 e 28 DAT. A quantidade de fertilizantes adicionados na solução nutritiva básica foi suficiente para atender as necessidades nutricionais da cultura durante o ciclo da alface, conforme recomendação de um produtor de alface hidropônico da região, com a seguinte composição de macronutrientes (g L⁻¹): 0,5; 0,37; 0,14 e 27 de nitrato de cálcio, nitrato de potássio, MAP, sulfato de magnésio, respectivamente; e como fonte de micronutrientes foi adicionado 0,06 g L⁻¹ de Quelatec. A solução nutritiva básica foi preparada e substituída a cada três dias, sendo feito diariamente o monitoramento da condutividade elétrica e do pH.

A água de rejeito do dessalinizador foi coletada na unidade de tratamento da comunidade do Assentamento de Reforma agrária Boa Fé, localizada no município de Mossoró-RN, enquanto que a água de abastecimento foi proveniente do campus da UFRSA. A coleta de água foi realizada em bombonas plásticas isentas de qualquer contaminação, sendo sempre lavadas com a própria água de rejeito no local da coleta. Com isso ficam reduzidas as possibilidades de descaracterização das características da água de rejeito.

As características químicas das águas de rejeito, abastecimento e as diluições utilizadas no experimento são descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química da água de abastecimento (A), da mistura de 50% de rejeito da dessalinização com 50 % água de abastecimento (AR) e do rejeito da dessalinização (R) utilizado no preparo da solução nutritiva básica

Água	CE (dS m ⁻¹)	pH	Ca	Mg	Na	Cl	CO ₃	HCO ₃	RAS* (mmol L ⁻¹) ^{0,5}
		mmol _c L ⁻¹						
A	0,46	8,0	0,6	0,1	5,1	1,8	0,5	3,8	
AR	3,80	7,6	11,6	8,2	16,8	26,0	0,7	5,7	
R	5,96	7,4	22,4	8,6	30,6	64,6	0,3	8,1	

*Relação de Adsorção de Sódio

Os tratamentos foram aleatorizados em blocos, com cinco tratamentos e quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída por uma canaleta de PVC, sobre traves de madeira a uma altura média de 1 m, com espaçamento entre plantas de 0,20 m e entre canaletas 0,30 m, tendo o orifício de 0,09 m de diâmetro para alocar as mudas. Cada tratamento foi representado por um sistema hidropônico NFT, composto basicamente por um tanque com capacidade de 150 L solução nutritiva, um sistema de bombeamento, quatro canais cultivo (blocos) e um sistema de retorno ao tanque (Figura 5). A solução nutritiva era bombeada aos canais e escoava por gravidade, formando uma fina lâmina de solução que irrigava as raízes. O acionamento do sistema de bombeamento era controlado por timer alternando a cada 15 minutos entre ligada/desligada durante o dia e, desligado durante a noite.

Os canais de cultivos da bancada de produção tinha capacidade para 16 mudas, cada bancada possuía 5 canaletas (tratamentos) conectados a cinco diferentes reservatórios de abastecimento automático. As mudas das cultivares Verônica e Babá de verão foram transplantadas alternadamente nas parcelas, sendo essas distribuídas nos orifícios aleatoriamente por sorteio. Considerando as 16 plantas por canaleta, 6 foram consideradas útil de cada cultivar e, as duas plantas localizadas nas extremidades das canaletas designadas como bordadura.

O plantio foi realizado em 17 de setembro de 2008 em bandejas de isopor com 128 células preenchidas com vermiculita. Após a germinação, as bandejas foram colocadas em um “sistema DFT”. (FURLANI et al.,1999), deixando correr uma lâmina de solução nutritiva (aproximadamente de 4 a 5 cm) suficiente para o desenvolvimento do sistema radicular das mudas, mantendo o substrato úmido e permitindo a absorção dos nutrientes. O

transplante foi realizado 21 dias após o plantio, quando as plantas apresentaram de 5 a 6 cm de altura e cinco folhas (incluindo os cotilédones) com emissão da sexta.



Figura 5. Visão geral do sistema hidropônico NFT durante o experimento III e o sistema de bombeamento com reservatório para solução nutritiva

A colheita foi realizada aos 21 dias após o transplante para a realização das análises de produção: número de folhas (NF), determinado pela contagem de folhas verde maiores de 3,0 cm de comprimento, desprezando-se as amareladas e/ou secas, partindo-se das folhas basais até a última folha aberta; diâmetro caulinar (DC), determinado com um paquímetro digital na por ocasião da colheita, medindo-se a distância entre as margens oposto do disco foliar, sendo os valores expressos em cm; biomassa fresca (PMF), estimada por pesagem em balança digital de precisão; biomassa seca (PMS), determinada pelo peso seco em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C até atingir peso constante, expresso em gramas e área foliar (AF), utilizando o integrador de área foliar, modelo LI-3100 da Licor.

Os resultados do experimento foram interpretados individualmente por meios da análise de variância com auxílio do software “SISVAR” (FERREIRA, 2000). O fator quantitativo relativo aos níveis de salinidade foi analisado estatisticamente por meio de regressão polinomial (linear e quadrática), e aplicou-se o teste de média “F” a 5 % de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTO I - PRODUÇÃO DA ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO ALTERNATIVO UTILIZANDO ÁGUA DE REJEITO DE DESSALINIZADORES PARA O PREPARO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

4.1.1 Monitoramento da temperatura e da umidade no ambiente protegido e suas relações com o ambiente externo

Na Figura 6 mostra a variação da temperatura média diária no interior no interior do ambiente protegido (T_I) e no ambiente exterior (T_E) ao longo do ciclo da alface e a análise de regressão. Verifica-se efeito linear entre a temperatura interna (T_I) e a externa T_E , com acréscimo de 1,05 °C no valor médio da temperatura do ambiente protegido, o que já era esperado devido à interrupção do processo convectivo pela cobertura plástica que impede a passagem do ar quente para o exterior; além disso, deve-se considerar o menor volume de ar a ser aquecido. Os valores médios mensais de T_I e T_E do ambiente protegido foram 26,88 e 25,83 °C, respectivamente. Quando a temperatura está acima do limite superior da faixa ideal de temperaturas, a planta transpira demasiadamente, provocando sensível redução na produção de matéria orgânica (Lopes, 2003). Ao mesmo tempo o acréscimo de 1,05 °C tem efeito sobre a transpiração da planta, ocasionando maior consumo e água e conseqüentemente maior absorção de nutrientes resultando em maior produção.

Com relação à umidade relativa, observa-se na Figura 7 a expressão linear ($R^2 = 0,90$) entre a umidade relativa interna (UR_I) e a externa (UR_E), visto que UR_I apresentou uma maior amplitude em relação ao ambiente externo. Essa diferença interna, provavelmente está associada a diminuição do transporte de moléculas da água pelo vento de dentro para fora do ambiente protegido e, também pode ser explicada pela maior quantidade de água evapotranspirada dentro do ambiente protegido. O valor médio da UR_I e UR_E foram de 75,83 e 72,71 %, respectivamente. De forma geral a UR_I média foi de 3,13% maior em relação ao ambiente externo, contrários aos encontrados por Evangelista (1999) que constatou valor inferior para UR_I de 3,2 %.

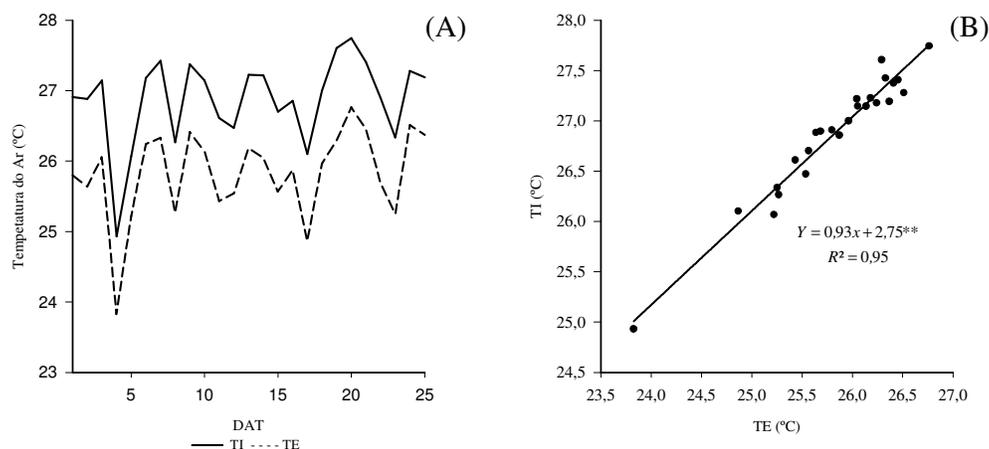


Figura 6. Temperatura média diária do ar no interior (TI) e exterior (TE) ao longo do ciclo da alface (A) e a análise de regressão (B)

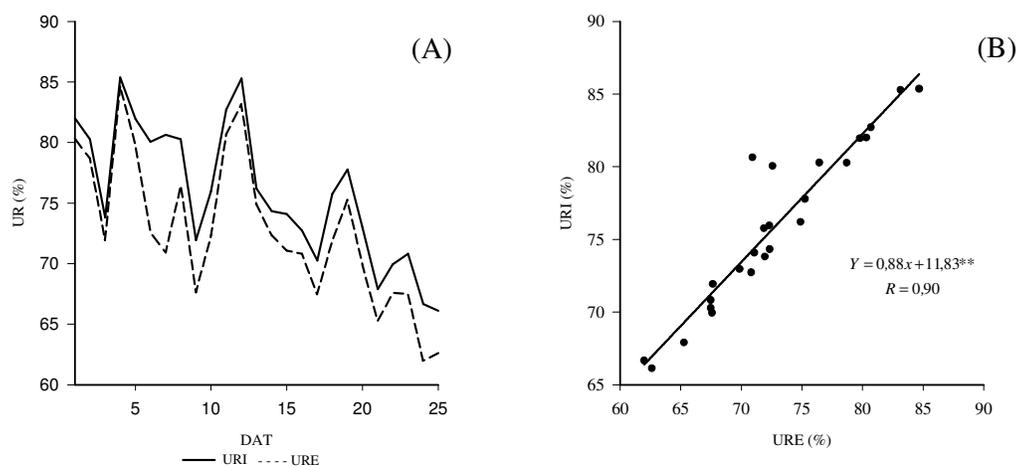


Figura 7. Umidade relativa no interior (UR_I) e exterior (UR_E) ao longo do ciclo da alface (A) e a análise de regressão (B)

A Figura 8 mostra o comportamento horário da temperatura interna e externa e umidade relativa interna e externa, em que se verifica maior diferença média de $1,66\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre TI e TE, no período do dia compreendido entre 11:00 h e 15:00 h, essa diferença deve-se provavelmente a ausência de correntes de ar dentro da estufa, que não possibilita a dissipação do calor, enquanto que na parte externa essas correntes são possíveis de ocorrer principalmente no início da tarde. Saliente-se que os dados de temperatura e umidade externa

foram coletados na estação meteorológica da UFERSA, que dista cerca de 8 metros do local onde estão instaladas as estufas. A diferença quanto a Umidade não foi verificada na mesma proporção, na comparação entre a umidade relativa interna e umidade relativa externa. Os valores muito próximos podem ser relacionados a maior transpiração das plantas no interior da estufa, ocasionando um aumento na umidade relativa interna.

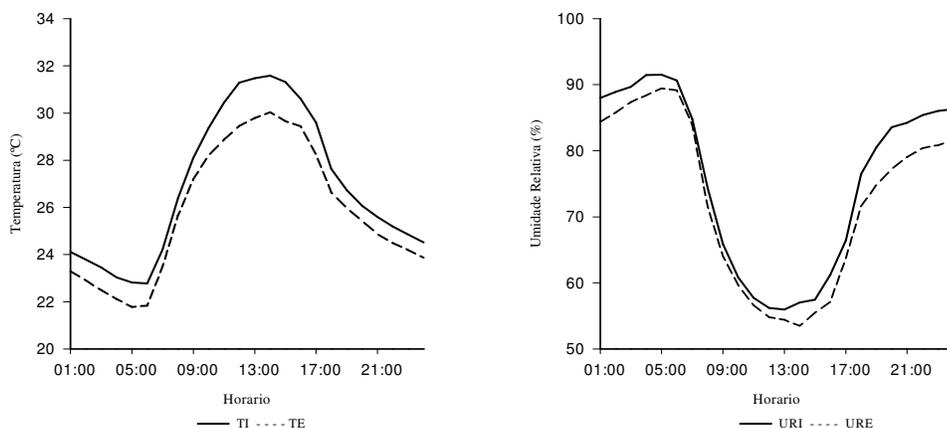


Figura 8. Comportamento horário interno e externo da temperatura (A) e umidade relativa (B)

4.1.2 Variáveis de produção e crescimento

O número de folhas da alface foi significativamente influenciada pelos níveis de salinidade da solução nutritiva apenas para cultivar ‘Verônica’ (Figura 9A), sendo registrado uma redução no número de folhas de 4,28% por incremento unitário a partir da salinidade limiar de 4,28 dS m⁻¹ (SL) (Figura 9B). Soares (2007), também verificou redução do número de folhas da alface hidropônica (cv. Elba) com o aumento da salinidade da solução nutritiva. No comparativo de relação entre as cultivares ‘Babá de verão’ e ‘Verônica’, constatou-se que a primeira é mais tolerante ao incremento da salinidade da solução nutritiva (Figura 9B); fato este que pode explicar o efeito não significativo desta cultivar em resposta aos níveis de salinidade, pois esta variável decresce sensivelmente ao acréscimo da salinidade da solução nutritiva.

A salinidade limiar para a variedade “babá de verão” é de 0,23 dSm⁻¹, enquanto que para a cultivar “verônica” este limiar é de 0,13 dSm⁻¹. Comprando os dados limites de salinidade a cultivar verônica mostra um decréscimo no número de folhas duas vezes maior

do que a cultivar babá de verão. Enquanto a primeira mostra um decréscimo de 22,67% entre os valores de salinidade de 1,1 dSm⁻¹ e 5,7 dSm⁻¹, a segunda mostra um decréscimo de apenas 11,1% para os mesmos limites de salinidade.

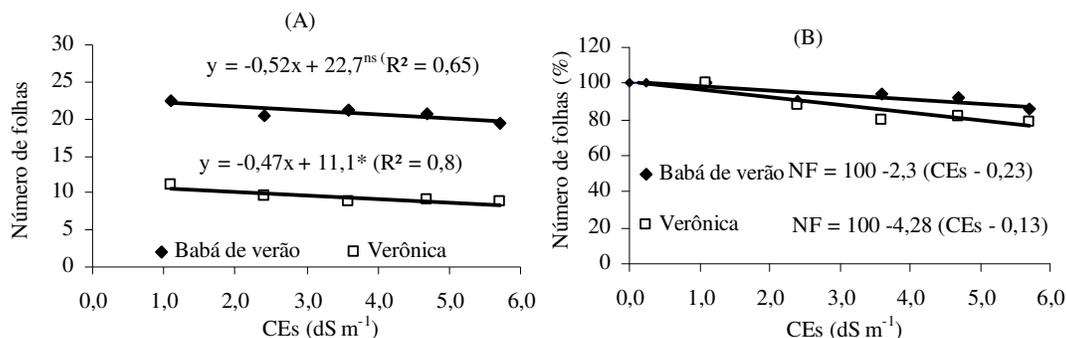


Figura 9. Comportamento das duas cultivares de alface hidropônica para variável número de folhas absoluto (A) e relativo (B) em função da variação da CEs com adição de rejeito salino

Investigação com a cultura da alface sob efeito da salinidade realizada por Gervásio et al. (2000) não relaciona a redução do número de folhas com o incremento da salinidade, porém os autores observaram partir da CE 3 dS m⁻¹ folhas com coloração verde-escuro, sem brilho e pouco tenras; estas observações podem estar relacionadas ao alto grau de salinidade presente na solução do solo.

A Figura 10 mostra a relação entre MFPA e a CE da solução nutritiva, demonstrando que para as duas cultivares estudadas, a MFPA foi reduzidas linearmente com o incremento da água de rejeito salino na solução nutritiva. Comparando-se os dados de salinidade limiar para as duas cultivares observou-se uma limiar para a cultivar ‘Babá de verão’ de 0,94 dS m⁻¹, enquanto para a cultivar ‘Verônica’ esse valor ficou em 1,30 dS m⁻¹ (Figura 10B), sendo registrados perdas por incremento unitário a partir da SL de 4,28% e 6,68% (dS m⁻¹) para as cultivares ‘Verônica’ e ‘Babá de verão’, respectivamente, evidenciando que a tolerância das culturas variam entre cultivares de uma mesma espécie, sendo nas condições que foram desenvolvido a pesquisa, a cultivar ‘Verônica’ mais tolerante a salinidade da solução nutritiva com rejeito salino. Gervásio, Carvalho e Santana (2000) trabalhando com a cultivar Alface americana encontrou outros valores de limiar de salinidade. Esses dados comparados aos dados de Gervásio, Carvalho e Santana (2000) que trabalhando com a cultivar Alface americana encontrou outros valores de limiar de salinidade.

A inclinação das curvas da produção total equipara-se a apresentada por Maas; Hoffman (1977) *apud* Ayers; Westcot (1991), mas apresenta a salinidade limiar bastante reduzida, 0,2 contra 1,3 dS m⁻¹. (GERVÁSIO, CARVALHO; SANTANA, 2000).

Os valores, portanto, encontrados pelo experimento realizado ficaram mais próximos dos valores encontrados por Mass e Hoffman (1977). Embora Gervásio, Carvalho e Santana (2000) tenha trabalhado com outra cultivar, alface americana, a diferença de valores de limiar de salinidade encontrado pode ser creditada pela ausência do potencial mátrico do solo, visto que o cultivo foi realizado em hidroponia, enquanto este utilizou plantio em solo.

No experimento realizado não ficou evidente nenhuma tipo de mudança de textura nas folhas das plantas em nenhuma das cultivares, diferente de dados relatados em outros experimentos.

As plantas que receberam água com condutividade elétrica acima de 3 dS m⁻¹ apresentaram folhas com coloração verde-escuro, sem brilho e pouco tenras. Estas observações podem estar relacionadas ao alto grau de salinidade presente na solução do solo.(GERVÁSIO, CARVALHO; SANTANA, 2000).

Os valores encontrados pelo experimento realizado ficaram mais próximos dos valores encontrados por Maas e Hoffman (1977). Esse valor de limiar de salinidade pode ser creditado pela ausência do potencial mátrico do solo, visto que o cultivo foi realizado em hidroponia, demonstrando a uma vantagem deste sistema de cultivo em relação ao cultivo convencional quando se utiliza águas salobras, principalmente quando se busca uma destinação nobre do para o reuso das águas residuárias do processo de dessalinização por osmose reversa.

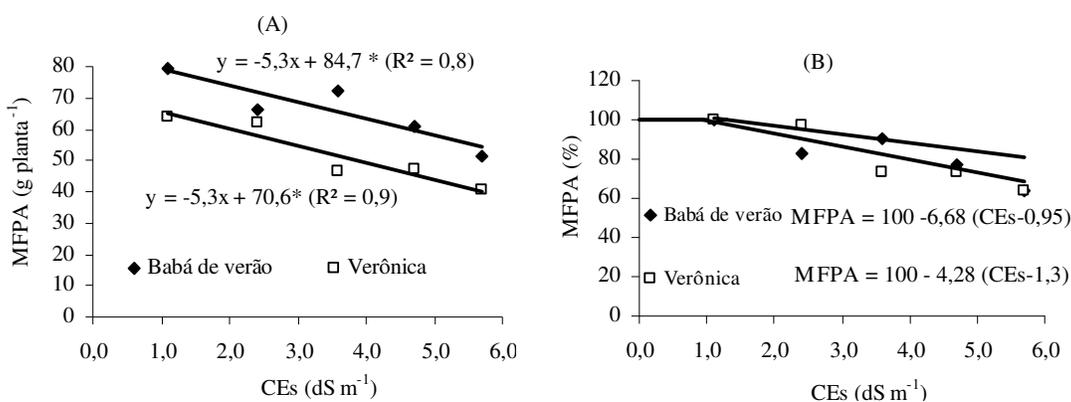


Figura 10. Comportamento das duas cultivares de alface hidropônica para variável MFPA absoluto (A) e relativo (B) em função da variação da CEs com adição de rejeito salino

Com relação à matéria seca da parte aérea, verificou-se efeito significativo com redução da matéria seca por aumento da salinidade da solução nutritiva, como mostra a Figura 11. Porém, quando se compara as variáveis MFPA e MSPA, verificam-se comportamentos diferentes entre as duas cultivares, ou seja, a cultivar ‘Babá de verão’ mostrou-se com menor perda relativa de MSPA em relação a perda de MFPA representadas pelos coeficientes “b” do modelo de Maas e Hoffman (1977), que foram 5,48 e 6,68% (dS m⁻¹)⁻¹ para a MSPA e MFPA, respectivamente.

Já para a cultivar ‘Verônica’ houve um comportamento contrário, a perda relativa de MSPA (b = 7,83) foi superior à perda relativa de MFPA (b = 4,28) como mostra nas Figuras 10 e 11. Viana (2001), obteve resultado semelhante quando verificou uma maior redução da matéria seca da parte aérea em relação a redução da matéria fresca da alface, tendo sido, respectivamente, de 27% e 25,3% as reduções do maior nível de salinidade (3,1dS m⁻¹) em relação ao tratamento testemunha (0,3 dS m⁻¹).

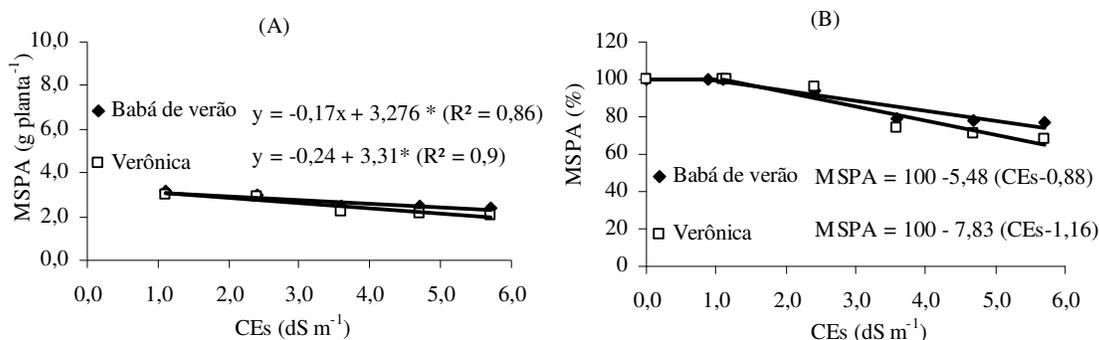


Figura 11. Comportamento das duas cultivares de alface hidropônica para variável MSPA absoluto (A) e relativo (B) em função da variação da CEs com adição de rejeito salino

A área foliar sofreu efeito significativo da salinidade a 1% de probabilidade para ambas as cultivares estudadas (Figura 12A), o que certamente, contribuiu para as reduções das massas de matérias fresca e seca da parte aérea. A cultivar ‘Verônica’ teve uma redução de 9,08% por acréscimo unitário da CEs e perda total do maior nível de salinidade em relação a testemunha de 37,10%. Para a cultivar ‘Babá de verão’, estas reduções foram de 8,47% e 38,96% respectivamente, como mostra a Figura 12B.

O decréscimo da área foliar provavelmente decorre da diminuição do volume de células e, segundo Mittova et al. (2002) e Sultana et al. (2002), as reduções de área foliar e de fotossíntese contribuem, de certo modo, para adaptação da cultura à salinidade. A redução da

área foliar sob estresse hídrico pode ser um mecanismo de sobrevivência que permite a conservação de água, pela menor área transpiratória das plantas.

Portanto, o rendimento final da alface para as duas cultivares trabalhadas conforme mostrado na figura 12 para a cultivar babá de verão um decréscimo 6,68% e para a cultivar verônica 4,28% quando comparados valores relativos de matéria fresca da parte aérea relativa ao decréscimo de uma unidade na CE sol. Esses valores são bem melhores do que os valores encontrados em outros experimentos.

A produtividade da cv. Elba decresce linearmente com o aumento da salinidade, com redução de 9,0%, por incremento unitário de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa. (VIANA et al., 2001).

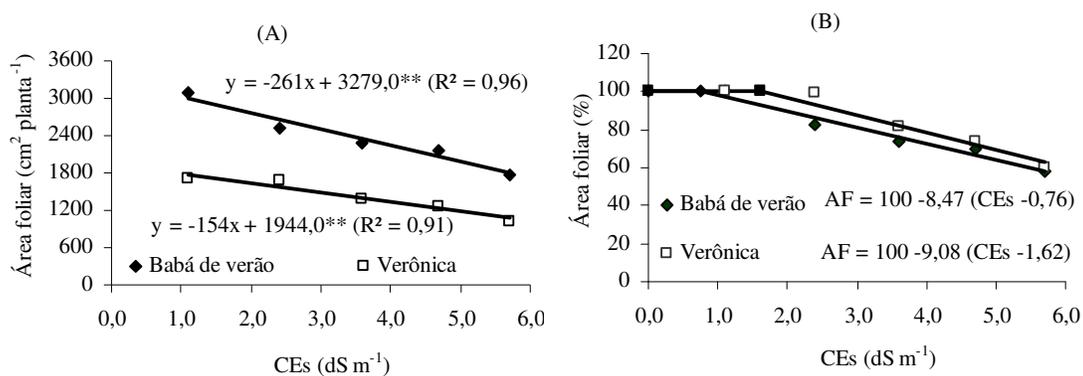


Figura 12. Comportamento das duas cultivares de alface hidropônica para variável MFPA absoluto (A) e relativo (B) em função da variação da CEs com adição de rejeito salino

4.2 EXPERIMENTO II - USO DO REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA DA ALFACE CULTIVADA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO HIDROPÔNICO COM FIBRA DE COCO

A salinidade da solução nutritiva interferiu significativamente ($p < 0,05$) sobre a produção matéria fresca da parte aérea (MSPA) para as duas cultivares de alface hidropônico, sendo observado um decréscimo na produção de fitomassa fresca com o aumento do percentual de água de rejeito salino adicionado na solução nutritiva (Figura 13), com perdas 35,54 e 28,27%, respectivamente para as cultivares verônica e quatro estações, quando se compara os tratamentos testemunha ($CE_{sol} = 1,1 \text{ dS m}^{-1}$) e o da adição de 100% de água de rejeito no preparo da solução ($CE_{sol} = 5,7 \text{ dS m}^{-1}$).

Embora a cultivar verônica tenha obtido maior produção de matéria fresca em quase todos os níveis de salinidade da solução nutritiva e, ainda maior valor de salinidade limiar ($SL = 1,28 \text{ dS m}^{-1}$), esta se mostrou mais sensível em relação a cultivar Quatro estações, com perdas unitária de 8,048% (b) de matéria fresca por aumento unitário de CE_{sol} acima da Salinidade Limiar (Figura 13B). Da Figura 13B, os valores de “b” encontrados foram - 8,048 e - 5,913 % $(\text{dS m}^{-1})^{-1}$ para as cultivares verônica e quatro estações, respectivamente, o que indica a maior tolerância da alface à salinidade em sistema hidropônico, uma vez que Maas & Hoffman (1977), Viana et al. (2002) e Gervásio et al (2000) encontraram valores de “b” respectivamente iguais a -13, - 9,03 e - 10,09 % $(\text{dS m}^{-1})^{-1}$ para cultivo da alface em solo.

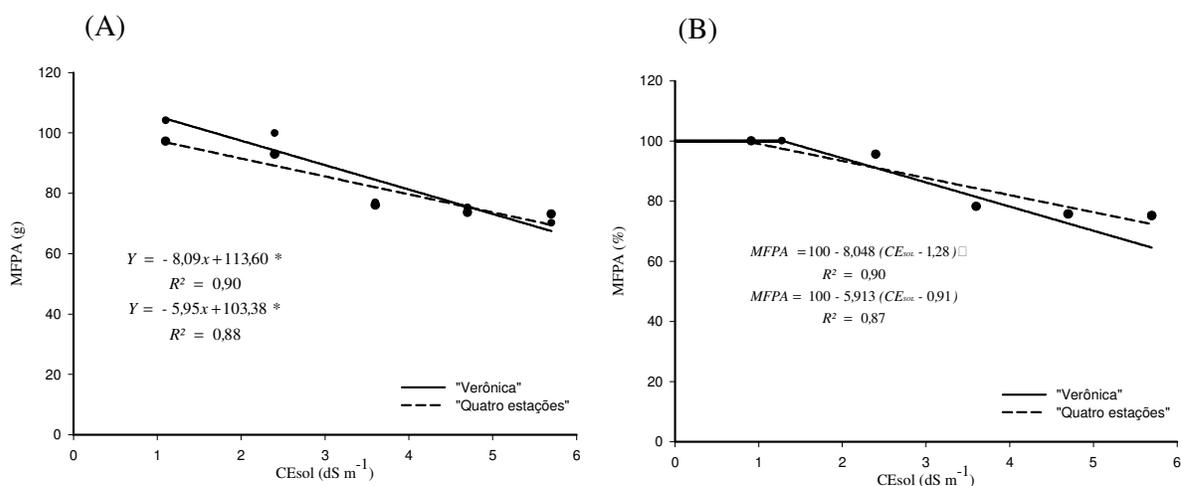


Figura 13. Produção absoluta (A) e produção relativa de matéria fresca da parte aérea (B) por incremento unitário da salinidade da solução nutritiva (CE_{sol}) para as cultivares Verônica e Quatro estações

A salinidade da solução nutritiva interferiu significativamente ($p < 0,05$) sobre a produção matéria fresca da parte aérea, embora com variação menor em relação à matéria fresca, concordando com os valores verificados por Andriolo et al. (2006) e Soares (2007). Pode-se deduzir que houve perda no teor de água da parte aérea das plantas com o aumento da salinidade da solução nutritiva, concordando com os resultados de vários trabalhos conduzidos com a cultura da alface hidropônica sob níveis crescentes de salinidade da solução nutritiva (TESI; LENZI; LOMBARDI, 2003; apud SOARES, 2007). Tal fato deve-se a resposta das plantas à salinidade mediante a sua capacidade de adaptação osmótica pela diminuição no teor de água nas folhas ou pelo aumento da concentração de solutos.

Para o MSPA a salinidade limiar foi estimada em 1,10 e 1,98 $dS\ m^{-1}$ para as cultivares verônica e quatro estações, respectivamente (Figuras 14A e 14B). As diferenças obtidas entre a SL desta variável e a MFPA foi de 0,18 e 1,07 $dS\ m^{-1}$ para as cultivares verônica e quatro estações, respectivamente. Foram observados perdas de 22,57 e 25,69% na massa de MFPA, respectivamente para as cultivares verônica e quatro estações, para o tratamento com a adição de 100% de água de rejeito no preparo da solução em relação a testemunha.

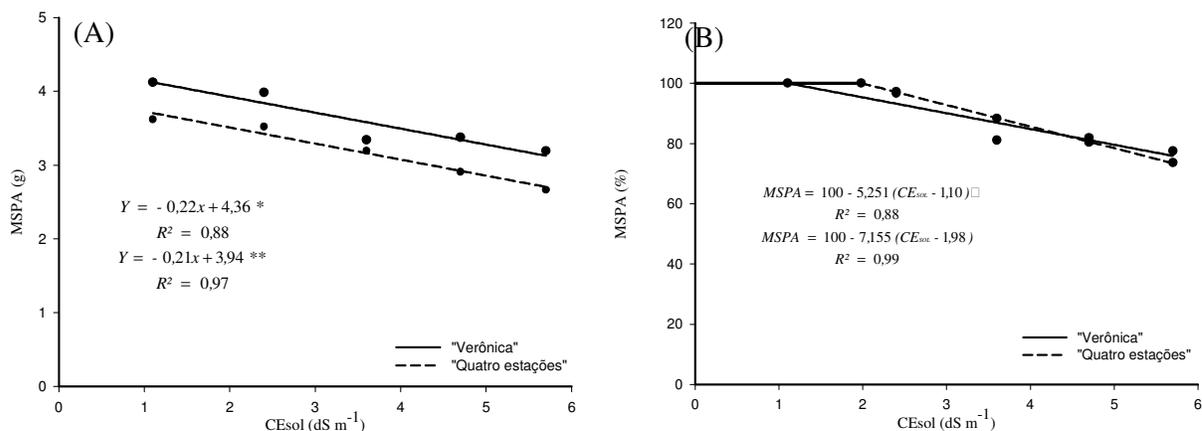


Figura 14. Produção absoluta (A) e produção relativa de matéria seca da parte aérea (B) por incremento unitário da salinidade da solução nutritiva (CE_{sol}) para as cultivares Verônica e Quatro estações

O maior número de folhas e o maior valor de área foliar (AF) foram observados para a cultivar quatro estações em todos os níveis de salinidade, sendo o parâmetro número de folhas reduzido com o aumento da salinidade da solução nutritiva apenas para a cultivar verônica, sendo observado um aumento quadrático do número de folhas para a cv. Quatro estações (Figuras 15A e 15B), porém esta reduziu a sua área foliar com o incremento da salinidade da solução nutritiva, justificando a redução na produção de fitomassa seca e fresca da parte aérea (Figura 16A e 15B). Da Figura Micele, Moncada e D' Anna (2001) observaram a redução no número de folhas em hidroponia com fibra de coco nas duas cultivares de alface estudadas (Severus e Ballerina) sob salinidade da solução nutritiva por adição de NaCl.

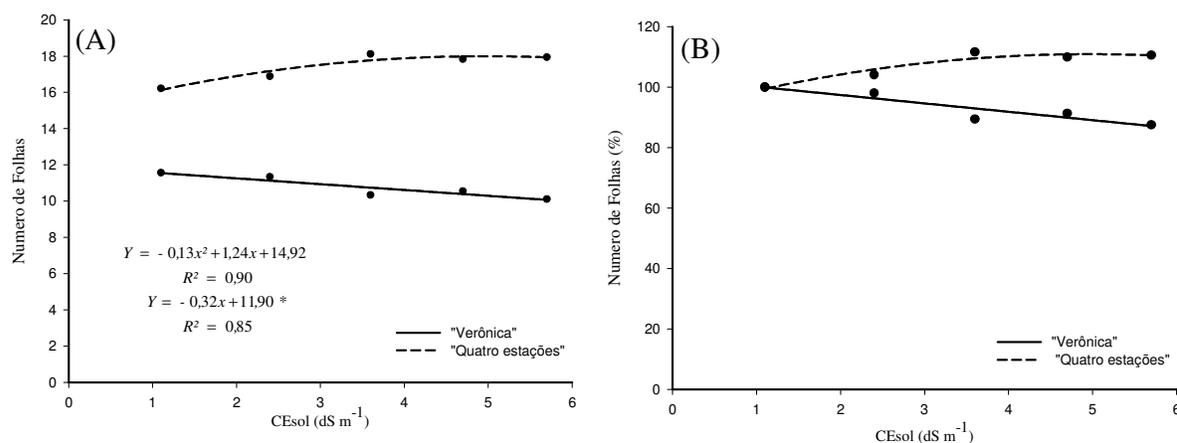


Figura 15. Número de folhas em termos absoluto (A) e relativo (B) em função da salinidade da solução nutritiva (CE_{sol}) para as cultivares Verônica e Quatro estações

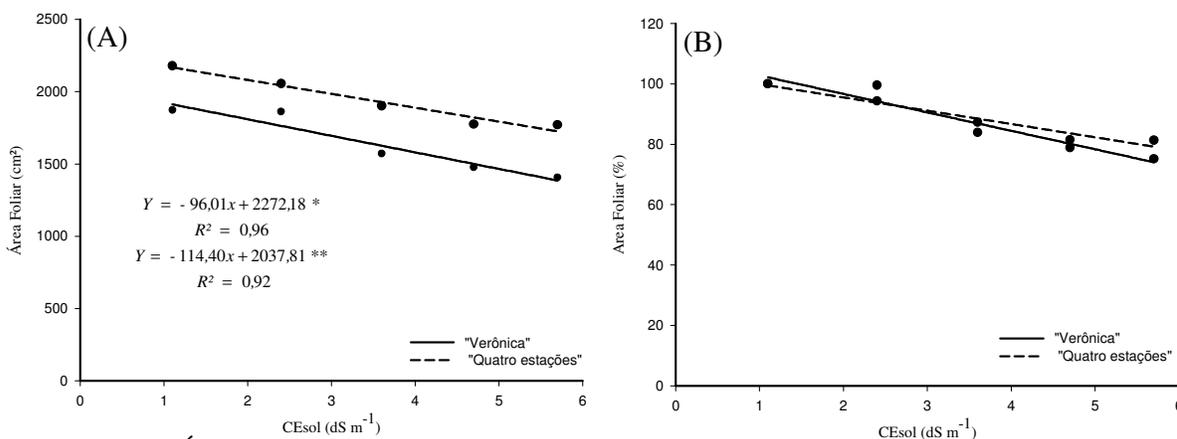


Figura 16. Área foliar absoluto (A) e relativo (B) em função da salinidade da solução nutritiva (CE_{sol}) para as cultivares Verônica e Quatro estações

Pode-se inferir que a produção de massa seca e fresca para as duas cultivares estudadas, a perda de rendimento relativo decresceu suavemente com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, valores de b entre 5,25 a 8,04% ($dS\ m^{-1}$)⁻¹. O efeito reduzindo da salinidade da solução nutritiva sobre as variáveis de crescimento pode ser atribuído ao sistema de cultivo hidroponia com fibra de coco, associado aos benefícios da produção sob condições protegidas (BURIO, RIGHI; SCHNEIDER, 2000). Segundo Rosa et al. (2002), a fibra de coco tem alta capacidade de absorção hídrica, cerca de 85% de umidade, mantendo o substrato em condições ideais de umidade suficiente para reduzir os efeitos da

salinidade da solução nutritiva. Além disso, no sistema hidropônico a inexistência do potencial matricial sobre o potencial total da água reduz a dificuldade de absorção de água pelas plantas em meio salino conforme relatado por Soares (2007). Esta constatação justificaria a destinação adequada do rejeito salino, possibilitando a produção de alimentos e a maior segurança ambiental das comunidades que se beneficiam da tecnologia da dessalinização.

4.3 EXPERIMENTO III – UTILIZAÇÃO DO REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA A ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO NFT EM DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO

De acordo com a análise de variância, o tempo de exposição da solução nutritiva com água de rejeito, as cultivares de alface e a interação influenciaram significativamente ($p \leq 0,01$) os resultados das variáveis de crescimento analisadas. Na Tabela 3, verifica-se que a cultivar ‘Babá de Verão’ obteve um crescimento vegetal superior a cultivar ‘Verônica’ em todas as características analisadas; devido, provavelmente a maior tolerância dessa cultivar em meio salino e sua característica genética que confere a maior crescimento de matéria fresca e demais variável de crescimento.

Em relação à resposta das plantas de alface ao tempo de exposição dos sais, pode-se verificar na Tabela 4 que o peso de massa fresca e a área foliar das plantas irrigadas com solução nutritiva salobra na primeira semana de cultivo (T_1) não diferiu estatisticamente do tratamento testemunha; o que pode estar associado ao tempo reduzido de exposição das plantas à solução salina que foi de apenas 7 dias. Por outro lado, embora o tratamento T_2 tenha o mesmo tempo de exposição do T_1 este diferiu do tratamento testemunha, levando a crer que a tolerância das plantas de alface à salinidade não depende apenas do tempo de exposição aos sais, mas também da fase de desenvolvimento que as plantas foram expostas.

Tabela 3. Resultado da comparação de média pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade para as variáveis de crescimento considerando o fator tipo de cultivar

Causa de variação	Variáveis de crescimento*			
	PMF g	PMS	NF	AF cm ²
Babá de Verão	80,99 A	5,08 A	21,58 A	421,67 A
Verônica	30,93 B	3,10 B	9,72 B	683,28 B
d.m.s.	6,08	0,457	0,905	000,46
c.v. (%)				

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a P=0,05

No presente estudo, embora tenham sido expostas por um mesmo tempo, as plantas irrigadas com água de rejeito salino na fase inicial de crescimento (1-7 DAT) tiveram maiores PMF (65,258g e 57,686 g para T₁ e T₂, respectivamente) e AF (1131,04 e 162917 cm² para T₁ e T₂, respectivamente) em relação às plantas expostas na fase final de cultivo (21-28 DAT) (Tabela 4), ficando evidente que a tolerância da alface ao efeito salino entre as fases de desenvolvimento é diferente e, dentre as fases do ciclo cultural, a de desenvolvimento inicial é mais tolerante aos efeitos da salinidade e sua toxidez em relação fase final de cultivo. Porém, este comportamento pode variar em função da espécie cultivada, como exemplo, MAAS (1990) concluiu que o milho doce, embora sofra durante o estágio inicial de crescimento, tolera até 9 dS m⁻¹ durante o enchimento dos grãos, sem prejuízo de sua produtividade.

No que se refere à resposta das cultivares de alface em relação ao tratamento testemunha, a cultivar 'Veronica' não respondeu aos efeitos do tempo de exposição e do estágio de aplicação da água de rejeito salino na solução nutritiva para as todas as variáveis de crescimento estudadas, exceto para a variável, peso de matéria seca nos tratamentos T₁ e T₄ (Tabela 5). Já para a cultivar 'Babá de Verão' houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) do tempo de exposição da água salobra na solução nutritiva em todas as variáveis avaliadas, sendo observado um decréscimo no valor médio das variáveis de crescimento com o aumento do tempo de exposição da água de rejeito da solução nutritiva e, para o mesmo tempo de exposição (T₁ e T₂), o decréscimo foi constatado em plantas expostas nas duas últimas semanas de cultivo (Tabela 6).

Tabela 4. Resultado da comparação de média pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade para as variáveis de crescimento considerando o tempo de exposição da água de rejeito salino e testemunha

Causa de variação	Variáveis de crescimento*			
	PMF	PMS	NF	AF
 g cm ²
T ₀	73,443 AAA	4,840 AA	016,958 AA	1286,46 AAA
T ₁	65,258 ABB	4,134 AB	016,708 AA	1131,04 ABB
T ₂	57,686 BBC	4,343 AA	016,292 AA	1065,88 BBC
T ₃	52,299 BBC	3,874 AB	014,042 BB	0884,04 CCC
T ₄	51,129 CCC	3,267 BB	014,250 BB	0004,96
d.m.s.	13,467	2,004	195,8	0001,01
c.v. (%)				

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a P=0,05

Soares (2007) não verificou tempos de exposição de menor sensibilidade aos efeitos da salinidade da solução nutritiva com adição de NaCl das cultivares Verônica e Elisa em sistema hidropônico. A divergência entre os resultados, pode estar associada à condição climática aonde foi desenvolvido o experimento (Piracicaba, SP), pois conforme relatado por Dias et al. (2003), as plantas cultivadas em clima ou estações frias são mais tolerantes à salinidade que as de clima quente ou meses quentes e secos. Nos meses frios, a demanda de água é menor (evapotranspiração < precipitação) e, portanto, o efeito da salinidade em diminuir a disponibilidade de água ou de toxidez é menos decisivo. O grau com que o potencial osmótico influencia o crescimento das plantas é dependente de muitos fatores, destacando-se a espécie vegetal, a cultivar, o estágio fenológico, a composição salina do meio e as condições edafoclimáticas (SHANNON, 1997). Além disso, informa Adams (1991) que a tolerância das plantas à salinidade é influenciada por diversos fatores, incluindo o estágio de crescimento para o tempo de exposição e duração da exposição.

A salinidade 3,8 dS m⁻¹ obtida da mistura da água boa com a água do rejeito da dessalinização foi utilizada com a finalidade de ampliar o volume de água disponível para uso agrícola e, principalmente para destinar adequadamente o rejeito gerado nas comunidades rurais aonde tem sido instalado estações de tratamento de água por dessalinização. O conhecimento sobre a sensibilidade das culturas à salinidade nos estágios de desenvolvimento é uma importante ferramenta para a exploração de fontes de água de acordo com a sua

qualidade, permitindo o manejo das águas salobras na agricultura sem risco de perdas de produtividade. A nutrição das plantas com água de rejeito da dessalinização durante todo o ciclo inibiu o crescimento das cultivares de alface, com redução de massa de matéria fresca de 30,38% em relação à testemunha (Figura 19), o que possibilitou a produção sem significativas perdas.

Tabela 5. Resultado da comparação de média pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade para as variáveis de interesse considerando o tempo de exposição da água salobra dentro da cultivar Verônica

Causa de variação	Variáveis de crescimento*			
	PMF	PMS	NF	AF
 g cm ²
T ₀	47,188 A	03,978 A	009,917 AB	771,25 A
T ₁	37,048 A	02,339 B	009,500 AB	639,83 B
T ₂	37,474 A	03,946 A	010,917 A	763,42 A
T ₃	35,559 A	02,792 AB	008,667 B	604,92 AB
T ₄	37,382 A	02,446 B	014,250 AB	637,00 B
d.m.s.	17,248	02,004	195,8	001,01
c.v. (%)	38,400	15,790	028,52	040,28

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a P=0,05

Tabela 6. Resultado da comparação de média pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade para as variáveis de interesse considerando o tempo de exposição da água salobra dentro da cultivar Babá de Verão

Causa de variação	Variáveis de crescimento*			
	PMF	PMS	NF	AF
 g cm ²
T ₀	99,698 A	05,701 A	24,000 A	1801,7 A
T ₁	93,469 AB	05,928 A	23,917 A	1622,3 AB
T ₂	77,898 BC	04,740 AB	21,667 AB	1368,3 BC
T ₃	69,039 C	04,957 AB	19,417 B	1163,2 C
T ₄	64,876 C	04,087 B	18,917 B	1152,9 C
d.m.s.	21,632	01,501	03,684	0334,17
c.v. (%)	23,150	25,69	14,80	0020,37

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a P=0,05

5 CONCLUSÕES

A temperatura do ar e a umidade relativa do ambiente protegido foram em media superiores às condições externas. Houve correlação significativa entre o ambiente interno e externo, para temperatura e umidade relativa do ar no período estudado.

A utilização de águas salobras na solução nutritiva reduziu a crescimento e a produção das duas cultivares de alface hidropônica em substrato vermiculita, sendo registrados perdas de massa de matéria fresca da parte aérea de 4,28 e 6,28% por acréscimo unitário da CE_s para as cultivares: Verônica e Babá de verão, respectivamente.

A produtividade comercial da alface utilizando rejeito da dessalinização no preparo da solução ($CE = 5,7 \text{ dS m}^{-1}$) é permissível para o cultivo hidropônico com fibra de coco, com perdas entre 25,7 e 25,69% para a cultivares Verônica e Quatro estações, respectivamente.

A cultivar ‘Babá de verão’ mostrou-se mais tolerante do que a ‘Veronica’ em relação à salinidade para todos os tempos de exposição da solução nutritiva com água de rejeito da dessalinização. Os efeitos da salinidade foram mais severos quando se aumentou o tempo de exposição das plantas ao sais e no final do ciclo da alface, demonstrando que a resposta da alface hidropônica à salinidade da água de rejeito em solução nutritiva depende do tempo de exposição e da fase de desenvolvimento que a salinização é exposta.

As perdas de produção comercial da alface obtidas em função do uso de águas residuárias em cultivos hidropônicos certamente são compensatórias pelos ganhos obtidos da opção de dispor adequadamente o rejeito da dessalinização, evitando os impactos ambientais devido a sua deposição no solo e nos cursos d’água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, P. Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. **Journal Horticulture Science**, London, v. 66, p. 201-207, 1991.

ALBERONI, R.B. **Hidroponia**: como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo. São Paulo: Nobel, 1998. 102 p.

AMORIM, M.C.C.; PORTO, E.R.; ARAÚJO, O.J.; SILVA, L.G.A. 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 SANITARIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa : ABESA, 2001. 1 CD ROM.

ARAÚJO, A.S.F. A qualidade do solo. **Sapiência**, Teresina, n.4, p.5, 2004. (Informativo Científico da FAPEPI).

ARIAS, C.H.J. **Digestión anaeróbica de desechos orgánicos**. México, 1981. 45 p.

ARSHAD, M.A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 88, n. 2, p.153-160, 2002.

ARSHAD, M.A.; MARTIN, S. Efeito de sais no solo provenientes de rejeitos da dessalinização por osmose inversa no semi-árido Pernambucano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: SBEA, 1997. 1 CD ROM.

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

BLANCO, F.F.; MEDEIROS, J.F.; FOLEGATTI, M.V. Produção da alface (*Lactuca sativa* L.) em ambiente protegido sob condições salinas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: SBEA, 1999. 1 CD-ROM.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prince Hall, 2002.

BRANDÃO FILHO, J.U.T.; CALLEGARI, O. Cultivo de hortaliças de frutos em solo em ambiente protegido. In: OLIVEIRA, V.R.; SEDIYAMA, M.A.N. Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200-201,

BURIOL, GA. RIGHI, E. Z.; SCHNEIDER, F.M. Modificação da umidade relativa do ar pelo uso e manejo da estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, p. 11-18. 2000.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O.F. **Um município do semi-árido nordestino: características climáticas, aspectos florestais**. Mossoró: ESAM, 1989. 62.p. (Coleção Mossoroense, Serie B, v. 672).

CARMO FILHO, F; ESPÍNOLA SOBRINHO, J; MAIA NETO, J.M. **Dados meteorológicos de Mossoró (janeiro de 1989 a dezembro de 1990)**. Mossoró: ESAM, FGD, 1991. 110 p. (Coleção Mossoroense, Série 630C).

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43 p.

CAVALCANTE, L.F. Germinação de sementes e crescimento inicial de maracujazeiros irrigados com água salina em diferentes volumes de substrato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, dec. 2002.

DIAS; S.N., DUARTE; J.F.T., FILHO; R.T.,YOSHINAGA. Salinização do solo por aplicação de fertilizantes em ambiente protegido; **Revista Irriga**, v. 12 n. 1 - 2007

DIAS, N.S. ; GHEYI, H.R.; DUARTE, S.N. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003. 118p. (Série Didática, 13).

EVANGELISTA, A. W. P. **Avaliação de métodos de determinação da evapotranspiração, no interior da casa de vegetação**. 1998. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós- Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras. Lavras, 1999.

FAQUIN, V.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. In: OLIVEIRA, V.R.; SEDIYAMA, M.A.N. Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p.1266-133, 1999.

FAQUIN, V.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido In: OLIVEIRA, V.R.; SEDIYAMA, M.A.N. Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200-201, p.1266-133, 1999.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE/Natrontec. **Estudo de oportunidades econômicas**. 1999.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE/Natrontec. **Estudo para implantação do Plano Diretor de Mossoró**. 1999.

FÉRIS, L. A. Tratamento eficiente de efluentes e reuso da água na indústria: uma meta a ser atingida. **Conselho em Revista**, p. 18 - 18, 10 abr. 2008.

FONTES, P.C.R.F.; GUIMARÃES, T.G. Manejo dos fertilizantes nas culturas de hortaliças cultivadas em solo, em ambiente protegido In: OLIVEIRA, V.R.; SEDIYAMA, M.A.N. Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200- 201, p.1266-133, 1999.

FONTES, P.C.R.F.; GUIMARÃES, T.G. Manejo dos fertilizantes nas culturas de hortaliças cultivadas em solo, em ambiente protegido In: OLIVEIRA, V.R.; SEDIYAMA, M.A.N. Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200- 201, p.1266-133, 1999.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52p. (Boletim Técnico, 180).

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

GHEYI, H.R.; MEDEIROS, S.S.; SOARES, F.A.L. Uso e Reuso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Perspectivas. In: WORKSHOP USO E REÚSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR: REALIDADES E PERSPECTIVAS, 1., 2005, Campina Grande: UFCG/ UEPB, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. Não paginado.

JALES, A. G. O. **Aspectos da Qualidade da Água Subterrânea Utilizada na Atividade da Carcinicultura no Município de Mossoró –RN**. 2006. 82f. Monografia (Especialização em Gestão de Recursos Hídricos)– Universidade Federal de Santa Catarina/ Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2006.

JALES, A. G. O. **Impactos ambientais da fruticultura irrigada na região da comunidade de Pau Branco - Mossoró - RN**. 2004. 78 f. Monografia (Especialização em Educação Ambiental)-Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2004.

JENSEN, M.H. Hydroponics. **HortScience**, v. 32, n. 6, p.1018-1021, 1997.

LEITE, E. M.; CAVALCANTE, L.F.; DINIZ, A.A.; SANTOS, R.V.; ALVES, G.S.; CAVALCANTE, H.L. Correção da Sodicidade de dois solos irrigados em resposta a aplicação de gesso agrícola. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p.168-176. 2007.

LOPES, B.A. **Aspectos importantes da fisiologia vegetal para o manejo**. 2003. 55f. (Monografia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

MAAS, E.V. Crop salt tolerance. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: American Society of Civil Engineers, 1990, Cap.13, p.262-304.

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

MARTÍNEZ, F.C. Sistemas de cultivos hidropônicos. In: CULTIVOS sin suelo II. Almería: DGIFA-FIAPA-Caja Rural de Almería, 1999, p. 207-228. Curso Superior de Especialización.

MEDEIROS, J.F.; LISBOA, R.A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JUNIOR, 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**, Campina Grande, v.7, n.3, p.469-472, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v7n3/v7n3a10.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2009.

OLIVEIRA, O; MAIA, C.E. Qualidade físico-química da água para a irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 17-21, 1998.

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

PEZZOPANE, J.E.M; OLIVEIRA, P.C.; REIS, E.F. Alterações microclimáticas causadas pelo uso de tela plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, p. 11-18. 2000.

PICANÇO, M.; MARQUINI, F. Manejo integrado de pragas de hortaliças em ambiente protegido. In: OLIVEIRA, V.R.; SEDIYAMA, M.A.N. Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200-201, p.126-133, 1999.

PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J.F.; SOUSA NETO, E.R.; GHEYI, H.R.; MATOS, J.A. Viabilidade da irrigação do meloeiro com águas salinas em diferentes fases fenológicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n.2, abr. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 22 mar. 2009.

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 nummularia*). **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, jan./abr. 2001.

PORTO, E.R.; AMORIM, M.C.C; SILVA JUNIOR, L.G.A. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, p. 111-114, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v5n1/v5n1a20.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2009.

REBOUÇAS, A., M.; BENOIT H. **Bacia Potiguar - Estudo Hidrogeológico**. Recife: SUDENE, 1967.

REBOUÇAS, A.. A POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS E AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Revista Brasileira de Águas Subterrâneas**, América do Sul, 16 18 12 2004.

RIO GRANDE DO NORTE. Governo do Estado. **Lei de Política Estadual de Recursos Hídricos**. Natal, 1997.

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

SANDRI, D.; MATSURA, E.E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, fev. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>>. Acesso em: 22 mar. 2009.

SCHMIDT, D.; SANTOS, O.S. BONNECARRERE, R.A.G.; MARIANI, O.A.; MANFRON, P.A. Desempenho de soluções nutritivas e cultivares de alface em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n. 2 v. 19, n. 2, Jul. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.phd>. Acesso em 22 mar. 2009.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. 22. ed. São Paulo: Cortez

SEZERINO, P. H.; BENTO, A. P. **Qualidade da água e Controle da Poluição**. 2005. 200f. Monografia (Especialização em Gestão de Recursos Hídricos)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SHANNON, M.C. Adaptation of plants to salinity. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.60, p.75-120, 1997.

SILVA, E.F.F.; Duarte, S.N.; Furlan, R.A.; Ferreira, Y.R.P.; Miranda, J.H. Utilização de águas com diferentes níveis de salinidade na irrigação da alface. **Revista de Horticultura Brasileira, Brasília**, v.17, n.3, p.327, 1999.

SOARES, T. M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface no sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente com o semi-árido brasileiro**. USP - Piracicaba, 2007, 267p.

SOARES, T.M.; DUARTE, S.N.; GRAF, C.C.D.; ZANETTI, M.; ZOCCHI, S.S. Produção de mudas cítricas utilizando águas salinas. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n.3, p.288-298, 2005.

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

TEIXEIRA, N. T. **Hidroponia**: uma alternativa para pequenas áreas. Guaíba: Agropecuária, 1996.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, London, v.91, n.3, p.503-527, 2003.

VIANA, S.B.A.; RODRIGUES, L.N.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R. Produção de alface em condições de salinidade a partir de mudas produzidas com e sem estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n.1, p. 60-66, 2001.

VILLELA JUNIOR, L.V.; ARAUJO, J.A.C.; FACTOR, T.L. Comportamento do meloeiro em cultivo sem solo com a utilização de biofertilizante. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p.154-158.

ZOBY, J. L. G. ; MATOS, B. A. águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na política nacional de recursos hídricos . In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2002, Florianópolis. Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis : Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2002

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)