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

**Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da
salinidade do solo para a cultura da berinjela**

Everaldo Moreira da Silva

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Irrigação e
Drenagem

**Piracicaba
2010**

Everaldo Moreira da Silva
Engenheiro Agrônomo

**Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade
do solo para a cultura da berinjela**

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

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Irrigação e
Drenagem

**Piracicaba
2010**

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

Silva, Everaldo Moreira da

Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade do solo para a cultura da berinjela / Everaldo Moreira da Silva. - - Piracicaba, 2010.
77 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.
Bibliografia.

1. Ambiente protegido (Plantas) 2. Berinjela 3. Fertilizantes 4. Fertirrigação - Manejo
5. Salinidade do solo - Controle 6. Soluções eletrolíticas - Extração I. Título

CDD 635.646
S586m

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

*A meus pais, Gabriel Barbosa e Zilda
Moreira por serem os maiores responsáveis
pelo êxito alcançado; a meus irmãos,
Débora Moreira e Gabriel Júnior por
estarem sempre presentes em minha vida.*

DEDICO

*A minha namorada Sulimary
Oliveira, pela compreensão,
dedicação, carinho e amor, mesmo
distante, durante esse período, e a
meus sobrinhos Kaio Moreira,
Hallana Moreira e Daylon Mattos.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus, nosso grande pai, pelas oportunidades e pelo apoio constante ao longo dessa jornada, pela saúde e força, em todos os momentos de minha vida;

Ao programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização deste curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela concessão dos recursos financeiros necessários para realização do projeto de pesquisa;

Aos meus pais, Gabriel Barbosa da Silva e Zilda Moreira de Oliveira Silva, pelo carinho, afeto e lições de vida, razão pelo qual minha vida faz sentido, a eles meu muito obrigado;

Aos meus irmãos, Débora Moreira da Silva e Gabriel Barbosa da Silva Júnior, juntamente com meu sobrinho, que tanto amo e quero o bem, Kaio Moreira Leal, obrigado pelo carinho e incentivo, sem este afeto, este trabalho jamais seria concluído;

Aos meus tios Cassiano da Rocha Messias, Hercília Moreira de Oliveira e Vituriana Moreira de Oliveira, pela força e incentivo durante essa longa caminhada acadêmica;

A todos os meus primos, em especial a Odilon Moreira Rocha, Betânia Moreira Rocha e Elizamar Rocha de Oliveira, vocês fazem parte desta conquista, juntamente com meus sobrinhos, Hallanna Moreira, Daylon Mattos e Lucas Matheus;

À Sulimary Oliveira Gomes, pelo incentivo, mesmo distante, e por todo o carinho dedicados, sempre com muita paciência e amor;

A todos os meus amigos de pós-graduação, em especial, Fernando Barbosa, Renato Moreira, Francisco Vilaça (xikó), obrigado pela força durante a coleta e processamento dos dados, foi maravilhoso ao longo desse tempo poder sonhar, compartilhar e realizar com vocês;

A todos os pós-graduandos do programa Irrigação e Drenagem ESALQ/USP com quem tive o prazer de conviver durante essa jornada, obrigado pela força e dicas valiosas, não só acadêmica mas também para a vida;

Aos amigos pós-graduandos, com quem tive o prazer de dividir o mesmo teto, Rafael Maschio e Marcelo Abritta, obrigado pela amizade, companheirismo e estímulos sempre demonstrados;

Ao amigo e companheiro de todas as horas Carlos José Gonçalves de Sousa Lima pela atenção, ensinamentos e contribuições prestadas durante a realização deste trabalho;

Ao amigo Alexsandro Almeida pela valiosa ajuda na tradução do resumo;

Ao orientador Profº Dr. Sergio Nascimento Duarte, pela paciência, dedicação, por seus valiosos ensinamentos e por toda a confiança depositada em minha pessoa.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia de Biossistemas, pela amizade, auxílio nos trabalhos e convivência harmoniosa, em especial a Paula Bonassa (Paulinha), pela contribuição na realização das análises laboratoriais;

Aos professores Rubens Duarte Coelho, Tarlei Arriel Botrel, Jarbas Honório de Miranda, Marcos Vinícius Folegatti e Luis Roberto Angelocci, pelos ensinamentos, amizade e estímulo;

A todos aqueles que direta e indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho, o meu Muito Obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 A cultura da berinjela.....	21
2.1.1 Cultivo em ambiente protegido.....	22
2.1.2 Fertirrigação em ambiente protegido.....	23
2.1.3 Monitoramento da solução do solo com extratores de solução.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Local e estrutura experimental	29
3.2 Obtenção do solo com diferentes níveis de salinidade	29
3.3 Construção da curva de retenção de água no solo	31
3.4 Experimento em campo.....	32
3.4.1 Tratamentos e delineamento experimental	32
3.4.2 Plantio e condução das plantas.....	34
3.4.3 Manejo da irrigação	36
3.4.4 Manejo da fertirrigação.....	36
3.4.5 Extração da solução do solo	38
3.4.6 Determinação das concentrações dos íons Nitrato [NO ₃ ⁻], Potássio [K ⁺] e Cálcio [Ca ²⁺].....	38
3.4.7 Características avaliadas	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1 Níveis iniciais de salinidade.....	41
4.1.1 Monitoramento da salinidade do solo.....	41
4.2 Consumo hídrico total.....	44
4.3 Quantidade de nutrientes aplicada.....	46
4.4 Crescimento de planta	47
4.4.1 Altura de planta	47

4.4.2 Diâmetro do caule.....	50
4.5 Produção de matéria seca	53
4.6 Componentes de produção e área foliar.....	56
4.7 Salinidade limiar para a cultura da berinjela	60
4.8 Teor de clorofila total	61
4.9 Monitoramento da concentração dos íons Nitrato [NO ₃ ⁻], Potássio [K ⁺] e Cálcio [Ca ²⁺]	64
5 CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS	69

RESUMO

Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade do solo para a cultura da berinjela

Com o monitoramento periódico da solução do solo, pode-se determinar a condutividade elétrica e a concentração de íons específicos, essenciais à nutrição das plantas. Dentre as técnicas de extração da solução do solo, o extrator de cápsula porosa destaca-se pela praticidade em campo, baixo custo, fácil manejo e boa precisão. Com isso objetivou-se estudar os efeitos de diferentes níveis de salinidade do solo sobre as variáveis fenológicas e de produção da berinjela, cultivada em vasos e em ambiente protegido, e averiguar se a manutenção da condutividade elétrica em um determinado nível promove incremento da produção, quando contrastada com o manejo tradicional da fertirrigação. Conduziu-se um estudo em ambiente protegido na área experimental do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Os tratamentos foram compostos da combinação de dois fatores: 6 níveis de salinidade inicial do solo ($S_1 = 1,3$; $S_2 = 2,4$; $S_3 = 3,6$; $S_4 = 4,5$; $S_5 = 5,6$ e $S_6 = 6,4$ dS m^{-1}) e dois manejos de fertirrigação: com controle da condutividade elétrica da solução do solo (M1), e o tradicional (M2), obedecendo a curva de absorção de nutrientes da cultura anteriormente estabelecida. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados completos, com quatro repetições, ficando os fatores estudados arranjados no esquema fatorial 6×2 . Os diferentes níveis de salinidade inicial do solo foram obtidos com solos de cultivos anteriores, no qual tinha-se como fonte de variação o nível de condutividade elétrica (CE), ocasionada pela adição de fertilizantes em ambiente protegido. A condutividade elétrica da solução foi medida após o término de cada evento de irrigação, utilizando-se extratores com cápsulas porosas. Os resultados revelaram que os níveis de salinidade do solo provenientes do acúmulo de sais fertilizantes afetou diretamente as variáveis consumo hídrico, produção de frutos, produção de matéria seca, índice de área foliar e o desenvolvimento vegetativo das plantas. O uso dos extratores de solução permitiu auxiliar o manejo da fertirrigação, mantendo os níveis desejados de salinidade da solução do solo ao longo do tempo. Verificou-se que a redução média na produção da cultura da berinjela, em estufa, foi da ordem de 8,65% para o incremento de 1 dS m^{-1} na salinidade do solo, acima da salinidade limiar, que foi de 1,71 dS m^{-1} .

Palavras-chave: *Solanum melongena* L; Extratores de solução do solo; Condutividade elétrica; Fertilizantes químicos

ABSTRACT

Fertigation management in a greenhouse for the soil salinity control in eggplant crop

Periodic monitoring of soil solution allow to determine the electrical conductivity and concentration of specific ions essential to plant nutrition. Among the extraction techniques of soil solution, the porous cup extractors distinguished by their practicality in the field, low cost and good accuracy. This study has to aim to evaluate the effects of different levels of soil salinity on phenological and production of eggplant grown in pots in a greenhouse, and compare whether the control of the electrical conductivity in a certain level promotes increase the yield when compare to the traditional fertigation management. A study was conducted in a greenhouse in the Department of Biosystems Engineering, ESALQ / USP, Piracicaba, SP, Brazil. The treatments consisted of a combination of two factors: six levels of initial soil salinity (S1 = 1.3, S2 = 2.4, S3 = 3.6, S4 = 4.5, S5 = 5.6 and S6 = 6.4 dS m⁻¹) and two fertigation management: electrical conductivity control of soil solution (M1) and traditional (M2) by following the absorption curve of nutrients from the crop previously established. The statistical design was a randomized complete block with four repetitions, the factors studied arranged in 6 x 2 factorial. The different levels of initial soil salinity were obtained with soils where previous crop had been cropped in a source of variation in the level of electrical conductivity (EC), caused by the addition of fertilizer in a pots. The solution electrical conductivity was measured after each irrigation event, using extractants with ceramic cups. The results showed that levels of soil salinity caused by the accumulation of fertilizer salts affected directly the variables: water use, fruit yield, dry matter production, leaf area index and plant growth. The use of extractors solution allowed to control the fertigation management, and maintain the desired levels of salinity in the soil solution during the evaluated period. It appears that the reduction in eggplant yield in greenhouse was approximately 8.65% for step of 1 dS m⁻¹ in soil salinity, the threshold salinity was 1.71 dS m⁻¹.

Keywords: *Solanum melongena* L; Extractors of soil solution; Electrical conductivity; Chemical fertilizers

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de retenção de água no solo	32
Figura 2 - Croqui da área experimental.....	33
Figura 3 - Detalhes da área experimental (A), aferição do índice do teor de clorofila (B), cultura em pico de produção (C) e detalhes de tensiômetros e extratores na parcela (D)	35
Figura 4 - Valores médios de CE (dS m^{-1}) inicial, medidos no extrato de saturação.....	41
Figura 5 - Valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, estimados a partir dos valores medidos na solução obtida por extratores, ao longo do ciclo da berinjela, para os dois manejos da fertirrigação propostos: manejo com controle da CE - M1 (A) e manejo tradicional - M2 (B).....	43
Figura 6 - Volume de água aplicado com irrigação em função dos níveis de salinidade para o manejo com controle da salinidade do solo (M1) e para o manejo tradicional (M2).....	45
Figura 7 - Consumo total de nutrientes utilizados durante o ciclo da berinjela, em função dos níveis de salinidade do solo e do tipo de manejo de fertirrigação	47
Figura 8 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste, para ambos os manejos da fertirrigação, aos 36 e 100 DAT, (A e E), respectivamente; para os manejos controlado e tradicional da fertirrigação, aos 52, 68 e 84 DAT (C, B e D), respectivamente; e média final para os dois manejos (F)	49
Figura 9 - Diagramas de dispersão e equação de ajuste, para ambos os manejos da fertirrigação, aos 36 e 52 DAT (A e B), respectivamente; para os manejos controlado e tradicional da fertirrigação, aos 68, 84, 100 e 136 DAT (C, D, E e F), respectivamente.....	52
Figura 10 - Diagramas de dispersão e equação de ajuste, para ambos os manejos da fertirrigação, relativos à matéria seca de folhas (MSF) e matéria seca de raiz (MSR) (A e C), respectivamente; e para os manejos controlado e tradicional da fertirrigação, relativos à matéria seca de haste (MSH) e a matéria seca total da planta (MST), (B e D), respectivamente	55
Figura 11 - Diagramas de dispersão e equação de ajuste, para ambos os manejos da fertirrigação, relativos à matéria fresca de fruto (MFFR), e matéria seca de fruto	

(MSFR), (B e C), respectivamente; e para os manejos controlado e tradicional da fertirrigação, relativos à número de fruto, (NFR) e o índice de área foliar, (A e D), respectivamente..... 59

Figura 12 - Rendimento relativo calculado tomando como base o nível que apresentou a maior média de produtividade total (g planta^{-1}), em função da salinidade do solo 61

Figura 13 - Valores dos teores de clorofila ao longo do ciclo da berinjela, para os dois manejos da fertirrigação propostos: manejo controlado M1 (A) e manejo tradicional M2 (B)..... 64

Figura 14 - Variação ao longo do tempo da concentração dos íons K^+ , NO_3^- e Ca^{2+} , medida na solução do solo para o manejo da fertirrigação com controle da salinidade do solo (M1) (A, C e E) e para o manejo tradicional (M2) (B, D e F), respectivamente 65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização físico-hídrica do solo utilizado no experimento.....	30
Tabela 2 - Caracterização química do solo utilizado no experimento	30
Tabela 3 - Sais fertilizantes utilizados nos manejos da fertirrigação (M1 e M2)	37
Tabela 4 - Quantidade de nutrientes (g planta^{-1}) aplicadas ao longo do ciclo, para o manejo com controle da salinidade do solo (M1) em função dos níveis de salinidade e para o manejo tradicional (M2) para a cultura da berinjela	46
Tabela 5 - Resumo da análise de variância e médias da altura de plantas (cm) ao longo do ciclo, para a cultura da berinjela, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação.....	48
Tabela 6 - Valores médios da variável altura de plantas (cm), aos 116 DAT, para os manejos de fertirrigação e os níveis de salinidade do solo	50
Tabela 7 - Resumo da análise de variância e médias do diâmetro do colo das plantas (mm), ao longo do ciclo, para a cultura da berinjela, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação	51
Tabela 8 - Valores médios da variável diâmetro do colo das plantas (mm), medidas aos 84, 100, 116 e 136 DAT, para os diferentes manejos de fertirrigação e os níveis de salinidade do solo.....	53
Tabela 9 - Resumo da análise de variância e médias das massas secas, em g planta^{-1} , de folhas (MSF), de haste (MSH), de raízes (MSR) e total (MST), e número de folhas planta^{-1} (NF), para a cultura da berinjela, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação	54
Tabela 10 - Valores médios da variável matéria seca da folha em gramas por planta (MSF), para os dois manejos de fertirrigação propostos e os níveis de salinidade do solo.....	56
Tabela 11 - Resumo da análise da variância e médias do número de frutos por planta (NFR), matéria fresca de frutos (g planta^{-1}) (MFFR), matéria seca de frutos (g planta^{-1}) (MSFR), índice de área foliar (cm^2) (IAF), área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) (AFESP), para a cultura da berinjela, em função dos níveis de salinidade e dos manejos de fertirrigação	57

Tabela 12 - Valores médios da variável número de frutos por planta (NFR), para os dois manejos de fertirrigação e os diferentes níveis de salinidade do solo	60
Tabela 13 - Resumo da análise da variância e médias de índice do teor de clorofila, ao longo do ciclo da cultura da berinjela, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação	63
Tabela 14 - Valores médios da variável índice do teor de clorofila, medida aos 116 DAT para os dois manejos de fertirrigação e os diferentes níveis de salinidade do solo	64

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio é o setor responsável por pelo menos 35% do PIB brasileiro, e o setor das frutas e hortaliças responde por 3,5% do PIB agrícola (VILELA E HENZ, 2000). A produção brasileira anual de hortaliças atinge cerca de 12,5 milhões de toneladas (GRANGEIRO E CECÍLIO FILHO, 2004), com projeções de crescimento, principalmente daquelas com propriedades fitoterápicas (CARDOSO et al., 2008). Neste contexto, destaca-se a berinjela (*Solanum melongena* L.) que, de acordo com Ribeiro (2007), apresentou, em 1996, uma produção de 30,7 mil toneladas, das quais a região Sudeste participou com 88,79% da produção, destacando-se, sobremaneira, São Paulo (60,74%), Rio de Janeiro (12,43%) e Minas Gerais (14,32%). Atualmente, é cultivada em aproximadamente 1.500 ha no Brasil, e com demanda crescente, devido às propriedades medicinais dos frutos, como redução do nível de colesterol, e por representarem boa fonte de sais minerais e vitaminas (GONÇALVES et al., 2006).

As hortaliças que controlam doenças, denominadas fitoterápicas, vêm se consolidando no mercado, e deverão exercer expressiva contribuição para esse crescimento; isso porque o uso da fitoterapia no Brasil cresce a taxas de 10 a 15 % ao ano (RODRIGUES et al., 2004), e o seu mercado mundial até 1999 foi da ordem 20 a 40 bilhões de dólares ao ano (PERECIN, 2001).

Della Vecchia e Koch (1999) mostraram que, conforme estimativas de crescimento da área cultivada em ambiente protegido, elaboradas em 1994, para a virada do milênio haveria uma área potencial de produção de hortaliças de 10 mil hectares no Brasil. Contudo, esta projeção não se concretizou, sendo constatados apenas 1.390 ha de área coberta com filmes plásticos em 1999. Os motivos para esse erro de projeção na área de cultivo protegido foram os incorretos manejos do ambiente, das culturas e do solo. Devido ao uso de insumos, sem conhecimento técnico, e aos tipos de solos existentes no Brasil, constataram-se dificuldades no manejo da adubação nesses ambientes, promovendo-se, em vários casos, após três anos de exploração, a salinização dessas áreas, inviabilizando seu uso (GOTO et al., 2005).

Em dados do último levantamento do Projeto LUPA 2007/2008 para o Estado de São Paulo (SAO PAULO, 2008), o número de Unidades de Produção Agrícola (UPA)

que utilizavam casas de vegetação, em sistema de produção de cultivo protegido, era de 4.838, e a área total de 1.438 ha. Segundo Villas Boas et al. (2001), no Estado de São Paulo, 70 a 80% dos cultivos protegidos são fertirrigados. Apesar da água utilizada na irrigação nos cultivos protegidos ser de boa qualidade, a adição de fertilizantes, quando se utiliza a técnica de fertirrigação, a torna salina, aumentando o risco de salinização do solo, provavelmente devido ao manejo inadequado da lâmina de irrigação, embora a água de irrigação utilizada seja de boa qualidade química. Na maioria dos casos, entretanto, o aumento da salinidade em ambientes protegidos se dá em função do excesso de fertilizantes aplicados via água de irrigação. Assim, a utilização de uma estratégia de controle da salinidade, por intermédio da aplicação de lâminas de lixiviação, recomendada por vários autores, como HOORN E ALPHEN (1981), por exemplo, não seria a prática de manejo mais adequada, visto que os sais acumulados no solo e que seriam lixiviados, foram adquiridos por investimento de capital.

Tradicionalmente, o manejo da fertirrigação é realizado ministrando-se quantidades preestabelecidas de fertilizantes, parceladas de acordo com a marcha de absorção da cultura, não existindo, normalmente, monitoramento da concentração de íons na solução do solo, nem do estado nutricional da planta; neste aspecto, seria mais indicado racionalizar o manejo da fertirrigação por meio da determinação da condutividade elétrica e/ou da concentração parcial de íons na solução do solo. Caso a condutividade elétrica da solução do solo apresente valores inferiores ao máximo tolerado pela cultura, sem decréscimo no rendimento relativo, e superiores ao mínimo necessário para sua nutrição, a salinização estará controlada.

Assim como várias hortaliças, a berinjela (*Solanum melongena* L.) tem sido cultivada em condições de cultivo protegido, o qual possibilita um abastecimento contínuo e colheitas em períodos de baixa oferta do produto no mercado, alcançando, por isso, preços mais competitivos. Porém, existem muitos problemas relacionados à adubação excessiva, levando o solo a um acúmulo de sais. Knott (1957) alertava para o perigo de se cometer erro na adubação das plantas acarretando salinização da zona radicular, provocada por esses nutrientes, em especial o K^+ .

As maiores limitações para o cultivo da berinjela estão relacionadas à baixa disponibilidade de água e de nutrientes no solo, durante seu ciclo, a resposta desta espécie vegetal e a fatores abióticos, tais como: salinidade e estresse hídrico; tem sido pouco estudadas (OLIVEIRA et al, 2008).

Com isso, este trabalho teve como objetivos: avaliar o efeito de diferentes níveis iniciais de salinidade do solo, causados por excesso de fertilizantes, sobre as variáveis fenológicas e de produção da berinjela em ambiente protegido; avaliar o uso de cápsulas porosas, funcionando como extratores de solução do solo, no auxílio ao manejo da fertirrigação em berinjela, visando o controle da salinização do solo; e averiguar se a manutenção da condutividade elétrica em um determinado nível promove incremento da produção, quando contrastada com o manejo tradicional da fertirrigação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da berinjela

A berinjela é uma solanácea de ciclo anual, originária das regiões tropicais do Oriente, sendo cultivada há séculos por chineses e árabes (ANTONINI et al., 2002). A planta apresenta hábito arbustivo, com caule semilenhoso, e pode alcançar altura superior a um metro. Apresenta ramificações bem desenvolvidas, sistema radicular profundo, com flores hermafroditas, violáceas, com 4 a 5 cm de diâmetro, às vezes com uma pequena mancha amarela e baixa incidência de polinização cruzada; possui cálice verde e coberto por pêlos.

Os frutos são bagas carnosas, de formato alongado e cores variadas, usualmente roxo-escuras, com cálice verde, que é a melhor coloração para o mercado; o seu formato pode variar de alongado a oblongo; o clima favorável ao seu desenvolvimento é tipicamente tropical, favorecido pelo calor (FILGUEIRA, 2000). A colheita se inicia aos 100 dias da semeadura, podendo prolongar-se por mais 100 dias, sendo seus frutos colhidos antes do crescimento total, com 20-22 cm de comprimento.

A cultura exige boa luminosidade; solos excessivamente úmidos prejudicam o desenvolvimento, em virtude de deficiência de oxigênio para as raízes. A maior limitação para o cultivo da berinjela é a alta sensibilidade à disponibilidade hídrica do solo durante seu ciclo, como ocorre na maioria das hortaliças. (MAROUELLI et al., 1996); a berinjela é classificada como moderadamente tolerante à salinidade (SHANNON E GRIEVE, 1999).

O mercado consumidor brasileiro tem se tornado cada vez mais exigente quanto à qualidade do produto e o preço, o que tem levado os produtores de olerícolas à utilização de cultivares e híbridos de alta produtividade e qualidade de frutos. A berinjela apresenta oferta e preço relativamente estável ao longo do ano, mesmo sendo uma espécie termófila, que necessita de alta temperatura para o seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (SOUSA et al., 1997).

Marques (2003) estudou o efeito da salinização nos componentes de rendimento da berinjela no município de Lavras-MG, e verificou que a salinidade na água de irrigação reduz a produção total da cultura e a produção comercial. Carvalho et al.

(2004) avaliaram os efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico aplicados em dois estádios fenológicos da cultura da berinjela, e constataram que a produção e o número de frutos foram mais afetados pelo déficit hídrico quando este ocorreu durante a fase de formação dos frutos. Moura et al. (2004) notaram, em estudo com a irrigação com água salina na cultura da berinjela, que a evapotranspiração da cultura diminui linearmente com o aumento da concentração de sais na água de irrigação e, ainda, que a produção da cultura é afetada pelo déficit hídrico.

De acordo Unlukara et al (2008) a berinjela é classificada como moderadamente sensível à salinidade, com queda no rendimento a partir de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica da água de irrigação com uma perda de produtividade de 4,4% para cada aumento unitário de condutividade elétrica.

2.1.1 Cultivo em ambiente protegido

O cultivo em ambiente protegido é uma técnica que permite minimizar os efeitos da sazonalidade climática nas culturas e possibilitar o controle da temperatura, umidade relativa, dos teores de oxigênio, dos teores de gás carbônico e os níveis de fertilizantes e a quantidade de água de irrigação aplicada. Por ser uma técnica com alto custo inicial de implantação, atualmente, o cultivo protegido no Brasil é utilizado somente para culturas de elevado retorno por área de cultivo, principalmente hortaliças.

Esse termo foi introduzido no Brasil pelos holandeses por volta de 1950 para o cultivo de flores, sendo que a área atual cultivada gira em torno de 3.500 ha, dos quais 2.100 ha com hortaliças e 1.400 ha com flores. As principais hortaliças cultivadas em ambiente protegido, segundo Cardoso (1998), são: tomate, pimentão, pepino e alface. Existem varias vantagens relacionadas à utilização do cultivo em ambientes protegidos, por exemplo, maior proteção quanto aos fenômenos climáticos (geadas, excesso de chuvas, queda acentuada de temperatura durante a noite), proteção do solo contra lixiviação, redução dos custos com fertilizantes e defensivos, e a obtenção de maiores produtividades.

Segundo Purquerio e Tivelli (2006), a produtividade das culturas em ambiente protegido pode ser de duas a três vezes maior que aquelas obtidas em campo aberto e com qualidade superior. No mesmo sentido Medeiros et al. (2002) destacam que o

cultivo em ambiente protegido, além de permitir a obtenção de produtos de melhor qualidade e com maior produtividade, favorece o cultivo ao longo de todo ano, em regiões que apresentem problemas climáticos.

Boulard e Wang (2002), afirmam que os avanços obtidos recentemente na modelagem do ambiente interno das estufas, têm como consequência principal o progresso no cultivo em ambiente protegido, através de melhor proteção às plantas e inovações tecnológicas na arquitetura das mesmas e o melhor controle do ambiente das estufas. Este impulso do cultivo em ambiente protegido gerou grande interesse dos agricultores que procuraram investir nessa atividade; porém, em alguns casos, a ausência de conhecimento adequado para o seu desenvolvimento, acarretou problemas, como, por exemplo, a salinização dos solos, provocada por excesso de fertilizantes.

Nas últimas décadas, houve um significativo aumento da área plantada sob ambiente protegido no Brasil, principalmente para a produção de hortaliças (MAGGI et al., 2006), devido às muitas vantagens apresentadas por esse sistema de cultivo. Entretanto, maiores produtividades e produtos de melhor qualidade, aliados a um retorno financeiro, são obtidos quando o processo de produção é realizado de forma racional, maximizando o uso de insumos, como água e fertilizantes, entre outros.

2.1.2 Fertirrigação em ambiente protegido

A aplicação simultânea de água e fertilizantes ao solo ou substrato, através de vários sistemas de irrigação, é denominada fertirrigação. No Brasil, é muito utilizada no cultivo de frutas, flores e hortaliças, principalmente em ambiente protegido (COELHO, 1994 e CARRIJO et al., 1999).

Os sistemas de irrigação localizada são os mais indicados quando se utiliza a fertirrigação, principalmente o gotejamento, pois estes sistemas aplicam água e nutrientes na quantidade e posição adequadas em todo o campo com maior eficiência de distribuição. Além disso, ele pode ser projetado e operado de modo que a água e os nutrientes sejam aplicados em uma taxa, duração e frequência que maximize a absorção do nutriente pela cultura e minimize a lixiviação dos nutrientes e produtos químicos para fora da zona radicular (GÄRDENÄS et al., 2005).

Com o aumento do uso da irrigação localizada nos últimos anos no Brasil, a técnica de fertirrigação teve um avanço considerável e tem procurado dar respostas às demandas do campo, pois essa técnica tem se mostrado efetiva no aumento de produtividade, e assim, no lucro obtido pelos produtores (VILLAS BOAS E SOUZA, 2008). Segundo Oliveira et al., (2005) a fertirrigação é uma técnica que implica no uso racional de fertilizantes na agricultura irrigada, uma vez que aumenta a eficiência de seu uso reduzindo perdas por lixiviação, mão-de-obra e o custo com máquinas, além de flexibilizar a época de aplicação, podendo as doses recomendadas serem fracionadas, conforme a necessidade da cultura; é uma prática usada em grande escala nos países e regiões onde a agricultura irrigada é desenvolvida.

De acordo com Costa et al. (1986), a fertirrigação é de comprovada eficácia no aumento da produtividade e na qualidade da produção, na redução da mão de obra para aplicação de fertilizantes, no consumo de energia, nos gastos com equipamentos e na eficiência de utilização dos nutrientes, principalmente os mais moveis, como o nitrogênio na forma de nitrato.

Segundo Oliveira et al. (2005), a fertirrigação apresenta as seguintes vantagens: atendimento das necessidades nutricionais da cultura de acordo com a absorção dos nutrientes; aplicação dos nutrientes restrita ao volume molhado (no caso de usar irrigação localizada, aumentando a eficiência de aproveitamento de nutrientes), onde se encontra a região de maior atividade das raízes; possibilidade de adaptação das quantidades e concentrações dos nutrientes à necessidade da planta, em função de seu estágio fenológico e das condições climáticas; manutenção do dossel vegetal seco, reduzindo a incidência de patógenos e queima das folhas. Como desvantagens pode se citar: retorno do fluxo de solução à fonte de água, podendo provocar contaminação; possibilidade de entupimento dos tubos emissores, possibilidades de contaminação do manancial subsuperficial ou subterrâneo e possibilidade de salinização da área.

Villas Boas e Souza (2008) citam como desvantagem o fato de que, se o técnico não for capacitado para usar a técnica de fertirrigação de modo adequado, existe a possibilidade de ocorrer erros na aplicação de fertilizantes e no uso de algumas recomendações, devendo sempre ser consideradas as condições de solo e clima em que esta técnica está sendo realizada.

A fertirrigação permite manter a disponibilidade de água e nutrientes próxima dos valores considerados ótimos ao crescimento e à produtividade da cultura. Sendo assim, a quantidade de nutrientes, parcelada ou não, deve ajustar-se às necessidades da cultura, ao longo das fases de desenvolvimento (FERNANDES et al., 2002), sempre mantendo uma concentração salina da solução nutritiva que não prejudique o fluxo de absorção de água pela planta, não afetando o potencial osmótico em torno das raízes (ANDRIOLO et al., 2005).

Os métodos mais comuns de injeção podem ser agrupados nas seguintes categorias: por gravidade, por pressão diferencial, por pressão positiva e por pressão negativa, sendo o segundo e o último os métodos mais utilizados (OLIVEIRA et al., 2005). Quando se utiliza recipientes menores, como tubetes ou vasos, a aplicação da solução nutritiva deverá ser feita através de gotejadores individuais (em vasos), por inundação ("ebb flow"), por aspersão, e por sistema de barras, ou manualmente com regador (HIGASHI E SILVEIRA, 2004).

Em relação à eficiência da fertirrigação, esse sistema exige um manejo adequado de água e nutrientes (HARTZ, 2005) e requer, ainda, o conhecimento de certas características das plantas, como taxa de crescimento diário, distribuição de raízes no solo e curva de absorção da cultura. Características dos nutrientes, como solubilidade e mobilidade, e aspectos qualitativos da água de irrigação, como pH, conteúdo de minerais e salinidade, devem também ser consideradas (BILL, 2009).

2.1.3 Monitoramento da solução do solo com extratores de solução

A porção aquosa do solo, também, denominada solução do solo, contém materiais dissolvidos provenientes dos processos químicos e bioquímicos do solo, provenientes da troca com a hidrosfera e biosfera.

A importância de se conhecer as propriedades químicas da solução do solo, para o manejo racional do solo e da água é reconhecida há muitos anos. No século passado, Hoagland et al (1920) já afirmavam que o progresso no estudo do solo como um meio para o crescimento das plantas dependeria de um melhor conhecimento da solução do solo, uma vez que os nutrientes absorvidos pelas plantas são obtidos da solução do solo.

A análise da solução do solo é um critério objetivo para definir a solução nutritiva, de modo que possa ser uma ferramenta apropriada para o manejo da fertirrigação. Os níveis dos nutrientes da solução do solo devem ser conhecidos para estabelecer a aproximação mais apropriada ao manejo dos nutrientes (LAO et al., 2004).

Após ter extraído a solução do solo ou, no exemplo de culturas hidropônicas, após ter-se coletado a solução de drenagem, a análise frequente do nutriente seria necessária, permitindo um controle nutritivo mais efetivo da cultura. Neste caso, seria útil ter equipamentos que permitissem monitorar a concentração iônica da solução, de fácil manuseio por técnicos e fazendeiros, e que determine os diferentes parâmetros nutritivos rapidamente (JIMÉNEZ et al., 2006).

A técnica de fertirrigação permite aplicação ajustada da solução nutritiva; entretanto, a solução quando chega ao solo é modificada e, a que fica disponível para planta é desconhecida. O uso de cápsulas porosas sob sucção e de testes rápidos pode permitir o conhecimento do estado químico da solução do solo (JIMÉNEZ et al., 2006).

Lao et al. (2003) obtiveram um modelo linear simples para estimar a composição real da solução do solo, a partir da umidade e da composição da solução, mostrando uma correlação com os valores experimentais encontrados, por meio das cápsulas de sucção, após a irrigação. Para os autores, este modelo pode ser usado no cálculo da composição de soluções nutritivas, e também pode ser relevante no preparo de soluções balanceadas para fertirrigação, maximizando a produção e minimizando o uso excessivo de fertilizantes e a poluição, em ecossistemas de horticultura intensiva.

Dias et al. (2006) citam, como resultados preliminares, valores de concentração adequados de nitrato e potássio, na solução do solo, para as culturas do tomate, pimentão e pepino.

Silva (2002), estudando a utilização de extratores providos de cápsulas cerâmicas no manejo da fertirrigação, e no controle da salinização, causada pelo acúmulo de fertilizantes, encontrou resultados que demonstraram a possibilidade do uso da técnica proposta para monitorar a concentração iônica da solução do solo, além de possibilitar a determinação dos íons potássio e nitrato com alta precisão, e cálcio e

magnésio com precisão satisfatória. Segundo esse autor os extratores de cápsula porosa não são recomendados para a determinação da concentração de enxofre e fósforo na solução do solo.

Um outro aspecto a ser observado é que a utilização do método da medição da condutividade elétrica da solução obtida com extratores é bastante eficiente, devido a sua facilidade, versatilidade e praticidade, quando comparada com o da solução diluída 1:2, desde que sejam conhecidas a umidade da pasta de saturação e a umidade do solo no momento da extração (SILVA et al., 1999).

Sendo assim, o monitoramento destas concentrações exige determinações constantes, e a frequência destas determinações pode ser elevada se o ciclo da cultura for curto; desta forma, a utilização de extratores de solução do solo para esse monitoramento surge como uma alternativa viável.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e estrutura experimental

O experimento foi conduzido em uma estufa plástica do Departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-USP, no município de Piracicaba-SP, situado nas coordenadas geográficas de 22° 42' de latitude sul e 47° 38' de longitude oeste, a uma altitude de 540 m.

Segundo a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Cwa, isto é, tropical úmido, com 3 meses mais secos (junho, julho e agosto), ocorrendo chuvas na primavera e verão e secas de inverno, apresentando temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C, e do mês mais frio inferior a 18 °C (SENTELHAS, 1998).

A estufa plástica era provida de cobertura em arco, com 6,50 m de largura e 17,6 m de comprimento, paredes laterais e frontais confeccionadas com telas antiafídeas e rodapé de 0,30 m, em concreto armado; possuía, ainda, cortinas laterais, as quais permitiam reduzir a variação de temperatura em seu interior e proteger contra chuvas, vento e baixas temperaturas. A cobertura era constituída de manta de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,15 mm de espessura, tratada contra a ação de raios ultravioletas. Esta estrutura experimental era provida de energia elétrica e água potável oriunda do sistema de tratamento de água da ESALQ/USP, apresentando condutividade elétrica média de 0,4 dS m⁻¹.

3.2 Obtenção do solo com diferentes níveis de salinidade

O material de solo utilizado na referente pesquisa foi objeto de estudo em cultivos anteriores, no qual tinha-se como fonte de variação o nível de condutividade elétrica (CE) da solução do solo, ocasionada pela adição de fertilizantes em ambiente protegido, sendo o mesmo classificado como Litossolo, textura franco-argilosa. As propriedades físicas e químicas desse solo foram analisadas, conforme a metodologia da Embrapa (1997) (Tabela 1 e 2), respectivamente.

Tabela 1 - Caracterização físico-hídrica do solo utilizado no experimento

Densidade		Granulometria			Classe textural
global	partículas	Areia	Silte	Argila	
----- (g cm ⁻³)-----		----- (%)-----			
1,19	2,91	44	17	39	Franco Argilosa
Umidade base peso		Porosidade			Classe textural
CV*	Residual	Micro	Macro	Total	
----- (%)-----					
28,27	6,1	33,64	25,47	59,11	Franco Argilosa

*Capacidade de vaso

Tabela 2 - Caracterização química do solo utilizado no experimento

pH	M.O*	S	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
(CaCl ₂)	g dm ⁻³	mg dm ⁻³									--(%)--	
----- (mmol _c dm ⁻³)-----												
5,2	22	6	5	5,0	24	11	0	25	40	65	62	0

* Matéria orgânica

O material de solo foi seco e peneirado em malha de 2 mm; logo em seguida foi realizada uma amostragem em cada nível de salinidade para todas as repetições, visando obter uma amostra homogênea, proporcionando uma boa representatividade em cada unidade experimental. As amostras foram submetidas ao preparo das pastas saturadas, com a finalidade de ranquear, de acordo com a condutividade elétrica, os níveis de salinidade existentes no solo em estudo (Figura 4).

A pasta saturada para determinação do parâmetro condutividade elétrica, foi preparada utilizando-se 250 g de terra fina seca ao ar e adicionando-se gradualmente água destilada, até o ponto de saturação, ou seja, quando o material apresentava superfície brilhosa, movimento lento em posição inclinada e fácil deslizamento da pasta sobre a espátula. Após o preparo da pasta, as amostras foram cobertas para evitar evaporação e contaminação e em seguida, foram colocadas em repouso por 20 horas; posteriormente, foram extraídas as soluções por meio de sucção, semelhante à aplicada ao extrator na respectiva parcela experimental, conforme a metodologia proposta por Richards (1954). Num momento posterior foi determinada a CEes por meio de um condutivímetro, inserindo-se o eletrodo diretamente na solução.

Para estimativa dos parâmetros avaliados, foi realizada uma correção para umidade da pasta saturada, conforme a equação (1).

$$C_{\text{estimada}}_{cp} = \frac{C_{cp} \cdot U_{cp}}{U_{ps}} \quad (1)$$

em que:

C_{estimada}_{cp} - condutividade elétrica ou concentração de íons no extrato de saturação, estimada a partir dos valores medidos na solução do solo, obtidos com extrator de cápsula, dS m^{-1} ou $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$;

C_{cp} - condutividade elétrica ou concentração de íons na solução do solo, obtidos com extrator de cápsula porosa, dS m^{-1} ou $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$;

U_{cp} - umidade do solo medida no momento da aplicação do vácuo no extrator de cápsula porosa, g g^{-1} ;

U_{ps} - umidade do solo na pasta saturada, g g^{-1} .

Os resultados encontrados foram correlacionados com os dados estimados para a pasta saturada, utilizando-se, para os cálculos, os resultados obtidos da solução coletada via cápsula.

A partir dos resultados obtidos na solução, via método da pasta saturada, foram ajustadas curvas relacionando os valores da condutividade elétrica e da concentração dos íons na solução coletada através dos extratores providos de cápsulas porosas, com os valores encontrados na solução obtida pelo método da pasta saturada (RICHARDS, 1954).

3.3 Construção da curva de retenção de água no solo

A curva de retenção de umidade do solo foi construída simulando uma condição real de irrigação e evaporação, em casa de vegetação. Para isso, utilizaram-se cinco vasos com capacidade para 12 L, com orifícios na parte inferior, e contendo uma camada de 1 cm de brita nº 1, recoberta com manta geotêxtil (BIDIM OP-30). Os vasos foram preenchidos, quantificando a massa de solo, a cada camada de 5 cm, de volume conhecido, visando obter uma densidade conhecida e homogênea entre as parcelas. Esses vasos foram dispostos em bancadas, dentro da casa de vegetação, sendo instalados nos mesmos, tensiômetros a 0,15 m de profundidade. Os vasos foram inicialmente imersos em uma lâmina de água correspondente a 50% de sua altura,

sendo o solo lentamente saturado por meio de ascensão capilar da água, através de orifícios existentes na parte inferior dos mesmos. Após verificada a saturação, os vasos foram cobertos com filme plástico, e postos para drenar, naturalmente, até cessar o escoamento.

Após a drenagem natural do solo, determinou-se a capacidade máxima de retenção e, durante o processo de secagem, foram realizadas pesagens e leituras tensiométricas, concomitantemente, sendo esse procedimento estendido até tensão próxima a 70 kPa (Figura 1). Os dados de umidade foram correlacionados com a tensão medida, sendo ajustada uma equação potencial, para o cálculo da lâmina de irrigação necessária.

Figura 1 - Curva de retenção de água no solo

3.4 Experimento em campo

3.4.1 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos, ministrados à cultura da berinjela, foram compostos pela combinação de dois fatores: salinidade inicial do solo, com seis níveis diferentes (S1 = 1,3; S2 = 2,4; S3 = 3,6; S4 = 4,5; S5 = 5,6 e S6 = 6,4 dS m⁻¹), e dois tipos de manejo de fertirrigação (M1 = com controle da condutividade elétrica da solução do solo e M2 = tradicional, aplicando os fertilizantes seguindo a curva de absorção de nutrientes da cultura). O delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados completos,

com quatro repetições, ficando os fatores estudados arranjados no esquema fatorial 6 x 2. Os 12 tratamentos propostos foram dispostos em 48 parcelas (Figura 2), ou seja, 48 vasos de 22,5 L espaçados de 0,9 m entre plantas e 1,5 m entre linhas; sendo que os dois primeiros e os dois últimos vasos de cada linha (bloco), funcionaram como bordaduras.

Figura 2 - Croqui da área experimental

Os diferentes níveis de salinidade inicial do solo visaram simular diversos estágios de salinização em ambiente protegido, possivelmente encontrados quando

detectado o problema pelos agricultores. O estudo com estes níveis possibilitou verificar os efeitos da salinização na redução do crescimento, do desenvolvimento, da produção de frutos de berinjela, além de comprovar a eficiência do extrator de solução, quando associado ao tipo de manejo de fertirrigação, visando também o controle da salinização do solo (M1).

3.4.2 Plantio e condução das plantas

Atualmente o mercado brasileiro de sementes de berinjela é dominado pelos híbridos, devido às suas características de produtividade, de tolerância às doenças e às pragas, de uniformidade e de qualidade dos frutos. Esse domínio iniciou-se com a incorporação comercial do F-100 no início dos anos 70, o que abriu espaço para a introdução de outros híbridos, como o Super F-100, o F-1000, o Nápoli e o Ciça, todos eles existentes no mercado. Atualmente, o Nápoli e o Ciça tem sido o mais cultivados e comercializados. (ANTONINI et al., 2002).

Por estar entre os mais cultivados, o híbrido Ciça, foi o escolhido para o referente estudo, ele possui resistência à antracnose (causada por *Colletotrichum gloeosporioides*) e à podridão-de-fomopsis (causada por *Phomopsis vexans*), doenças essas que causam severos danos à cultura. Foi desenvolvido pelo Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPQ/Embrapa), a partir de 1986, como parte do programa de pesquisa de melhoramento da unidade. Possui como características o grande vigor, a formação de frutos alongados de coloração vinho escura brilhante, e a lenta formação de sementes.

As mudas de berinjela foram produzidas em bandejas de isopor de 128 células, preenchidas com substrato composto por material inerte e livre de patógenos. O transplântio foi realizado no dia 03 de junho de 2010, com uma muda por vaso, quando as mesmas apresentavam de três a quatro folhas definitivas, o que ocorreu por volta dos 30 dias após a semeadura. Os vasos foram distribuídos com espaçamento de 0,90 m entre plantas e 1,5 m entre linhas.

No interior da estufa, foram instalados mourões de madeira e de concreto nos quais foram fixados arames número 14, a uma altura de 2,00 m, auxiliando, assim, o tutoramento vertical das plantas (Figura 3A).

Após o plantio e com o desenvolvimento da cultura, iniciou-se os tratos culturais, que consistiram na retirada dos brotos que surgiram antes da primeira bifurcação, bifurcação está que ocorre na inserção da primeira flor. Os tratos culturais envolveram também o controle fitossanitário preventivo, realizado quinzenalmente, utilizando produtos e doses adequadas ao nível da infestação, certificados junto ao ministério da agricultura, com o objetivo de manter o stand sempre livre de possíveis infestações.

Figura 3 - Detalhes da área experimental (A), aferição do índice do teor de clorofila (B), cultura em pico de produção (C) e detalhes de tensiômetros e extratores na parcela (D)

3.4.3 Manejo da irrigação

Foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento, utilizando emissores do tipo autocompensante, com vazão nominal de 3 L.h^{-1} , os quais foram previamente avaliados em campo, sob condições normais de operação, e que apresentaram coeficientes de uniformidades de 97,3%. Os gotejadores foram acoplados (on-line) às linhas de irrigação (tubos de polietileno 16 mm), com registros instalados no início de cada linha, os quais permitiam aplicar o volume de água diferenciado por tratamento, condição excelente para o manejo M1, evitando possíveis contaminações salinas. O manejo de irrigação foi efetuado com base em dados de umidade do solo, obtidas indiretamente com tensiômetros, instalados a 0,15 m de profundidade, tomando por base a curva característica de retenção de água no solo.

A quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação foi sempre a suficiente para elevar a umidade do solo à capacidade de campo; eram aplicadas a cada irrigação, 12 diferentes lâminas, em função dos 12 tratamentos propostos.

3.4.4 Manejo da fertirrigação

A aplicação dos fertilizantes foi feita via água de irrigação, sendo os tratamentos diferenciados em função dos manejos de fertirrigação, M1 e M2. O manejo M2 baseou-se na marcha de absorção da cultura, calculada com base na exigência total para o ciclo da berinjela em g planta^{-1} , obedecendo aos seguintes valores: 14; 6; 25; 10 e 2 g planta^{-1} , para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, (TRANI E CARRIJO, 2004).

Por meio da estimativa de consumo da água ao longo do ciclo, efetuou-se uma programação prévia da fertirrigação. A frequência da fertirrigação foi semanal, de acordo com o que foi sugerido anteriormente. Para os tratamentos referentes ao manejo M1, inicialmente, foi utilizada a mesma recomendação do manejo M2; entretanto, posteriormente, não foi preestabelecida a frequência nem a quantidade dos fertilizantes a serem aplicados. A fertirrigação só foi realizada quando a condutividade elétrica na solução do solo encontrava-se, em média 10% abaixo dos níveis iniciais de salinidade do solo, para cada tratamento. A quantidade de fertilizantes aplicada era aquela calculada para que a solução do solo recuperasse o nível de CE inicial (1,3; 2,4; 3,6;

4,5; 5,6 e 6,4 dS m⁻¹), sendo realizado a partir de uma curva que relacionava condutividade elétrica (dS m⁻¹) com a concentração da solução (mg L⁻¹), exposta da equação 2.

$$CEA = \frac{CEF \cdot VV \cdot \theta_{CC} - CEE \cdot VV \cdot \theta_A}{VCC} \quad (2)$$

em que:

CEA – condutividade elétrica da solução de fertirrigação a ser aplicada, dS m⁻¹;

CEF – condutividade elétrica final da solução de sais fertilizantes na capacidade de campo, dS m⁻¹;

VV – volume de solo contido no vaso, L;

θ_{CC} – umidade volumétrica do solo na capacidade de campo, L L⁻¹;

CEE – condutividade elétrica da solução do solo medida por intermédio do uso de extrator de cápsula porosa, dS m⁻¹;

θ_A – umidade volumétrica atual, ou seja, imediatamente antes da fertirrigação, medida com tensímetro, L L⁻¹;

VCC - volume de solução necessário para o solo atingir a capacidade de campo, L.

Quando não era necessário aplicar fertilizantes, fator observado quando os níveis iniciais propostos não decresciam 10%, não se realizava fertirrigação, sendo neste caso aplicado somente água.

Tabela 3 - Sais fertilizantes utilizados nos manejos da fertirrigação (M1 e M2)

Fertilizantes	Solubilidade (g L ⁻¹ a 20° C)	Índice Salino (1,0 g/l a 25°C)
Nitrato de Amônio	1877,00	104,70
Nitrato de Cálcio	1200,00	82,25
Nitrato de Potássio	327,58	99,47
Fosfato Monopotássico	238,53	55,60
Sulfato de Magnésio	500,00	91,45

Fonte: Knott (1957)

3.4.5 Extração da solução do solo

O principal objetivo da avaliação periódica da solução do solo, era caracterizar a salinidade do solo, via aferição da condutividade elétrica dessa solução, em laboratório, permitindo assim a implementação do manejo de fertirrigação M1.

As cápsulas dos extratores foram instaladas a uma profundidade de 0,15 m da superfície do solo, e a uma distância de 0,05 m da planta, em todos os tratamentos. Com a finalidade de obtenção da solução do solo, 12h após o a irrigação era aplicado um vácuo, de aproximadamente 80 kPa, nos extratores de cápsula porosa, momento este, em que era aferida a tensão de cada parcela, conhecendo-se assim a umidade do solo no momento da coleta

Decorridos 12 horas da aplicação do vácuo, a solução era coletada, utilizando-se uma seringa acoplada a um tubo de silicone flexível; em seguida, as amostras de solução eram acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados que eram transportados para o laboratório, onde eram efetuadas as medidas de condutividade elétrica, e as determinações de concentrações de nitrato, potássio e cálcio, das soluções. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Água do Departamento de Engenharia de Biossistemas da ESALQ/USP.

Os valores de condutividade elétrica, eram determinados na solução extraída por meio de cápsulas porosas, eram corrigidos para a CE do extrato saturado, considerando a umidade no momento da coleta e a umidade no ponto de saturação, conforme equação (1) já descrita anteriormente.

3.4.6 Determinação das concentrações dos íons Nitrato $[\text{NO}_3^-]$, Potássio $[\text{K}^+]$ e Cálcio $[\text{Ca}^{2+}]$

Utilizando um potenciômetro com medições em milivoltz e com um eletrodo de íon seletivo para nitrato $[\text{NO}_3^-]$ foi possível determinar as concentrações deste íon nas soluções aquosas extraídas, sendo os resultados expressados em mg L^{-1} . As aferições das concentrações do nitrato da solução extraída do solo, ocorreram semanalmente, junto com a aferição da condutividade elétrica, e das concentrações de potássio $[\text{K}^+]$ e

cálcio [Ca^{2+}] sendo esses dois últimos elementos determinados por fotometria de emissão de chama, tendo seus resultados expressos em mg L^{-1} .

3.4.7 Características avaliadas

- Altura das plantas (cm): medida da superfície do solo até inserção da última folha definitiva, com frequência quinzenal;
- Diâmetro do caule (mm): medido quinzenalmente a dois centímetros de altura em relação à superfície do solo, com o auxílio de um paquímetro digital;
- Produção de biomassa seca: medida no final do ciclo para folhas, frutos, hastes e raízes (g planta^{-1});
- Produção e componentes da produção: englobaram as variáveis número de folhas por planta, número de frutos por planta e produção total de frutos (g planta^{-1});
- Índice de área foliar (cm^2): avaliado no final do ciclo, por meio um integrador eletrônico de área foliar, modelo LI-3100;
- Área foliar específica: representa a razão entre área foliar total e a massa seca total das folhas;
- Teor de clorofila total: quinzenalmente, de forma não destrutiva, por meio de um medidor portátil de clorofila, denominado ("clorofiLOG").

Para obtenção da massa seca das raízes, peneirou-se todo o solo contido nos vasos; logo em seguida, as raízes foram lavadas, de modo que todo o substrato foi removido, na sequência, foi retirado o excesso de água, com auxílio de papel toalha. Em seguida as raízes foram colocadas para secar, em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1^{\circ}\text{C}$), até peso constante, este material foi pesado em balança de precisão de 0,01 g, obtendo-se assim a fitomassa seca.

3.4.8 Análise estatística

As variáveis foram analisadas estatisticamente pelo teste de F, desdobrando as análises, sempre que a interação foi significativa. O fator quantitativo, relativo aos níveis de salinidade inicial do solo, foi analisado estatisticamente por meio de regressão

polinomial (linear e quadrática); já o fator manejo da fertirrigação foi analisado por meio de comparação de médias com base no teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Níveis iniciais de salinidade.

Os resultados de condutividade elétrica medida na solução da pasta saturada inicial (Figura 4), conforme a metodologia proposta por Richards (1954), revelaram que, realmente existia diferença entre os níveis de salinidade, sendo essa diferença provocada por excesso de fertilizantes aplicados em cultivos anteriores. Nessas condições, essa diferença permitiu com que os tratamentos fossem iniciados a partir desses níveis.

Figura 4 - Valores médios de CE (dS m⁻¹) inicial, medidos no extrato de saturação

4.1.1 Monitoramento da salinidade do solo

O método de medição da condutividade elétrica da solução do solo, obtida com extrator de cápsula porosa é eficiente, devido a sua facilidade, versatilidade e praticidade. Pode ser facilmente utilizado em nível de campo, ajudando a prevenir possíveis processos de salinização, ou permitindo a manutenção de um nível ótimo de concentração de nutrientes na solução do solo.

Com a utilização de extratores providos de cápsulas porosas usados na extração de solução, foi possível determinar a concentração de íons e condutividade elétrica com precisão, fato este já verificado anteriormente por Lima (2009).

Estudos realizados por Silva (2002), comprovam que, sob condições protegidas, o monitoramento da concentração de íons na solução do solo, no qual a salinidade apresenta valores inferiores ao máximo tolerado pela cultura e superiores ao mínimo necessário para sua nutrição, torna-se uma boa opção de manejo por ser mais econômica e menos agressiva ao meio ambiente, sendo recomendada para o controle dos efeitos deletérios da salinização.

A Figura 5 apresenta os valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, estimados por meio da correção dos valores de CE da solução obtida com extratores. A Figura 5A representa o comportamento, em solo franco-argiloso dos valores de CEes, quando se pratica o manejo de fertirrigação com controle da condutividade elétrica (M1). A manutenção dos níveis iniciais da salinidade por meio do monitoramento da CEes estimada, permitiu manter os níveis iniciais, durante todo o ciclo da cultura.

A Figura 5B representa o comportamento dos valores de CEes estimada, quando se pratica o manejo tradicional de fertirrigação (M2) para a cultura da berinjela. Verifica-se que no manejo da fertirrigação tradicional ocorre um aumento da salinidade do solo para os tratamentos de níveis mais baixos (S1 e S2) e um decréscimo da salinidade para os níveis mais elevados (S4, S5 e S6), com uma tendência de equilíbrio depois dos 80 DAT.

Figura 5 - Valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, estimados a partir dos valores medidos na solução obtida por extratores, ao longo do ciclo da berinjela, para os dois manejos da fertirrigação propostos: manejo com controle da CE - M1 (A) e manejo tradicional - M2 (B)

Dias (2004) comenta que a estabilidade verificada no manejo M1, se dá em razão do fato de que apenas parte dos sais fertilizantes, incorporados via água de irrigação, ficam no solo, pois uma parte é absorvida pelas plantas para atender as suas

necessidades, ou ainda, torna-se insolúvel mediante a precipitação, quer por reações químicas ou por atingir limites de solubilidade na solução do solo.

Assim sendo, para o manejo controlado (M1), verifica-se que ocorre uma orientação das linhas dos níveis de CEes com menor número de cruzamentos; as linhas se mantiveram aproximadamente constantes ao longo do ciclo, comprovando assim a eficiência dos extratores de solução, o que avalisa os mesmos para o auxílio do manejo da fertirrigação, o que permite evitar o desperdício de fertilizantes e uma possível salinização dos solos cultiváveis.

4.2 Consumo hídrico total

O volume de água aplicado via irrigação, durante o ciclo da berinjela, para os diferentes níveis de salinidade inicial do solo e manejos da fertirrigação foram afetados pelo aumento da condutividade elétrica do solo; verificou-se uma tendência quadrática, havendo uma redução do consumo com o aumento do nível de salinidade (Figura 6).

É comum a redução do consumo de água pelas plantas quando ocorrem maiores níveis de salinidade do solo, em razão dos efeitos negativos do menor potencial osmótico e da redução do dossel da cultura, acarretando pequenas variações nos valores do potencial mátrico, o que indica baixa variação da umidade do solo.

As equações de regressão relativas ao consumo total de água em função do nível de salinidade do solo, ao final do ciclo da berinjela, estão dispostas na Figura 6. Para ambos os manejos, verifica-se um efeito quadrático para o consumo hídrico em função dos níveis de salinidade, sendo registrado maior decréscimo nos níveis maiores de salinidade (S5 e S6), com início a partir da CEes = 3,4 dS m⁻¹ ($R^2 = 0,84$) e da CEes = 3,6 dS m⁻¹ ($R^2 = 0,79$), para os manejos M1 e M2 respectivamente. Estes resultados indicam que as plantas podem ter sofrido algum estresse hídrico induzido pelo estresse salino (seca fisiológica).

Figura 6 - Volume de água aplicado com irrigação em função dos níveis de salinidade para o manejo com controle da salinidade do solo (M1) e para o manejo tradicional (M2)

O efeito quadrático observado no consumo hídrico foi semelhante aos efeitos encontrados para as variáveis de crescimento da planta (área foliar, matéria seca de folhas e matéria seca total), conforme será relatado posteriormente, comprovando que o estresse salino induz ao menor consumo de água, como consequência da redução do crescimento. Resultados semelhantes foram apresentados por Silva (2002), os quais demonstraram que a redução relativa na evapotranspiração das plantas submetidas ao estresse salino correlaciona-se com a diminuição de biomassa.

Segundo Doorenbos e Kassam (1994), existe uma relação direta entre a evapotranspiração e o crescimento, ou seja, a evapotranspiração é igual à máxima, e da mesma forma o crescimento, quando a necessidade hídrica da planta é plenamente satisfeita. De modo contrário, quando existe uma restrição hídrica, ocorre redução do crescimento, fato constatado no presente estudo, pois o aumento da CEEs reduziu o consumo de água pelas plantas a partir de determinados níveis já descritos anteriormente.

4.3 Quantidade de nutrientes aplicada

Na Tabela 4 é apresentada a quantidade total de fertilizantes aplicada tanto para o manejo (M1) com controle da condutividade elétrica da solução do solo, como a quantidade recomendada e aplicada para o manejo (M2), ou seja o manejo tradicional.

Tabela 4 - Quantidade de nutrientes (g planta^{-1}) aplicadas ao longo do ciclo, para o manejo com controle da salinidade do solo (M1) em função dos níveis de salinidade e para o manejo tradicional (M2) para a cultura da berinjela

Níveis de salinidade	NH ₄ NO ₃	KH ₂ PO ₄	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂	MgSO ₄	Total
-----Manejo controlado (M1)-----						
S1	7,2	3,5	5,7	5,2	4,2	25,8
S2	24,4	6,0	16,7	14,8	15,7	77,6
S3	30,5	7,9	20,4	18,5	19,4	96,7
S4	38,2	11,4	27,6	21,6	20,8	119,6
S5	49,2	13,3	29,2	31,6	32,6	155,9
S6	58,3	15,0	36,7	34,5	35,7	181,2
-----Manejo tradicional (M2)-----						
Curva de absorção	7,4	26,6	27,9	31,5	21,3	115,1

Para os níveis crescentes (S1 a S6) do manejo controlado (M1) a quantidade total de fertilizantes aplicada representa, 22,4; 67,4; 84,0; 103,9; 135,4 e 157,4%, respectivamente da quantidade aplicada no manejo tradicional (M2). A Figura 7, indica que para o manejo controlado, foi necessário aplicar fertilizantes em maiores dosagens para se corrigir os valores de CEes e manter o nível de salinidade desejada ao longo do ciclo da cultura; de modo contrário, verifica-se uma menor quantidade de nutrientes aplicados nos níveis mais baixos de salinidade do M1, em relação a M2, devido ao fato da fertirrigação ter sido cessada para reduzir a CEes no manejo controlado, pois já ultrapassava, em média, 10% dos níveis iniciais.

Analisando-se a quantidade de nutrientes aplicados via água de irrigação nos diferentes níveis de salinidade (Figura 7), pode-se verificar a necessidade constante de correção da CEes nos tratamentos com maiores níveis de salinidade (S4, S5 e S6) do manejo controlado, resultando em uma aplicação excessiva dos nutrientes, o que

caracteriza para esses níveis, um consumo “de luxo”, por parte das plantas. Já nos tratamentos com menores níveis de salinidade (S1, S2 e S3) do manejo controlado, observa-se menores quantidades de nutrientes aplicados, principalmente no nível de salinidade S1. Entretanto, conforme já discutido, houve uma tendência de aumento da salinidade nos níveis menores do M2, e decréscimo para os níveis mais salinos deste manejo; atingindo um equilíbrio com o passar do tempo (fato este ilustrado anteriormente na Figura 5B).

Figura 7 - Consumo total de nutrientes utilizados durante o ciclo da berinjela, em função dos níveis de salinidade do solo e do tipo de manejo de fertirrigação

4.4 Crescimento de planta

4.4.1 Altura de planta

Na Tabela 5, encontra-se o resumo da análise de variância para a variável altura de planta, ao longo do ciclo da berinjela, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação. Verifica-se efeito linear significativo ($p < 0,01$) para o fator níveis de salinidade do solo, sobre a altura das plantas, aos 36, 52, 68 e 84 DAT e efeito linear significativo ($p < 0,05$) aos 100 DAT. Já aos 116 e 136 DAT, não houve efeito significativo para o fator níveis de salinidade do solo. Para os dois manejos da

fertirrigação M1 e M2, a análise estatística demonstrou haver influência deste fator sobre esta variável, aos 52 e 84 DAT ($p < 0,05$), e ($p < 0,01$) aos 68 DAT.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância e médias da altura de plantas (cm) ao longo do ciclo, para a cultura da berinjela, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação

Fonte de variação	GL	-----Estatística F-----						
		Dias após o transplântio – DAT						
		36	52	68	84	100	116	136
Salinidade (S)	5	3,40 [*]	3,39 [*]	5,51 ^{**}	4,69 ^{**}	2,06 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,86 ^{ns}
Linear	-	12,21 ^{**}	11,73 ^{**}	21,81 ^{**}	19,18 ^{**}	5,73 [*]	0,13 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Quadrática	-	4,29 [*]	4,24 [*]	4,90 [*]	2,63 ^{ns}	1,50 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,22 ^{ns}
Manejo (M)	1	2,57 ^{ns}	4,83 [*]	8,42 ^{**}	6,63 [*]	3,03 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}
S x M	5	0,28 ^{ns}	0,57 ^{ns}	2,38 ^{ns}	2,02 ^{ns}	2,14 ^{ns}	2,73 [*]	2,06 ^{ns}
Bloco	3	3,61 [*]	5,00 ^{**}	2,66 ^{ns}	0,97 ^{ns}	2,80 ^{ns}	0,87 ^{ns}	3,64 [*]
Média geral	-	30,60	36,10	50,65	66,25	79,83	95,93	110,22
CV(%)	-	20,89	15,82	11,49	7,11	4,78	5,67	4,16
Manejo (M)		Valores Médios [#]						
M1	-	29,12a	34,29b	48,21b	64,50b	78,87a	95,62a	110,21a
M2	-	32,08a	37,92a	53,08a	68,00a	80,79a	96,25a	110,25a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F

^{*}, ^{**} Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Segundo os modelos matemáticos obtidos (Figura 8), o efeito da salinidade sobre a altura média das plantas foi mais severo durante o desenvolvimento inicial, aos 100 DAT, não havendo diferença significativa para as épocas posteriores de amostragem. Não foi observada diferença significativa para a variável manejo, aos 36 e 100 DAT, sendo apresentada, portanto, a equação geral para os dois manejos. Aos 52, 68 e 84 DAT, detectou-se efeito significativo a ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$) de probabilidade, para a variável manejo, sendo, portanto, apresentada as equações que os diferenciam. Observa-se, também que ao final do ciclo (136 DAT), não houve diferença significativa entre manejos e entre níveis de salinidade, sendo apresentados os valores médios dos manejos (Figura 8F).

Figura 8 - Diagrama de dispersão e equação de ajuste, para ambos os manejos da fertirrigação, aos 36 e 100 DAT, (A e E), respectivamente; para os manejos controlado e tradicional da fertirrigação, aos 52, 68 e 84 DAT(C, B e D), respectivamente; e média final para os dois manejos (F)

A altura máxima encontrada foi de 110,25 e 110, 21 cm, aos 136 DAT, para os manejos M1 e M2, respectivamente. Esses resultados estão de acordo com os de Carvalho et al. (2004), avaliando o crescimento de plantas de berinjela, sob diferentes

lâminas de reposição de água, encontraram uma altura média máxima das plantas de 110 cm, correspondente à reposição de 100% da lâmina recomendada.

Na Tabela 6, encontram-se as médias referentes à interação entre os fatores salinidade do solo e manejo da fertirrigação, evidenciando diferenças significativas, tanto entre os níveis de salinidade do solo quanto entre os manejos da fertirrigação, para a variável altura de plantas aos 116 DAT. Houve diferença, somente, para o terceiro nível de salinidade, sendo o manejo (M1) superior ao manejo (M2); as demais interações foram iguais, estatisticamente, em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 6 - Valores médios da variável altura de plantas (cm), aos 116 DAT, para os manejos de fertirrigação e os níveis de salinidade do solo

Níveis de salinidade	Altura 116 DAT	
	M1	M2
S1	98,50Aa	93,00Aa
S2	91,00Aa	95,25Aa
S3	102,00Aa	92,75Ba
S4	95,75Aa	99,50Aa
S5	95,25Aa	99,75Aa
S6	91,25Aa	97,25Aa

* Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade

4.4.2 Diâmetro do caule

Como pode ser observado na Tabela 7, o diâmetro do colo das plantas foi afetado, linearmente, pela salinidade inicial do solo, em todas as medições efetuadas ao longo do ciclo da berinjela. Além disso, pode-se verificar, também, efeito quadrático dos níveis de salinidade sobre o diâmetro do colo, para as leituras realizadas aos 84, 100, 116 e 136 DAT. Houve efeito do manejo da fertirrigação sobre o diâmetro do colo, em nível de significância de ($p < 0,01$), aos 68, 84, 100 e 116 DAT e ($p < 0,05$) aos 136 DAT.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância e médias do diâmetro do colo das plantas (mm), ao longo do ciclo, para a cultura da berinjela, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação

Fonte de variação	GL	-----Estatística F-----						
		Dias após o transplante - DAT						
		36	52	68	84	100	116	136
Salinidade (S)	5	3,27*	7,58**	6,22**	9,29**	17,85**	15,15**	8,45**
Linear	-	13,38**	32,82**	27,92**	39,28**	67,84**	57,68**	36,62**
Quadrática	-	2,63 ^{ns}	3,33 ^{ns}	1,81 ^{ns}	4,72*	8,59*	8,37**	4,57*
Manejo (M)	1	1,87 ^{ns}	3,56 ^{ns}	16,78**	16,05**	7,70**	8,35**	4,19*
S x M	5	0,40 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,82 ^{ns}	2,78*	6,07**	4,58**	3,60*
Bloco	3	1,20 ^{ns}	0,81 ^{ns}	3,84*	4,71**	11,02**	5,90**	3,62*
Média geral	-	8,17	11,31	14,55	15,50	16,39	16,88	17,43
CV(%)	-	29,06	14,15	7,58	5,40	3,54	4,13	5,75
Manejo (M)		Valores Médios [#]						
M1	-	7,71a	10,88a	13,90b	15,02b	16,16b	16,59b	17,14b
M2	-	8,64a	11,75a	15,20a	15,99a	16,62a	17,17a	17,73a

[#] Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F

*, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Na Figura 9 é apresentada para os dois manejos da fertirrigação, a variação do diâmetro ao longo do ciclo da berinjela. Os valores máximos de diâmetros foram obtidos aos 136 DAT, com 18,44 mm, para os níveis mais elevados de salinidade no solo (Figura 9F). Esses resultados estão de acordo com os de Bilibio et al. (2010), que ao estudar função de produção da berinjela irrigada, em ambiente protegido, encontraram valores de diâmetro de caule máximo de 18,67 mm, obtido com o volume de irrigação de 194,5 L planta⁻¹. Carvalho et al. (2004) também encontraram diferenças significativas no diâmetro do caule da berinjela, submetida a diferentes lâminas de irrigação; o maior diâmetro foi obtido com lâmina de reposição de 100% da lâmina recomendada, apresentando um diâmetro médio de 16,16 mm.

Figura 9 - Diagramas de dispersão e equação de ajuste, para ambos os manejos da fertirrigação, aos 36 e 52 DAT (A e B), respectivamente; para os manejos controlado e tradicional da fertirrigação, aos 68, 84, 100 e 136 DAT (C, D, E e F), respectivamente

Na Tabela 8, encontram-se as médias de diâmetro do colo das plantas, referentes à interação entre os fatores salinidade do solo e manejo de fertirrigação, evidenciando diferenças significativas, tanto entre os níveis de salinidade do solo

quanto entre os manejos de fertirrigação, aos 84, 100, 116 e 136 DAT; as demais interações apresentaram-se iguais, estatisticamente, em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 8 - Valores médios da variável diâmetro do colo das plantas (mm), medidas aos 84, 100, 116 e 136 DAT, para os diferentes manejos de fertirrigação e os níveis de salinidade do solo

NS [#]	Diâmetro 84 DAT		Diâmetro 100 DAT		Diâmetro 116 DAT		Diâmetro 136 DAT	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
S1	13,34Bb	15,07Aa	15,21Abc	15,44Ab	15,52Acb	15,82Ac	16,10Acb	16,18Ac
S2	13,40Bb	15,83Aa	14,34Bc	16,28BAa	14,67Bc	16,67Abc	15,34Bc	17,05Abc
S3	15,41Aa	15,79Aa	16,46Aa	16,75Aa	17,10Aa	17,17Aabc	17,62Aba	17,33Abc
S4	15,51Aa	16,44Aa	16,20Bab	17,47Aa	16,63Bba	18,34Aa	16,97Babc	19,73Aa
S5	16,18Aa	16,84Aa	17,37Aa	17,40Aa	17,80Aa	17,91Aab	18,40Aa	18,36Aab
S6	16,27Aa	15,93Aa	17,34Aa	16,38Bab	17,78Aa	17,07Aabc	18,38Aa	17,70Aabc

NS – Níveis de Salinidade

* Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade

4.5 Produção de matéria seca

Na Tabela 9 encontra-se o resumo da análise de variância para a variável matéria seca de folhas (MSF), matéria seca de haste (MSH), matéria seca de raiz (MSR), matéria seca total (MST) e número de folhas por planta (NF), ao longo do ciclo da berinjela, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação. Verifica-se que houve efeito quadrático significativo ($p < 0,01$), para as variáveis MSF, MSR e MST, verificando-se também um efeito quadrático significativo ($p < 0,05$) para a variável MSH, em função dos níveis de salinidade do solo, não sendo observado efeito significativo para a variável NF.

Na interação entre os dois fatores estudados houve efeito significativo em nível de ($p < 0,05$) apenas para a variável MSF; será, portanto, seu teste de média, apresentado posteriormente.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância e médias das massas secas, em g planta⁻¹, de folhas (MSF), de haste (MSH), de raízes (MSR) e total (MST), e número de folhas planta⁻¹ (NF), para a cultura da berinjela, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação

Fonte de variação	G L	Estatística F-----				
		MSF	MSH	MSR	MST	NF
Salinidade (S)	5	16,09 ^{ns}	1,72 ^{ns}	3,70 ^{**}	9,37 ^{**}	0,12 ^{ns}
Linear	-	0,43 ^{ns}	1,70 ^{ns}	0,69 ^{ns}	28,93 ^{**}	0,04 ^{ns}
Quadrática	-	65,78 ^{**}	6,40 [*]	14,80 ^{**}	13,21 ^{**}	0,08 ^{ns}
Manejo (M)	1	2,58 ^{ns}	12,31 ^{**}	1,84 ^{ns}	7,38 [*]	0,46 ^{ns}
S x M	5	3,33 [*]	0,40 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,23 ^{ns}
Bloco	3	0,51 ^{ns}	3,67 [*]	1,00 ^{ns}	0,76 ^{ns}	5,38 ^{ns}
Média geral	-	115,3	158,29	78,57	458,85	174,52
CV(%)	-	7,16	12,41	17,35	8,36	14,73
Valores Médios [#]						
M1	-	117,35a	148,34b	75,90a	443,80b	172,00a
M2	-	113,52a	168,24a	81,24a	473,90a	177,08a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F

^{*}, ^{**} Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

As produções relativas de matéria seca de folhas (MSF), matéria seca de haste (MSH), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca total (MST), seguiram modelos de resposta quadrática (Figura 10), com reduções nos valores dessas variáveis à medida que se aumentou o nível de salinidade na solução do solo. Semelhantemente, Marques (2003), trabalhando com berinjela irrigada, com diferentes lâminas e concentrações de sais na água, observou menores valores de matéria seca nos tratamentos mais salinos. Por outro lado, Savvas e Lenz (2000) relataram que não houve efeito significativo do NaCl sobre o crescimento vegetativo de plantas de berinjela. Provavelmente, esses resultados ocorreram em função do menor nível de estresse, proporcionado pelo NaCl imposto no referido trabalho, ou seja, uma salinidade bem inferior àquelas avaliadas no presente ensaio.

A explicação mais aceita para a inibição do crescimento pelo sal é a redução do potencial osmótico da solução de cultivo, podendo também haver toxicidade iônica,

desequilíbrios nutricionais, ou ambos, devido à acumulação excessiva de certos íons nos tecidos vegetais. Além disso, as plantas fecham os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, o que constitui uma das causas da redução do crescimento das espécies glicófiticas sob condições de estresse salino (FLOWERS, 2004; YOKOI et al., 2002; MUNNS, 2002).

Figura 10 - Diagramas de dispersão e equação de ajuste, para ambos os manejos da fertirrigação, relativos à matéria seca de folhas (MSF) e matéria seca de raiz (MSR) (A e C), respectivamente; e para os manejos controlado e tradicional da fertirrigação, relativos à matéria seca de haste (MSH) e a matéria seca total da planta (MST), (B e D), respectivamente

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Souza et al. (2007), que descrevem o efeito negativo imediato da salinidade sobre a produção da massa seca da parte aérea (caule e folhas), e do sistema radicular, em *Physalis angulata* L,

planta da mesma família da berinjela, conhecida em algumas regiões como camapú ou camapum.

Na Tabela 10, encontra-se a média da variável matéria seca de folhas (MSF), referente à interação entre os fatores salinidade do solo e manejo de fertirrigação. Verifica-se diferenças significativas, tanto entre os níveis de salinidade do solo quanto entre o manejo de fertirrigação para essa variável, sendo as demais interações iguais, estatisticamente, em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 10 - Valores médios da variável matéria seca da folha em gramas por planta (MSF), para os dois manejos de fertirrigação propostos e os níveis de salinidade do solo

Níveis de salinidade	MSF	
	M1	M2
S1	96,79Ab	105,41Abc
S2	118,66Aa	121,71Aab
S3	132,10Aa	134,00Aa
S4	123,18Aa	119,00Aab
S5	118,21Aa	105,75Bbc
S6	115,17Aa	95,25Bc

* Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade

4.6 Componentes de produção e área foliar

Na Tabela 11 encontra-se o resumo da análise de variância para as variáveis número de frutos por planta (NFR), matéria fresca de frutos (MFFR), matéria seca de frutos (MSFR), índice de área foliar (IAF) e área foliar específica (AFESP) medidas ao longo do ciclo da berinjela em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação. Verifica-se que houve efeito quadrático significativo ($p < 0,01$) para as variáveis MFFR e IAF, e efeito quadrático significativo ($p < 0,05$) para a variável NFR, em função dos níveis de salinidade do solo. As variáveis NFR e MSFR, apresentaram um ajuste linear significativo ($p < 0,01$). Não foi observado efeito significativo para a variável AFESP.

A interação entre os dois fatores estudados só foi significativa em nível de ($p < 0,05$) para a variável NFR; será, portanto, seu teste de média, apresentado posteriormente.

Tabela 11 - Resumo da análise da variância e médias do número de frutos por planta (NFR), matéria fresca de frutos (g planta^{-1}) (MFFR), matéria seca de frutos (g planta^{-1}) (MSFR), índice de área foliar (cm^2) (IAF), área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) (AFESP), para a cultura da berinjela, em função dos níveis de salinidade e dos manejos de fertirrigação

Fonte de variação	GL	-----Estatística F-----				
		NFR	MFFR	MSFR	IAF	AFESP
Salinidade (S)	5	8,77**	33,68**	18,11**	4,28**	0,50 ^{ns}
Linear	-	37,61**	157,71**	86,37**	0,19 ^{ns}	0,61 ^{ns}
Quadrática	-	4,58*	8,83**	2,80 ^{ns}	20,56**	0,12 ^{ns}
Manejo (M)	1	28,33**	3,35 ^{ns}	2,92 ^{ns}	3,38 ^{ns}	0,71 ^{ns}
S x M	5	3,54*	2,41 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,53 ^{ns}
Bloco	3	0,53 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,42 ^{ns}
Média geral	-	22,22	789,29	106,55	19676,66	170,98
CV(%)	-	13,30	16,18	16,57	13,63	14,32
Manejo (M)		Valores Médios [#]				
M1	-	19,95b	764,18a	102,19a	18964,84a	174,09a
M2	-	24,50a	832,40a	110,90a	20388,49a	163,88a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F

*, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Em relação à variável número de frutos por planta (NFR) verifica-se que houve efeito quadrático significativo ($p < 0,01$) (Figura 11A); no manejo M1 fica mais evidenciado o aumento do número de frutos com o aumento dos níveis de salinidade até um certo nível; logo em seguida, essa variável tende a decrescer com incremento da salinidade. Já a matéria fresca de frutos (MFFR) (Figura 11B) e matéria seca de frutos (MSFR) (Figura 11C) decrescem linearmente com o aumento da salinidade. Portanto, pode se afirmar que os níveis mais altos de salinidade produzem mais frutos, porém menores, influenciando negativamente no rendimento final da cultura

A produtividade total ou matéria fresca de frutos (MFFR) (g planta^{-1}) pode ser explicada por um modelo linear, indicando que houve um decréscimo na produtividade, à medida em que se aumentava os níveis de condutividade elétrica da solução do solo (Figura 11B). O ponto de maior produtividade foi obtido com o nível de condutividade de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$, e que equivaleu a uma produtividade média observada de $1323 \text{ g planta}^{-1}$.

O aumento da concentração salina da solução do solo provocou também, assim como na matéria seca total (MST), declínio na área foliar das plantas. A redução dessa variável (Figura 11D) ajustou-se a um modelo quadrático, com o valor máximo para salinidade de aproximadamente $4,5 \text{ dS m}^{-1}$. Tendência semelhante foram apresentadas por Folegatti e Blanco (2000), que avaliaram o crescimento foliar da berinjela e do pepino, irrigados com água salina.

Figura 11 - Diagramas de dispersão e equação de ajuste, para ambos os manejos da fertirrigação, relativos à matéria fresca de fruto (MFFR), e matéria seca de fruto (MSFR), (B e C), respectivamente; e para os manejos controlado e tradicional da fertirrigação, relativos à número de fruto, (NFR) e o índice de área foliar, (A e D), respectivamente

Na Tabela 12, encontram-se as médias de número de frutos (NFR) referente à interação entre os fatores salinidade do solo e manejo de fertirrigação. Verificam-se diferenças significativas, tanto entre os níveis de salinidade do solo quanto entre os dois manejos de fertirrigação. As demais interações, para matéria seca de frutos (MSFR), índice de área foliar (IAF) e área foliar específica (AFESP), apresentaram-se iguais estatisticamente, em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste Tukey.

Tabela 12 - Valores médios da variável número de frutos por planta (NFR), para os dois manejos de fertirrigação e os diferentes níveis de salinidade do solo

Níveis de salinidade	NFR	
	M1	M2
S1	12,00Bc	22,00Aa
S2	17,00Bbc	23,50Aa
S3	20,00Bab	25,50Aa
S4	21,75Aab	27,00Ab
S5	23,25Aab	24,00Aa
S6	25,75Aa	25,00Aa

* Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, e minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade

4.7 Salinidade limiar para a cultura da berinjela

A tolerância das plantas à salinidade do solo é variável para as diferentes espécies, sendo que as hortaliças, de um modo geral, apresentam-se sensíveis ou moderadamente sensíveis à salinidade do solo. Maas e Hoffman (1977) publicaram uma tabela com os limites de salinidade do solo (CEes), acima dos quais começa haver redução na produção, para cenoura, alface, repolho, pepino, tomate e beterraba, que são, respectivamente, 1,0; 1,3; 1,8; 2,5; 2,5 e 4,0 dS m⁻¹.

De modo geral, de acordo com Maas e Hoffman (1977), a produção vegetal decresce linearmente com o aumento da salinidade do solo, a partir de um determinado nível, denominado “salinidade limiar” da cultura. Medeiros (1998) verificou que a redução na produção da cultura do pimentão, em estufa, foi da ordem de 14% para o incremento de 1 dS m⁻¹ na salinidade do solo, acima da salinidade limiar, que foi de 1,5 dS m⁻¹, o que estava de acordo com a tabela apresentada por Maas e Hoffman (1977).

Segundo os resultados obtidos com o presente estudo (Figura 12), verifica-se que a redução na produção da cultura da berinjela, em estufa, foi da ordem de 8,65% para o incremento de 1 dS m⁻¹ na salinidade do solo, acima da salinidade limiar, que foi de 1,71 dS m⁻¹; valores estes bem próximo dos observados por Unlukara et al (2008) ao estudar o efeito da salinidade sobre a berinjela na região de Tokat, Turquia, verificaram

queda no rendimento de 4,4% para cada aumento unitário de condutividade elétrica da água de irrigação a partir de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Os resultados de salinidade limiar encontrados, também estão de acordo com os obtidos por Maas e Hoffman (1977), que apesar de não mencionarem berinjela em sua pesquisa, citam $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ para o pimentão e $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ para o tomate, que também pertencem à família das Solanáceas.

Figura 12 - Rendimento relativo calculado tomando como base o nível que apresentou a maior média de produtividade total (g planta^{-1}), em função da salinidade do solo

4.8 Teor de clorofila total

A clorofila, principal pigmento responsável pela captação da energia luminosa utilizada no processo de fotossíntese, constitui um dos principais fatores relacionados à eficiência fotossintética de plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e à adaptabilidade a diferentes ambientes.

O medidor portátil de clorofila, clorofiLOG, permite leituras instantâneas do teor relativo de clorofila na folha sem, no entanto, destruí-la, fazendo com que tal método proporcione simplicidade na operação e rapidez na medidas; possui grande correlação

com valores obtidos em laboratórios, além de possibilitar uma avaliação não destrutiva do tecido foliar (FALKER, 2008).

Uma das maneiras de melhorar a eficiência da adubação nitrogenada é sincronizar a disponibilidade de nitrogênio no solo com a necessidade da planta, o que pode ser conseguido com o uso da medida indireta de clorofila. O medidor portátil tem sido usado, para várias culturas, como uma ferramenta auxiliar na indicação da necessidade ou não de adubação nitrogenada; porém, são escassos os trabalhos envolvendo a cultura da berinjela.

O clorofilômetro avalia dois pontos: um de alta absorbância, na região do espectro vermelho, onde há um pico da absorbância pela clorofila, e outro na região do espectro infravermelho, onde ocorre a máxima transmitância; este último para tirar o efeito da espessura da folha e o seu grau de hidratação. Assim, pode-se estimar, indiretamente, o teor de clorofila, pois o aparelho mede a intensidade da cor verde da folha, sendo esta proporcional à concentração de clorofila, a qual, por sua vez, está relacionada ao conteúdo de nitrogênio foliar (BUZETTI, et al., 2008).

Na Tabela 13, encontra-se o resumo da análise de variância para a variável índice do teor de clorofila, ao longo do ciclo da berinjela, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação. Verifica-se que não houve efeito significativo em função dos níveis de salinidade do solo, em todas as leituras realizadas, fato este já esperado, já que todos os tratamentos foram fertirrigados com adubos nitrogenados.

A interação entre os dois fatores estudados só foi significativa em nível de ($p < 0,05$) aos 116 DAT, seu teste de média, será, portanto, apresentado posteriormente.

Tabela 13 - Resumo da análise da variância e médias de índice do teor de clorofila, ao longo do ciclo da cultura da berinjela, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação

		-----Estatística F-----					
Fonte de variação	GL	Dias após o transplante - DAT					
		36	52	68	84	100	116
Salinidade (S)	5	0,78 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,94 ^{ns}
Linear	-	0,63 ^{ns}	2,15 ^{ns}	4,15 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,68 ^{ns}
Quadrática	-	0,41 ^{ns}	0,39 ^{ns}	2,44 ^{ns}	0,41 ^{ns}	2,12 ^{ns}	2,97 ^{ns}
Manejo (M)	1	13,01 ^{**}	3,04 ^{ns}	7,82 ^{**}	0,29 ^{ns}	7,16 [*]	4,78 [*]
S x M	5	1,05 ^{ns}	1,24 ^{ns}	1,05 ^{ns}	2,29 ^{ns}	2,35 ^{ns}	3,01 [*]
Bloco	3	1,11 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,28 ^{ns}
Média geral	-	47,40	68,22	76,08	97,68	86,85	85,29
CV(%)	-	10,16	15,41	12,92	97,80	8,91	8,31
Manejo (M)		Valores Médios [#]					
M1	-	44,90b	65,57a	72,11b	96,94a	83,86b	83,06b
M2	-	49,91a	70,87a	80,05a	98,42a	89,84a	87,53a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste F

*, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Na Tabela 14, encontra-se a média do Índice do teor de clorofila aos 116 - DAT, referente à interação entre os fatores salinidade do solo e manejo da fertirrigação. Pode-se observar diferenças significativas, tanto entre os níveis de salinidade do solo quanto entre o manejo de fertirrigação, sendo as demais interações iguais, estatisticamente, em nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 14 - Valores médios da variável índice do teor de clorofila, medida aos 116 DAT para os dois manejos de fertirrigação e os diferentes níveis de salinidade do solo

Níveis de salinidade	Índice do teor de clorofila 116-DAT	
	M1	M2
S1	89,05Aa	89,37Aa
S2	84,42Aa	85,60Aa
S3	75,75Ba	90,37Aa
S4	83,75Aa	86,42Aa
S5	75,12Ba	90,17Aa
S6	90,27Aa	83,25Aa

* Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, e minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade

Apesar dos resultados serem iguais estatisticamente quanto ao nível de salinidade, percebe-se que no manejo controlado (Figura 13A) os pontos estão mais distintos; este fato pode ser explicado pela diferenciação da quantidade de fertilizantes aplicada. No manejo tradicional (Figura 13B), como não se tinha diferenciação da quantidade de fertilizantes aplicada, esta variável já não se diferenciou tanto quanto manejo controlado.

Figura 13 - Valores dos teores de clorofila ao longo do ciclo da berinjela, para os dois manejos da fertirrigação propostos: manejo controlado M1 (A) e manejo tradicional M2 (B)

4.9 Monitoramento da concentração dos íons Nitrato $[\text{NO}_3^-]$, Potássio $[\text{K}^+]$ e Cálcio $[\text{Ca}^{2+}]$

Como todos os fertilizantes, o K^+ , em qualquer forma dissolvida que se apresente, aumenta o teor de solutos na solução do solo. Já a condutividade elétrica de soluções de vários sais de K^+ , aumenta na ordem $\text{KH}_2\text{PO}_4 < \text{KNO}_3 < \text{KCl} < \text{K}_2\text{SO}_4$; a

tolerância das plantas à salinidade proporcionada por esses sais decresce na ordem $\text{KH}_2\text{PO}_4 > \text{K}_2\text{SO}_4 > \text{KCl} > \text{KNO}_3$. O K_2SO_4 é a exceção à regra de que a sensibilidade das plantas aos sais aumenta com o crescimento da condutividade elétrica da solução (NOGUEIRA et al., 2001).

Figura 14 - Variação ao longo do tempo da concentração dos íons K^+ , NO_3^- e Ca^{2+} , medida na solução do solo para o manejo da fertirrigação com controle da salinidade do solo (M1) (A, C e E) e para o manejo tradicional (M2) (B, D e F), respectivamente

O monitoramento dos íons K^+ , NO_3^- e Ca^{2+} , ao longo do tempo (Figura 14), permitiu verificar que, para os íons K^+ e NO_3^- , a variação proporcionada pela aumento da condutividade elétrica, nos dois manejos da fertirrigação, acarretou em comportamentos similares. Já para o íon Ca^{2+} , a variação da concentração, ocorreu só que de maneira mais desordenada, não acompanhando as oscilação da condutividade elétrica.

Alguns resultados obtidos, possivelmente, podem ser atribuídos ao aumento da condutividade elétrica da solução, devido à alta concentração de fertilizantes. Segundo Silva et al. (2001), o efeito salino do KCl, diminuiu o crescimento das raízes e da parte aérea de plantas de pimentão, diminuindo, conseqüentemente, a absorção e o acúmulo de nutrientes. Estes resultados estão de acordo com os obtidos no referente ensaio, e corroboram também com os encontrados por Botrini et al. (2000). Estes autores, em trabalho conduzido em solução nutritiva altamente salina, com 8770 mg L^{-1} de NaCl, e com concentrações crescentes de K^+ , variando de 230 a 2900 mg L^{-1} , verificaram que o rendimento e a matéria seca da parte aérea e do sistema radicular do tomate também forma afetados.

Em relação ao íon NO_3^- da solução do solo, observa-se um aumento dos valores com o incremento do nível de salinidade do solo. Para o manejo M1, (Figura 14C), esta variação é mais nítida, apresentando comportamento similar ao do íon K^+ (Figura 14A), essa variação ocasiona aumento da salinidade do solo.

Observa-se uma variação, entre os valores, dentro dos níveis de salinidade do solo, para o manejo M1; esta deve-se, basicamente, à aplicação excessiva de sais fertilizantes para manter os níveis elevados de salinidade do solo. No manejo M2, tal variação foi menor, porém com maior entrelaçamento das retas, causada, possivelmente, pela condução do manejo (M2), no qual não se diferenciava a quantidade aplicada de sais entre os níveis de salinidade.

5 CONCLUSÕES

Considerando as condições em que o experimento foi desenvolvido, os resultados obtidos permitiram concluir que:

- Os níveis iniciais de salinidade do solo, provocados pela aplicação excessiva de adubos em cultivos anteriores, afetaram a produção e os componentes da produção para a cultura da berinjela;

- É possível, com auxílio dos extratores de solução de cápsulas porosas, monitorar a concentração total e específica de íons na solução do solo, ao longo do tempo e manter a salinidade em nível desejado, por meio do controle da condutividade elétrica da solução do solo;

- Não foi possível detectar diferenças significativas na produtividade da berinjela que pudessem ser atribuídas aos dois tipos de manejo de fertirrigação utilizados.

- O efeito da salinidade sobre a altura média das plantas foi mais severo durante o desenvolvimento inicial aos 100 DAT;

- Os níveis mais elevados de salinidade do solo, proporcionados pela adição de sais fertilizantes afetaram o índice de área foliar e as massas secas de hastes, folhas e raízes;

- Os níveis mais elevados de salinidade no solo, proporcionados pela adição de sais fertilizantes, afetaram o consumo hídrico da cultura da berinjela;

- A redução na produção da cultura da berinjela em estufa foi em média de 8,65% por incremento de 1 dS m^{-1} na salinidade do solo, acima da salinidade limiar, que foi de $1,71 \text{ dS m}^{-1}$;

- Em relação ao consumo de nutrientes, observou-se que os menores níveis de salinidade do solo do manejo M1, proporcionaram uma economia de nutrientes em torno de 80%, em relação ao consumo do manejo M2.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J.L.; LUZ, G.L.; BORTOLOTTO, O.C.; GODOI, R.S. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três doses de solução nutritiva. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p.781-787, 2005.

ANTONINI, A.C.C.; ROBLES, W.G.R.; TESSARIOLI NETO, J.; KLUGE, R. A. Capacidade produtiva de cultivares de berinjela. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.646-648, 2002.

BILIBIO, C.; CARVALHO, J.A, MARTINS, M.; REZENDE, F.C.; FREITAS, W.A.F.; GOMES, L.A.A. Função de produção da berinjela irrigada em ambiente protegido, **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 10-22, 2010.

Bill, S. Efficient fertilizer. **Rainfall plant food use**. Oklahoma: Disponível em <<http://www.rainbowplantfood.com/agronomics/efu/fertigation.pdf>>. Acessado em 03 de Nov. 2010.

BOTRINI, L.; PAOLA, M. L.; GRAIFENBERG, A. Potassium affects sodium content in tomato plants grown in hydroponic cultivation under saline-sodic stress. **HortScience**, Alexandria, v.35, n.7, p.1220-1222, 2000.

BOULARD, T.; WANG, S. Experimental and numerical studies on the heterogeneity of crop transpiration in a plastic tunnel. **Computers and electronics in agriculture**, Oxford, v. 34, n.1, p. 173-190, 2002.

BUZETTI S. **Nutrição de plantas diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: Capes/Fundunesp, 2008. p135-160.

CARDOSO, A.L.I.I. Manejo do ambiente protegido In: GOTO, R.; TIVELLIS, S. W. (Org.) **Produção em ambiente protegido: Condições subtropicais**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 1998. p. 105-135.

CARDOSO, M.O.; PEREIRA, W.E.; OLIVEIRA, A.P. de; SOUZA, A.P. de. Eggplant growth as affected by bovine manure and magnesium thermophosphate rates. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.1, p.77-86, 2008.

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

CARVALHO, J.A; SANTANA, M.; PEREIRA, G.M. PEREIRA, J.R.D.; QUEIROZ, T.M. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura da berinjela (*solanum melongena* L.). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.320-327, 2004.

COELHO, A.M. Fertigação. In: COSTA, E.F. da; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. (Ed.). **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: ENBRAPA- SPI, 1994. p.201-227.

COSTA, E.F.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizante via água de irrigação. III Curso de uso e manejo de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.129, p. 63-68, 1986.

DELLA VECCHIA, P.T.; KOCH, P.S. História da produção de hortaliças em ambiente protegido no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p. 5-10, 1999.

DIAS, N.S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido**. 2004. 131 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DIAS, N.S.; DUARTE, S.N.; MEDEIROS, J.F.; TELES FILHO, J.F. Salinidade e manejo da fertirrigação em ambiente protegido. I: efeitos sobre o crescimento do meloeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 208-218, 2006.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 33)

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FALKER. CFL1030 – clorofiLOG – **Medidor eletrônico de teor de clorofila**. Disponível em: <http://www.falker.com.br/>. Acesso em;18 set. 2010.

FERNANDES, C.; ARAÚJO, J.A.C.; CORÁ, J.E. Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 559-563, 2002.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 396, p. 307-319, 2004.

GÄRDENÄS, A.I.; HOPMANS, J.W.; HANSON, B.R.; SIMÜNEK, J. S. Two-dimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro-irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 74, p. 219–242, 2005.

GONÇALVES, M. da C.R.; DINIZ, M.F.F.M.; DANTAS, A.H.G.; BORBA, J.R.C. MODESTO efeito hipolipemiante do extrato seco de berinjela (*Solanum melongena* L.)

em mulheres dislipidemias, sob controle nutricional. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v.16, suplemento, p.656-663, 2006.

GOTO, R.; HORA, R.C.; DEMANT, L. A.R. Cultivo protegido no Brasil: histórico, perspectivas e problemas enfrentados com sua utilização. In: BELLO FILHO, F.; SANTOS, H.P. dos; OLIVEIRA, P.R.D. de. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA SOBRE FRUTEIRAS TEMPERADAS. 2005. Bento Gonçalves. **Programas e Palestras...** EMBRAPA Uva e Vinho, junho, 2005. p.27-29.

GRANGEIRO, L.C.; CECILIO FILHO, A.B. Exportação de nutrientes pelos frutos de melancia em função de épocas de cultivo, fontes e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.4, p.740-743, 2004.

HARTZ, T. **Drip irrigation and fertigation management of processing tomato**. Davis, : Vegetable Research and Information Center University of California. Department of Land, Air, and Water Resources, University of California, 2005. 3p.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.A. Fertirrigação em viveiros de mudas de Eucalyptus e Pinus. In: BOARETTO, A.E.; VILLAS BOAS, R.L.; SOUZA, W.F. PARRA, L.R.V. (Ed.). **Fertirrigação: teoria e prática**. Piracicaba, 2004. v. 1, p. 677-725. 1 CD-ROM.

HOAGLAND, D.R.; MARTIN, J.C.; STEWART, G.R. Relation of the soil solution to the soil extract. *Journal of Agricultural Research*, Washington, v. 20, n. 5, p. 381-395, 1920.

HOORN, J.W.; ALPHEN, J.G. Salt movement, leaching efficiency and leaching requirement. *Agricultural and Water Management*, Amsterdam, v.4, n.2, p.409-428, 1981.

JIMÉNEZ, S.; ALÉS, J.I.; LAO, M.T.; PLAZA, B.; PÉREZ, M. Evaluation of nitrate quick tests to improve fertigation management. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 37, p. 2461–2469, 2006.

KNOTT, J. E. Handbook for vegetable growers. London: John Wiley ;Chapman & Hall, 1957. 238 p.

LAO, M.T.; JIMÉNEZ, S.; EYMAR, E.; FERNÁNDEZ, E.J. Nutrient levels of the solution obtained by means of suction cups in intensive tomato cultivation. *Phyton*, Buenos Aires, v. 4, n. 7, p. 29-37, 2004.

LAO, M.T.; JIMÉNEZ, S.; EYMAR, E.; FERNÁNDEZ, E.J.; JIMÉNEZ, R. Determination of Spatial Variability of Nutrient Composition of Soil Solutions in Greenhouses by Using Suction Cups. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 34, n. 5/6, p. 865-879, 2003.

LIMA, C.J.G.S. Calibração e manejo de extratores providos de cápsulas porosas e transdutores de pressão para monitoramento de íons na fertirrigação. 2009. 110 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance - Current Assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, New York, v.103, n.2, p.115-134, 1977.

MAGGI, M.F.; KLAR, A.E.; JADOSKI, C.J.; ANDRADE, A.R.S. Produção de variedades de alface sob diferentes potenciais de água no solo em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.3, p.415- 427, 2006.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-CNPq, 1996. 72p.

MARQUES, D.C. **Produção de berinjela (*Solanum melongena* L.) irrigada com diferentes lâminas e concentrações de sais na água**. 2003. 55 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

MEDEIROS, C.A.B.; ZIEMER, A.H.; DANIELS, J.; PEREIRA, A.S. Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.110-114, 2002.

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

MOURA, D.C.M.; CARVALHO, J.A.; GOMES, L.A.A. Evapotranspiração da cultura da berinjela irrigada com diferentes concentrações de sais na água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.15, p.1-6, 2004.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002.

NOGUEIRA, F.D.; SILVA, E.B. ; GUIMARÃES, P.T.G. **Adubação potássica do cafeeiro**: sulfato de potássio. Washington, DC: SOPIB, 2001. 81 p. (Boletim Técnico)

OLIVEIRA, A.B. de; HERNANDEZ, F.F.F.; ASSIS JUNIOR, R.N. de. Pó de coco verde, uma alternativa de substrato na produção de mudas de berinjela. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 39-44, 2008.

OLIVEIRA, S.L.; BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; COELHO FILHO, M.A.; SILVA, J.T.A. **Uso da irrigação e da fertirrigação na produção integrada de banana no norte de Minas Gerais**. Cruz das Almas; Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2005. 7p

PERECIN, M.B. Produção e mercado e plantas medicinais, aromáticas e condimentares: perspectivas para o pequeno produtor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HORTICULTURA ORGANICA, NATURAL, ECOLOGICA E BIODINÂMICA, 1., 2001. Botucatu. **Resumos...** Botucatu: Agroecológicas, 2001. p.136 – 139.

PURQUERIO, L.F.V. ; TIVELLI, S. W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido.**

Instituto Agrônômico de Campinas, 2006. Disponível em:

<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MANEJO_Cultivo_Protegido/Manejo_Cultivo_protegido.htm >. Acesso em: 03 nov.2010.

RIBEIRO, C.S.C. **Berinjela (*Solanum melongena* L.)**. Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, 2007. Disponível em :<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Beringela/Beringela_Solanum_melongena_L/index.html > Acesso em: 01 Nov. 2010.

RICHARDS, L.A.. Methods for mounting porous plates used in soil moisture measurement. **Agronomy Journal**, Madison, v. 41, p. 489-490, 1949.

RODRIGUES, C.R.; FAQUIN, V.; TREVISAN,D.; PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S.K.V.; RODRIGUES,T.M. Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n.3, p. 573-578, 2004.

SANTOS, H.P. dos; OLIVEIRA, P.R.D. de. Seminário de Pesquisa sobre Fruteiras SAO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. Sao Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br>>Acesso em: 24 out. 2010.

SAVVAS D.; LENZ F. Effects of NaCl or nutrient-induced salinity on growth, yield, and composition of eggplants grown in rockwool. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v 84: p 37-47, 2000.

SENTELHAS, P.C. **Estimativa diária da evapotranspiração de referência com dados de estação meteorológica convencional e automática**. 1998. 97p. Tese

(Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

SHANNON, M.C.; GRIEVE, C.M Tolerance of vegetable crops to salinity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, V 78, p 5-38, 1999.

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

SILVA, E.F.F; DUARTE, S.N.; COELHO, R.D. Salinização dos solos cultivados sob ambiente protegidos no Estado de São Paulo. In: FOLEGATTI, M.V. (Ed.). **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.267-277.

SILVA, M.A.G.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; FERNANDES, H.G.; GRANJA, F.A.; SCIVITTARO, W.B. Efeito do nitrogênio e potássio na nutrição do pimentão cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n.4, p. 913-922, 2001.

SOUSA, J.A.; MALUF, W.R.; GOMES, L.A.A. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de polinização aberta e híbridos F1 de berinjela (*Solanum melongena* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 21, p. 334-342, 1997.

SOUZA, N.K.R.; JÚNIOR, J.P.A; AMORIM, S.M.C. Efeito do estresse salino sobre a produção de fitomassa em *Physalis angulata* L. (Solanaceae). **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 4, p. 379-384, 2007.

TRANI, P.E.; CARRIJO, O.A. **Fertirrigação em hortaliças**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2004. 58 p. (Boletim Técnico IAC, 196).

UNLUKARA, A.; KURUNC, A.; KESMEZ, G.D.; YURTSEVEN, E.; SUAREZ, D.L. Effects of salinity on eggplant (*Solanum Melongena* L.) growth and evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage**. New York, v.59, n.1, p. 203–214, 2008.

VILELA, N.J.; HENZ, G.P. Situação atual da participação das hortaliças no agronegócio brasileiro e perspectivas futuras. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.17, n.1, p.71-89, 2000.

VILLAS BOAS, R.L.; SOUZA, T.R. Fertirrigação: uso e manejo. In: SIMPÓSIO EM SISTEMAS AGROSILVIPASTORIS, 1., 2008. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: PPGZ/CSTR/UFCG, 2008. p. 1-14.

VILLAS BÔAS, R.L.; ANTUNES, C.L.; BOARETTO, A.E.; SOUSA, V.F.; DUENHAS, L.H. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) **Fertirrigação**: flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 2001. v. 2, cap. 2, p. 71-103.

YOKOI, S.; BRESSAN, R.A.; HASEGAWA, P.M. Salt stress tolerance of plants. **JIRCAS Working Report**, Tsukuba, v. 23, n. 1, p. 25-33, 2002.