

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

**Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre o cultivo do
tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) em ambiente protegido**

Waleska Martins Eloi

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

**Piracicaba
2007**

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

**Waleska Martins Eloi
Engenheiro Agrônomo**

**Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre o cultivo do tomateiro
(*Lycopersicon esculentum* Mill) em ambiente protegido**

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

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

**Piracicaba
2007**

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

Eloi, Waleska Martins

Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre o cultivo do tomateiro
(*Lycopersicon esculentum* Mill) em ambiente protegido / Waleska Martins Eloi. - -
Piracicaba, 2007.

110 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
Bibliografia.

1. Ambiente protegido – Plantas 2. Fertilizantes 3. Fertirrigação 4. Salinidade
do solo 5. Tomate I. Título

CDD 635.652

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

Aos meus pais, Eloi e Luzia, pelo incentivo e esforço para a minha formação e por todo amor e ensinamentos recebidos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

*A **Deus**, por ter me proporcionado força em todos os momentos;*

À Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', pela oportunidade da realização desse curso;

Ao Conselho de Pesquisa e Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo;

Ao Centro Nacional de Pesquisa (CNPq), pelo financiamento da pesquisa;

Ao Professor Sergio Nascimento Duarte, pela orientação, amizade, apoio e ensinamentos recebidos;

Aos Professores Ênio F. de F. Silva, Iran J. da Silva, Jarbas H. de Miranda, José A. Frizzone, Marcos V. Folegatti, Paulo L. Libardi, Rubens D. Coelho, Tarley A. Botrel, pelos ensinamentos, amizade e sugestões;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, Sr. Antônio, Gilmar, Hélio, Luiz, Davilmar, Sandra e Beatriz, pela amizade e auxílio durante o curso;

A meu irmão Wagner, minha cunhada Gardênia e sobrinhos Airton e Andresa pelo carinho e incentivo recebidos;

Aos amigos Lúcio, Antônia, Marcos Emanuel, Madaila, Valdemício, Lílisa, César, Tales, Marconi, Sérgio, Ana Lívía, Ceres, Brivaldo, Fabiana, Adalberto, Juliana, Flávio, Ralini, Valfísio, Alan, Pedro, Stoecio, Márcia, Gerane, Nívia, Mônica, Manoel, Leonardo, Marcos Hermogenes, Catiane, Deborah, João Lelis, Antônio e Clayton pelo companheirismo e amizade sincera;

Em fim a todos os familiares e amigos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Escolhi a sombra desta árvore para repousar do muito que farei,
Enquanto esperarei por ti.*

Quem espera na pura espera vive um tempo de espera vã.

*Por isto, enquanto te espero trabalharei os campos e
Conversarei com os homens, suarei meu corpo, que o sol queimará;*

Minhas mãos ficarão calejadas;

Meus pés aprenderão o mistério dos caminhos;

Meus ouvidos ouvirão mais;

Meus olhos verão o que antes não viam,

Enquanto esperarei por ti.

*Não te esperarei na pura espera por que o meu tempo de espera é um
Tempo de que fazer.*

Desconfiarei daqueles que virão dizer-me, em voz baixa e precavidos

É perigoso agir

É perigoso falar

É perigoso andar

É perigoso esperar, na forma em que esperas,

Porque esses recusam a alegria da tua chegada.

*Desconfiarei também daqueles que virão dizer-me, com palavras fáceis, que já
chegaste,*

Porque esses, ao anunciar-te ingenuamente, antes te denunciam.

Estarei preparando a tua chegada como o jardineiro prepara o jardim

Para a rosa que se abrirá na primavera.”

Paulo Freire

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 DESENVOLVIMENTO	18
2.1 Revisão Bibliográfica	18
2.1.1 A cultura do tomate	18
2.1.2 Nutrição mineral do tomateiro	19
2.1.3 Irrigação em hortaliças	20
2.1.4 Fertirrigação	22
2.1.5 Ambiente protegido	25
2.1.6 Principais íons do solo e seus efeitos.....	27
2.1.7 Efeitos dos sais nos solos	28
2.1.8 Efeitos dos sais nas plantas	31
2.2 Material e Métodos.....	34
2.2.1 Localização e caracterização da área experimental.....	34
2.2.2 Experimento I (Construção das curvas de salinização).....	34
2.2.3 Experimento II	41
2.2.3.1 Descrição da estrutura experimental.....	41
2.2.3.2 Tratamentos e delineamento experimental	41
2.2.3.3 Condução do experimento II	44
2.2.3.3.1 Salinização do solo.....	44
2.2.3.3.2 Plantio, condução das plantas e monitoramento climático	44
2.2.3.3.3 Manejo da irrigação	47
2.2.3.3.4 Adubação	48
2.2.3.3.5 Extração da solução do solo	50
2.2.3.3.6 Análise de crescimento e produção.....	51
2.2.3.3.7 Qualidade dos frutos	51

2.2.3.3.8 Análise sensorial dos tomates	51
2.3 Resultados e discussão.....	54
2.3.1 Experimento I	54
2.3.1.1 Caracterização físico-química do solo.....	54
2.3.1.2 Curvas de salinização artificial do solo.....	56
2.3.2 Experimento II	59
2.3.2.1 Salinização artificial do solo	59
2.3.2.2 Caracterização climática	60
2.3.2.3 Evolução da salinidade do solo	62
2.3.2.4 Desenvolvimento da cultura (Altura da planta).....	63
2.3.2.5 Área foliar	69
2.3.2.6 Parâmetros de produção	71
2.3.2.7 Qualidade dos frutos	77
2.3.2.8 Percentagem de matéria seca dos frutos.....	81
2.3.2.9 Análise sensorial	84
2.3.2.10 Consumo hídrico	88
2.3.2.11 Consumo de fertilizantes	94
3 CONCLUSÕES	97
REFERÊNCIAS.....	98

RESUMO

Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre o cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) em ambiente protegido

A necessidade crescente de aumentar a produtividade no setor agrícola levou ao acréscimo do uso de fertilizantes na produção de alimentos, ocasionando, entre outras coisas, a salinização do solo, as consequências para a saúde do homem e o impacto ambiental, não são totalmente conhecidas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade no solo provocada pelo uso da fertirrigação, nas variáveis fenológicas e de produção do tomateiro cultivado em estufa; estudar a evolução da salinização do solo cultivado com tomateiro sob dois tipos de manejo da fertirrigação, o tradicional, baseado na marcha de absorção de nutrientes da cultura e o baseado no monitoramento da solução do solo, avaliando o funcionamento do uso de cápsulas porosas, como extratores de solução do solo, visando o controle da salinização. O experimento foi conduzido em duas etapas, sendo a primeira desenvolvida no Laboratório de Solos e a segunda realizada em estufa plástica, ambos localizados no Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, em Piracicaba. A primeira etapa consistiu de testes preliminares que possibilitaram a construção de curvas artificiais de salinização, visando à realização do processo de salinização artificial do solo. Na segunda etapa avaliou-se o efeito dos diferentes níveis iniciais de salinidade do solo e manejos aplicados. Os níveis iniciais de salinidade utilizados foram: $S_1 = 1,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_2 = 2,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_3 = 3,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_4 = 4,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_5 = 5,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $S_6 = 6,5 \text{ dS m}^{-1}$. O delineamento estatístico foi em blocos aleatorizados com quatro repetições, ficando os fatores estudados arrançados no esquema fatorial 6×2 . Verificou-se que a metodologia empregada para salinização artificial do solo e manutenção dos níveis de salinidade foi eficiente. Os resultados revelaram não haver diferenças entre os manejos utilizados para o rendimento da cultura; a salinidade limiar tolerada pela cultivar de tomate Débora Plus, foi superior aos valores citados na literatura com o uso de águas salinas e os índices de salinidade utilizados não interferiram na aceitação do produto pelo consumidor. Houve redução no consumo de água para os diferentes níveis de salinidade estudados e o manejo dois ocasionou uma redução no consumo de fertilizantes até o nível de condutividade elétrica de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Palavras-chave: Salinidade limiar; Fertilizantes; Condutividade elétrica

ABSTRACT

Salinity control and fertigation management on the cultivation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) in greenhouse

Due to the need of increasing the productivity in the agricultural section the use of fertilizers in the production of food was increased, causing among other things the salinization of the soil, the consequences for the humankind's health and the environmental impact that are not totally known. This work had as objective evaluate the effect of different levels of soil salinity promoted by the use of the fertirrigation, in the phenologic variables as well as in the production of the tomato cultivated in greenhouse; and to study the evolution of the salinization of the soil cultivated with tomato under two types of fertirrigation handling, the traditional one, based on the absorption march of culture nutrients and the one based on the monitoring of soil solution, evaluating the use of porous capsules, as extractors of soil solution, seeking the control of the salinization. The experiment was led in two stages, being the first one developed in the Laboratory of Soils and the second one accomplished in plastic greenhouse, both located in the Department of Rural Engineering of ESALQ/USP, in Piracicaba. The first stage consisted of preliminary tests that enabled the construction of artificial curves of salinity, seeking accomplishment of the process of artificial salinization of the soil. In the second stage the effect of the different initial levels of soil salinity and applied handlings were evaluated. The initial levels of salinity used were: S1 = 1,5 dS m⁻¹; S2 = 2,5 dS m⁻¹; S3 = 3,5 dS m⁻¹; S4 = 4,5 dS m⁻¹; S5 = 5,5 dS m⁻¹ and S6 = 6,5 dS m⁻¹. The statistical test was in randomized blocks, with four repetitions, arranged in 6 x 2 factorial design. It was verified that the methodology used for artificial salinization of the soil and maintenance of the salinity levels was efficient. The results revealed that there were no differences between the used handlings and the revenue of the culture; the threshold salinity tolerated by cultivating tomato Débora Plus, was superior to the values mentioned in the literature with the use of saline waters, and the salinity indexes used did not interfere in the acceptance of the product by the consumer. There was a reduction in the consumption of water for the different salinity levels studied and the second handling caused a reduction in the consumption of fertilizers until the level of electric conductivity of 3,5 dS m⁻¹.

Keywords: Threshold salinity, Fertilizer; Electric conductivity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de retenção da água no solo relativa ao primeiro ciclo (A) e ao segundo ciclo (B)	40
Figura 2 - Vista frontal da casa de vegetação onde foi desenvolvido o experimento	41
Figura 3 - Croqui da área experimental	43
Figura 4 - Mudas produzidas e após o transplântio.....	45
Figura 5 - Plantas tutoradas distribuídas na casa de vegetação	46
Figura 6 - Leitura da tensão da água do solo por meio de tensímetro eletrônico de punção	47
Figura 7 - Realização de vácuo (A) e coleta da solução do solo por meio de extratores com o uso de seringa (B e C)	50
Figura 8 - Ficha de avaliação de tomate, segundo o teste Hedônico.....	52
Figura 9 - Amostras preparadas para realização da análise sensorial dos tomates	53
Figura 10 - Relação entre a concentração das soluções de fertilizantes e a condutividade elétrica das soluções utilizadas (A) e entre a CEes esperada e a CEes obtida após a adição dos fertilizantes (B).....	58
Figura 11 - Curva de salinização artificial (relação entre a concentração de fertilizantes aplicada via água de irrigação e a CEes)	59
Figura 12 - Relação entre a CEes esperada e a CEes observada.....	60
Figura 13 - Variação de temperaturas do ar (máxima, mínima e média) e umidade relativa no interior da casa de vegetação durante o primeiro ciclo da cultura (A) e durante o segundo ciclo (B).....	61
Figura 14 - Evolução da salinidade ao longo do ciclo do tomate para o manejo 1 (A) e manejo 2 (B)	63
Figura 15 - Altura de planta em função dos níveis de salinidade na água de irrigação proporcionada pela adição de fertilizantes durante o primeiro ciclo de cultivo.....	65
Figura 16 - Altura de planta em função dos níveis de salinidade na água de irrigação proporcionada pela adição de fertilizantes durante o segundo ciclo de cultivo.....	67

Figura 17 - Altura média de plantas durante o primeiro ciclo da cultura (A) e o segundo ciclo da cultura (B), para os diferentes níveis de condutividade elétrica da solução do solo	68
Figura 18 - Relação entre a área foliar medida pelo integrador de área foliar e o produto do comprimento pela largura de trinta folhas do tomateiro	69
Figura 19 - Área foliar do tomateiro em função da condutividade elétrica do solo durante o segundo ciclo	71
Figura 20 - Produção relativa do tomateiro em função dos níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo proporcionada pela adição de fertilizantes para o primeiro (A) e segundo (B) ciclos	74
Figura 21 - Número de frutos total e comercial em resposta aos diferentes níveis de condutividade elétrica para o primeiro (A) e segundo ciclo (B) de cultivo ...	76
Figura 22 - Valores médios de sólido solúvel total (SST) para os diferentes níveis de condutividade elétrica no segundo ciclo de cultivo do tomate	78
Figura 23 - Valores médios de vitamina C para os diferentes níveis de condutividade elétrica no segundo ciclo de cultivo do tomate	79
Figura 24 - Valores médios de acidez titulável para os diferentes níveis de condutividade elétrica no segundo ciclo da cultura	80
Figura 25 - Valores médios de pH para os diferentes níveis de salinidade e manejo no segundo ciclo da cultura	81
Figura 26 - Percentagem de matéria seca do fruto de tomate em função dos níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação proporcionada pela adição de fertilizantes no primeiro (A) e segundo ciclo de cultivo da cultura (B).....	83
Figura 27 - Índice de aceitabilidade para os diferentes tratamentos	87
Figura 28 - Lâmina de irrigação acumulada durante o primeiro ciclo de cultivo do tomateiro para o manejo 1 (A) e manejo 2 (B)	89
Figura 29 - Lâmina de irrigação acumulada durante o segundo ciclo de cultivo do tomateiro para o manejo 1 (A) e manejo 2 (B)	90
Figura 30 - Redução da lâmina de irrigação em resposta aos diferentes níveis de salinidade para o manejo 1 (A) e manejo 2 (B) durante o primeiro ciclo de cultivo	92

- Figura 31 - Redução da lâmina de irrigação em resposta aos diferentes níveis de salinidade para o manejo 1 (A) e manejo 2 (B) durante o segundo ciclo de cultivo93
- Figura 32 - Consumo total de fertilizantes utilizados durante o primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) de cultivo do tomate95
- Figura 33 - Consumo de fertilizantes utilizados ao longo do primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) de cultivo do tomate para o manejo dois96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de sais fertilizantes usados como fonte de macronutrientes para o preparo da solução salinizante	35
Tabela 2 - Características químicas e físicas do solo adequadas para o cultivo de tomate fertirrigado	37
Tabela 3 - Valores dos parâmetros de ajuste do modelo de van Genuchten (1980) aos dados da curva de retenção de água do solo do experimento	39
Tabela 4 - Distribuição percentual de macronutrientes, em função das diferentes fases de desenvolvimento da cultura, com base na recomendação de adubação para tomateiro, via fertirrigação	49
Tabela 5 - Distribuição dos tratamentos analisados	53
Tabela 6 - Características físicas do solo antes do processo de salinização	54
Tabela 7 - Características químicas do solo antes do processo de salinização	54
Tabela 8 - Características químicas do solo após o primeiro ciclo da cultura	55
Tabela 9 - Características químicas do solo após o segundo ciclo da cultura	56
Tabela 10 - Resultados da análise de variância (quadrados médios) referentes à altura de plantas ao longo do ciclo do tomate, submetido a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação durante o primeiro ciclo	64
Tabela 11 - Resultados da análise de variância (quadrados médios) referentes à altura de plantas ao longo do ciclo do tomate, submetido a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação durante o segundo ciclo	66
Tabela 12 - Resultados da análise de variância (quadrados médios) referentes ao peso do fruto do tomateiro submetido a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação para o primeiro ciclo	72
Tabela 13 - Resultados da análise de variância (quadrados médios) referentes ao peso do fruto do tomateiro submetido a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação para o segundo ciclo	72
Tabela 14 - Resultados da análise de variância (quadrados médios) referentes à qualidade do fruto do tomateiro submetido a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação durante o segundo ciclo	77

Tabela 15 - Resultado da análise de variância (quadrados médios) referente à percentagem de matéria seca do fruto do tomate submetido a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação.....	82
Tabela 16 - Teste de diferença do controle em tomates	85
Tabela 17 - Resultados do teste hedônico em tomates submetidos a diferentes tratamentos.....	86
Tabela 18 - Porcentagens de notas e índices de aceitabilidade dos diferentes tratamentos.....	87

1 INTRODUÇÃO

A crise ambiental das últimas décadas tem motivado uma preocupação a respeito da sustentabilidade das atividades humanas. Uma proporção considerável dos ecossistemas terrestres vem sendo ocupada e modificada pelo homem de forma intensiva e o ritmo de exploração dos recursos naturais parece exceder a capacidade de regeneração de muitos desses ecossistemas.

A adição de fertilizantes via irrigação, sobretudo em ambiente protegido, tem elevado os níveis de salinidade do solo, chegando a ultrapassar os limites de tolerância das culturas, causando diminuição do rendimento ao longo de ciclos sucessivos. Há necessidade de se determinar o grau de tolerância das culturas, bem como estudar e calibrar uma metodologia para monitorar a fertirrigação neste tipo de ambiente, visando o controle da salinidade do solo.

A fertirrigação é uma técnica que vem crescendo, principalmente, em virtude da economia de fertilizantes, da redução da mão-de-obra, da melhor uniformidade de distribuição de nutrientes, dentre outros fatores. Mas, apesar desse crescente uso, o manejo dessa técnica é realizado, na maioria das vezes, de maneira empírica.

A manutenção de um nível ótimo de condutividade elétrica em cada estágio fenológico, proporcionada pelo uso dos extratores de solução, reforça a possibilidade de se alcançar maiores produtividades para os cultivos. A extração da solução do solo por intermédio de cápsulas porosas é um dos métodos mais indicados para monitorar a concentração dos nutrientes na solução do solo, bem como da condutividade elétrica dessa solução, pois é possível fazer determinações em intervalos de tempo muito curtos, o que facilita o manejo em condições de campo. Por ser o tomateiro a hortaliça mais cultivada sob ambiente protegido no Brasil, e quase sempre sendo intensamente explorada, torna-se necessária a determinação do limiar de sua tolerância à salinidade induzida pelos fertilizantes usuais à sua nutrição. A salinidade é um parâmetro de grande importância, uma vez que pode interferir no desenvolvimento de plantas.

A tomaticultura sob ambiente protegido é uma atividade promissora, sobretudo nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, considerando a maior segurança fitossanitária e climática. Tem-se a considerar, entretanto, que neste ambiente é usual o acúmulo de

sais fertilizantes no solo. O desempenho do tomateiro é reconhecidamente prejudicado quando vegeta em substratos salinos, estando a espécie classificada como moderadamente sensível aos sais.

Neste sentido, estudos visando a definição da salinidade limiar tolerada pelas culturas, exploradas na presença de sais fertilizantes, bem como a avaliação do uso de extratores de solução no auxílio ao manejo da fertirrigação, são fundamentais para melhorar a produção, uma vez que se dispõe de poucos trabalhos relacionados ao efeito negativo do excesso de fertilizantes sobre o desenvolvimento e rendimento de olerícolas cultivadas em ambiente protegido.

Os custos com adubos, irrigação e mão de obra constituem fatores importantes na exploração das culturas irrigadas. Dessa forma, alternativas que preconizam a racionalização desses custos precisam ser avaliadas. A adoção de modernas tecnologias para tomaticultura, como o emprego da fertirrigação e o uso de ambiente protegido, compõe uma boa alternativa de cultivo e investimento agrícola; entretanto, pressupõe a revisão e o estabelecimento de novas diretrizes para o manejo da água e de nutrientes, pois, do contrário, esta alternativa torna-se não sustentável e potencialmente contaminadora da zona freática.

Na sua maioria, as informações disponíveis na literatura especializada são referentes à tolerância das culturas à salinidade provocada pela aplicação de águas salinas, sendo poucas as culturas as quais se conhece a tolerância quando a salinidade resulta da aplicação de sais fertilizantes.

Considerando as premissas expostas, foram objetivos da proposta de investigação:

- Estudar os efeitos de diferentes níveis de salinidade do solo, causados por excesso de fertilizantes, sobre as variáveis fenológicas e de produção do tomateiro (quantitativa e qualitativa) cultivado em estufa;
- Avaliar o uso de cápsulas porosas, funcionando como extratores de solução do solo, no auxílio ao manejo da fertirrigação em tomateiro, visando o controle da salinização do solo;
- Estudar a evolução da salinização do solo cultivado com tomateiro fertirrigado, a partir de diferentes níveis iniciais de salinidade no solo, e sob dois tipos de manejo da

fertirrigação, o tradicional, baseado na marcha de absorção de nutrientes da cultura e o baseado no monitoramento da solução do solo;

- Averiguar se a manutenção da condutividade elétrica em um determinado nível promove incremento da produção quando contrastada com o manejo tradicional da fertirrigação;

- Mensurar as quantidades de fertilizantes utilizadas pelos dois tipos de manejos estudados.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 A cultura do tomate

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) tem como centro de origem a região andina, desde o Equador, passando pela Colômbia, Peru, Bolívia, até o norte do Chile. Quanto a sua domesticação, parece não haver dúvidas de que ocorreu no México. No Brasil, a introdução do tomate deve-se a imigrantes europeus no final do século XIX (ALVARENGA, 2004). De acordo com Sasaki e Seno (1994), trata-se de uma hortaliça pertencente a família das Solanáceas, do gênero *Lycopersicon*, e possui a maior parte do sistema radicular até 35 cm de profundidade. As folhas são alternadas, compostas por número ímpar de folíolos, peciolados e de borda serrilhada. As flores são amarelas, hermafroditas, com reprodução autógama. O fruto é uma baga de tamanho e formato variável, sendo dividido internamente em lóculos.

Os tratos culturais incluem: desbrotas e raleio de frutos semanais, condução da planta com uso de fitilho, retirada das folhas velhas. Esses tratos requerem grande mão-de-obra, a qual chega a representar 30% do custo de produção (NAVARRETE; JEANNEQUIN, 2000).

A cultura do tomate é altamente susceptível ao ataque de pragas e doenças, apresenta ciclo relativamente curto e possui alto valor comercial, bem como elevada capacidade de produção, que acabam exigindo a aplicação de grande quantidade de insumos e serviços, elevando os custos com investimento. Porém, mesmo com as variações de seu preço no mercado, a cultura do tomateiro assegura um bom retorno econômico ao produtor que conseguem alta produtividade (ANTI, 2000).

O tomateiro é a segunda hortaliça cultivada no mundo, sendo sua quantidade produzida superada apenas pela batata (FAO, 2006). Dentre as hortaliças produzidas no Brasil, o tomate destaca-se como a principal, tanto no aspecto econômico quanto no social (MARTINS, 1992). Ocupa uma área de aproximadamente 57,64 mil hectares, nos quais foram produzidos, em 2005, 3.267.918 Mg, tendo o país uma produtividade média de 56,69 Mg ha⁻¹. As cultivares mais plantadas pertencem ao grupo Santa Cruz, de

crescimento indeterminado, que exigem tutoramento, amarrio e desbrota, operações que elevam os custos de produção (FNP, 2006).

Ultrapassado apenas pelo Estado de Goiás, o Estado de São Paulo é o segundo maior produtor brasileiro de tomate, respondendo por 21,12% da produção registrada em 2005 (FNP, 2006), Conforme dados do IBGE (2000), a maioria dos cultivos sob condições protegidas (casa de vegetação), encontram-se nos Estados de São Paulo e Minas Gerais.

2.1.2 Nutrição mineral do tomateiro

A nutrição mineral é de relevante importância quando se pensa em uma agricultura rentável, onde o manejo adequado dos nutrientes contribui positivamente para um aumento da produção, mantendo um equilíbrio sustentável com o ambiente.

A prática da adubação é dificultada pelo desconhecimento de alguns princípios inerentes às plantas, como a falta de conhecimento quanto à morfologia e a distribuição do sistema radicular, bem como dos mecanismos de absorção, acumulação e redistribuição de nutrientes na planta. Além disso, entre os aspectos do sistema de produção, a adubação, ainda requer muitos esclarecimentos no sentido de ser utilizada como ferramenta básica para propiciar uma disponibilidade adequada de nutrientes e, conseqüentemente, suprir as diferenças entre as quantidades necessárias para a planta e aquelas fornecidas pelo solo (MALAVOLTA et al., 1997).

A adubação do tomateiro é um assunto bastante estudado, dada a grande importância econômica da cultura, mas de acordo com Lopes e Stripari (1998), existe carência de informações sobre a adubação em ambiente protegido. Os autores citados comentam que o grande crescimento do cultivo de tomate em casa de vegetação e o nível elevado de adubos utilizados no seu cultivo têm provocado problemas de desequilíbrios e distúrbios fisiológicos. Esse fato reforça a importância do correto manejo de adubos e da irrigação para evitar a salinização e o desequilíbrio entre os elementos que venham prejudicar não apenas ao tomateiro, mas também as outras culturas que forem implantadas posteriormente na área.

Gargantini e Blanco (1963), usando a variedade de tomate Santa Cruz, cultivada em vaso em ambiente protegido, colheram e analisaram amostras para determinar os teores dos macronutrientes nas raízes, no caule, nas folhas e nos frutos, e concluíram que os nutrientes absorvidos em maiores quantidades foram K e N, seguidos pelo Ca, S, P e Mg; verificaram também que a absorção de nutrientes atingiu o máximo entre 100 e 120 dias após a germinação para o N, K, Mg e S, já o Ca e P foram absorvidos continuamente até o fim do ciclo.

O tomateiro é considerado, de acordo com Carvalho et al. (2004), uma das hortaliças mais exigentes em nutrientes. Os teores e acúmulos de nutrientes pela cultura variam, principalmente de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, com a cultivar e a produção que se deseja obter, sendo, dessa forma, importante o seu conhecimento para elaborar um programa de adubação. Outros fatores como temperatura do ar e do solo, luminosidade, época de plantio, umidade relativa, sistema de condução das plantas e espaçamento também podem alterar a quantidade de nutrientes absorvida.

É possível cultivar tomate com baixa margem de lucro sob níveis limitantes de nutrientes, porém um manejo adequado no fornecimento de nutrientes é fundamental para a obtenção de uma produção de boa qualidade e altamente lucrativa (ADAMS, 1986).

De acordo com Villas Bôas et al. (2001), no Estado de São Paulo, o cultivo do tomate, pimentão, pepino e outras hortaliças em ambiente protegido é cerca de 70 a 80 % fertirrigado, mas devido a carência de estudos das quantidades de fertilizantes a serem usadas sob estas condições, é comum a utilização de recomendações para cultivos a céu aberto.

2.1.3 Irrigação em hortaliças

De acordo com Gomes (1999), a irrigação é uma prática agrícola de fornecimento de água às culturas, onde e quando as dotações pluviométricas, ou qualquer outra forma natural de abastecimento, não são suficientes para suprir as necessidades

hídricas das plantas. Constitui-se em uma atividade, atualmente, imprescindível para qualquer agricultura rentável, em quase todas as regiões e climas do nosso planeta.

A determinação do momento adequado para irrigar é de fundamental importância para aumentar o rendimento das culturas. A quantidade de água disponível no solo é um fator importante para suprir as necessidades hídricas durante as diversas fases fenológicas da planta, e seu consumo varia em função do tipo de solo, da topografia do terreno, das condições climáticas e do desenvolvimento vegetativo, atingindo valores máximos geralmente nas fases de floração e frutificação (VIEHMEYER; HENDRICKSON, 1975).

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

Segundo Alvarenga (2004), a demanda máxima de água para o tomateiro geralmente ocorre durante a floração e frutificação. A demanda excessiva durante o período de floração, entretanto, tem provocado aumento na queda de flores e redução no estabelecimento de frutos. Isso também pode causar crescimento vegetativo excessivo, atraso na maturação e maior ocorrência de doenças.

Na cultura do tomate podem-se empregar quase todos os métodos de irrigação, desde que seja possível garantir adequados níveis de umidade no solo. Porém, há restrições quanto ao uso da aspersão, devido à lavagem dos defensivos aplicados via foliar e à criação de um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças. A irrigação localizada exige um maior investimento inicial, contudo, é o método que permite o controle mais fácil e efetivo da quantidade de água aplicada, apresentando ainda uma maior eficiência no seu uso (SÁ, 2004).

Vivancos (1993) afirma que a irrigação do tomate por gotejamento proporciona aumentos de produtividade da ordem de 20 a 40 % em relação à irrigação por aspersão.

2.1.4 Fertirrigação

A fertirrigação é uma técnica que vem crescendo, principalmente, em virtude da economia de fertilizantes, da redução da mão-de-obra, da melhor uniformidade de distribuição de nutrientes, entre outros fatores. Mas, apesar desse crescente uso, o manejo dessa técnica é realizado, na maioria das vezes, de maneira empírica.

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação tem sua origem há centenas de anos. Existem relatos de que em épocas remotas o esterco animal era lançado em canais de irrigação para adubar as culturas em áreas irrigadas. Alguns indícios apontam que a fertirrigação iniciou-se no Oeste dos Estados Unidos, em irrigação por sulcos. Na década de 30, produtores da Califórnia usaram sistemas de irrigação por aspersão para aplicar fertilizantes em pomares, marcando o início da fertirrigação em sistemas de irrigação pressurizada (WOODWARD, 1959).

A primeira aplicação de fertilizantes, mais ampla e tecnicada, com a água de irrigação, foi realizada na década de 50, de acordo com Dowler (1985). Para Bryan e Thomas (1958), apud Vieira (1984), o primeiro registro de aplicação comercial de fertilizantes pelo método de irrigação por aspersão foi em 1958.

O início da fertirrigação no Brasil ocorreu na década de 70 com a aplicação da vinhaça em cana-de-açúcar, principalmente no Estado de São Paulo. A partir dos anos 90, o crescimento da irrigação localizada no país abriu espaço para a difusão da fertirrigação (SOUSA, 2001).

Atualmente, a aplicação de fertilizantes via água de irrigação está começando a ser utilizada por produtores, para diferentes culturas e sistemas de irrigação. Embora exista falta de informações sobre dosagens, tipos de fertilizantes e época de aplicação, admite-se que a fertirrigação pode ser utilizada com muitas vantagens (COSTA et al., 1986).

Sua grande eficiência econômica advém do fato da fertirrigação proporcionar a aplicação de menor quantidade de fertilizantes ao longo do ciclo da cultura, dividida em um maior número de aplicações, mantendo assim um nível de uniformidade de nutrientes no solo durante todo o ciclo, o que aumenta a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, a sua produtividade (BERNADO, 1995).

Existem várias vantagens do uso da fertirrigação em relação aos métodos convencionais de aplicação de adubos, as quais incluem um maior aproveitamento do equipamento de irrigação; a aplicação dos nutrientes nas quantidades desejáveis; uma menor necessidade de mão-de-obra; uma menor compactação da área, devido à redução do tráfego de máquinas dentro da área; a possibilidade de uso em diferentes sistemas de irrigação; um aumento de produtividade e de qualidade comercial dos produtos; uma boa uniformidade de distribuição dos adubos no solo, quando há uma boa uniformidade de distribuição pelo sistema de irrigação, e uma redução na contaminação do meio ambiente. As limitações estão relacionadas com a necessidade de pessoal especializado para conduzir a fertirrigação; o risco de contaminação da fonte de água, em alguns casos; a obstrução dos emissores e o custo inicial do sistema de irrigação (PINTO, 2001). As vantagens da fertirrigação, conforme Parra (2001), superam enormemente as limitações, devido ao custo inicial poder ser amortizado em pouco tempo, a obstrução dos emissores ser evitada seguindo tecnologias adequadas de fertirrigação e o problema da mão-de-obra especializada ser resolvido mediante cursos de capacitação por profissionais competentes.

O princípio da aplicação da fertirrigação preconiza a utilização de produtos solúveis em água. A seleção do fertilizante a ser utilizado deve ser realizada em função da solubilidade do produto, da compatibilidade do mesmo com outros produtos, do seu menor poder de salinizar e acidificar os solos, devendo-se considerar também os aspectos de sua pureza, do seu poder corrosivo, do seu custo e de sua disponibilidade no mercado (SOUSA; SOUSA, 1992).

Para uso em água de irrigação, os fertilizantes mais adequados devem ter solubilidade rápida e completa, sendo indicados como nitrogenados a uréia, o nitrato de amônio, o sulfato de amônio, o nitrato de cálcio, o nitrato de sódio, entre outros; e como potássicos, o cloreto e o sulfato de potássio (FRIZZONE et al., 1985). Os fertilizantes nitrogenados e potássicos não apresentam grandes problemas para a prática da fertirrigação. Já os fosfatados requerem mais cuidado na sua aplicação, por serem, em sua maioria, pouco solúveis em água (SANTOS; PINTO, 2001).

A determinação das doses de fertilizantes a serem aplicadas é função das necessidades nutricionais da cultura, do conteúdo de nutrientes no solo, do histórico da

área e da produtividade esperada (VIVANCOS, 1993; SOUSA; SOUSA, 1992). Para se determinar as quantidades corretas de fertilizantes, é necessário considerar a análise de solo, da água de irrigação e foliar, bem como a extração de nutrientes pelas raízes (RAIJ, 1991). Porém, as recomendações com base em resultados de pesquisas experimentais sobre doses de nutrientes são mais práticas e seguras.

O parcelamento da aplicação de nutrientes, principalmente do nitrogênio e do potássio que se perdem com mais facilidade por lixiviação, é uma das principais práticas que devem ser empregadas na fertirrigação (SOUSA, 1993).

A fertirrigação vem sendo amplamente utilizada na horticultura, principalmente na região nordeste e sudeste. Dentre as hortaliças, destacam-se o melão, o tomate e o pimentão com maiores áreas fertirrigadas (CARRIJO et al., 1999a).

A prática da fertirrigação aumenta a dinâmica dos nutrientes no solo, o que ocasiona aumento na atividade de microorganismos do solo, na troca catiônica e na absorção de nutrientes. Para obter-se resultado satisfatório com a fertirrigação, é fundamental o controle do pH e da condutividade elétrica (CE) da solução do solo (CASARINI; FOLEGATTI, 1999). O uso do extrator de cápsula porosa é a forma mais prática para obtenção da solução do solo, da qual é possível obter-se o valor de pH e CE no campo, utilizando-se medidores portáteis. Pode-se também conhecer a concentração dos nutrientes na solução para avaliar a movimentação dos íons no solo (ANTI, 2000).

Ainda de acordo com Anti (2000), a aplicação dessas formas permite verificar se estão ocorrendo perdas de nutrientes por lixiviação, se há acúmulo de sais na zona radicular da planta e se as quantidades de nutrientes são adequadas à fase de desenvolvimento em que a cultura se encontra.

O uso intensivo da fertirrigação requer que haja disponibilidade de produtos, materiais e equipamentos de boa qualidade e a custos suportáveis pelo produtor, além do contínuo processo de pesquisa e desenvolvimento (CARRIJO et al., 1999a).

A melhoria na tecnologia de irrigação e o uso eficiente da água de irrigação e fertilizantes são essenciais para manter a produção agrícola em equilíbrio com a crescente demanda por terras ambientalmente saudáveis. A agricultura irrigada pode

ser ambientalmente sustentável, contanto que os princípios básicos do bom manejo da água e de fertilizantes sejam reconhecidos (PAPADOPOULOS, 1999).

O conhecimento das quantidades de fertilizantes que devem ser aplicados para atender satisfatoriamente à nutrição da planta, especialmente com o uso da fertirrigação, é de grande interesse atual.

2.1.5 Ambiente protegido

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

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

Há, basicamente, três sistemas de produção em cultivo protegido: cultivo no solo, cultivo em substrato e hidropônico. O cultivo de hortaliças em condições protegidas, utilizando o próprio solo como substrato, é a forma mais empregada no mundo, principalmente em países em desenvolvimento (SILVA; MAROUELLI, 1998). O tomateiro é a cultura mais cultivada sob esse sistema, especialmente na Região Sul, objetivando a proteção contra o frio; e na Região Sudeste, visando à proteção contra a chuva (CAMARGOS, 1998).

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

Em razão da dificuldade de produção do tomateiro em algumas épocas do ano, principalmente durante o inverno frio e o verão chuvoso das regiões Sul e Sudeste, a tomaticultura em ambiente protegido vem crescendo rapidamente, tornando-se o tomateiro a principal hortaliça também neste tipo de cultivo no Brasil (MARTINS et al., 1994). Entretanto, o manejo inadequado da irrigação, a adição de fertilizantes em altas dosagens e a inexistência de chuvas promotoras de lixiviação, para o excesso de sais aplicados via água de irrigação, podem trazer como conseqüência a salinização dos solos nesse ambiente, prejudicando o rendimento das culturas mais sensíveis.

Andriolo et al. (1997) afirmam que o cultivo do tomateiro em ambiente protegido é uma das técnicas empregadas para obter elevadas produtividades nos períodos de entressafra, superiores a 100 Mg ha^{-1} em ciclo de aproximadamente 150 dias. Entretanto, são necessárias doses adequadas de nutrientes, normalmente elevadas, para atingir tais rendimentos. Encontra-se na literatura inúmeras recomendações de adubação, com forte discrepância entre os valores, as quais provém tanto do fato de que o potencial de produção é variável entre as diferentes cultivares e híbridos empregados, como das reações no meio radicular que variam quando os cultivos são efetuados em diferentes condições, tanto no solo como em substrato (KEULEN; STOL, 1991; RAIJ, 1991; FAYAD, 1998).

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

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

De acordo com Goto (1997), existe uma grande perspectiva para os cultivos protegidos, pois, uma vez implantado, dificilmente retrocede, sendo mais fácil reduzir o cultivo em campo aberto. Entretanto, é necessário resolver alguns problemas, como salinização e fertirrigação, além de incorporar mais tecnologias.

2.1.6 Principais íons do solo e seus efeitos

Os problemas de toxicidade e de salinidade são diferentes. A toxicidade ocorre internamente na planta; normalmente, ela se origina quando certos cátions, absorvidos pela planta com a água do solo, são acumulados nas folhas durante a transpiração, em quantidades suficientes para provocar danos. Os danos podem reduzir significativamente os rendimentos e sua magnitude depende do tempo, da concentração dos íons, da sensibilidade das plantas e do uso de águas pelas culturas. Os íons tóxicos contidos comumente nas águas de irrigação, são o cloreto, o sódio e o boro, e os danos podem ser provocados individualmente ou em combinação.

Dentre os íons de maior mobilidade na crosta terrestre estão os cátions sódio (Na^+), potássio (K^+), cálcio e magnésio ($\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$) e o ânion cloreto (Cl^-). As origens destes sais se confundem com a própria formação do solo. Sabe-se que o solo é produto da decomposição das rochas, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, mediante a ação de fatores, tais como clima, relevo, organismos vivos e tempo. No processo de intemperização diversos constituintes da rocha são dissolvidos, durante milhares de anos, na forma de compostos simples e transportados naturalmente pela água para os oceanos e para as partes baixas do relevo, onde são acumulados na superfície do solo ou carregados para lençóis freáticos (SANTOS, 2000).

De acordo com o mesmo autor, embora a fonte principal e mais direta de todos sais encontrados no solo seja a intemperização das rochas, raros são os exemplos em que a mesma tenha provocado, de forma direta, problemas de salinidade no solo. Normalmente, tais problemas são associados à água de irrigação e à presença de lençol freático elevado. Os sais da água de irrigação podem ser provenientes, além das fontes primárias como a rocha e o solo, também de água de drenagem e intrusão salina.

O excesso de sais solúveis na solução do solo afeta o desenvolvimento das plantas, devido à diminuição do potencial osmótico, que juntamente com o potencial mátrico, representam as resistências que as raízes das plantas têm que vencer para absorver água do solo. O aumento da pressão osmótica pode atingir um nível em que as plantas não terão força de sucção suficiente para superar este gradiente, e, conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido, fenômeno conhecido por seca fisiológica (MEDEIROS et al, 1997). Além disto, a presença de íons fitotóxicos, especialmente o Cl^- e o Na^+ (AYERS; WESTCOT, 1991), na água de irrigação e/ou no solo, também pode implicar em substancial depreciação na produtividade dos cultivos.

2.1.7 Efeitos dos sais nos solos

Pode-se dizer que um solo é afetado por sais quando a concentração desses na solução do solo chega a interferir no crescimento e produtividade, quer das plantas naturalmente habitantes da área ou daquelas cultivadas (OLIVEIRA, 1997). Nos solos que apresentam elevada concentração salina, existe uma dificuldade para o crescimento radicular, absorção de água devido ao baixo potencial osmótico e o desbalanceamento geral entre os nutrientes. Há também a toxidez resultante da concentração salina e dos íons específicos. Em solos sódicos, o maior problema é a dispersão das argilas, o que influi na permeabilidade, diminuindo a aeração e dificultando o movimento de água no solo, o desenvolvimento radicular, além do efeito tóxico do sódio (QUEIROZ et al., 1997; CORDEIRO, 2001; SANTOS, 2000).

Pizarro (1985) cita como principal efeito da salinidade sobre os solos a sua ação sobre a sua estrutura. Esta propriedade depende da floculação dos colóides e sua cimentação, formando agregados. Assim, os efeitos são tão mais pronunciados quanto maior for o conteúdo de colóides, ou seja, quanto mais argiloso for o solo.

Segundo Oliveira (1997), os solos salinos ocorrem no Brasil desde regiões climaticamente mais úmidas até áreas de aridez acentuada. A salinidade no solo é uma propriedade que varia no tempo e no espaço, o que requer processos adequados de amostragens e determinações, para acompanhamento do seu comportamento. O seu monitoramento é fundamental para orientar as práticas de manejo da irrigação, fertirrigação e de recuperação das áreas afetadas (QUEIROZ et al., 1997).

Atualmente, sem dúvida alguma, a principal causa do aumento da salinização dos solos agrícolas tem sido as irrigações mal conduzidas e o manejo incorreto da adubação. As principais opções para se evitar a salinização dos solos irrigados ou cultivar solos já salinizados são: realizar drenagem adequada; lixiviar o excesso de sais; usar culturas mais tolerantes; usar métodos de irrigação adequados às condições de salinidade do solo e da água de irrigação. Já com relação aos problemas causados pela salinização do solo, podemos citar: diminuição do potencial osmótico da solução do solo, diminuindo sua disponibilidade de água; dispersão das partículas do solo, diminuindo a capacidade de infiltração e causando problemas de toxicidade às plantas. Esses problemas somados resultarão no decréscimo da produção agrícola de qualquer solo (BERNARDO, 1995).

Segundo Ayers e Westcot (1991), o excesso de sais no solo reduz a disponibilidade de água para as plantas, além de trazer problemas como o efeito de íons tóxicos específicos sobre a fisiologia vegetal, a tal ponto de afetar seus rendimentos e a qualidade do produto.

Na região Sudeste do Brasil, observa-se, embora em pequena intensidade, que a salinização pode provir da subestimação da lâmina a irrigar, quando se utilizam águas de qualidade química excelente, e também quando da utilização de águas subterrâneas salinas. Na maioria dos casos, entretanto, o aumento da salinidade do solo nos ambientes protegidos, nesta região, se dá em função do excesso de fertilizantes aplicados via água de irrigação. Portanto, a utilização de uma estratégia de controle da

salinidade por intermédio da aplicação de lâminas de lixiviação, como recomendada por van Hoorn e van Alphen (1981) não seria a prática de manejo mais adequada, visto que, os sais acumulados no solo, que seriam lixiviados, foram adquiridos por investimento de capital (SILVA et al., 1999).

O manejo da fertirrigação, na maioria das vezes é realizado por meio de quantidades preestabelecidas de fertilizantes, parceladas de acordo com a marcha de absorção da cultura e, normalmente, não existe monitoramento da concentração de íons na solução do solo, nem do estado nutricional da planta (PAPADOPOULOS, 1999). Nesse sentido, seria mais viável racionalizar o manejo da fertirrigação por meio de 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 estaria controlada (BURGUEÑO, 1996).

É necessário, portanto, conhecer este limite máximo (salinidade limiar) tolerado pelas culturas quando a salinização é dada por excesso de fertilizantes. Diversos autores citam os valores de salinidade limiar para várias culturas, dentre eles Maas e Hoffman (1977), Ayers (1977), Maas (1984), Tanji (1990) e Ayers e Westcot (1991); entretanto, tais valores estão baseados no acúmulo de sais provenientes de irrigações com águas salinas. Neste contexto, Ayers e Westcot (1991) citam que o tomateiro tem um valor de salinidade limiar, expresso em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, reportando ainda que seu rendimento decresce para 50 % quando a salinidade no extrato é de $7,6 \text{ dS m}^{-1}$, sendo classificado como uma cultura moderadamente sensível à salinidade. Segundo Cuartero e Muñoz (1999), sob salinidade moderada, a redução no rendimento do tomateiro deve-se, principalmente, à redução no peso médio de frutos, enquanto que em condições de alta salinidade a redução na produtividade é resultado do menor número de frutos por planta. Além disto, conforme Martinez et al. (1987), a salinidade aumenta a incidência de podridão apical, tornando os frutos inutilizáveis tanto para o consumo quanto para a indústria.

Os solos afetados por sais podem ser identificados por uma série de observações e estudos da área, que levam em consideração características visuais de campo e diversas análises feitas tanto por métodos de laboratório como por métodos de campo. No laboratório, a salinidade do solo pode ser estimada a partir de medidas de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) ou da condutividade em diferentes relações solo:água destilada (RICHARDS, 1954). Em campo, vários métodos são disponíveis para determinar a condutividade elétrica (CE) e avaliar a salinidade do solo, tais como as técnicas de indução eletromagnética e de reflectometria no domínio do tempo (TDR) (RHOADES, 1994), além do uso de extratores de solução. Esses métodos apresentam vantagens e desvantagens, sendo o uso de extratores por cápsula porosa, atualmente, um dos mais preconizados, em função da boa relação custo e precisão (SILVA, 2002), e do fato de que a CE obtida reflete as condições reais em que a planta se desenvolve.

De acordo com Richards (1954), a alteração no teor de água do solo reflete diretamente na concentração de íons na solução, e, conseqüentemente, no resultado de leitura da condutividade elétrica (CE) desta solução para sais de alta solubilidade. Assim, a extração da solução do solo por intermédio de cápsulas porosas surge como uma alternativa, a um custo reduzido, capaz de ser aplicada às situações de campo, visto que, a umidade do solo varia ao longo do tempo.

Apesar de permitir uma aferição da CE praticamente instantânea, o uso de cápsulas porosas não se isenta de desvantagens, por exemplo, como informado por Arenas et al. (1996) e Silva (2002), não sendo aceitável para monitorar a concentração de fósforo e enxofre do solo. Além disto, conforme Wolt (1994), a concentração iônica da solução sofre a interferência do tempo decorrido até a extração, da zona de influência da cápsula, da tensão aplicada e do próprio material condutor.

2.1.8 Efeitos dos sais nas plantas

De acordo com Ayers e Westcot (1991) as plantas extraem a água do solo quando as forças de absorção dos tecidos das raízes são superiores às forças de retenção da água exercida pelo solo. À medida em que a água é extraída do solo, as forças que

retêm a água restante tornam-se maiores e quando a água do solo é retida com força superior às forças de extração, inicia-se o estado de escassez de água na planta. A presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por efeito de osmose e, portanto, a magnitude do problema de escassez de água na planta.

Os sais contribuem para a redução do potencial osmótico na solução do solo, o que influi diretamente no movimento da água e no desenvolvimento das plantas (RICHARDS, 1954). Em geral, as culturas são relativamente tolerantes à salinidade durante a germinação, mas se tornam mais sensíveis na emergência e no estágio inicial do crescimento (RHOADES et al., 1992). Já para Doneen (1975), as altas concentrações salinas afetam o metabolismo da planta em vários aspectos e provocam mudanças na sua morfologia, prejudicando a germinação, o tamanho das plantas, dos ramos, das folhas e de outras partes da planta.

As plantas tolerantes à salinidade, chamadas halófitas ou halofíticas, absorvem os sais em altas taxas e os acumulam em suas folhas, como ocorre com o cloreto de sódio, para estabelecer um equilíbrio osmótico com o baixo potencial da água presente no solo (LIMA, 1997). A proporção de plantas tolerantes ou resistentes à salinidade normalmente é baixa tanto nos cereais quanto nas olerícolas e frutíferas (LIMA et al., 2001). Para Daker (1984) e Fageria e Gheyi (1997), algumas plantas podem, até certo ponto, desenvolver adaptações para melhorar sua resistência aos solos salinos. Entre os mecanismos de adaptação, citam-se o aumento da suculência, o acúmulo de sais em partes menos sensíveis, a secreção do seu excesso nos seus órgãos ou várias combinações destes.

A salinidade produz variações na relação entre potássio, cálcio e magnésio na planta, sendo maiores em plantas pouco tolerantes aos sais. Nas plantas desenvolvidas em condições salinas, pode-se observar mudanças marcantes no metabolismo de nitrogênio, o que altera os processos de síntese e hidrólise dos compostos protéicos (FAO/UNESCO, 1973). Na opinião de Strogonov (1964), os maiores efeitos nutricionais da salinidade são aqueles associados à nutrição catiônica.

Lima et al. (2001), em experimento realizado com pinheira, constataram que, apesar de ter sido mais sensível aos sais na fase inicial de crescimento do que durante o processo de germinação, as plantas se comportaram como sendo moderadamente

tolerantes aos sais. A maior parte das variáveis sofreu interferência significativa dos níveis de CE das águas a partir de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Estudando os efeitos dos sais nas plantas, Hebron (1967) verificou que, em determinadas condições de salinidade, a concentração de sais não atinge níveis de potencial osmótico capazes de prejudicarem a absorção de água pelas plantas; no entanto, constatou que concentrações de diversos íons podem provocar interferências indiretas capazes de se constituírem num obstáculo à absorção adequada de nutrientes pelas plantas, afetando negativamente o processo metabólico.

Segundo Ayers e Westcot (1999), a salinidade limiar sugerida por Maas e Hoffman (1977) e Maas (1984), deve ser entendida apenas como de tolerância relativa entre grupos de culturas, pois valores de tolerância absoluta variam com a condição do solo, o clima e práticas culturais.

Neste sentido, estudos visando a definição da salinidade limiar tolerada pelas culturas, exploradas na presença de sais fertilizantes, bem como a avaliação do uso de extratores de solução no auxílio ao manejo da fertirrigação, são fundamentais para melhorar a produção, uma vez que se dispõe de poucos trabalhos relacionados ao efeito negativo do excesso de fertilizantes sobre o desenvolvimento e rendimento de olerícolas cultivadas em ambiente protegido.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Localização e caracterização da área experimental

A pesquisa foi conduzida em duas etapas, conforme metodologia adaptada de Silva (2002), sendo a primeira, denominada de Experimento I, desenvolvida no Laboratório de Física de Solos do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, e a segunda, denominada Experimento II, realizada em estufa plástica localizada na área experimental do mesmo departamento, no município de Piracicaba - SP, situado nas coordenadas geográficas de 22^o 42' de latitude sul e 47^o 38' de longitude oeste, a uma altitude de 540 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, isto é, tropical úmido, com 3 meses mais secos (junho, julho e agosto), ocorrendo chuvas de 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.

2.2.2 Experimento I (Construção das curvas de salinização)

O experimento I consistiu de testes preliminares que possibilitaram a construção de curvas artificiais de salinização, visando direcionar o processo de salinização artificial do solo necessário à realização do segundo experimento, no qual diferentes níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es} : 1,5; 2,5 3,5; 4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹), foram implementados por meio da aplicação de soluções salinizantes.

Para construção das curvas de salinização foi utilizada uma solução hidropônica (Tabela 1), conforme Furlani e Pires, 2004 apud Alvarenga (2004). A opção de utilizar uma solução hidropônica está de acordo com o cultivo fertirrigado, desde que corrigidos previamente os níveis dos nutrientes no solo.

Respeitando os tipos de sais para macronutrientes e as concentrações originais da solução hidropônica utilizada no estágio produtivo, foram produzidas soluções com concentrações salinas crescentes. Em função do nível de condutividade elétrica desejada na solução, calculou-se a quantidade de sais a adicionar mediante a eq. (1), proposta por Richards (1954).

$$C = 640 \text{ CE}_s \quad (1)$$

em que:

C = concentração de sais fertilizantes, mg L^{-1} ;

CE_s = condutividade elétrica da solução preparada, dS m^{-1} .

Tabela 1 - Relação de sais fertilizantes usados como fonte de macronutrientes para o preparo da solução salinizante

Fertilizantes	Quantidades Concentração	
	g/100L	(%)
Nitrato de Cálcio	6.000	37,5
Nitrato de Potássio	3.600	22,5
Fosfato Monoamônico	800	5,0
Fosfato Monopotássico	1.200	7,5
Sulfato de Potássio	1.200	7,5
Sulfato de Magnésio	3.200	20,0

Fonte: Adaptada de Alvarenga (2004)

A partir de uma solução padrão com CE teórica de $10,5 \text{ dS m}^{-1}$, com equivalentes $6,720 \text{ g L}^{-1}$ de concentração salina, foram tomadas alíquotas para cada nível crescente de salinidade. As alíquotas foram calculadas mediante a eq. (2), sendo os volumes de solução padrão e de água, eq. (3), pipetados para copos plásticos descartáveis de 150 mL.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \quad (2)$$

em que:

C_1 = concentração de sais na solução a preparar, mg L^{-1} ;

V_1 = 100 mL de solução a preparar;

C_2 = concentração de sais na solução padrão, g L^{-1} ;

V_2 = volume necessário, em mL, da solução padrão.

$$V_{\text{água}} = 100 - V_2 \quad (3)$$

em que:

$V_{\text{água}}$ = volume de água a adicionar para o preparo de 100 mL de solução, mL.

Utilizou-se um total de 21 soluções. A concentração dessas soluções variou de 0 até $6,720 \text{ g L}^{-1}$, com intervalos de $0,32 \text{ g L}^{-1}$, o que correspondeu, respectivamente, às salinidades teóricas variando de 0 até $10,5 \text{ dS m}^{-1}$, com intervalos de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, com base na eq. (1). A amostra em branco (0 mg L^{-1}) correspondeu à condutividade elétrica inicial da água sem a adição dos fertilizantes. Determinou-se, a partir dessas soluções preparadas, a condutividade elétrica real das soluções, obtendo-se assim a curva que relaciona a concentração de fertilizantes e a condutividade elétrica das soluções. A partir da curva obtida encontraram-se as quantidades de nutrientes necessárias para salinização do solo nos seis níveis desejados.

Posteriormente, foram coletadas amostras de solo, as quais foram peneiradas, secas ao ar e acondicionadas em vasos de 14 L, tendo em sua base perfurada uma camada de envelope de 2 cm (brita + manta geotêxtil). O material de solo utilizado foi de um perfil classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999) fase arenosa, proveniente do campus da ESALQ e denominado Série "Sertãozinho". As propriedades químicas deste solo foram analisadas conforme a metodologia apresentada pela EMBRAPA (1997), assim como algumas propriedades físicas.

Para adequação do solo ao programa de fertirrigação, utilizaram-se as sugestões de Raji et al.(1996) e Kemira (2004), apud Alvarenga (2004), (Tabela 2).

Após o acondicionamento do solo nos vasos, a umidade do solo foi elevada até a máxima capacidade de retenção e, concomitantemente, os sais foram adicionados diluídos na água com o objetivo de obter seis níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es} : 1,5; 2,5 3,5; 4,5; 5,5 e $6,5 \text{ dS m}^{-1}$), com 3 repetições. O valor da concentração final de fertilizantes na água (C_f) aplicada ao solo, necessário para se obter os níveis de CE_{es} desejados, foi estimado com base nos níveis e proporções utilizadas na relação de salinização estabelecida na etapa anterior, sendo corrigidos pela umidade de saturação.

O volume de água aplicado correspondeu ao necessário para elevar a umidade do solo nos vasos à máxima capacidade de retenção. Já as quantidades de sais adicionadas foram aquelas suficientes para se atingir os valores de CE_{es} caso o solo estivesse saturado. Para se estimar a concentração final de fertilizantes, utilizou-se a relação apresentada pela eq. (5):

$$C_f = \frac{U_s}{U_{cc}} C_i \quad (5)$$

em que:

C_f = concentração final de fertilizantes na solução salina, mg L^{-1} ;

C_i = concentração de adubos com base na curva de salinização construída na etapa anterior, mg L^{-1} ;

U_s = Umidade da pasta saturada, g g^{-1} ; e

U_{cc} = Umidade do solo à máxima capacidade de retenção, g g^{-1} .

Tabela 2 - Características químicas e físicas do solo adequadas para o cultivo de tomate fertirrigado

Determinação	Valores adequados e correlações
pH em H_2O ou CaCl_2	5,8 a 6,5
Matéria Orgânica	0,40 a 0,70 g kg^{-1} MO=1,72 x Teor de carbono
Fósforo disponível (Mehlich)	Em solos arenosos > 15 mg dm^{-3} e argilosos > 30 mg dm^{-3}
Potássio trocável	Resina – Em geral ideais acima de 2,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$.
Cálcio trocável	Acima de 40 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$.
Magnésio trocável	Acima de 10 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$.
Alumínio trocável	0,0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$.
Acidez potencial H + Al	<50 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$.
Soma de bases	50 – 80 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$.
CTC efetiva	60 – 100 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$.
CTC a pH 7 ou total	> 100 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$.
Saturação por base ou V%	Para maioria entre 50 e 70 %.
Condutividade elétrica (CE)	0 – 2,0 dS m^{-1} (no extrato de saturação do solo)

Fonte: Adaptada de Alvarenga (2004)

Três dias após a adição das diversas soluções salinas, foram retiradas amostras de solo dos vasos nas camadas de 0 a 0,15 m e 0,15 a 0,30 m, após uma raspagem na qual se eliminou 2 cm da superfície do solo. A partir dessa amostragem, determinou-se

a condutividade elétrica do extrato de saturação real, ou seja, aquela que corresponde aos valores encontrados no solo.

A pasta saturada para determinação da CE_{es} foi preparada utilizando-se 250 g de solo seco ao ar, adicionando-se gradualmente água destilada até atingir o ponto de saturação. As pastas foram colocadas em repouso por um período de 20 horas e, em seguida, foram retirados os extratos de saturação por meio de sucção, conforme a metodologia proposta por Richards (1954). A curva de salinização foi então construída por meio de um diagrama de dispersão, onde plotou-se os valores de CE_{es} encontrados versus as quantidades de sais aplicadas.

A curva de retenção de água no solo foi construída para tensões de até 80 kPa, utilizando-se vasos plásticos acondicionados com solo, a partir de um controle feito por gravimetria. Instalou-se tensiômetros em 21 vasos, os quais foram saturados e durante o processo de secamento realizaram-se leituras tensiométricas e coleta de amostra para determinação da umidade do solo. A umidade do solo em sua máxima capacidade de retenção foi determinada após a saturação do solo e drenagem livre por 48 h, sendo o solo isolado da atmosfera por um plástico, com a finalidade de evitar a evaporação. Utilizaram-se três repetições para a construção das curvas características; os pontos para determinação da umidade variaram de 10 kPa.

De posse dos valores de umidade volumétrica e do potencial mátrico, procedeu-se o ajuste da curva através da eq. (4) de van Genuchten (1980) utilizando-se o programa RETC (van Genuchten et al., 1991).

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left[\frac{1}{1 + [\alpha |\psi_m|]^n} \right]^m \quad (4)$$

em que:

θ – umidade volumétrica, $m^3 m^{-3}$;

θ_r – umidade volumétrica residual, $m^3 m^{-3}$;

θ_s – umidade volumétrica na saturação, $m^3 m^{-3}$;

m , n e α – parâmetros de ajuste.

com $m = 1 - \frac{1}{n}$ (MUALEM, 1976).

Os parâmetros relativos a curva característica de retenção de água no solo (Figura 1), obtidos para os dois ciclos de cultivo, podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores dos parâmetros de ajuste do modelo de van Genuchten (1980) aos dados da curva de retenção de água do solo do experimento

Parâmetros	1 ^o Ciclo	2 ^o Ciclo
m	0,829	0,810
n	5,865	5,265
α (m ⁻¹)	4,890	4,946
θ_r (m ³ m ⁻³)	0,011	0,011
θ_s (m ³ m ⁻³)	0,022	0,022
r ²	0,92	0,98

Também foram realizadas análise fitopatológica (Laboratório de Clínica Fitopatológica, da ESALQ) e análise nematológica (Laboratório de Nematologia de Plantas, da ESALQ) do solo utilizado. Conforme os resultados da análise de solo, realizou-se a calagem utilizando calcário dolomítico com 91% de PRNT. Foram usadas 19 g de produto por vaso, sendo o calcário homogeneizado em todo o volume de solo; o mesmo devidamente corrigido foi submetido a irrigações freqüentes visando se efetivar a reação do calcário no solo.

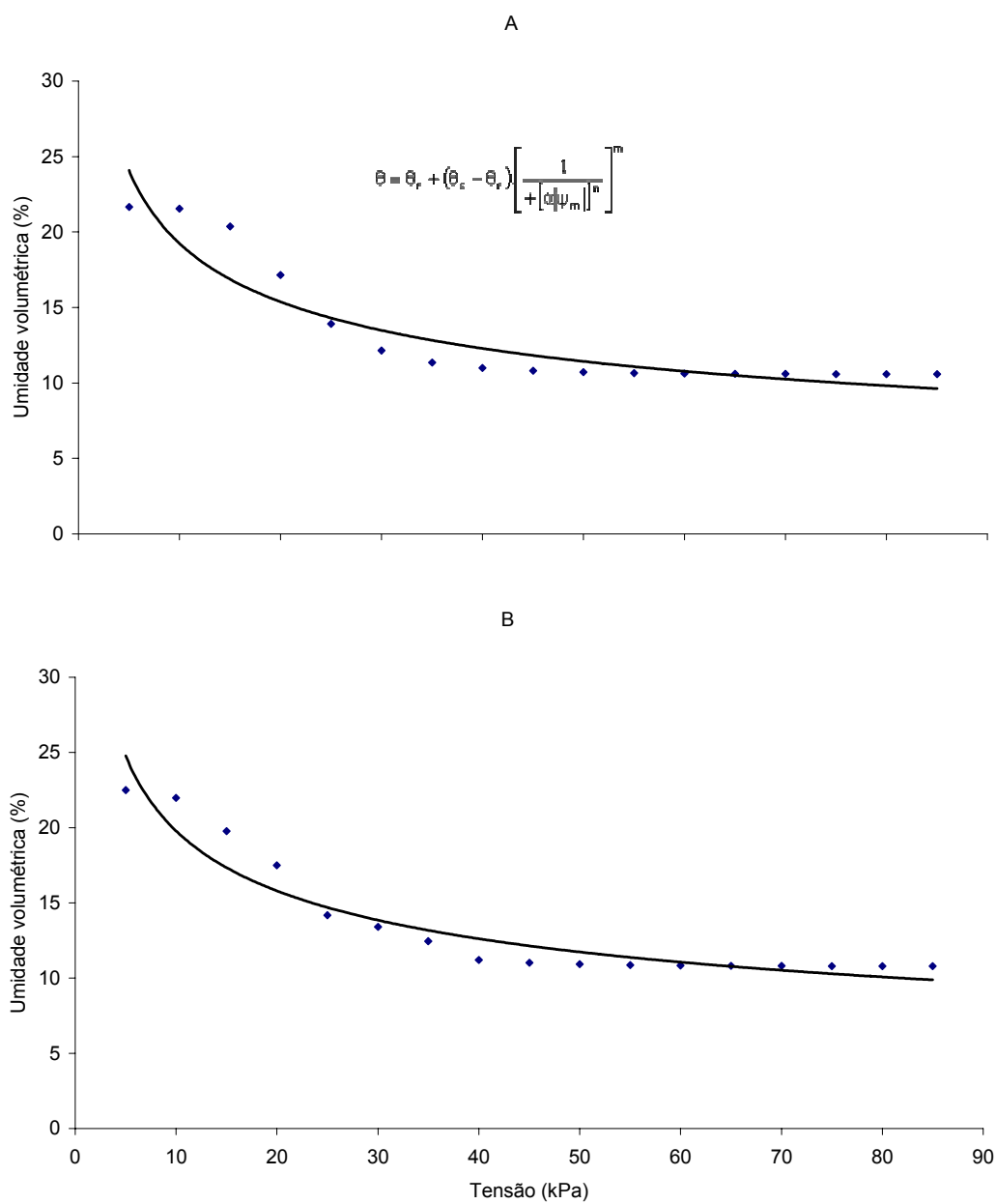


Figura 1 - Curva de retenção da água no solo relativa ao primeiro ciclo (A) e ao segundo ciclo (B)

2.2.3 Experimento II

2.2.3.1 Descrição da estrutura experimental

O Experimento II foi conduzido em uma estufa plástica com cobertura em arco, de 6,40 m de largura e 22,5 m de comprimento, sendo as paredes laterais e frontais confeccionadas com telas anti-afídeos e rodapé de 0,20 m em concreto armado (Figura 2). A estufa possuía cortinas laterais, as quais permitiam reduzir a variação de temperatura em seu interior e proteger contra chuvas e ventos. A cobertura consistia de manta de polietileno de baixa densidade (PEbd), transparente, com 0,10 mm de espessura, tratada contra a ação de raios ultravioletas. A estrutura experimental era provida de energia elétrica e de abastecimento de água proveniente do sistema de tratamento da ESALQ.



Figura 2 - Vista frontal da casa de vegetação onde foi desenvolvido o experimento

2.2.3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos, ministrados à cultura do tomateiro, foram compostos pela combinação de dois fatores: salinidade inicial do solo com seis níveis ($S_1 = 1,5 \text{ dS m}^{-1}$;

$S_2 = 2,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_3 = 3,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_4 = 4,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_5 = 5,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $S_6 = 6,5 \text{ dS m}^{-1}$) e dois tipos de manejo de fertirrigação: M_1 = tradicional (de acordo com a marcha de absorção de nutrientes da cultura) e M_2 = com a manutenção dos níveis de condutividade elétrica da solução do solo, através do monitoramento com uso de extratores de solução. Os 12 tratamentos propostos foram dispostos em 48 parcelas, conforme a Figura 3 e o delineamento estatístico adotado foi o de blocos aleatorizados com quatro repetições, ficando os fatores estudados arranjados no esquema fatorial 6×2 .

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, desenvolvimento, produção e qualidade de frutos do tomateiro, além de permitir avaliar a eficiência do extrator de solução, quando associado ao segundo tipo de manejo de fertirrigação, M_2 , para o controle da salinização do solo.

Os manejos de fertirrigação estudados, quais sejam, o tradicional, preestabelecido com base na marcha de absorção de nutrientes pela cultura (M_1), e o preventivo, que se propôs, baseado na condutividade elétrica na solução do solo (M_2), permitiram contrastar seus efeitos sobre o potencial de salinização do solo.

O fator quantitativo relativo aos níveis iniciais de salinidade do solo foi analisado estatisticamente por meio de regressões, enquanto que o fator manejo da fertirrigação foi analisado mediante teste de comparações entre as curvas obtidas, ao nível de 0,05 de probabilidade.

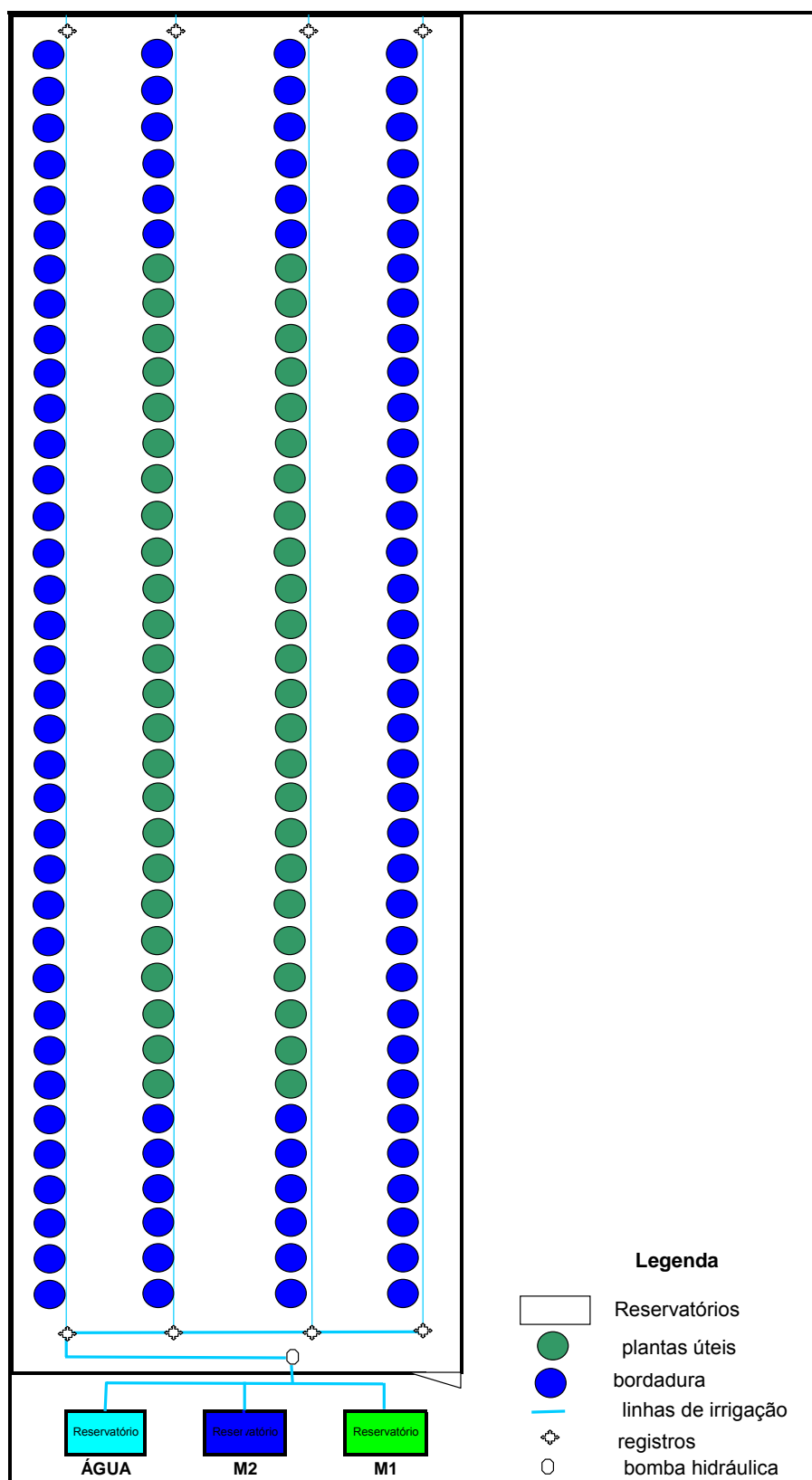


Figura 3 - Croqui da área experimental

2.2.3.3 Condução do experimento II

2.2.3.3.1 Salinização do solo

A salinização do solo foi efetuada por meio da aplicação de soluções salinas, sendo que a quantidade de sais (fertilizantes) adicionada foi determinada pela curva de salinização artificial obtida pelos resultados do Experimento I. No primeiro ciclo, a salinização foi realizada 30 dias após o transplântio das mudas e no segundo ciclo realizou-se antes do transplântio das mudas. A quantidade de água aplicada foi a necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo. Após a adição da solução, foram retiradas amostras de solo para aferir a condutividade elétrica do extrato de saturação. Após obtenção desses resultados, fez-se necessário aplicar uma nova solução salina de ajuste da condutividade elétrica da solução do solo, diferente da predeterminada, com base nos valores de CE_{es} obtidos, em que aplicou-se uma correção no solo para obter o nível de salinidade média desejada. A correção foi calculada por meio de uma fórmula de mistura de soluções, a qual é apresentada pela eq. (6):

$$CE_c = \frac{V_{cc} CE_{esd} - V_a CE_a}{V_r} \quad (6)$$

em que:

V_{cc} = Volume de água armazenado no solo à capacidade de campo, L;

CE_{esd} = Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo desejada, $dS m^{-1}$;

V_a = Volume atual de água armazenado no solo, $dS m^{-1}$;

CE_a = Condutividade elétrica atual do solo, $dS m^{-1}$;

V_r = Volume de água no solo necessário para se atingir a capacidade de campo, L;

CE_c = Condutividade elétrica da solução de correção para se atingir a CE_{esd} , $dS m^{-1}$.

2.2.3.3.2 Plantio, condução das plantas e monitoramento climático

Foram conduzidos dois ciclos de cultivo sendo as mudas preparadas em bandejas de isopor com 200 células, utilizando-se uma semente por célula; o transplântio ocorreu 30 dias após a semeadura, quando as mudas encontravam-se com 4 folhas definitivas, sendo o transplântio das mudas para o primeiro e segundo ciclo realizado

respectivamente em 16 de abril e 20 de novembro de 2006. O espaçamento utilizado foi de 0,50 m entre plantas e 1,20 m entre fileiras. Utilizou-se a cultivar Débora Plus, tipo longa vida, que possui hábito de crescimento indeterminado, com início de colheita por volta dos 105 dias após a semeadura e ciclo de 150 dias (Figura 4).



Figura 4 - Mudas produzidas e após o transplântio

As mudas foram transplantadas em vasos plásticos de 25 litros perfurados e providos de um sistema de drenagem em sua parte inferior, com 3 cm de brita nº 1 e manta geotêxtil (BIDIM OP-30), o preparo do solo foi o mesmo citado anteriormente para condução do Experimento I.

No interior da estufa foram instalados mourões de madeira, nas extremidades dos quais foram fixados e esticados arames número 14, a 2,20 m de altura. O tutoramento das plantas foi feito na vertical, utilizando fitilho de plástico amarrado na base de cada planta e no arame. À medida que as plantas foram crescendo, enrolou-se o ramo no fitilho. Em conformidade com as observações de Carvalho (2002), as plantas foram conduzidas com apenas um ramo principal, eliminando-se as ramificações laterais tão logo formadas (Figura 5). A operação de desbrota foi realizada duas vezes por semana.



Figura 5 - Plantas tutoradas distribuídas na casa de vegetação

A poda é uma prática comum na produção de tomate, realizada exclusivamente em cultivares de crescimento indeterminado. Sua prática permite limitar o número de pencas e o número de frutos por planta; assim tem-se um aumento na porcentagem de frutos com maior tamanho. Realizou-se a poda apical ao redor de 1,80 m de altura. Outra prática, também realizada com a finalidade de aumentar o tamanho dos frutos, foi o raleio desses: manejou-se a cultura de forma que o desbaste foi realizado deixando cerca de seis frutos até a quarta penca e nas pencas superiores quatro frutos, de acordo com a recomendação de Alvarenga (2004).

O controle fitossanitário preventivo foi realizado semanalmente, utilizando-se os produtos e doses recomendadas para a cultura. O monitoramento climático foi realizado mediante termohigrômetros digitais que registravam as temperaturas máximas, mínimas e a umidade relativa para o primeiro ciclo; para o segundo os dados de temperatura e umidade foram coletados através de um psicrômetro, com termopares de bulbo úmido e seco.

2.2.3.3.3 Manejo da irrigação

Adotou-se um sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se emissores do tipo autocompensante, com vazão nominal de 4 L h^{-1} , os quais foram previamente avaliados em campo sob condições normais de operação. O sistema de irrigação apresentou um coeficiente de uniformidade de distribuição de 94,13 %.

O manejo de irrigação foi realizado com base em dados de potencial mátrico da água no solo, obtidos de tensiômetros monitorados diariamente, instalados a 0,15 m de profundidade, e da curva característica de retenção de água no solo, construída concomitantemente ao Experimento I (Figura 6).

A aplicação da irrigação foi realizada de acordo com a recomendação de Alvarenga (2004), sempre que a tensão encontrava-se entre 10 a 15 kPa. A quantidade de água a ser aplicada era a suficiente para elevar a umidade à capacidade de vaso, sendo calculada, mediante as médias das leituras tensiométricas, para cada tratamento. Através desses dados foi possível avaliar o consumo hídrico da cultura para os diferentes níveis de salinidade do solo.



Figura 6 - Leitura da tensão da água do solo por meio de tensímetro eletrônico de punção

2.2.3.3.4 Adubação

A aplicação dos fertilizantes foi feita via água de irrigação, sendo os tratamentos diferenciados em função dos manejos M_1 e M_2 . O manejo M_1 baseou-se na marcha de absorção da cultura (Tabela 4) apresentada por Alvarenga (2004), o qual recomenda os seguintes valores totais para adubação de 1.000 plantas de tomateiro, via fertirrigação: N = 35 kg, P = 14 kg, K = 75 kg e Ca = 10 kg. A frequência da fertirrigação foi semanal, de acordo com o que foi sugerido pelo autor citado.

Para os tratamentos referentes ao manejo M_2 , realizou-se a fertirrigação semanalmente para manter os níveis iniciais de condutividade elétrica na solução do solo para cada tratamento. A quantidade de fertilizantes aplicada foi calculada para que a solução do solo se mantivesse no nível de CE inicial (1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5 ou 6,5 dS m^{-1}). Para este cálculo, utilizou-se a fórmula de mistura de soluções eq. (5), em consentimento com a marcha de absorção de nutrientes pela cultura. Desta forma, a condutividade elétrica na solução do solo foi o controlador do manejo da fertirrigação. Quando não foi necessário aplicar fertilizantes, realizou-se apenas a irrigação.

De acordo com o programado para o manejo M_1 , ou com o necessário para o manejo M_2 , os fertilizantes utilizados (nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônico, fosfato monopotássico, sulfato de potássio e sulfato de magnésio) foram diluídos nas águas de irrigação, armazenadas em caixas de PVC, correspondentes para cada tipo de manejo.

As quantidades de fertilizantes utilizadas pelos dois tipos de manejos estudados foram mensuradas e comparadas.

Tabela 4 - Distribuição percentual de macronutrientes, em função das diferentes fases de desenvolvimento da cultura, com base na recomendação de adubação para tomateiro, via fertirrigação

Fase da cultura	N	P	K	Ca
Pré-plantio	-	50 ¹	-	75 ²
1ª fase – inicia-se com o transplântio das mudas e vai até o início do florescimento				
1ª semana	-	-	-	-
2ª semana	-	-	-	-
3ª semana	5	7	3	-
4ª semana	7	8	3	-
5ª semana	8	10	4	-
Total 1ª fase	20	25	10	-
2ª fase – inicia-se com o florescimento da planta e termina com o início da colheita				
6ª semana	8	5	5	2
7ª semana	8	5	5	2
8ª semana	10	5	7	2
9ª semana	10	5	7	2
10ª semana	8	5	8	2
11ª semana	8	-	8	2
Total 2ª fase	52	25	50	12
3ª fase – vai do início ao final da colheita				
12ª semana	8	-	10	3
13ª semana	8	-	12	3
14ª semana	6	-	10	3
15ª semana	6	-	10	3
16ª semana	-	-	8	1
17ª semana	-	-	-	-
Total 3ª fase	28	-	50	13
Total Geral	100	100	100	100

¹ Fósforo aplicado por ocasião do transplântio das mudas

² Cálcio aplicado por ocasião da calagem

Fonte: Adaptada de Alvarenga (2004)

Nota: Sinal convencional utilizado:

- Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

2.2.3.3.5 Extração da solução do solo

A condutividade elétrica da solução foi medida após o término de cada evento de fertirrigação, utilizando-se, para extração da solução, cápsulas porosas sob vácuo.

Para obtenção do extrato, retirou-se o ar de dentro dos extratores, introduzindo-se uma agulha na borracha especial de vedação, acoplada a uma bomba de vácuo, criando uma sucção interna de aproximadamente 80 KPa. A aplicação do vácuo aos extratores foi realizada 6 horas após a irrigação, momento em que verificou-se a umidade do solo, por meio de tensiometria. As cápsulas dos extratores foram instaladas em todas as parcelas, a uma profundidade de 0,15 m da superfície do solo e a uma distância de 0,10 m da planta (Figura 7A).

Os valores de condutividade elétrica determinada mediante a solução extraída pelas cápsulas porosas (Figura 7B e 7C), foram corrigidos para a umidade de saturação, conforme eq. (7). Estes resultados foram comparados com aqueles obtidos em pasta de saturação.



Figura 7 - Realização de vácuo (A) e coleta da solução do solo por meio de extratores com o uso de seringa (B e C)

$$C_{\text{estimada } cp} = \frac{C_{cp} U_{cp}}{U_s} \quad (7)$$

em que:

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

C_{cp} = condutividade elétrica ou concentração de íons na solução do solo, obtida com extrator de cápsula porosa, dS m^{-1} ;

Ucp = umidade do solo no momento da retirada da solução com o extrator de cápsula porosa, g g^{-1} ;

Us = umidade do solo na pasta saturada, g g^{-1} .

2.2.3.3.6 Análise de crescimento e produção

As características avaliadas relacionadas à cultura durante o ciclo foram:

- Altura das plantas: mediu-se da superfície do solo até o ponteiro da planta, com auxílio de uma trena graduada em centímetros, com frequência semanal, até a poda apical.
- Produção e componentes de produção: foram avaliados, após o início do período produtivo, o número de frutos por planta, a produção comercial e total dos frutos, sendo considerados comerciais, os frutos livres de danos mecânicos, manchas, deformações e que atingiam o diâmetro transversal mínimo de 60 mm.
- Matéria seca dos frutos: foi realizada em todas as colheitas, os frutos foram secos em estufa de ventilação forçada a 60°C até peso constante.
- Área foliar: realizou-se a medição das folhas mensalmente no segundo ciclo até atingir o crescimento total. Retirou-se também uma amostra com 30 folhas de diversos tamanhos para se correlacionar a área obtida pelo produto do comprimento e largura medidos com uma régua graduada com a do medidor eletrônico de área foliar.

2.2.3.3.7 Qualidade dos frutos

A análise dos frutos quanto às características qualitativas foi realizada apenas no segundo ciclo de cultivo. Para a determinação de sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$), vitamina C, pH e acidez total titulável, os frutos de cada tratamento foram triturados e homogeneizados, com quatro repetições por tratamento.

2.2.3.3.8 Análise sensorial dos tomates

A análise sensorial dos tomates foi realizada a partir do teste Hedônico (MEILGAARD et al., 1999), segundo modelo de ficha apresentado na Figura 7. Foram

utilizados 39 provadores, os quais avaliaram os 13 tratamentos (Tabela 5), em número de 4 amostras por provador, segundo o delineamento em blocos incompletos Tipo II, com $t=13$, $k=3$, $r=6$, $b=26$, $\lambda=1$ e $E=0,72$ (COCHRAN; COX, 1964).

Foi solicitado que se dessem as notas de 1 a 7, correspondentes a desgostei muito (nota 1) a gostei muito (nota 7); e que se descrevesse quais os atributos que caracterizavam essas notas (Figura 8).

<p>Nome: _____ Data: ____ / ____ / ____</p> <p>Obrigado por participar da análise sensorial de tomate. Você irá receber amostras de tomate, devendo, para cada amostra, dar a sua nota, colocando o número da amostra no espaço correspondente. Obrigada.</p> <p>7. () () () () gostei muito</p> <p>6. () () () () gostei moderadamente</p> <p>5. () () () () gostei ligeiramente</p> <p>4. () () () () não gostei nem desgostei</p> <p>3. () () () () desgostei ligeiramente</p> <p>2. () () () () desgostei moderadamente</p> <p>1. () () () () desgostei muito</p> <p>Qual você mais gostou? Porque? _____</p> <p>Qual você menos gostou? Porque? _____</p>
--

Figura 8 - Ficha de avaliação de tomate, segundo o teste Hedônico

Os tomates foram lavados manualmente em água corrente e posteriormente colocados em bacias de 10L com 20ppm de hipoclorito de sódio em pó, específico para alimentos, por 10 minutos para a sanitização. Em seguida foram enxaguados em água corrente para a retirada do excesso de hipoclorito, evitando possíveis sabores residuais interferentes na análise sensorial, e drenados para a retirada do excesso de água.

Tabela 5 - Distribuição dos tratamentos analisados

Tratamentos	Nível de salinidade dS m ⁻¹	Manejo
1	1,5	1*
2	1,5	2**
3	2,5	1
4	2,5	2
5	3,5	1
6	3,5	2
7	4,5	1
8	4,5	2
9	5,5	1
10	5,5	2
11	6,5	1
12	6,5	2
13	Frutos adquiridos no mercado local - Testemunha	

* Manejo tradicional (de acordo com a marcha de absorção da cultura)

**Manejo com controle da condutividade elétrica da solução do solo

As amostras foram servidas em pratinhos descartáveis de polipropileno, aleatorizados com números de 3 dígitos. Cada provador recebeu 4 amostras, sendo utilizado os 12 tratamentos já descritos anteriormente, mais a testemunha (Figura 9).



Figura 9 - Amostras preparadas para realização da análise sensorial dos tomates

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Experimento I

2.3.1.1 Caracterização físico-química do solo

Os resultados referentes às análises de algumas características químicas e físicas do solo tais como bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (T), percentagem de saturação de bases (V), pH do solo, condutividade elétrica (CE), densidade e textura do solo, realizadas antes do início da aplicação das soluções salinizantes estão dispostos nas Tabelas 6 e 7. Os valores obtidos encontraram-se dentro da faixa adequada para o cultivo de tomate fertirrigado de acordo com o recomendado por Raij et al.(1996) e Kemira (2004), apud Alvarenga (2004), (Tabela 2).

Tabela 6 - Características físicas do solo antes do processo de salinização

Camada cm	CE dS m ⁻¹	Densidade do solo kg dm ⁻³	Frações granulométricas			Textura
			Argila	Silte	Areia	
-----g kg ⁻¹ -----						
1 ^o Ciclo						
0 - 20	0,69	1,452	60	40	900	arenosa
2 ^o Ciclo						
0 - 20	0,84	1,392	190	60	750	franco arenosa

Tabela 7 - Características químicas do solo antes do processo de salinização

pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³				mmol _c dm ⁻³			%
1 ^o Ciclo									
5,9	12	16	2,7	42	13	15	57,7	72,7	79
2 ^o Ciclo									
6,2	15	18	2,8	46	19	12	67,8	79,8	85

As análises químicas realizadas ao termino de cada ciclo, a fim de verificar o comportamento dos teores de nutrientes, encontram-se nas Tabelas 8 e 9. Observa-se que houve um acúmulo de nutrientes com o aumento dos níveis de CEes ao longo do ciclo. De acordo com Oliveira (1983), esse aumento da concentração de nutrientes deve corresponder à parcela do elemento, aplicada em cada tratamento, que não foi absorvida pela cultura.

Tabela 8 - Características químicas do solo após o primeiro ciclo da cultura

Tratamentos		pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB
CE dS m ⁻¹	Manejo	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³				
1,5	1 [*]	6,4	15	21	5,2	29	5	13	39,2
1,5	2 ^{**}	6,4	20	26	5,4	31	6	13	42,4
2,5	1	6,7	17	51	6,4	37	6	13	49,4
2,5	2	6,4	17	56	8,6	46	6	15	60,6
3,5	1	6,3	17	82	7,9	56	6	13	69,9
3,5	2	6,5	18	86	9,0	57	8	15	74,0
4,5	2	5,9	19	103	10,3	58	8	15	76,3
4,5	1	6,4	20	103	10,4	60	8	15	78,4
5,5	1	6,5	18	137	11,7	61	10	15	82,7
5,5	2	6,5	16	153	13,4	62	10	16	85,4
6,5	1	6,1	19	169	15,4	65	11	16	91,4
6,5	2	6,2	17	172	19,4	63	16	18	98,4

* Manejo tradicional (de acordo com a marcha de absorção da cultura)

** Manejo com controle da condutividade elétrica da solução do solo

Tabela 9 - Características químicas do solo após o segundo ciclo da cultura

Tratamentos		pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB
CE dS m ⁻¹	Manejo	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³				
1,5	1*	6,4	13	21	5,3	27	7	10	39,3
1,5	2**	6,3	14	22	5,6	36	7	10	48,6
2,5	1	6,2	15	60	5,7	39	8	11	52,7
2,5	2	4,8	13	70	5,8	41	8	11	54,8
3,5	1	6,2	14	71	6,4	47	9	12	62,4
3,5	2	6,4	14	72	6,4	47	9	12	62,4
4,5	1	6,4	13	85	6,8	48	9	12	63,8
4,5	2	6,4	12	93	11,1	49	9	12	69,1
5,5	1	6,5	13	96	11,2	52	9	12	72,2
5,5	2	6,4	14	112	12,4	53	13	13	78,4
6,5	1	6,3	14	147	25,9	53	13	13	91,9
6,5	2	6,7	15	151	28,4	54	14	13	96,4

* Manejo tradicional (de acordo com a marcha de absorção da cultura)

** Manejo com controle da condutividade elétrica da solução do solo

2.3.1.2 Curvas de salinização artificial do solo

Os resultados da curva de salinização artificial do solo permitiram relacionar a condutividade elétrica e a concentração dos fertilizantes usados para sua construção (Figura 10A). Pela equação obtida por regressão linear, estimaram-se as quantidades de fertilizantes necessárias para se obter as condutividades elétricas desejadas. A equação obtida diverge da original, proposta por Richards (1954), em que a $CEs = 0,00156 C$, enquanto a encontrada foi $CEs = 0,0008 C + 0,8443$, fato que provavelmente ocorreu em função da condutividade elétrica ser afetada pela valência e concentração relativa dos íons presentes na solução (RHOADES, 1994). De acordo com Dias (2004), a equação das curvas de salinização artificial depende dos tipos e das proporções de sais presentes na água de irrigação. A constante 0,8443 correspondeu a condutividade elétrica da água utilizada para o preparo da solução.

Ferreira e Martinez (1997) comentam que a condutividade elétrica depende de vários fatores entre os quais citam as cargas das espécies iônicas, a temperatura, o número de espécies iônicas presentes na solução, a mobilidade de cada íon, a área efetiva dos eletrodos e distância entre os eletrodos. O relato mostra a importância da construção de uma curva para cada grupo de fertilizantes recomendado, pois cada um apresenta poder salinizante diferente.

Na Figura 10B observam-se os resultados da salinização do solo, os quais apresentaram uma boa correlação entre os valores estimados e observados no solo. Ressalta-se que a curva de salinização é específica para cada tipo de solo e cultura, dependendo das características do solo e da adubação recomendada.

Como se era esperado, a relação entre a condutividade elétrica estimada e a medida no solo é bem próxima a 1, por tratar-se de um solo com característica arenosa, não ocorre o efeito acentuado da adsorção dos sais, em virtude da menor capacidade de troca deste solo (SILVA, 2002). Richards (1954) explica que o teor de argila presente no solo pode interferir na concentração de íons na solução e, conseqüentemente, no valor da CE_{es} .

Em cultivo fertirrigado, uma das causas capaz de acelerar o processo de salinização é a utilização de fertilizantes com elevado poder salinizante, o qual é determinado pelo seu índice salino global e parcial (VILLAS BOAS et al., 1994).

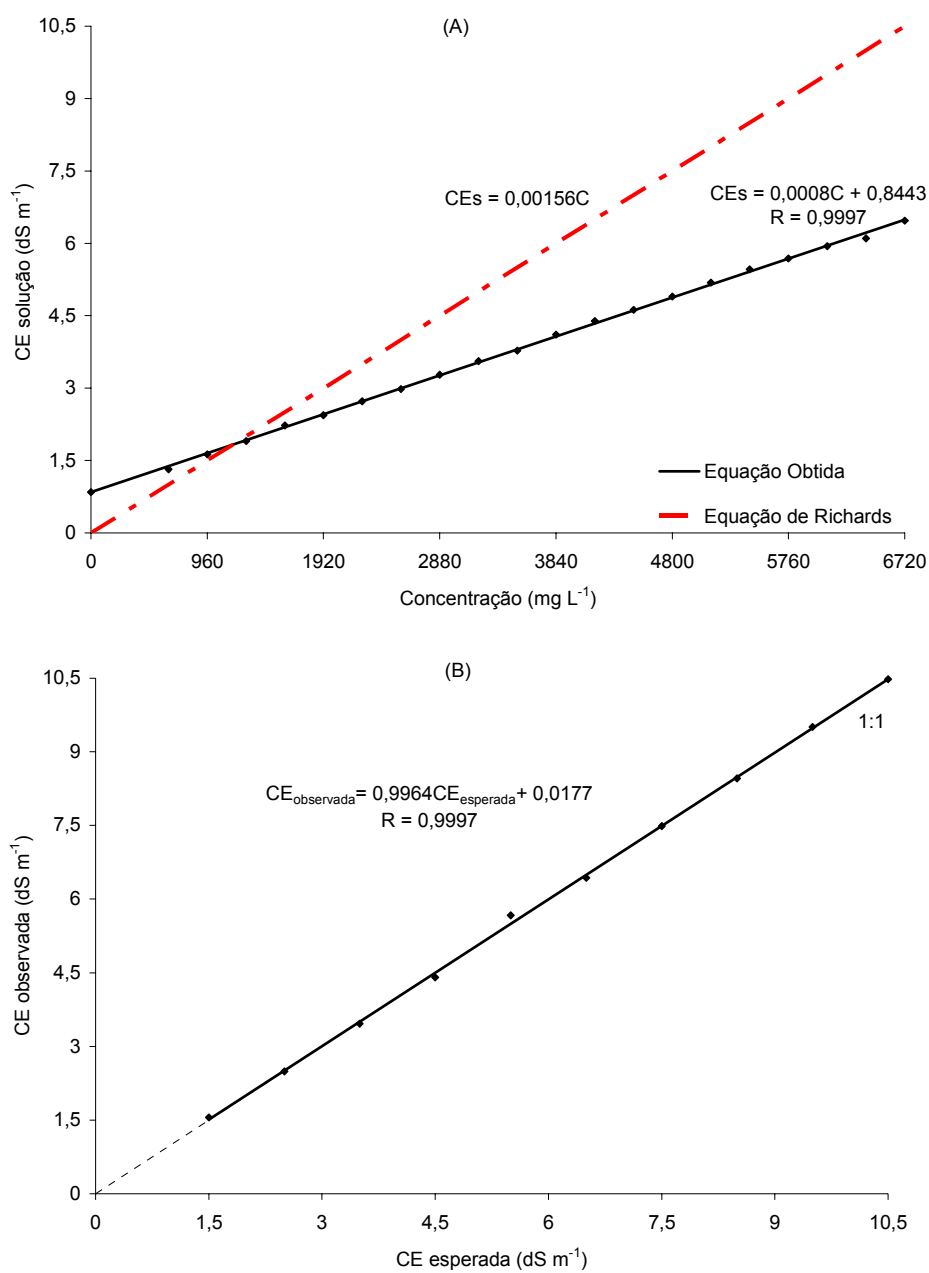


Figura 10 - Relação entre a concentração das soluções de fertilizantes e a condutividade elétrica das soluções utilizadas (A) e entre a CEes esperada e a CEes obtida após a adição dos fertilizantes (B)

A relação entre as concentrações de fertilizantes aplicados no solo via água de irrigação e a condutividade elétrica da solução do solo pode ser observada na Figura 11. Verifica-se uma boa estimativa entre a concentração de sais e a CE_{es} do solo estudado.

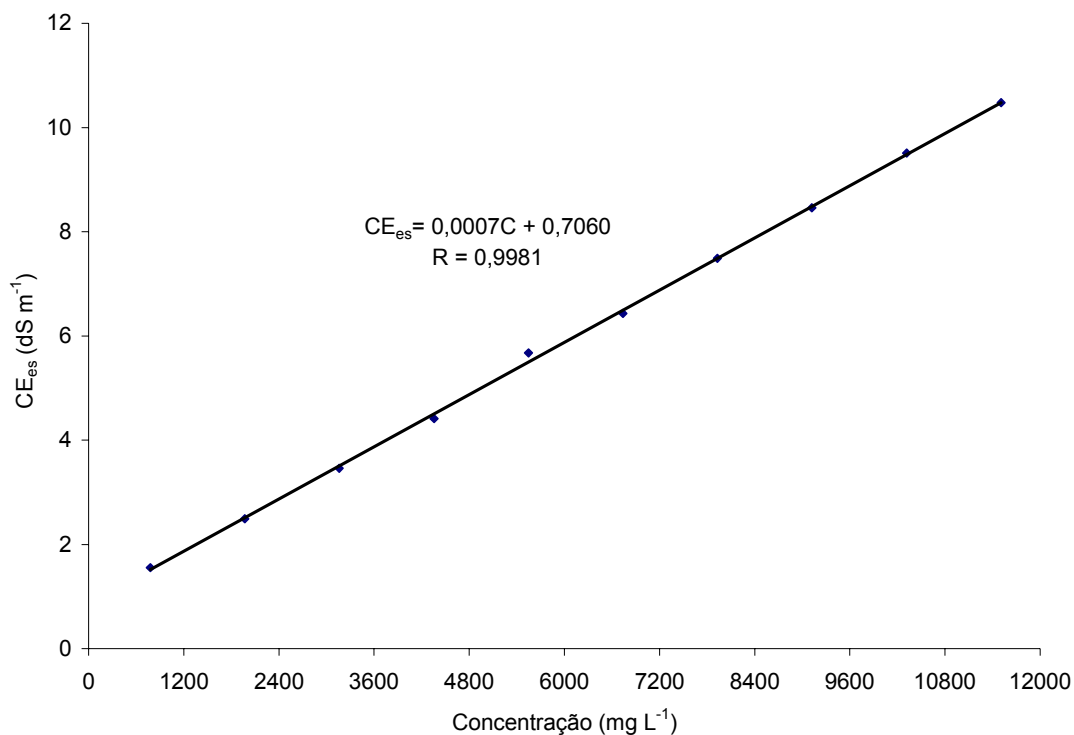


Figura 11 - Curva de salinização artificial (relação entre a concentração de fertilizantes aplicada via água de irrigação e a CEes)

2.3.2 Experimento II

2.3.2.1 Salinização artificial do solo

Realizou-se a salinização do solo com base nos resultados obtidos no primeiro experimento, e obteve-se uma correlação entre os valores de 0,9995 (Figura 12), possibilitando um bom resultado do processo de salinização. As demais aplicações de soluções ao solo, foram realizadas com o objetivo apenas de manter os níveis iniciais de salinidade para o manejo dois; usou-se com essa finalidade a fórmula de mistura de soluções, a qual apresentou um bom desempenho.

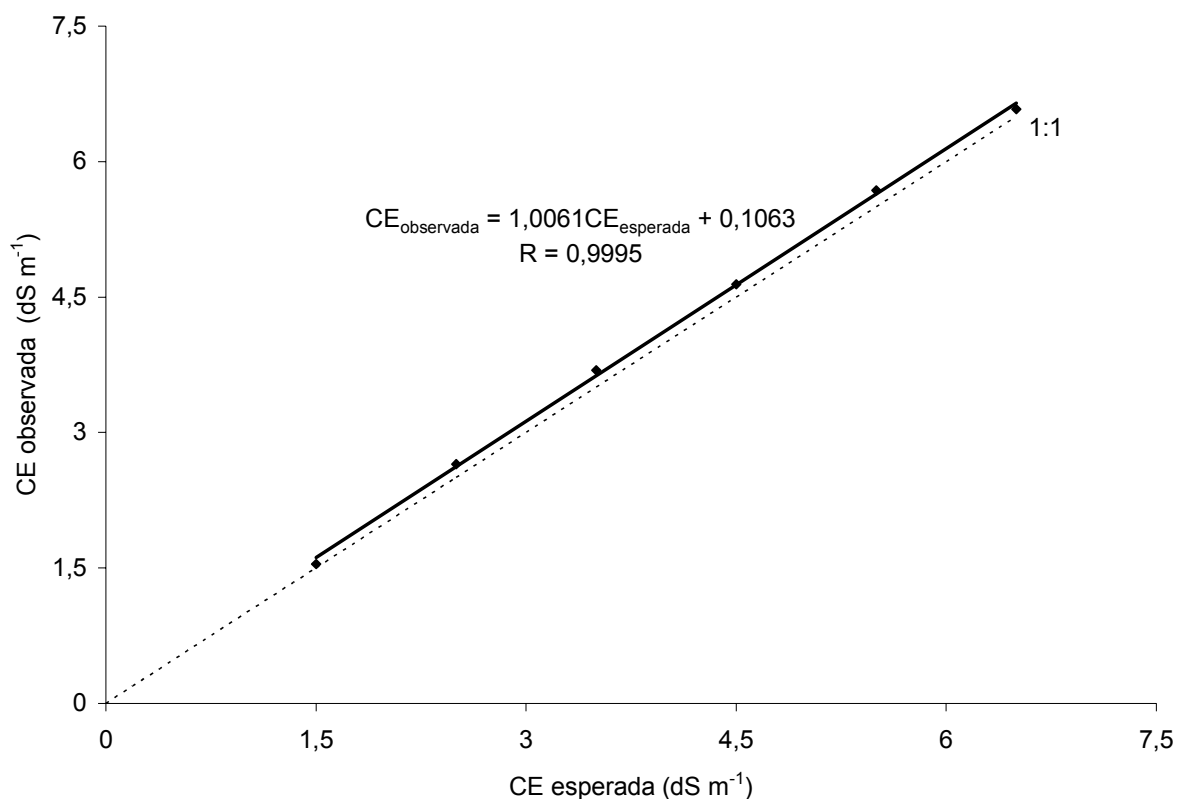


Figura 12 - Relação entre a CEes esperada e a CEes observada

2.3.2.2 Caracterização climática

Analisando-se os dados de temperatura e umidade, os quais foram acompanhados durante todo o ciclo da cultura, pode-se observar que a temperatura média do ar no interior da casa de vegetação foi de 21,0 °C e 26,2 °C no primeiro e segundo ciclo respectivamente (Figura 13). As mínimas atingidas ficaram entre 9 °C e 19 °C e as máximas variaram de 20 °C a 38 °C, resultando em uma diferença de 15 °C do dia para a noite durante o primeiro ciclo. Já no segundo ciclo as mínimas variaram entre 16 °C e 23 °C e as máximas entre 26 °C e 38 °C, ocasionando uma variação entre o dia e a noite de 12,5 °C. De acordo com Alvarenga (2004) a faixa considerada suportável para o desenvolvimento e produção do tomateiro é de 10 a 34 °C. Lopes e Stripari (1998) recomendam a observação da diferença de temperatura do dia e da

noite, pois ocorre um melhor crescimento quando a temperatura do dia está em torno de 26 °C e a da noite entre 16 a 20 °C, ou seja tendo uma diferença de 6 a 10 °C.

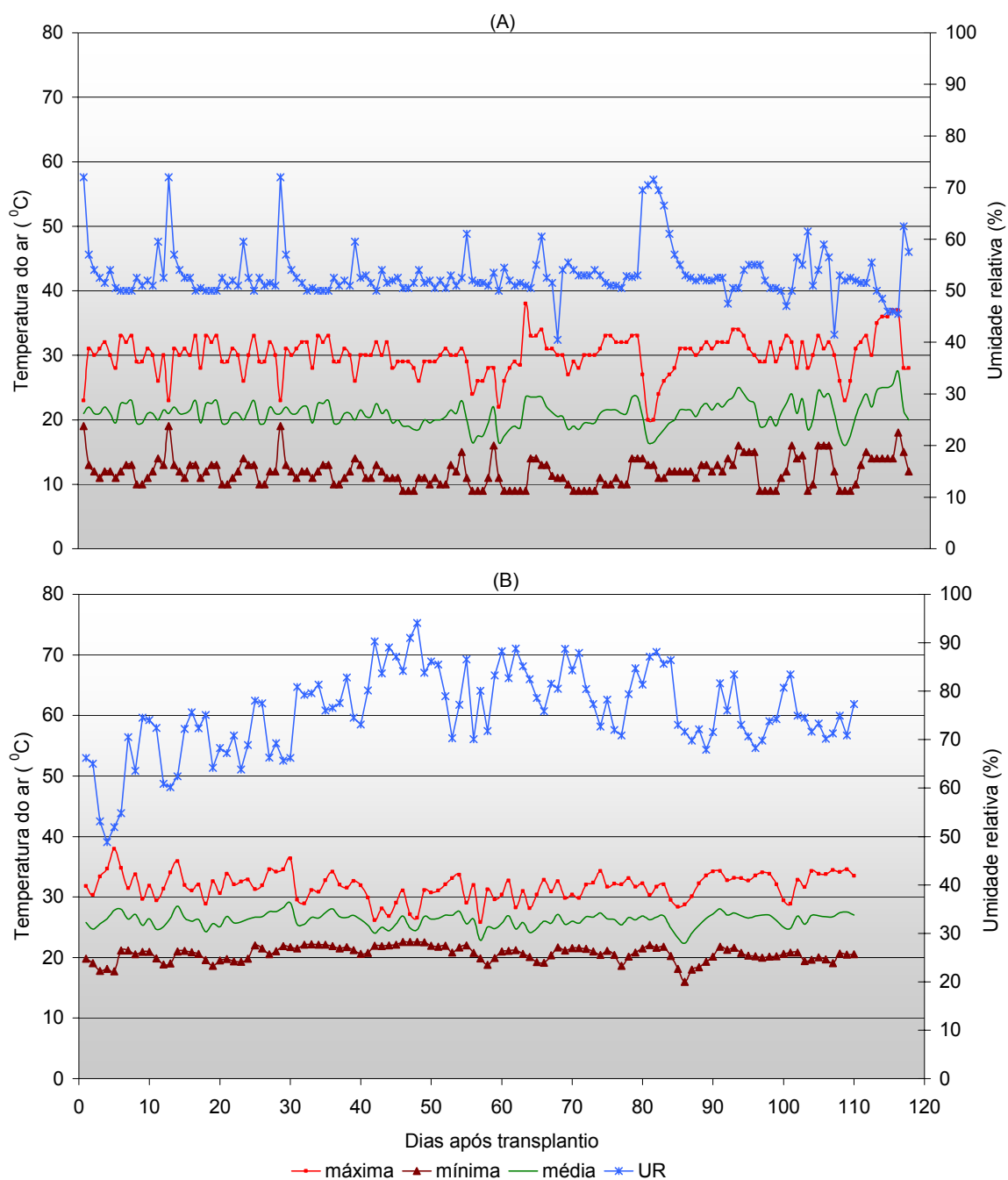


Figura 13 - Variação de temperaturas do ar (máxima, mínima e média) e umidade relativa no interior da casa de vegetação durante o primeiro ciclo da cultura (A) e durante o segundo ciclo (B)

Com relação à umidade relativa do ar, os seus valores máximo, mínimo e médio podem também ser observados na Figura 13. A umidade relativa média no primeiro ciclo foi de 53,3 %, este valor encontra-se na faixa de 50 a 70 %, considerada adequada para o desenvolvimento do tomateiro em ambiente protegido (LOPES; STRIPARI, 1998), pois nestas condições, ocorre redução dos problemas fitossanitários e aumento da produtividade (MAKISHIMA; CARRIJO, 1998). Durante o segundo ciclo, a umidade relativa média foi de 75,7 %, um pouco acima da faixa considerada adequada.

2.3.2.3 Evolução da salinidade do solo

Observa-se na Figura 14A os valores da condutividade elétrica da solução extraída nas cápsulas porosas instaladas a 15 cm de profundidade, ao longo dos dois ciclos da cultura para o manejo 1. Verificou-se um incremento nos níveis de salinidade do solo para os tratamentos S1, S2 e S3 e uma redução da salinidade entre os níveis mais elevados (S4, S5 e S6), com uma tendência ao equilíbrio no final. De acordo com Dias (2004), a tendência ao equilíbrio dos sais pode ser explicada pelo fato de que apenas parte dos sais incorporados através da fertirrigação ficam no solo, pois parte é absorvida pela planta, ou ainda, tornar-se insolúvel mediante a precipitação, quer por reações químicas ou por atingir limites de solubilidade na solução do solo. Também pode ocorrer o fato de uma pequena quantidade ser eliminada por percolação, por meio da aplicação não intencional de eventuais lâminas de irrigações excessivas.

Para o manejo com base na manutenção dos níveis de condutividade elétrica (Figura 14B), observa-se uma pequena variação nos valores da salinidade, indicando a eficiência do monitoramento e da correção da condutividade elétrica do solo. Esse resultado está de acordo com o obtido por Silva (2002), o qual comenta que a salinidade do solo pode ser controlada a partir do conhecimento da salinidade do solo ao longo do ciclo da cultura e da correção das quantidades aplicadas de fertilizantes.

Quando o manejo inadequado da fertirrigação ocasiona problemas de salinidade com redução da produção da cultura, o monitoramento da condutividade elétrica torna-se uma ferramenta para controlar a evolução da salinidade do solo e para corrigir as

quantidades de fertilizantes aplicadas, antes de se aplicar alguma outra alternativa (PADILLA, 1998).

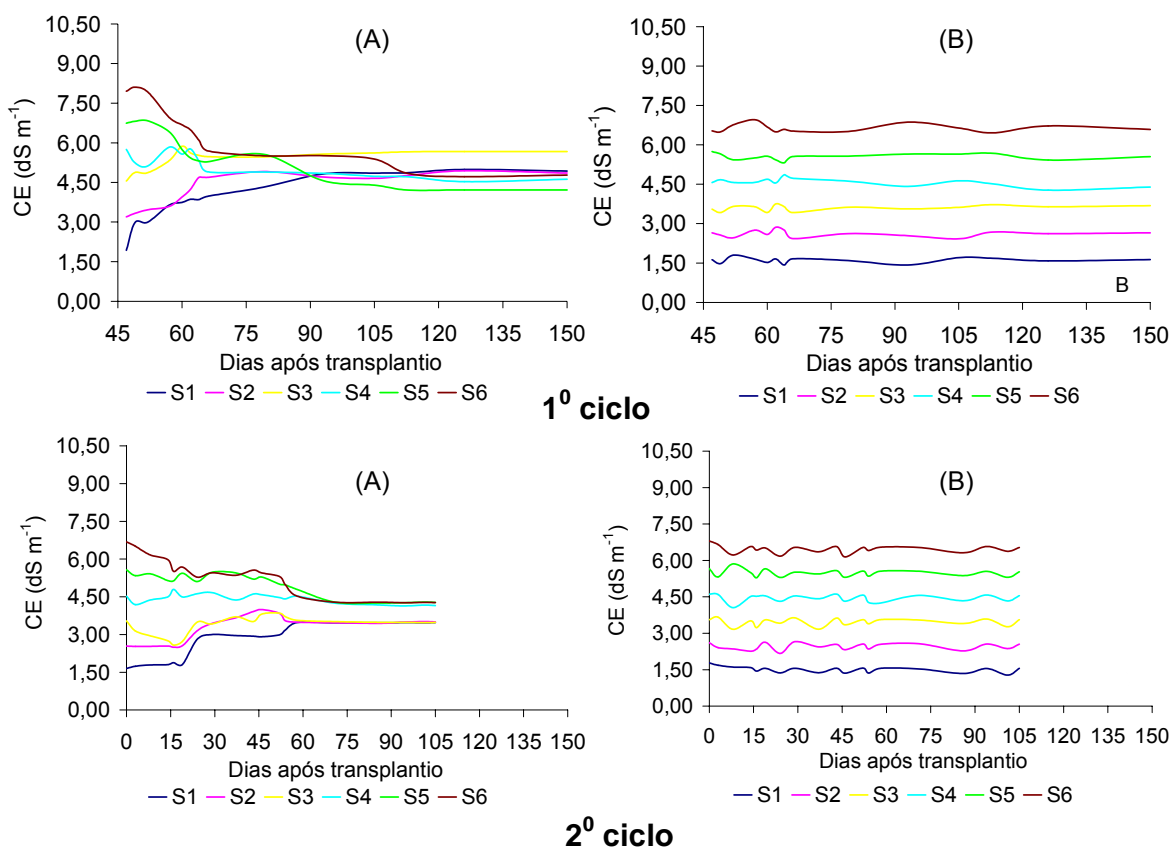


Figura 14 - Evolução da salinidade ao longo do ciclo do tomate para o manejo 1 (A) e manejo 2 (B)

2.3.2.4 Desenvolvimento da cultura (Altura da planta)

No primeiro ciclo realizou-se a salinização do solo aos 30 dias após transplantio (DAT). O resultado da análise de variância demonstrou que as concentrações de sais influenciaram significativamente ($p < 0,01$) o crescimento das plantas após a salinização até os 45 DAT (Tabela 10). Constata-se na Figura 15 o efeito linear decrescente, cujo modelo estimado permite afirmar-se, teoricamente, que o decréscimo na altura de plantas foi da ordem de 1,77 e 1,49 cm por aumento unitário na condutividade elétrica aos 35 e 45 DAT respectivamente.

Observou-se uma redução nas alturas causadas pelos tratamentos de 3; 3; 4; 7 e 10% aos 35 DAT e 0,15; 4; 5; 6 e 7% aos 45 DAT, para os níveis de condutividade elétrica (1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹). A redução na altura das plantas registra o comportamento da sensibilidade do tomateiro, mesmo após o estabelecimento da cultura a elevação dos níveis de salinidade, confirmando o comportamento salino da cultura frente ao ambiente salino apresentado por Doorenbos e Kassam (1994) e Ayers e Westcot (1991), para uso de água salina e também para a salinidade provocada pela fertirrigação.

Tabela 10 - Resultados da análise de variância (quadrados médios) referentes à altura de plantas ao longo do ciclo do tomate, submetido a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação durante o primeiro ciclo

Fator	Dias após transplântio			
	35	45	60	72
Bloco	240,44 ^{ns}	335,46 ^{ns}	421,89 ^{ns}	- ^{ns}
Salinidade (S)	147,73 ^{**}	213,93 ^{**}	222,87 ^{ns}	- ^{ns}
Manejo (M)	0,95 ^{ns}	122,45 ^{ns}	31,15 ^{ns}	- ^{ns}
S x M	12,28 ^{ns}	123,23 ^{ns}	332,01 ^{ns}	- ^{ns}
CV (%)	7,97	7,96	11,27	- ^{ns}

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

^{**} Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Nota: Sinal convencional utilizado:

- Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

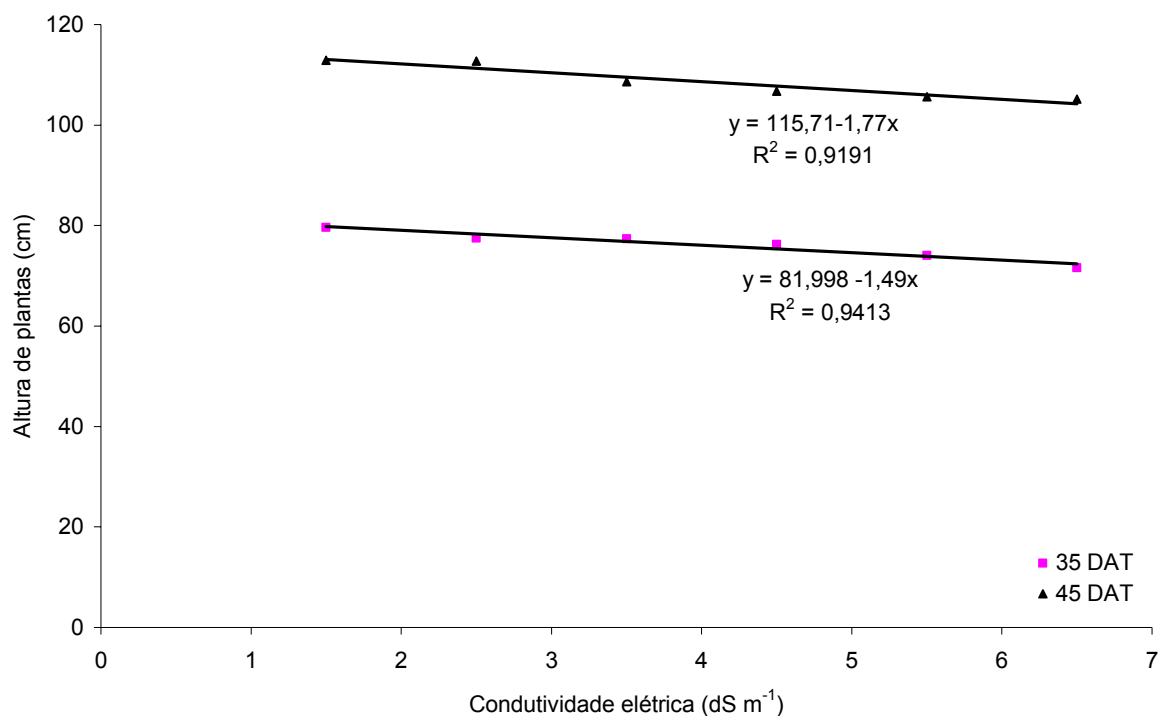


Figura 15 - Altura de planta em função dos níveis de salinidade na água de irrigação proporcionada pela adição de fertilizantes durante o primeiro ciclo de cultivo

Segundo a análise de variância para o segundo ciclo da cultura (Tabela 11), as concentrações de sais na água de irrigação influenciaram significativamente os resultados da variável altura até os 28 dias após o transplântio (DAT), a partir do qual não se verificou diferenças no desenvolvimento da cultura.

De acordo com Dias (2004), dentre as fases do ciclo de diversas culturas, a germinação e o desenvolvimento inicial são as mais sensíveis aos efeitos da salinidade e sua toxicidade. Já Oliveira et al. (2007), utilizando água de característica salina, em diferentes diluições com água de chuva, para o cultivo de tomate em ambiente protegido, verificaram que os níveis de sais na água de irrigação reduziram, de forma significativa, a altura de plantas ao longo de todo o ciclo da cultura, divergindo do observado com a salinização provocada pelo uso de fertilizantes nas condições estudadas.

Tabela 11 - Resultados da análise de variância (quadrados médios) referentes à altura de plantas ao longo do ciclo do tomate, submetido a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação durante o segundo ciclo

Fator	Dias após transplantio							
	7	21	28	36	46	52	63	70
Bloco	4,83 ^{ns}	10,29 ^{ns}	22,27 ^{ns}	419,83*	118,53 ^{ns}	189,14 ^{ns}	161,36 ^{ns}	- ^{ns}
Salinidade (S)	42,28**	50,53**	117,77**	139,83 ^{ns}	76,43 ^{ns}	66,13 ^{ns}	131,36 ^{ns}	- ^{ns}
Manejo (M)	1,25 ^{ns}	0,68 ^{ns}	22,22 ^{ns}	260,68 ^{ns}	107,55 ^{ns}	65,74 ^{ns}	0,98 ^{ns}	- ^{ns}
S x M	5,79*	13,21 ^{ns}	24,42 ^{ns}	48,25 ^{ns}	25,49 ^{ns}	91,52 ^{ns}	73,53 ^{ns}	- ^{ns}
CV (%)	6,55	6,99	7,60	12,54	7,83	8,81	7,20	- ^{ns}

^{ns} Não significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

** Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

** Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

Nota: Sinal convencional utilizado:

- Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

A Figura 16 apresenta os resultados da altura de plantas para o segundo ciclo, concluindo-se por meio de análise de regressão ($p < 0,01$) que o efeito foi linear decrescente. O modelo estimado permite afirmar-se, que o decréscimo na altura das plantas foi da ordem de 0,9417; 1,0595 e 1,6143 cm respectivamente para 7, 21 e 28 DAT, por aumento unitário na condutividade elétrica. Essa redução, na altura das plantas, mostra o comportamento da sensibilidade do tomateiro aos níveis de salinidade provocados pela adição de fertilizantes na água de irrigação, durante sua fase inicial de crescimento.

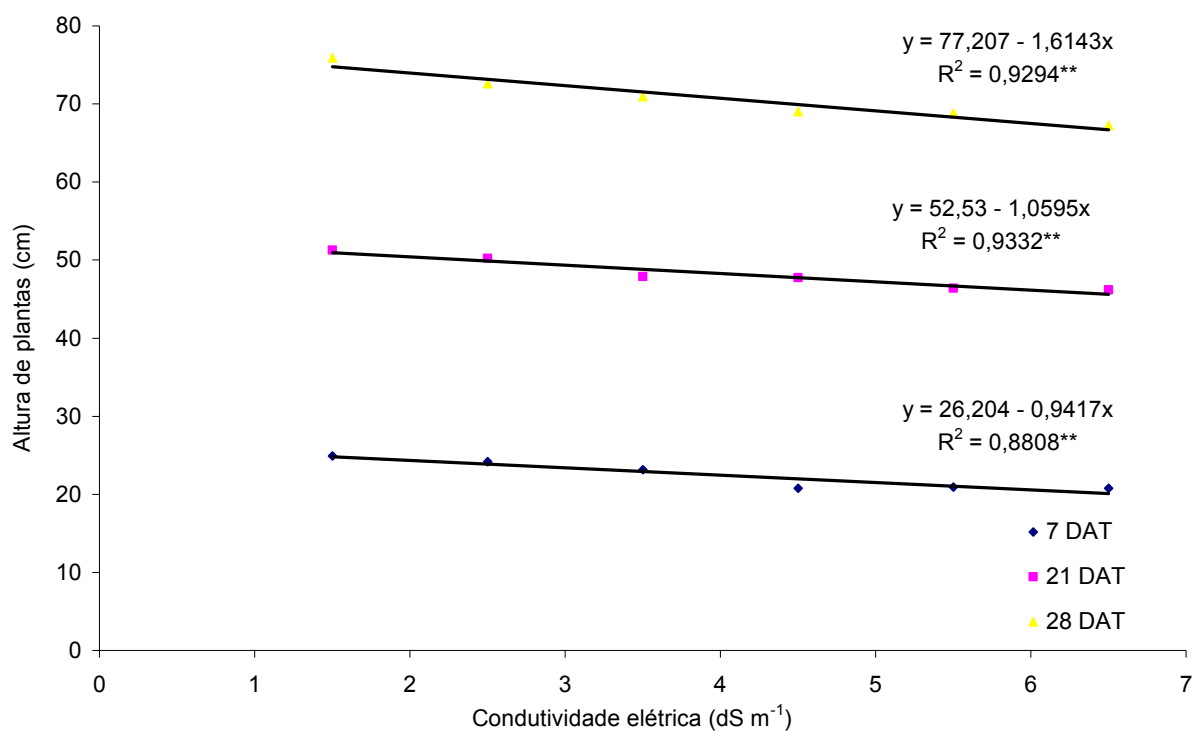


Figura 16 - Altura de planta em função dos níveis de salinidade na água de irrigação proporcionada pela adição de fertilizantes durante o segundo ciclo de cultivo

Verificou-se que os diferentes níveis de salinidade no solo não exerceram influência no ritmo de crescimento das plantas em ambos os ciclos de cultivo da cultura, pois não foram observadas variações representativas em relação a essa variável (Figura 17). O crescimento comportou-se de forma linear ao longo do tempo até a realização da poda apical; percebeu-se que o aumento do tempo (dias) implicou em aumento na altura das plantas de tomate, iniciando-se a partir dos 15 DAT (dias após transplante) até 72 DAT para o primeiro ciclo e até os 70 DAT para o segundo ciclo, quando as plantas atingiram 1,80 m de altura e foram podadas.

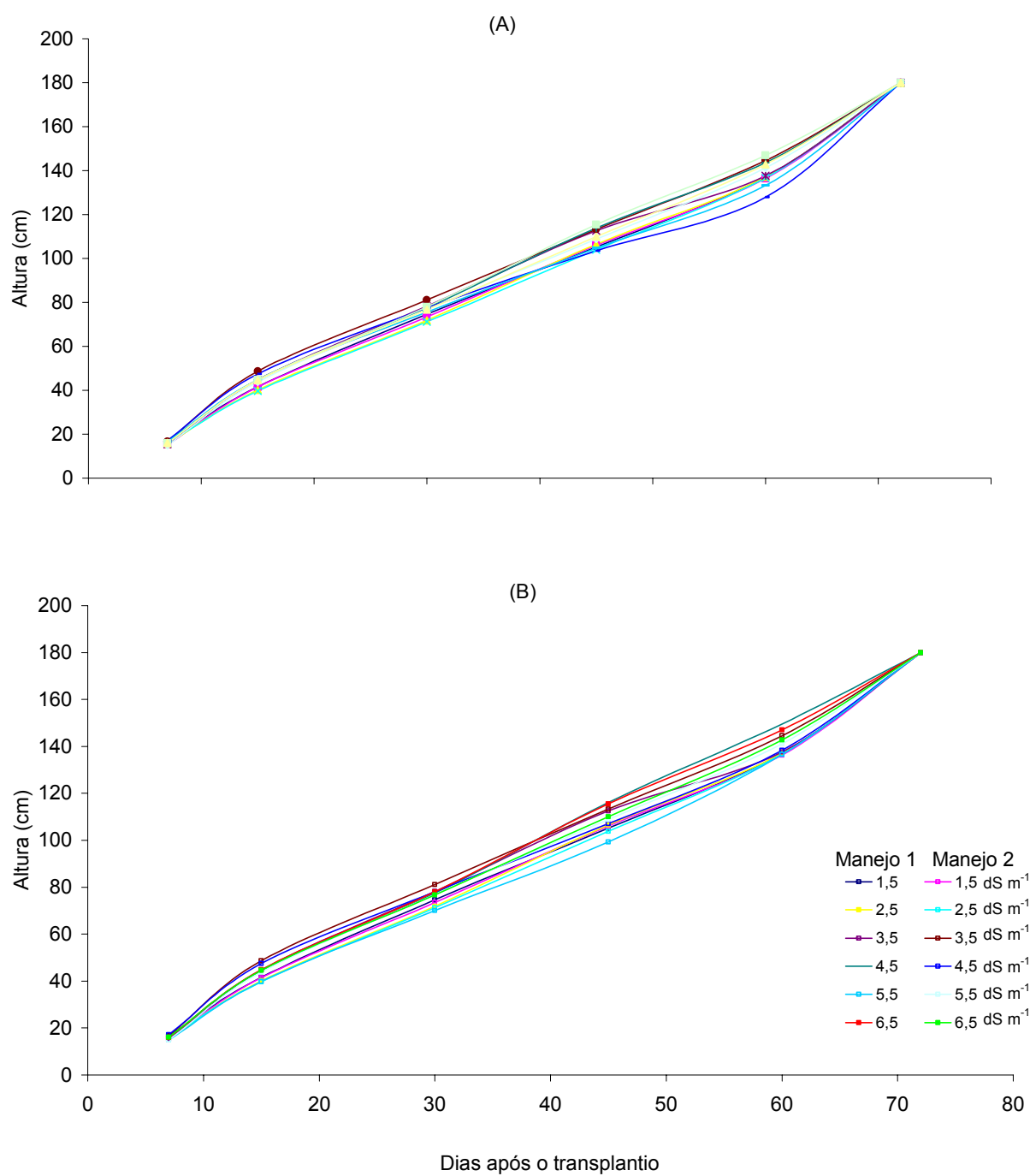


Figura 17 - Altura média de plantas durante o primeiro ciclo da cultura (A) e o segundo ciclo da cultura (B), para os diferentes níveis de condutividade elétrica da solução do solo

2.3.2.5 Área foliar

A relação entre a área foliar medida através do integrador de área foliar e o produto comprimento (C) e largura (L) das folhas do tomateiro foram ajustadas a uma função linear, a qual apresentou r^2 de 0,9873 (Figura 18).

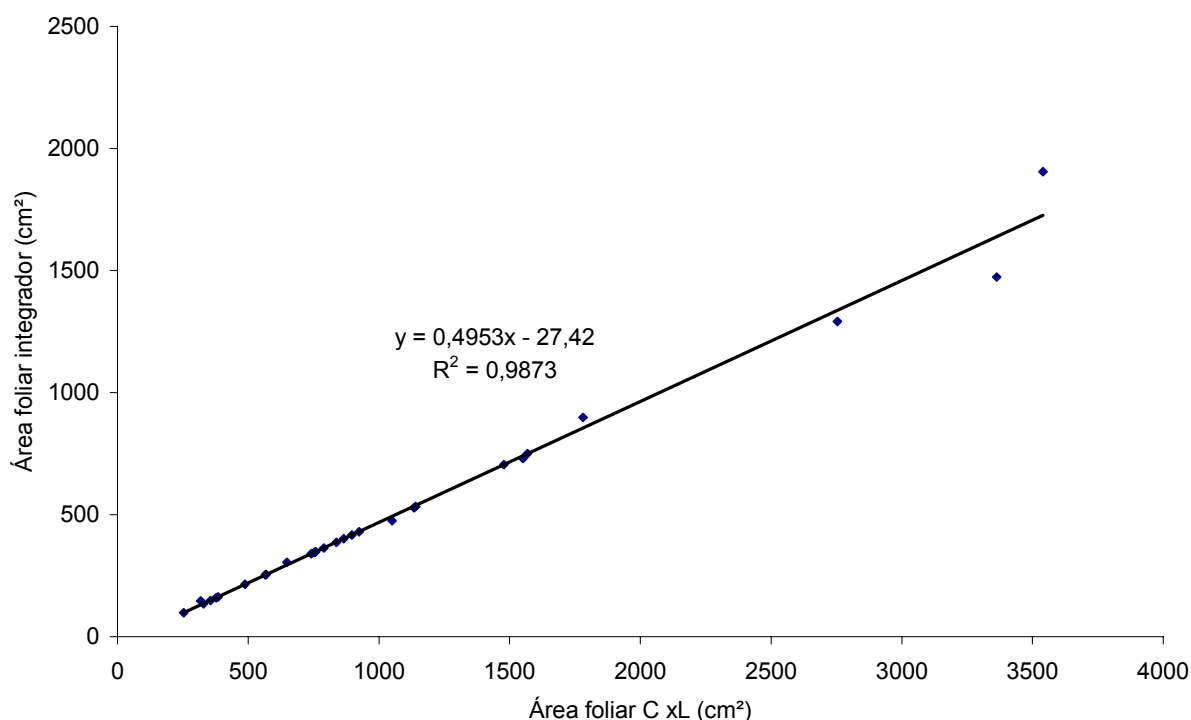


Figura 18 - Relação entre a área foliar medida pelo integrador de área foliar e o produto do comprimento pela largura de trinta folhas do tomateiro

A área foliar por planta cresceu continuamente para os dois tipos de manejo até ao nível de condutividade elétrica de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 19), a partir do qual inicia-se um leve declínio. O aumento do índice de área foliar até certo nível de salinidade pode ser consequência da elevação dos níveis de nutrientes aplicados ao solo. O manejo um, apresentou superioridade no índice de área foliar quando comparado ao manejo dois, porém vale ressaltar que apresentaram comportamento semelhantes, ou seja, foram afetados igualmente pelos níveis de salinidade. O incremento da concentração salina no solo, acima do limite tolerado pela cultura, pode diminuir progressivamente o seu

percentual de crescimento (MASS; HOFFMAN, 1977). Rocha et al. (2000) avaliando o comportamento do melão submetido a condições de salinidade, observaram que a área foliar apresentou um decréscimo progressivo com o aumento da salinidade na água de irrigação.

Para Richards (1974), o efeito osmótico reduz a disponibilidade de água para a planta e compete para a adaptação ao estresse hídrico, com redução progressiva da superfície transpiratória, segundo os níveis de sais usados nos tratamentos. Oliveira et al. (2007), analisando a área foliar do tomateiro submetido a diferentes níveis de sais, na água de irrigação, observaram que a área foliar decresceu com o aumento de sais na água de irrigação, resultado que difere do obtido com a salinidade provocada pela fertirrigação no presente estudo.

O fator de redução de área foliar também pode estar associado à redução no consumo hídrico pela cultura com o aumento dos níveis de salinidade. De acordo com Binzel et al. (1985) a queda no índice de área foliar pode representar a inabilidade das plantas para discriminar entre o estresse salino e hídrico, não utilizando um mecanismo de adaptação (GREENWAY; MUNNS, 1980).

Fageria (1989) comenta que as adaptações morfológicas mais comuns as plantas em condições de estresse salino e hídrico são o decréscimo no número de folhas e tamanho, como forma de diminuir a perda de água por transpiração (MASS; NIEMAN, 1978). De acordo com Hernandez (1995), a lâmina de irrigação inferior à necessidade hídrica da cultura ocasiona estresse hídrico à planta, afetando o número e tamanho das folhas e área foliar total.

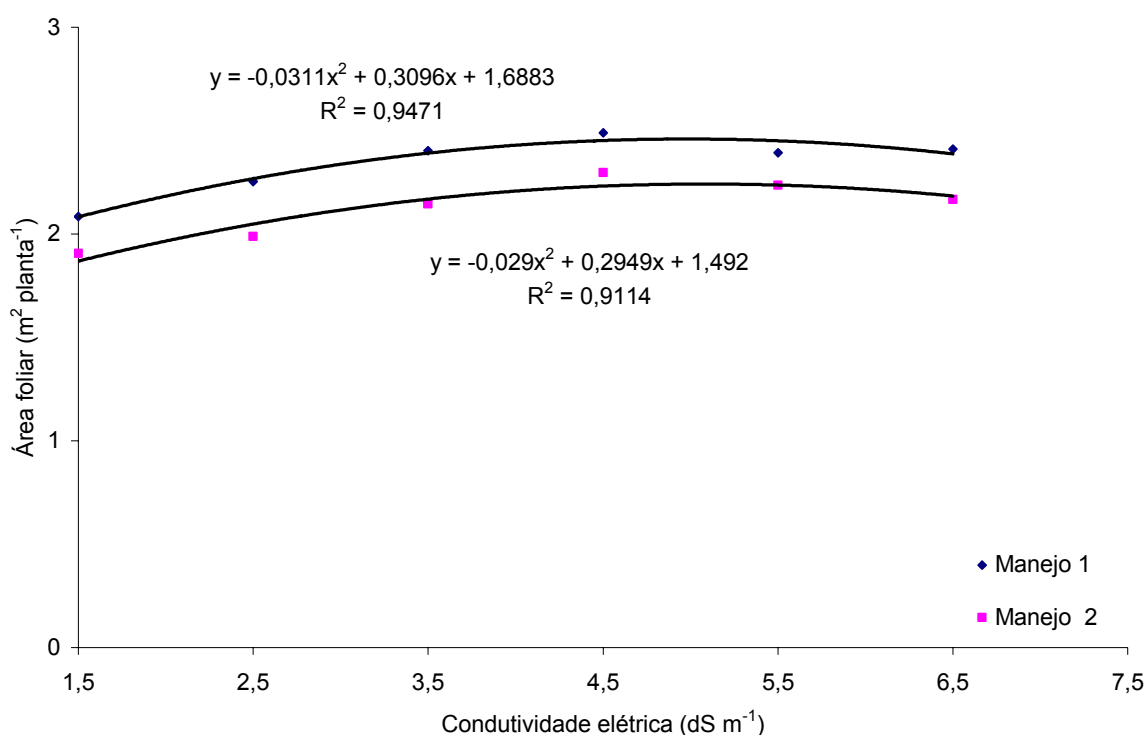


Figura 19 - Área foliar do tomateiro em função da condutividade elétrica do solo durante o segundo ciclo

2.3.2.6 Parâmetros de produção

Com relação à produção e ao número de frutos total e comercial obtida em resposta aos diferentes níveis de salinidade e manejo, a análise de variância (Tabelas 12 e 13) indicam que os diferentes níveis de salinidade influenciaram significativamente, os resultados obtidos em ambos os ciclos de cultivo. Não houve interação entre o manejo e os níveis de salinidade, evidenciando que o êxito que cada tratamento obteve não foi influenciado pelo manejo.

As produções máximas obtidas durante os dois ciclos de cultivo da cultura, total e comercial, foram, respectivamente, igual a 2,96 kg planta⁻¹ e 2,87 kg planta⁻¹ no primeiro e 2,06 kg planta⁻¹ e 1,85 kg planta⁻¹ no segundo, que corresponde respectivamente a 59,20 Mg ha⁻¹ e 57,40 Mg ha⁻¹ e 41,20 Mg ha⁻¹ e 37,00 Mg ha⁻¹. A produção obtida no primeiro ciclo está de acordo com a produtividade média do país, a qual é de 56,69 Mg ha⁻¹ (FNP, 2006). Já no segundo ciclo, a produção foi inferior aos

valores médios da cultura, o que pode está associado às condições climáticas do período, pois nesse período a umidade e a temperatura encontravam-se um pouco acima do adequado para a cultura e, possivelmente, afetaram a produtividade de forma negativa (FELTRIN, 2001).

Tabela 12 - Resultados da análise de variância (quadrados médios) referentes ao peso do fruto do tomateiro submetido a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação para o primeiro ciclo

Fator	Produção		Número de frutos	
	Total	Comercial	Total	Comercial
Bloco	22.712,88 ^{ns}	32.957,40 ^{ns}	45,83 ^{ns}	27,67 ^{ns}
Salinidade (S)	839.458,14 ^{**}	1029653,61 ^{**}	52,68 ^{**}	34,63 ^{**}
Manejo (M)	1.027.842,41 ^{ns}	703746,020 ^{ns}	16,33 ^{ns}	0,33 ^{ns}
S x M	341.119,13 ^{ns}	286497,05 ^{ns}	46,78 ^{ns}	40,53 ^{ns}
CV (%)	12,17	12,12	5,81	6,44

^{ns} Não significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

^{**} Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Tabela 13 - Resultados da análise de variância (quadrados médios) referentes ao peso do fruto do tomateiro submetido a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação para o segundo ciclo

Fator	Produção		Número de frutos	
	Total	Comercial	Total	Comercial
Bloco	26.189,33 ^{ns}	7.666,46 ^{ns}	17,56 ^{ns}	22,19 ^{ns}
Salinidade (S)	858.262,41 ^{**}	803.183,51 ^{**}	58,95 [*]	93,27 [*]
Manejo (M)	143.807,46 ^{ns}	107.406,00 ^{ns}	154,08 ^{ns}	157,69 ^{ns}
S x M	68.760,32 ^{ns}	107.158,80 ^{ns}	24,43 ^{ns}	33,94 ^{ns}
CV (%)	18,15	20,18	13,51	18,43

^{ns} Não significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

^{*} Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

^{**} Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

O aumento dos níveis de salinidade promoveu a redução da produtividade, ocasionando um decréscimo acentuado para os níveis mais elevados de condutividade elétrica. Segundo Maas e Hoffman (1977), a tolerância de várias culturas à salinidade é convencionalmente expressa em termos de rendimento relativo. A produção máxima do tomateiro, correspondente a 100% da produção relativa no primeiro ciclo e segundo ciclo respectivamente, foi de 2,96 kg planta⁻¹ e 2,06 kg planta⁻¹. Aplicando-se a regressão segmentada aos dados de produção relativa (Figura 20), verificou-se que a salinidade limiar (SL) do tomate cultivar Débora Plus, foi de 2,98 dS m⁻¹ e 3,03 dS m⁻¹ respectivamente. Para valores de condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) acima de 2,98 dS m⁻¹, relativo ao primeiro ciclo, a produção relativa decresceu 9,39% por aumento unitário, e para o segundo ciclo, a redução foi de 10,95% por aumento unitário da CE_{es}.

Comparando esses resultados com os encontrados por Ayers e Westcot (1991) e Rhoades et al. (1992) que encontraram para o tomateiro valor de salinidade limiar, expresso em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação, de 2,5 dS m⁻¹ com decréscimo relativo de produtividade por unidade de CE_{es} para a cultura de 9,0 %, sendo o valor encontrado por esses autores relativo ao uso de água salina, observa-se, nas condições estudadas, uma maior tolerância da cultura a salinidade provocada pelo uso da fertirrigação.

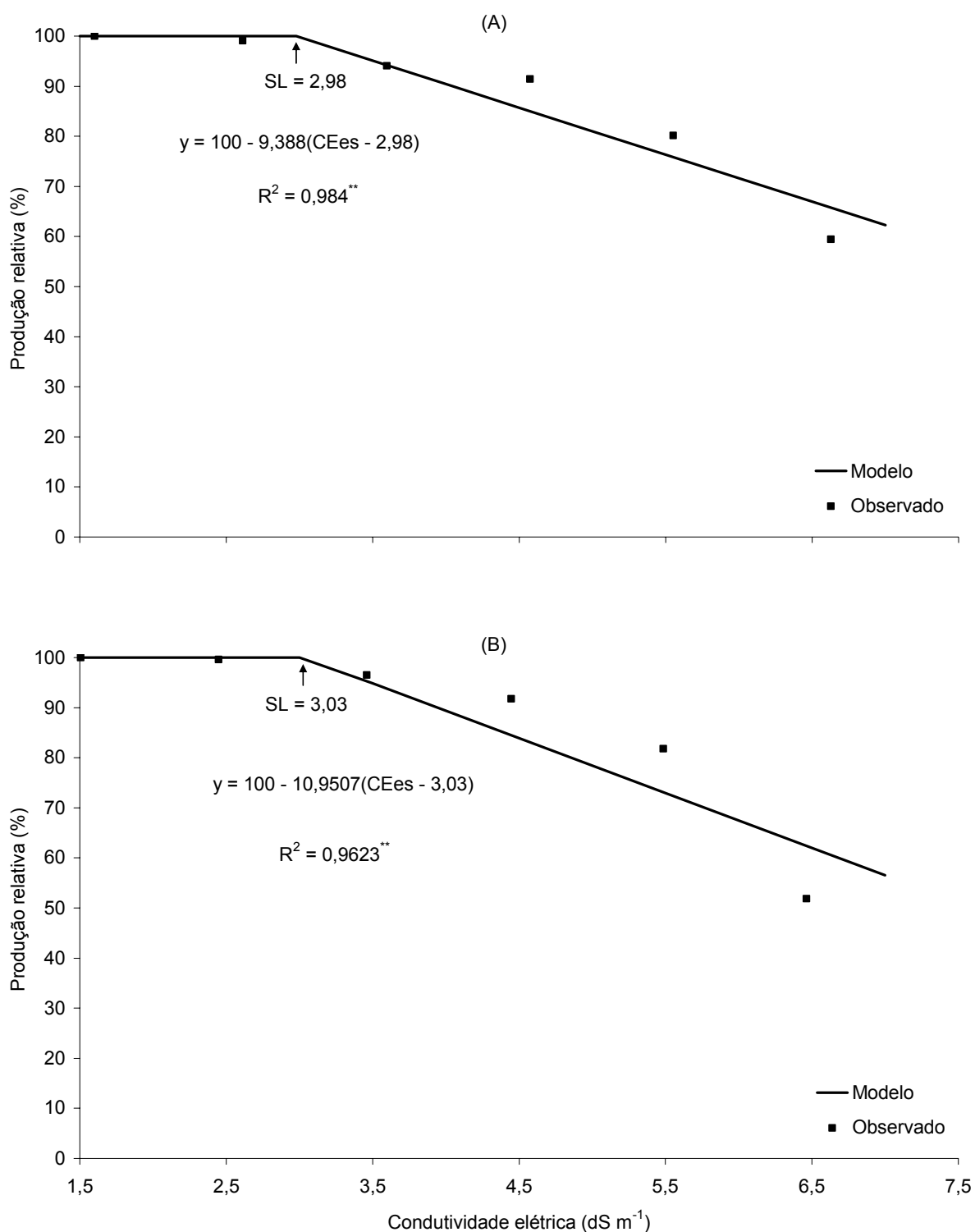


Figura 20 - Produção relativa do tomateiro em função dos níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo proporcionada pela adição de fertilizantes para o primeiro (A) e segundo (B) ciclos

O tomateiro é classificado como uma cultura moderadamente sensível à salinidade em relação ao uso de águas salinas (AYERS; WESTCOT, 1991), porém verificou-se que em relação à salinidade provocada pelo uso dos fertilizantes, a cultura pode ser classificada como moderadamente tolerante à salinidade, nas condições estudadas. A mudança da classificação pode ter ocorrido devido às diferenças das condições locais de onde os trabalhos foram desenvolvidos, bem como pelo sistema e manejo da irrigação adotado. De acordo com Rhoades et al. (1992), a irrigação por gotejamento reduz os efeitos da salinidade a cultura, pois os sais tendem a ser transportados para a periferia do bulbo úmido. A menor redução no rendimento do tomateiro em relação ao encontrado por Ayers e Westcot (1991) e Rhoades et al. (1992) pode também ser atribuída aos tipos de sais utilizados.

Observa-se, por meio de análise de regressão, um decréscimo linear no número de frutos com o aumento da condutividade elétrica para ambos os ciclos da cultura. O modelo estimado permite afirmar-se que o decréscimo no número de frutos total e comercial respectivamente foi da ordem de 1,2857 e 1,0571 frutos para o primeiro ciclo e no segundo de 1,4357 e 1,6366 frutos, por aumento unitário na condutividade elétrica (Figura 21).

Verifica-se, portanto, que o incremento aos níveis de condutividade elétrica ocasionou redução em todos os parâmetros de produção avaliados, havendo necessidade de se monitorar a salinidade para o cultivo de tomate, usando como referência para esse controle, o valor de salinidade limiar determinado.

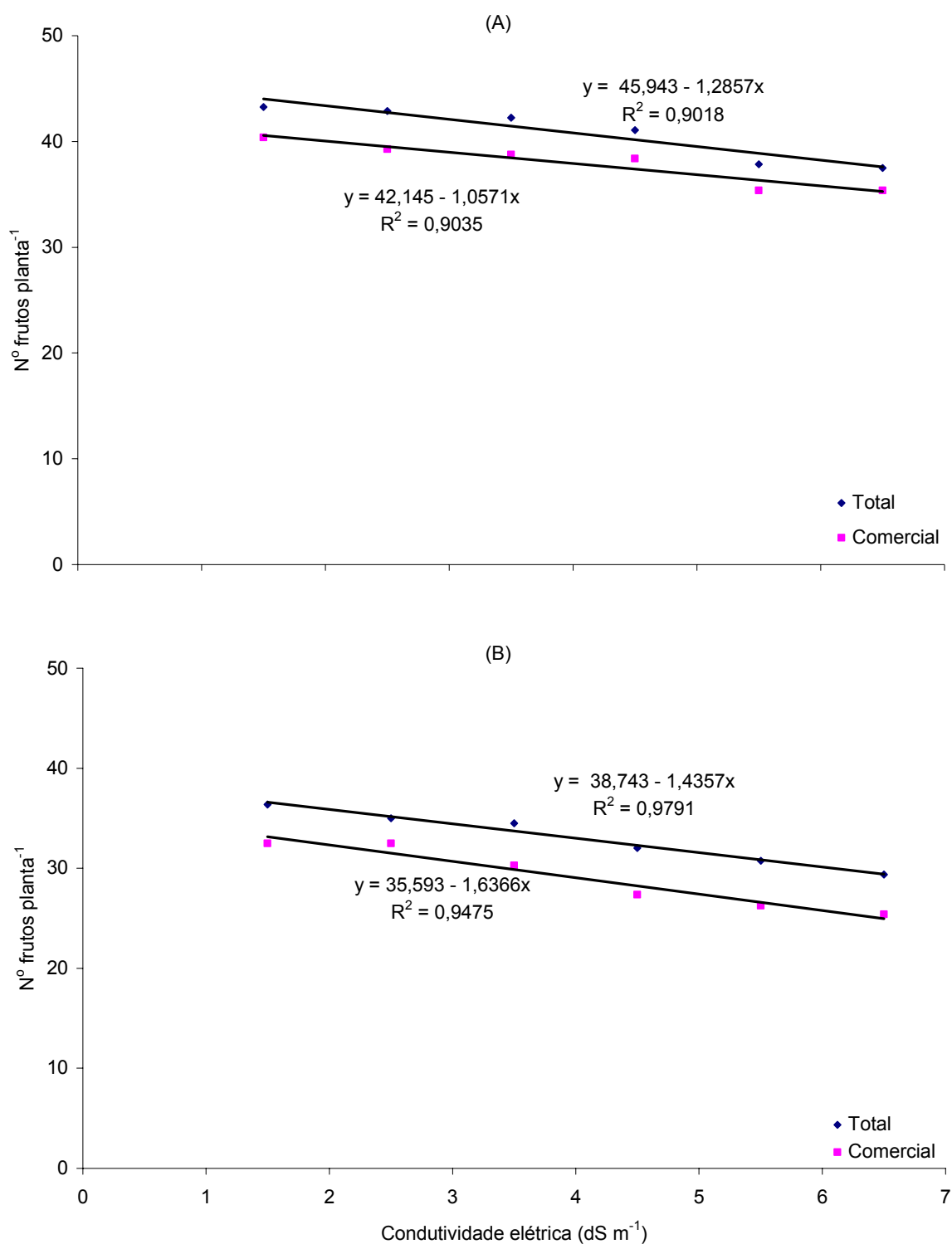


Figura 21 - Número de frutos total e comercial em resposta aos diferentes níveis de condutividade elétrica para o primeiro (A) e segundo ciclo (B) de cultivo

2.3.2.7 Qualidade dos frutos

A crescente demanda por cultivares produtiva e com frutos apresentando maior vida de prateleira, tem ocasionado queda na qualidade dos frutos de tomate. Davis e Maw (1972) citam que a qualidade do tomate, condicionada pelo sabor tem sido medida pela proporção adequada entre açúcares e redutores (glicose e frutose) e ácidos livres. Segundo Mencarelli e Saltveit Jr. (1988), frutos de alta qualidade são caracterizados por conter mais do que 0,32% de acidez total titulavel (ATT) e 3% de sólidos solúveis (SST).

Os valores de vitamina C e teor de sólido solúvel total (SST) apresentaram diferenças significativas para o fator salinidade. Porém, mesmo apresentando valores significantes estatisticamente, o teor de SST encontra-se dentro da faixa adequada para o fruto de tomate. O valor médio normalmente encontrado para o teor de SST dos frutos de tomate situa-se na faixa de 4 a 6 (MITCHELL et al., 1991). Para as variáveis pH e acidez titulavel não foram verificadas diferenças significativas (Tabela 14).

Tabela 14 - Resultados da análise de variância (quadrados médios) referentes à qualidade do fruto do tomateiro submetido a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação durante o segundo ciclo

Fator	Vitamina C	SST	pH	Acidez titulavel
Bloco	1,37 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Salinidade (S)	20,52 [*]	0,57 ^{**}	0,013 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Manejo (M)	0,75 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,005 ^{ns}
S x M	10,50 ^{ns}	0,54 ^{**}	0,010 ^{ns}	0,002 ^{ns}
CV (%)	12,56	5,25	1,735	7,98

^{ns} Não significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

^{*} Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

^{**} Significativo ao nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F.

Como o teor de SST é um fator que tem alta correlação com o sabor e aroma do fruto, a aplicação de sais na água de irrigação para obtenção de frutos de alta qualidade comercial pode elevar o SST para valores acima de 8 (SAKAMOTO et al., 1999), os quais estão acima dos observados normalmente em cultivos convencionais. Os valores

encontrados para ambos os manejos, ficaram bem próximos ao nível estabelecido para a cultura com os níveis de salinidades utilizados (Figura 22). Feltrin et al. (2005), avaliando três cultivares de tomate cultivado em fertirrigação sob dois regimes nutricionais, não observaram influência da nutrição sobre os SST.

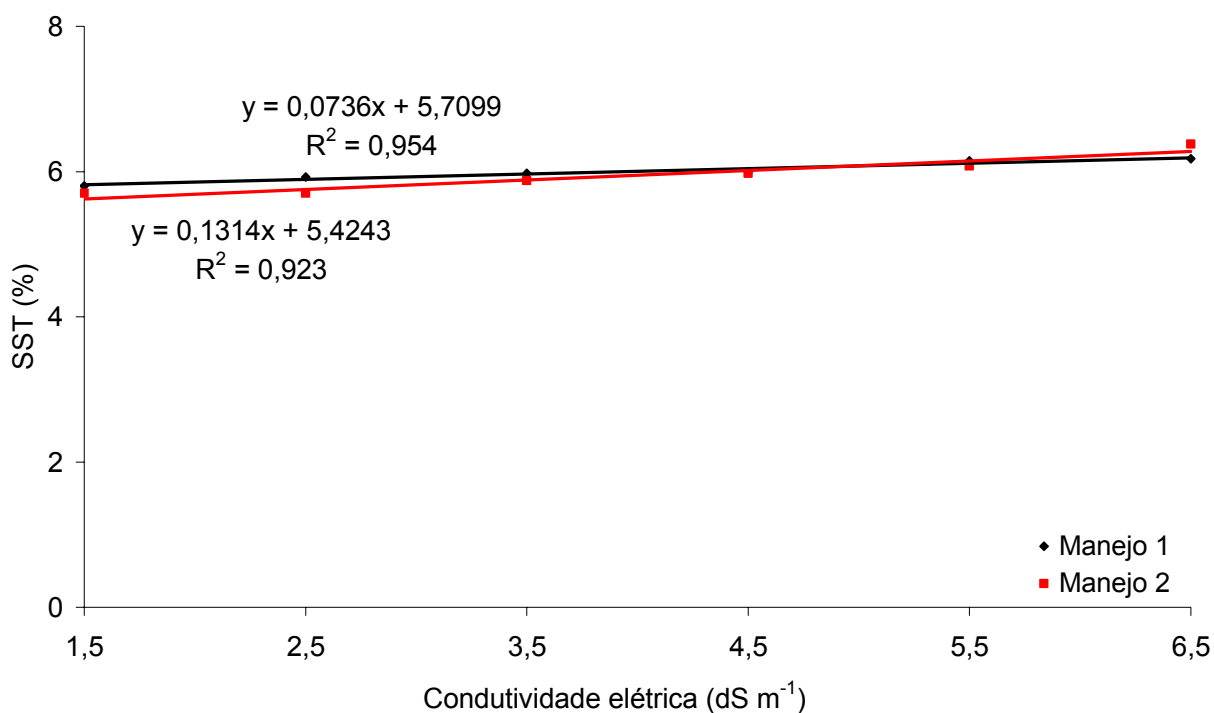


Figura 22 - Valores médios de sólido solúvel total (SST) para os diferentes níveis de condutividade elétrica no segundo ciclo de cultivo do tomate

Os valores de vitamina C revelaram-se abaixo dos valores médio de 34,3 mg 100g⁻¹, observado para o tomate nacional. O referido valor está registrado na Tabela de composição nutricional de hortaliças elaborada pela Embrapa Hortaliça (LUENGO et al., 2000). Os teores de vitamina C apresentaram um acréscimo de 0,8036 e 1,0321 por unidade de condutividade elétrica, para o manejo 1 e 2 respectivamente (Figura 23).

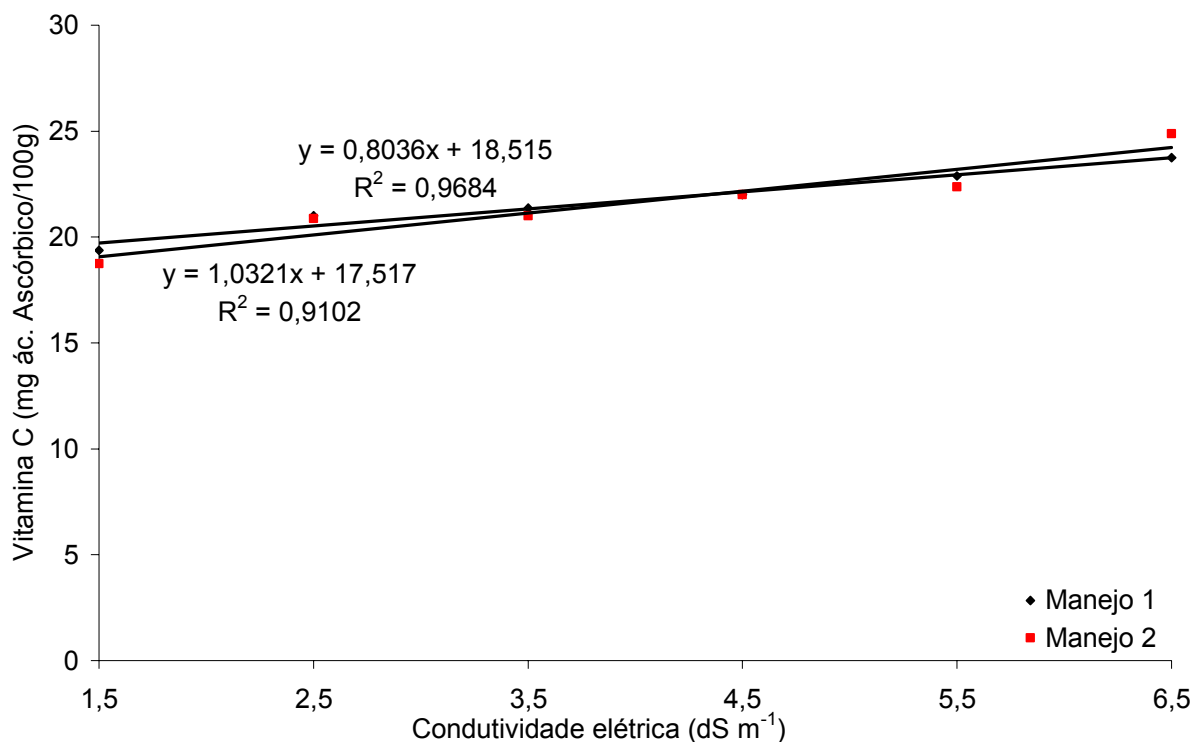


Figura 23 - Valores médios de vitamina C para os diferentes níveis de condutividade elétrica no segundo ciclo de cultivo do tomate

Os valores de acidez titulável observados na Figura 24 para os diferentes níveis de condutividade elétrica encontram-se na média normalmente encontrada para a cultura, a qual fica entre 0,22% e 0,44% (SAPERS et al., 1978; FERNANDES, 2000).

A acidez titulável total (ATT) é um importante parâmetro na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Geralmente o processo de decomposição do alimento, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração de íons de hidrogênio (IAL, 1985), por conseqüência sua acidez. A acidez total em frutos mede a quantidade de ácidos orgânicos que pode estar relacionado à adstringência do tomate (SILVA; GIORDANO, 2000). Os ácidos orgânicos são produtos intermediários do metabolismo respiratório dos frutos e são importantes do ponto de vista do “*flavour*”, gosto e odor (OLIVEIRA *et al.*, 1999).

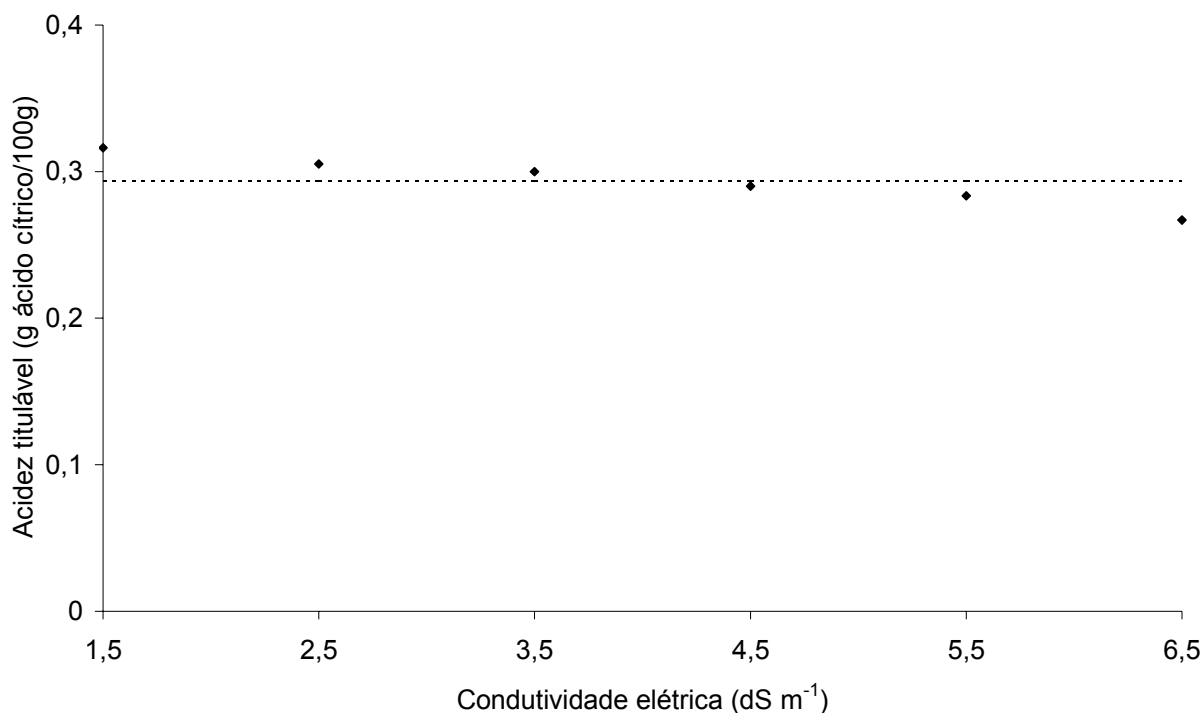


Figura 24 - Valores médios de acidez titulável para os diferentes níveis de condutividade elétrica no segundo ciclo da cultura

Para o pH, Sapers et al. (1978) citam valores encontrados em diferentes cultivares que variaram entre 3,9 e 4,9. Davies e Hobson (1981) entendem que cultivares padrões devem apresentar valores de 4,0 a 4,7, e que estes padrões podem ser afetados pela variedade, estágio de maturação, localização, estação do ano, danos físicos nos frutos e doenças. No experimento os valores de pH variaram entre 4,18 e 4,30 (Figura 25), as médias obtidas encontram-se dentro das faixas indicadas por Sapers et al. (1978) e Davies e Hobson (1981) e dos limites encontrados por Resende (1995), Shi et al. (1999) e Camargos et al. (2000), que obtiveram valores de pH variando entre 3,8 e 4,6 para diferentes híbridos. Os diferentes níveis de salinidade estudados não alteraram os valores de pH para a cultura do tomate.

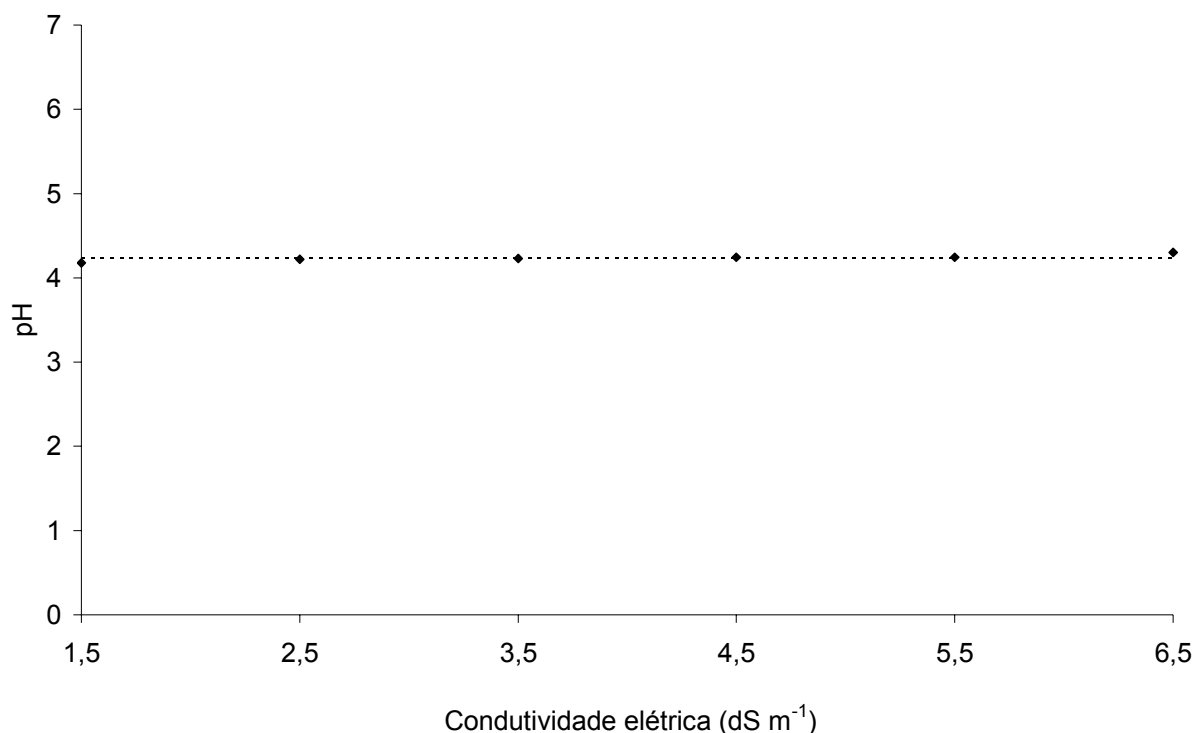


Figura 25 - Valores médios de pH para os diferentes níveis de salinidade e manejo no segundo ciclo da cultura

2.3.2.8 Percentagem de matéria seca dos frutos

Em relação à percentagem de matéria seca do fruto, observa-se com base na análise de variância (Tabela 15), que não houve efeito da salinidade inicial do solo e do manejo da fertirrigação sobre a matéria seca do fruto para ambos os ciclos de cultivo do tomate. Os resultados obtidos indicam não haver nenhuma correlação entre os níveis de salinidade e manejos adotados em relação à percentagem de matéria seca do fruto.

Os conteúdos de matéria seca dependem da estação do ano, nutrição e práticas culturais (DAVIES; HOBSON, 1981). Segundo esses autores, frutos de tomate normalmente apresentam valores de matéria seca em torno de 5%, podendo atingir até 7,5% da massa fresca.

Tabela 15 - Resultado da análise de variância (quadrados médios) referente à percentagem de matéria seca do fruto do tomate submetido a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação

Fator	1º Ciclo	2º Ciclo
Bloco	3,05 ^{ns}	4,09 ^{ns}
Salinidade (S)	1,73 ^{ns}	2,88 ^{ns}
Manejo (M)	0,47 ^{ns}	1,00 ^{ns}
S x M	3,76 ^{ns}	4,17 ^{ns}
CV (%)	27,68	26,88

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

Segundo Shi et al. (1999), elevadas concentrações nutricionais em sistemas de fertirrigação podem contribuir e aumentar a qualidade nutricional de tomates para consumo *in natura*; os teores de matéria seca normalmente aumentam durante o amadurecimento do fruto.

A faixa de matéria seca obtida foi de 7,72 e 10,11% para o primeiro ciclo e no segundo ficou entre 6,05 e 7,85. Observa-se que a percentagem de matéria seca não apresentou grandes variações entre os resultados, indicando comportamento semelhante entre os tratamentos para esse fator, como pode ser observado na Figura 26; para os níveis de salinidade não ocorreram redução dos padrões para essa característica.

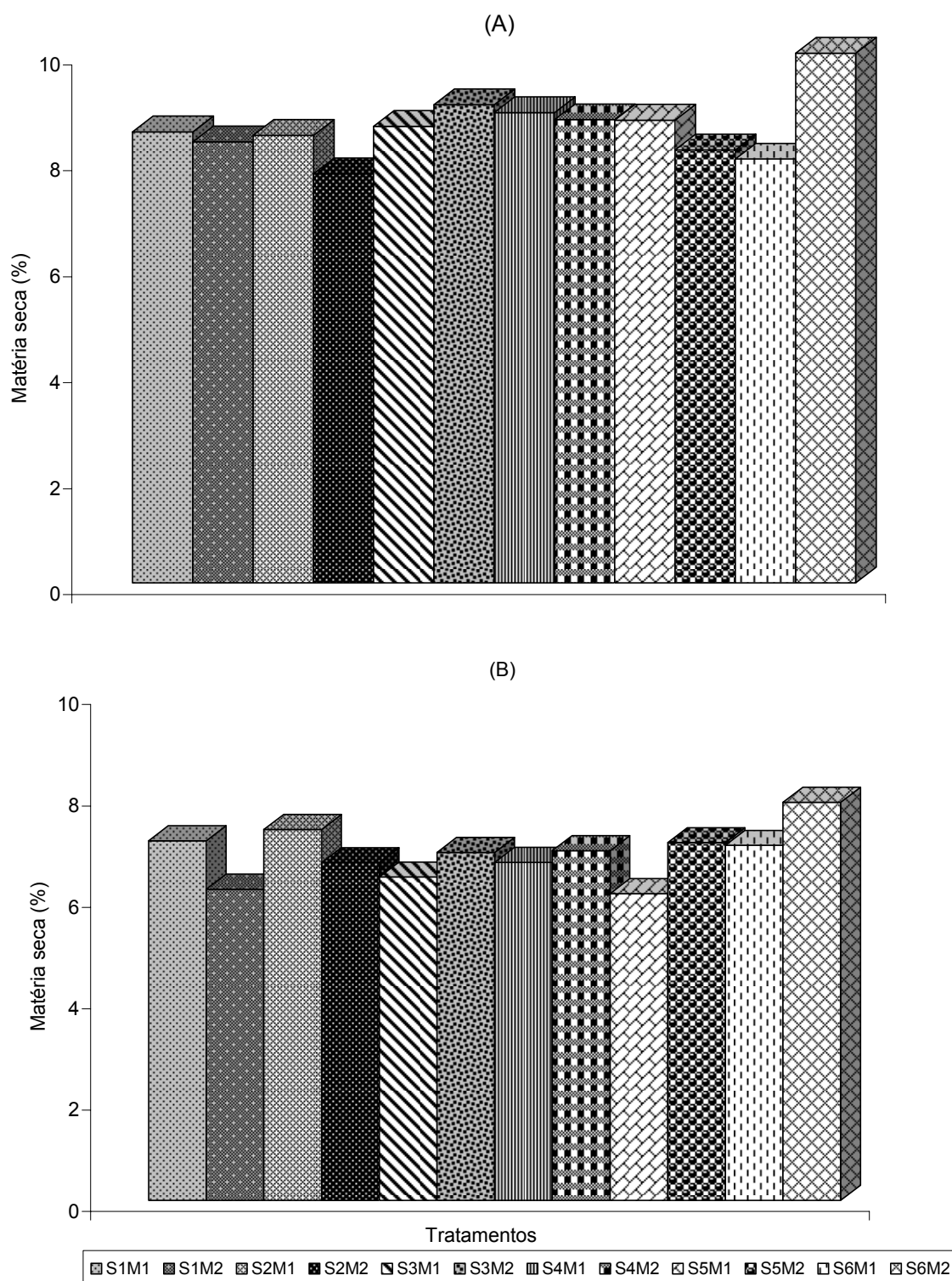


Figura 26 - Percentagem de matéria seca do fruto de tomate em função dos níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação proporcionada pela adição de fertilizantes no primeiro (A) e segundo ciclo de cultivo da cultura (B)

2.3.2.9 Análise sensorial

- Teste Hedônico em tomates submetidos a diferentes tratamentos.

Os tomates foram avaliados por um grupo de 39 consumidores, dos quais 26 do sexo feminino e 13 do sexo masculino. Os dados obtidos no teste encontram-se na Tabela 16. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey. Pelos resultados obtidos, observa-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 17).

As propriedades sensoriais do tomate de mesa são importantes tanto para a avaliação da qualidade do vegetal pelos consumidores como para procedimento da compra. No supermercado, somente aqueles produtos que correspondem às expectativas do consumidor são comercializados.

Os termos descritivos, grau de suculência, aroma, sabor, sabor estranho, doçura, acidez e sabor remanescente estão diretamente relacionados com a qualidade do fruto, que por sua vez estão correlacionados com as substâncias orgânicas, açúcares redutores, ácidos orgânicos e acidez (MOURA et al., 1999; MAUL et al., 2000) resultantes do diferentes genótipos da cultivar, tipo de solo, condições climáticas, manejo e processos transpiratórios e respiratórios (BHOWMIK; PAN, 1992; ZAMBRANO et al., 1995; KLUGE; MINAMI, 1997; SILVA; GIORDANO, 2000).

Tabela 16 - Teste de diferença do controle em tomates

TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
PROVADOR	41	679	820	256	932	438	564	317	203	185	791	518	627
1	5	6		4						6			
2		7	4		3						5		
3			6	3		7						6	5
4				6	7		5						5
5	3				7	3		6					
6		5				7	6		7				
7			7				6	2		3			
8				1				7	3		3		
9					7				2	6		6	
10						5				6	6		6
11	6						2				7	6	
12		7						1				6	1
13	4		5						5				3
14	5	6		6						6			
15		4	3		5						5		
16			7	7		6						6	
17				6	6		7						6
18	7				5	3		6					
19		4				4	3		1				
20			4				7	7		3			
21				7				6	5		4		
22					3				6	3		6	
23						5				6	7		5
24	6						5				6	7	
25		4						3				5	6
26	7		7						7				7
27	5	6		7						7			
28		5	7		6						3		
29			6	3		7						7	
30	2			4	5		5						4
31	6				7	6		7					
32		6				3	1		2				
33			6				4	7		5			
34				5				4	6		3		
35					5				6	7		6	
36						7				6	7		6
37	7						7				7	7	
38		7						7				6	6
39	7		7							6			5

*T1 = 1,5 dS m⁻¹ M1; T2 = 1,5 dS m⁻¹ M2; T3 = 2,5 dS m⁻¹; T4 = 2,5 dS m⁻¹ M2; T5 = 3,5 dS m⁻¹ M1; T6 = 3,5 dS m⁻¹ M2; T7 = 4,5 dS m⁻¹ M1; T8 = 4,5 dS m⁻¹ M2; T9 = 5,5 dS m⁻¹ M1; T10 = 5,5 dS m⁻¹ M2; T11 = 6,5 dS m⁻¹ M1; T12 = 6,5 dS m⁻¹ M2; T13 = Frutos adquiridos no mercado local – Testemunha (M1 = Manejo tradicional - de acordo com a marcha de absorção da cultura e M2 = Manejo com controle da condutividade elétrica da solução do solo)

Tabela 17 - Resultados do teste hedônico em tomates submetidos a diferentes tratamentos

Tratamentos*	Médias
T1	5,38 a
T2	5,46 a
T3	5,77 a
T4	4,92 a
T5	5,23 a
T6	5,23 a
T7	4,92 a
T8	5,38 a
T9	4,69 a
T10	5,15 a
T11	5,23 a
T12	6,15 a
T13	5,07 a

*T1 = 1,5 dS m⁻¹ M1; T2 = 1,5 dS m⁻¹ M2; T3 = 2,5 dS m⁻¹ M1; T4 = 2,5 dS m⁻¹ M2; T5 = 3,5 dS m⁻¹ M1; T6 = 3,5 dS m⁻¹ M2; T7 = 4,5 dS m⁻¹ M1; T8 = 4,5 dS m⁻¹ M2; T9 = 5,5 dS m⁻¹ M1; T10 = 5,5 dS m⁻¹ M2; T11 = 6,5 dS m⁻¹ M1; T12 = 6,5 dS m⁻¹ M2; T13 = Frutos adquiridos no mercado local – Testemunha (M1 = Manejo tradicional - de acordo com a marcha de absorção da cultura e M2 = Manejo com controle da condutividade elétrica da solução do solo)
MDS = 2,16; Pr > F (Tratamento) = 0,75

A Tabela 18 apresenta as porcentagens de notas e os índices de aceitabilidade para os diferentes tratamentos. Notas acima de 4 são consideradas como a aceitabilidade da amostra. Para melhor visualização, os dados foram plotados em gráfico (Figuras 27). Pode-se observar que todos os tratamentos obtiveram altos índices de aceitabilidade, com o tratamento T12, atingindo o maior índice, 100% de aceitabilidade, seguido do T1, T3, T5 e T13, e o tratamento T4, o menor índice 62%.

Tabela 18 - Porcentagens de notas e índices de aceitabilidade dos diferentes tratamentos

Notas	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
1	-	-	-	8	-	-	8	8	8	-	-	-	8
2	8	-	-	-	8	-	8	8	15	-	-	-	-
3	8	-	8	15	15	23	8	8	8	31	23	-	8
4	8	31	15	15	-	8	8	8	-	-	8	-	8
5	23	15	8	15	31	23	23	-	23	8	23	8	23
6	23	31	31	23	15	15	23	23	31	46	15	69	46
7	31	23	38	23	31	31	23	46	15	15	31	23	8
**	77	69	77	62	77	69	69	69	69	69	69	100	77

*T1 = 1,5 dS m⁻¹ M1; T2 = 1,5 dS m⁻¹ M2; T3 = 2,5 dS m⁻¹ M1; T4 = 2,5 dS m⁻¹ M2; T5 = 3,5 dS m⁻¹ M1; T6 = 3,5 dS m⁻¹ M2; T7 = 4,5 dS m⁻¹ M1; T8 = 4,5 dS m⁻¹ M2; T9 = 5,5 dS m⁻¹ M1; T10 = 5,5 dS m⁻¹ M2; T11 = 6,5 dS m⁻¹ M1; T12 = 6,5 dS m⁻¹ M2; T13 = Frutos adquiridos no mercado local – Testemunha (M1 = Manejo tradicional - de acordo com a marcha de absorção da cultura e M2 = Manejo com controle da condutividade elétrica da solução do solo)

** Soma de porcentagens de provadores para as notas de 5 a 7, consideradas como índices de aceitabilidade para os diferentes tratamentos.

Nota: Sinal convencional utilizado:

- Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

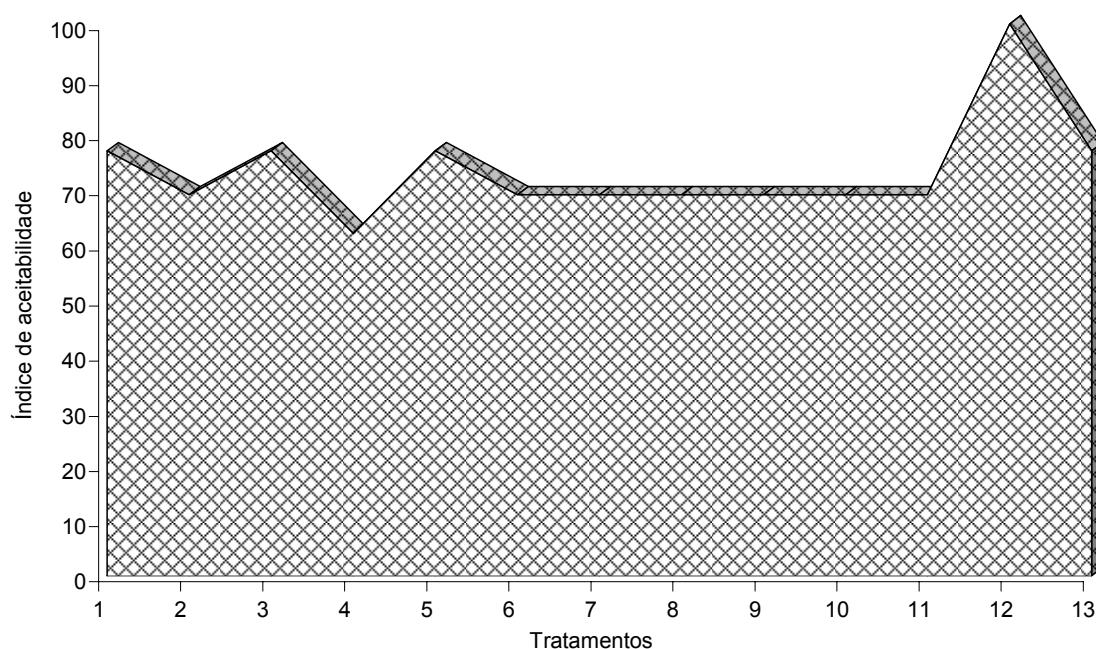


Figura 27 - Índice de aceitabilidade para os diferentes tratamentos

Os atributos descritos pelos provadores, que melhor definiram essas diferenças foram: sabor suave, saboroso, perfeito balanceamento entre a acidez e a doçura, textura e sabor agradável, macio, suculento, doce, firme, vermelho mais intenso, menos ácido, levemente salgado, carnudo, para os tratamentos que receberam a maior porcentagem de aceitabilidade, tratamentos T12, T1, T3, T5 e T13; e muito maduro, pouco consistente, macento, cor pálida, casca dura, sabor estranho, muito mole, seco, esfarela na boca, ácido, sabor desagradável, passado, muita fibra e verde, para o tratamento T4, o qual recebeu a menor porcentagem a aceitabilidade. Fato interessante a ser observado pelos provadores, foi que estes descreveram a amostra menos ácida como a mais doce, por isso, o atributo doce em relação à amostra T12.

A nota média global da escala hedônica foi de 5,27 e o menor índice de aceitabilidade calculado de acordo com Teixeira et al. (1987) foi de 62%. Segundo Anzaldúa-Morales (1994), os índices de aceitabilidade acima de 60% são considerados adequados.

2.3.2.10 Consumo hídrico

Observa-se na Figura 28 e 29 o comportamento do consumo hídrico acumulado da cultura em função dos diferentes níveis de salinidade e manejo avaliados ao longo do ciclo da cultura. Ambos os manejos empregados apresentam comportamento semelhantes, até os 60 dias após transplântio (DAT), após o qual nota-se um menor consumo de água para os níveis mais elevados (4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹). De acordo com Rhoades e Loveday (1990), a concentração de sais solúveis na zona radicular reduz o fluxo de água no sentido solo-planta-atmosfera, devido o efeito osmótico na planta. Nota-se que para o manejo dois a redução no consumo hídrico com o tempo é bem mais acentuada que para o manejo um em ambos os ciclos, resultado esse esperado já que para o manejo dois, os níveis iniciais de salinidade foram mantidos até o fim do ciclo.

Para o primeiro ciclo de cultivo o maior consumo de água para o manejo 1 e 2 foi respectivamente de 299,42 mm e de 294,34 mm, com a condutividade elétrica inicial de

1,5 dS m⁻¹. No segundo ciclo os valores observados foram respectivamente de 259,34 mm e de 262,10 mm também para condutividade elétrica de 1,5 dS m⁻¹.

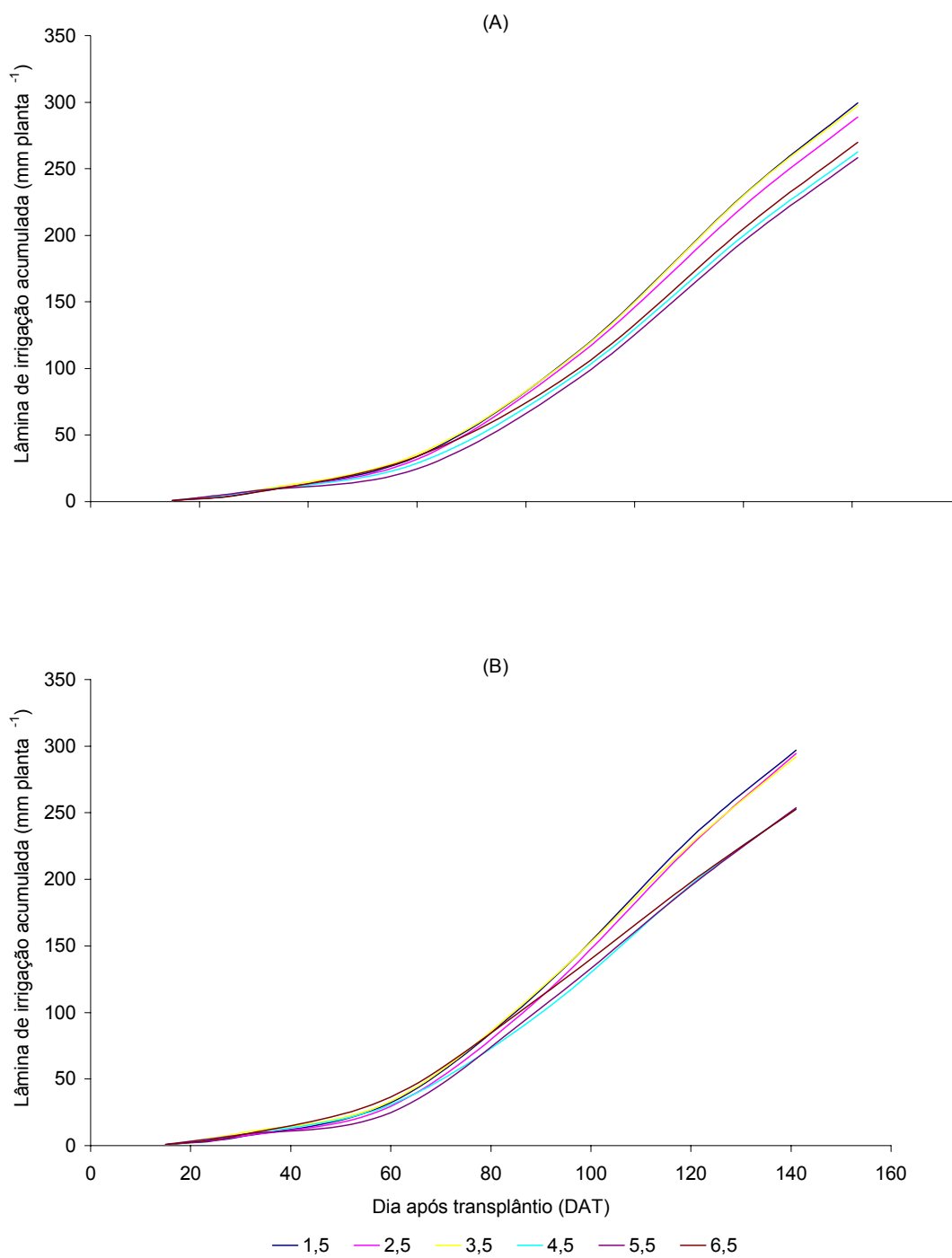


Figura 28 - Lâmina de irrigação acumulada durante o primeiro ciclo de cultivo do tomateiro para o manejo 1 (A) e manejo 2 (B)

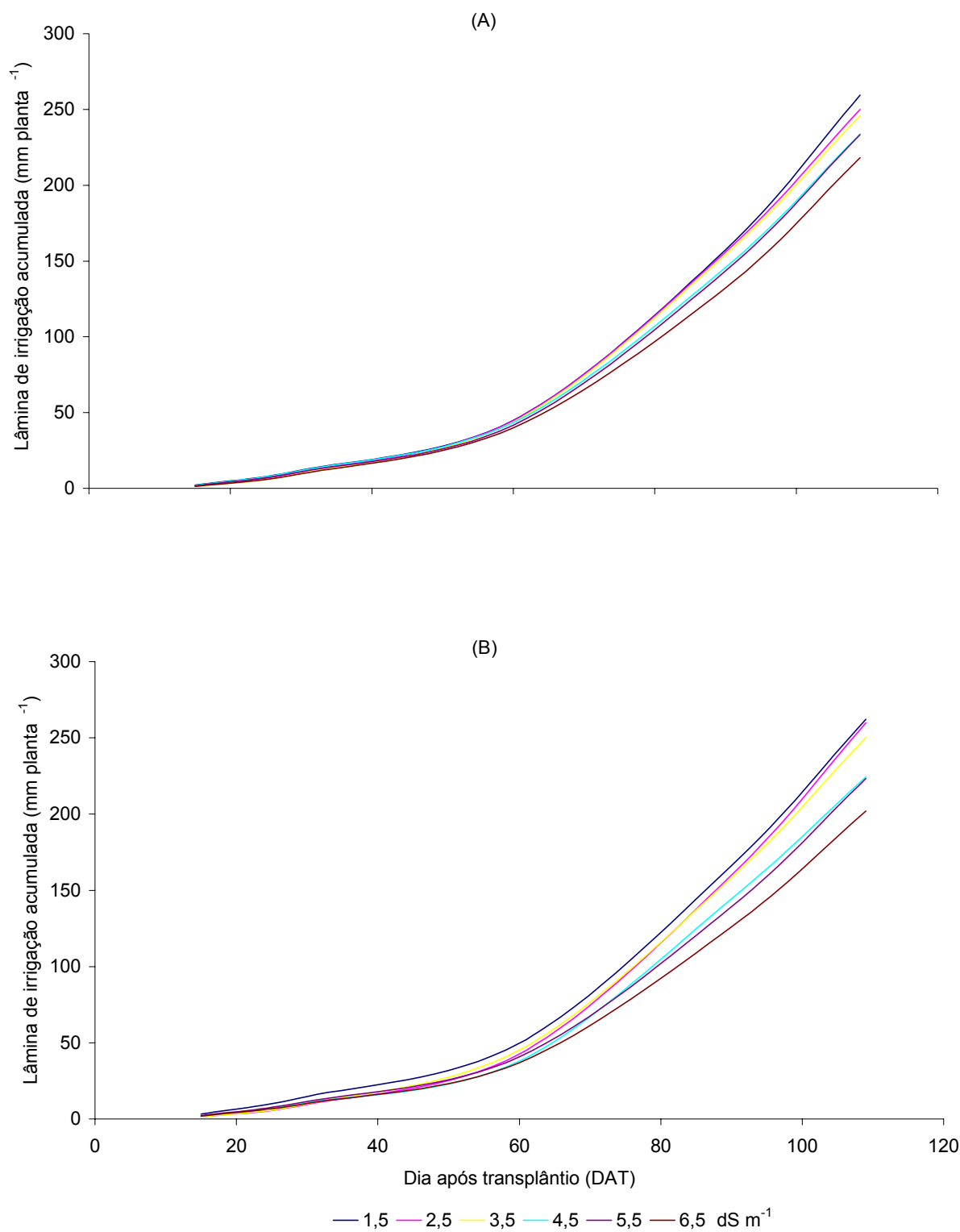


Figura 29 - Lâmina de irrigação acumulada durante o segundo ciclo de cultivo do tomateiro para o manejo 1 (A) e manejo 2 (B)

As equações de regressões relativas à redução da lâmina de irrigação em função do nível de salinidade do solo, podem ser vistas nas Figuras 30 e 31. Pode ser observado um bom ajuste entre o consumo hídrico e os níveis de salinidade do solo, verificando-se efeito quadrático significativo na redução da lâmina de irrigação aplicada, com redução do consumo hídrico em resposta ao aumento da salinidade, indicando que as plantas podem ter sofrido algum estresse hídrico induzido pelo estresse salino para ambos os manejos empregados.

O manejo dois apresentou uma maior redução da lâmina de irrigação, confirmando o observado com as lâminas de irrigação acumulada, o que pode ter ocorrido, como já comentando anteriormente, em resposta a manutenção dos níveis de salinidade no solo para este manejo.

Comportamentos semelhantes também foram observados por Medeiros (1998), Silva et al. (2005) e Dias (2004), os quais observaram que a redução relativa na evapotranspiração das plantas submetidas ao estresse salino correlaciona-se com a diminuição na produção. Este fato pode ser observado com os dados de produção relativa (Figura 20), para o qual não houve diferença significativa relativa aos manejos utilizados, apresentando diferenças apenas para o fator salinidade, que ocasionou decréscimo na produtividade para os níveis de condutividade elétrica média superior a $3,0 \text{ ds m}^{-1}$.

Mass e Hoffman (1977) mostraram que as altas concentrações de sais diminuem o potencial osmótico na solução do solo, reduzindo a disponibilidade de água das plantas, sendo que as culturas mais sensíveis sofrem redução progressiva na produção e componentes de produção à medida que a concentração salina aumenta.

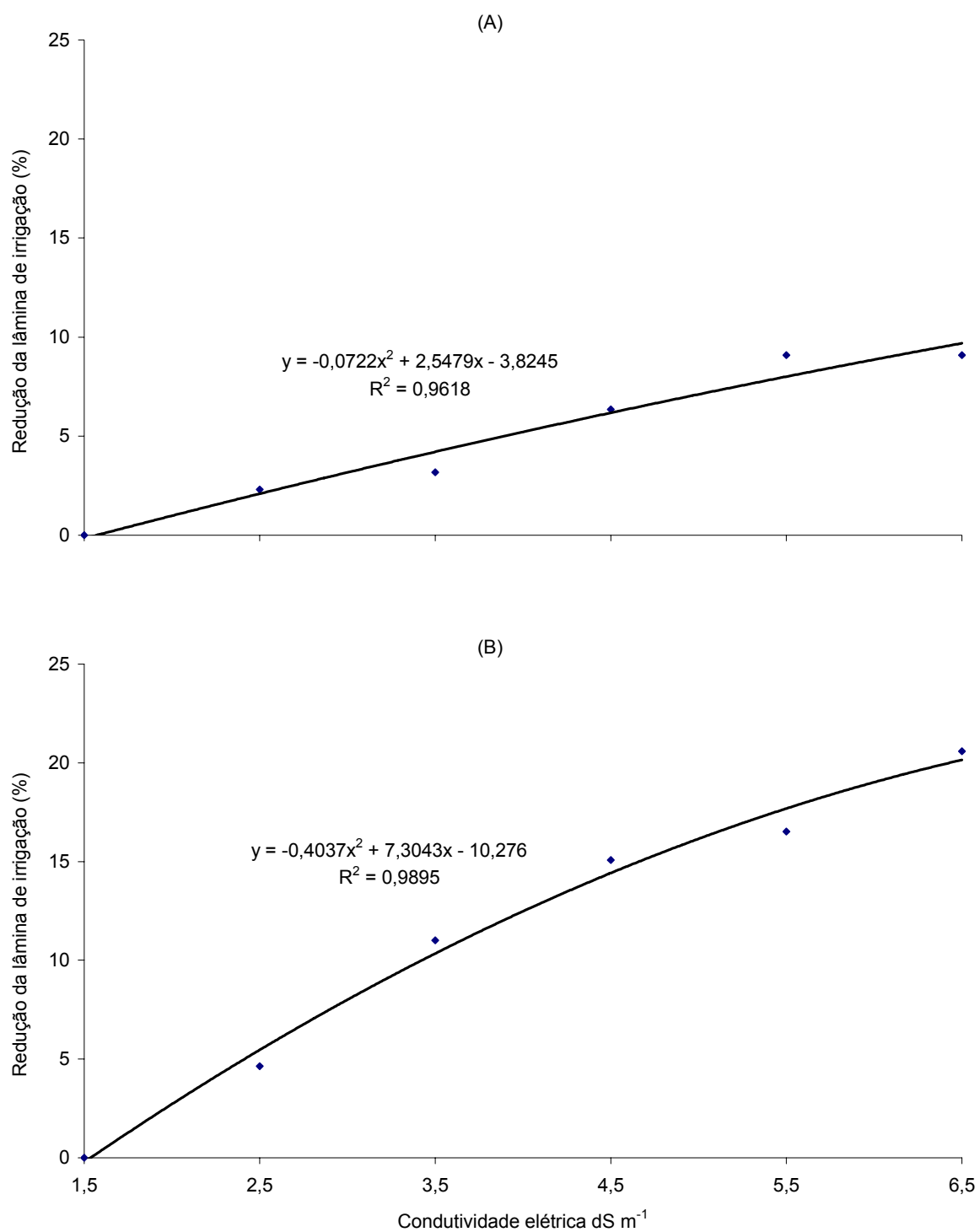


Figura 30 - Redução da lâmina de irrigação em resposta aos diferentes níveis de salinidade para o manejo 1 (A) e manejo 2 (B) durante o primeiro ciclo de cultivo

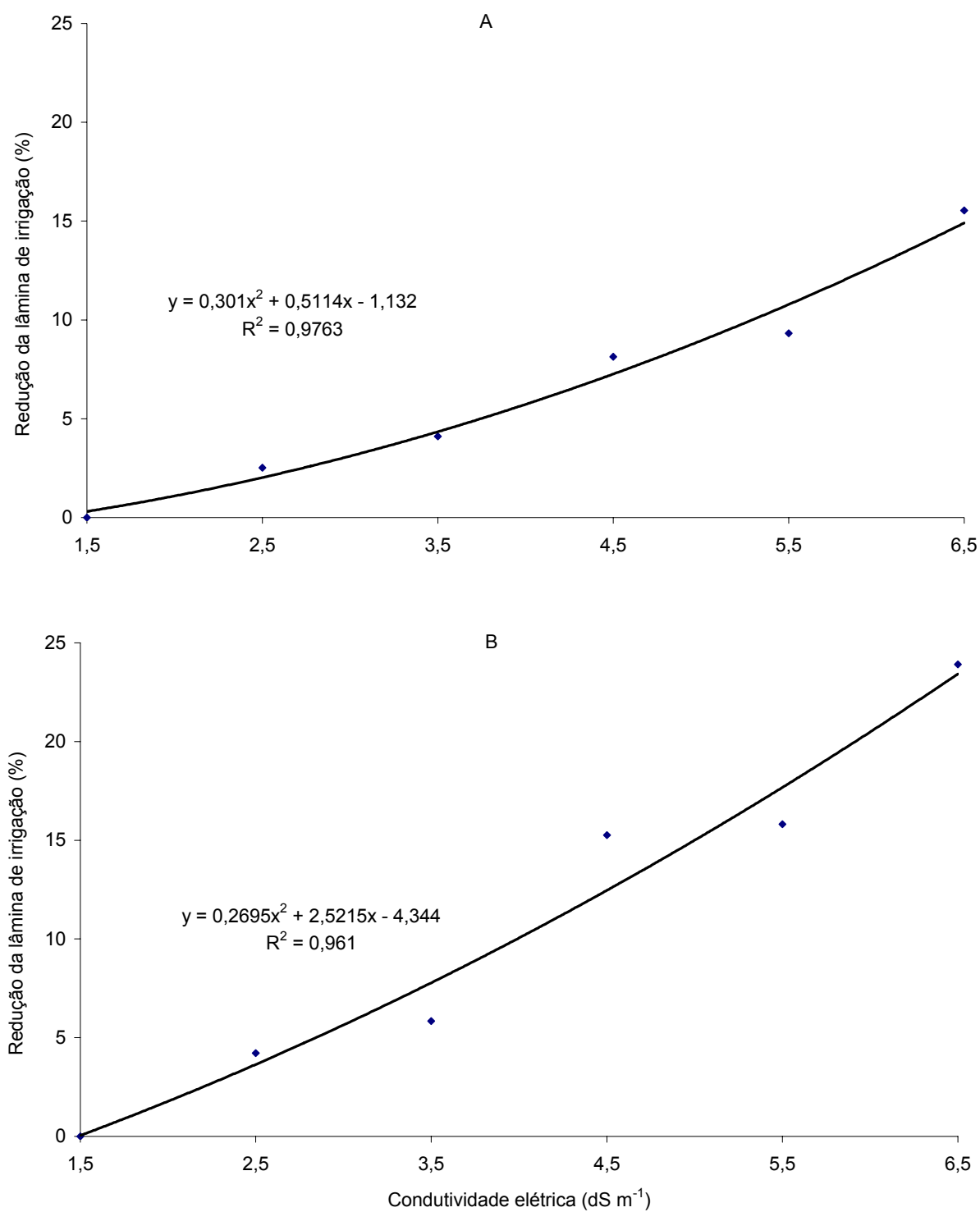


Figura 31 - Redução da lâmina de irrigação em resposta aos diferentes níveis de salinidade para o manejo 1 (A) e manejo 2 (B) durante o segundo ciclo de cultivo

2.3.2.11 Consumo de fertilizantes

A economia de fertilizante é um dos aspectos importantes a ser lembrado no momento de decidir por um tipo de manejo da fertirrigação; os dados obtidos nas condições estudadas para esse fator podem ser observados na Figura 32. Os resultados apresentados permitem visualizar-se o consumo total de fertilizantes utilizado pela cultura com o manejo 1, baseado na marcha de absorção de nutrientes pela cultura e, para o manejo 2, com a manutenção dos níveis de condutividade elétrica da solução do solo, durante o primeiro e segundo ciclo de cultivo. Ressalta-se que a quantidade de fertilizantes utilizadas pelo manejo 2, é inferior a do manejo 1, em ambos os ciclos de cultivo até ao nível de condutividade elétrica de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$. Há uma economia de fertilizantes em relação ao manejo 1 de 83,03; 41,69 e 0,35 g de fertilizante planta⁻¹ no primeiro ciclo e 89,15; 47,24 e 5,34 g de fertilizante planta⁻¹ no segundo ciclo para as condutividades elétricas de 1,5, 2,5 e $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ respectivamente. Nota-se que os valores apresentados pelo manejo 1 durante o primeiro ciclo foram menor que os valores apresentados no segundo ciclo, pois o manejo durante o primeiro ciclo só começou a ser aplicado 30 DAT.

Observa-se ainda, que para o primeiro ciclo houve um incremento por aumento unitário na condutividade elétrica de 41,343 g de fertilizante planta⁻¹ e no segundo ciclo de 41,904 g de fertilizante planta⁻¹.

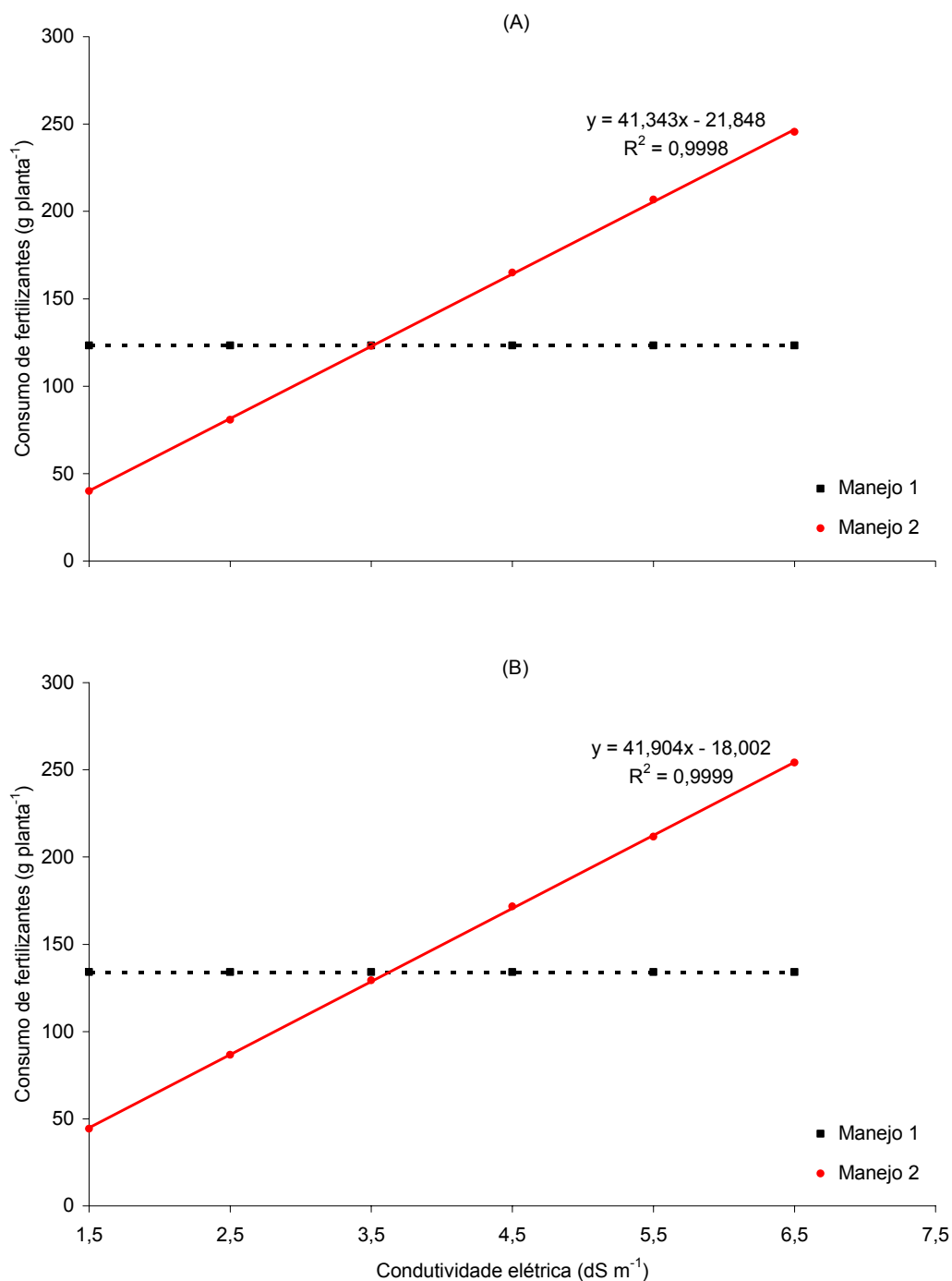


Figura 32 - Consumo total de fertilizantes utilizados durante o primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) de cultivo do tomate

A quantidade de fertilizantes utilizadas pelo manejo 2, ao longo dos ciclos de cultivo do tomate pode ser visualizada na Figura (33), observa-se que há um aumento

médio praticamente constante por unidade de condutividade elétrica de 2,05 e 2,10 g de fertilizante planta⁻¹ para o primeiro e segundo ciclo de cultivo respectivamente.

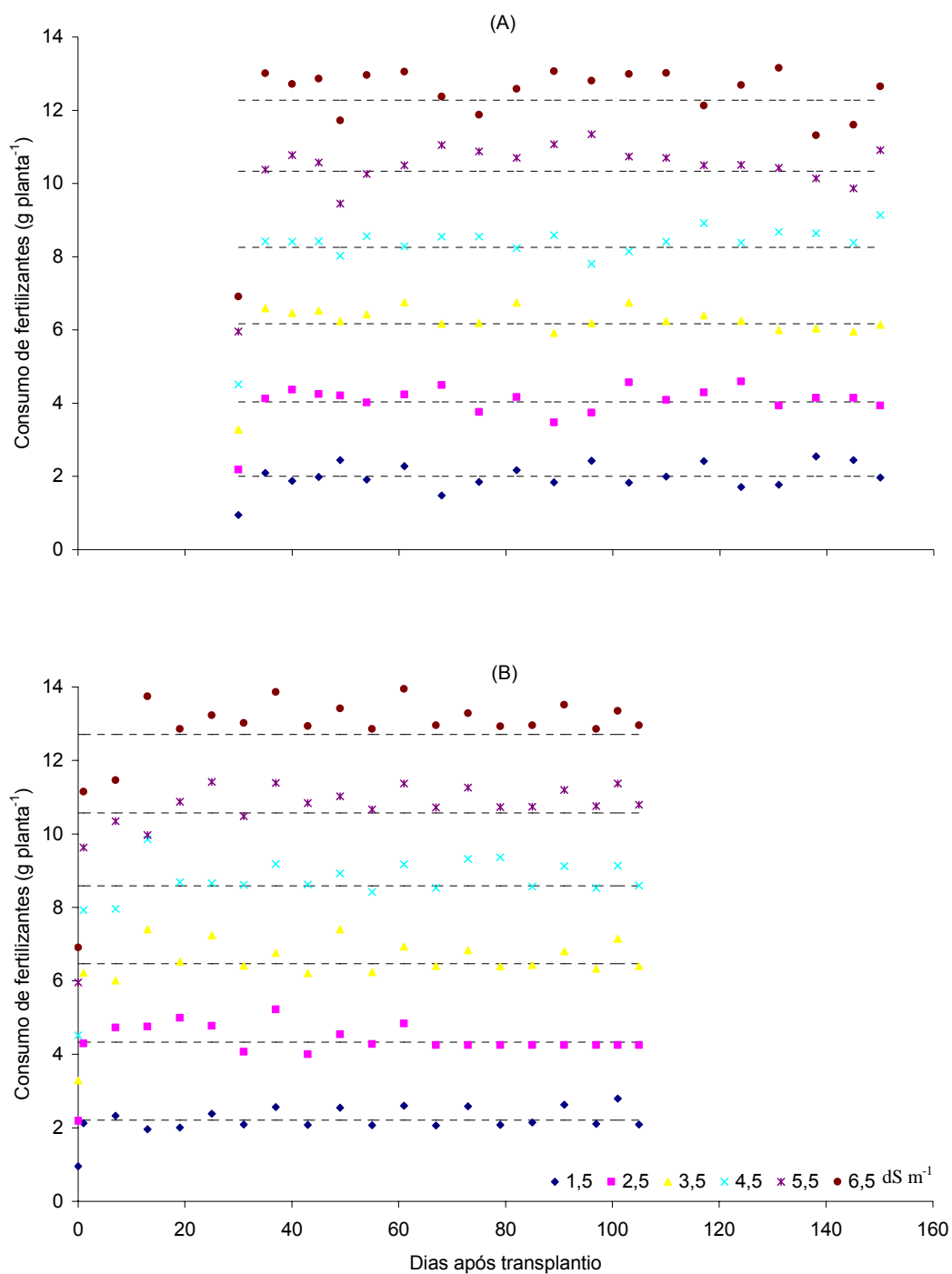


Figura 33 - Consumo de fertilizantes utilizados ao longo do primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) de cultivo do tomate para o manejo dois

3 CONCLUSÕES

- A metodologia empregada para salinização artificial do solo e manutenção dos níveis de salinidade, através da aplicação de fertilizantes, mostrou-se eficiente;
- Não existiu diferença entre o manejo baseado na marcha de absorção da cultura e o pelo monitoramento da condutividade elétrica do solo em relação a variável rendimento;
- A salinidade limiar tolerada pela cultivar de tomate Débora Plus, proporcionada pela adição de fertilizantes a água de irrigação foi superior aos valores citados na literatura para o uso de águas salinas;
- O aumento da salinidade do solo reduziu a altura inicial das plantas e a produção de frutos de tomate, não havendo influência do manejo da fertirrigação;
- Para análise sensorial realizada, os índices de salinidade utilizados não interferiram na aceitação do produto;
- Houve redução no consumo de água para os diferentes níveis de salinidade estudados;
- Níveis de condutividade elétrica até $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ proporcionam aumento da área foliar da cultura do tomate;
- O manejo 2 ocasionou uma redução no consumo de fertilizantes até o nível de condutividade elétrica de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$.

REFERÊNCIAS

ADAMS, P. Mineral nutrition. In: ATHERNON, J. C.; RUDICH, J. **The tomato crop**. London: Chapman & Hall, 1986. p. 281-334.

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

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p.

ANDRIOLO, J.L.; DUARTE, T. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p. 28-32, maio 1997.

ANTI, G. R. **Doses e frequências de aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação para tomateiro**. 2000. 85p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica**. Zaragoza: Acribia, 1994. 198p.

ARENAS, M. T. L.; MEIJAS, R. J.; TORRES, F. M. Estimation of the evolution in time of the salts of the soil solution by means of suction cups. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER QUANTITY AND QUALITY ON GREENHOUSE HORTICULTURE, 1996, Teneferi. **Proceedings...** Teneferi: ICIA, ISHS, SECH, 1996. 1 CD-ROM.

AYERS, R.S. Quality of water for irrigation. **Journal of Irrigation Drainage**, New York, v.103, p. 135-154, 1977.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D. W. **Qualidade de água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).

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

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa: UFV; Imprensa Universitária, 1995. 657p.

BHOWMIK, S. R.; PAN, J. C. Shelf life of mature green tomatoes stored in controlled atmosphere and high humidity. **Journal of Food Science**, Canada, v. 57, n. 4, p. 948-953, July. 1992.

BINZEL, M.L.; HASEGAWA, P.M.; HANDA, A.K.; BRESSAN, R.A. Adaptation of tobacco cells to NaCl. **Plant Physiology**, Rockville, v.79, p. 118-125, 1985.

BLANCO, F.F. **Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo**. 1999. 104p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

BURGUEÑO, H. **La fertirrigacion en cultivos hortícolas com alcochado plástico**. Culiacan: Bursar, 1996. v.1, 45p.

CAMARGOS, M. I. de. **Produção e qualidade de tomate longa vida em estufa, em função do espaçamento e do número de cachos por planta**. 1998. 68p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

CAMARGOS, M.I.de; FONTES, P.C.R.; FINGER, F.L.; CARNICELLI, J.H.A. Qualidade de tomate longa vida em estufa, influenciada por espaçamento e número de cachos por planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40. CONGRESSO IBERO-AMERICANO SOBRE UTILIZAÇÃO DE PLÁSTICO NA AGRICULTURA, 2.; SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE PRODUÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES, 2000, São Pedro. **Anais...** Brasília: SOB/FCAV-UNESP, 2000. v.18, p. 562- 563.

CARRIJO, O.A.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R. Manejo da água na produção de hortaliças em cultivo protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p. 45-51, set./dez. 1999.

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: citros, flores e hortaliças**. Piracicaba: Agropecuária, 1999. cap.1, p. 155-169.

CARVALHO, J. G. de; BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R., In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 400p.

CARVALHO, L. A. **Comportamento de cultivares de tomate de crescimento indeterminado (*Lycopersicon esculentum Mill.*), em ambiente protegido**. 2002. 96p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CASARINI, E.; FOLEGATTI, M. V. Aspectos relevantes na fertirrigação de flores e hortaliças. In: FOLEGATTI, M. V. (coord.) **Fertirrigação: citros, flores e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 441-458.

COCHRAN, W. G.; COX, G.M. **Experimental designs wiley publications in statistics**, New York: John Wiley, 1964. 611p.

CORDEIRO, G. **Salinidade em Agricultura Irrigada**. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/SDC180.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2007.

COSTA ,E. F. da; FRANÇA, G. E. de; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p. 63-68, 1986.

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

DAKER, A. **Irrigação e drenagem: A água na agricultura**. 2.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 543 p

DAVIES, J.N.; MAW, G.A. Metabolism of citric and malic acids during ripening of tomato fruit. **Journal of Science Food Agriculture**, Oxford, v.23, p. 969-976, 1972.

DAVIES, J.N.; HOBSON, G.E. The constituents of tomato fruit: the influence of environment, nutrition and genotype. **Critical Review in Food Science Nutrition**, Boca Ronton, v.15, n.3, p. 205-280, 1981.

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

DONEEN, L. D. Water quality for irrigated agriculture. In: SYMPOSIUM ON QUALITY STANDARDS FOR NATIONAL WATER. 1975. Ann Arbor. **Proceedings...** : Ann Arbor: University of Michigan, 1975. p. 213-218.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeitos da água no rendimento das Culturas**. Roma: FAO, 1994. 212p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DOWLER, C. C. Herbicides and irrigation technology, present and future. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 3, 1985. Tifton. **Proceedings...** Tifton: Rural Development Center, 1985, p. 58-68.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 2. ed. 1997, 211p.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA, DPU, 1989. 425p. (EMBRAPA. CNPAF. Documento, 18).

FAGERIA, N. K. ; GHEYI, H. R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p. 137-169.

FAYAD, J.A. **Absorção de nutrientes, crescimento e produção do tomateiro cultivado em condições de campo e de estufa**. 1998. 81p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

FELTRIN, D.M. **Efeito de fontes de potássio na infestação de Bemisia tabaci biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) e nas características de frutos de tomateiro cultivados em ambiente protegido**. 2001. 77p. Dissertação (Mestrado em Produção da Tecnologia Agrícola) – Instituto Agronômico, Campinas, 2001.

FELTRIN, D.M.; POTT, C. A.; FURLANI, P. R.; CARVALHO, C. R. L. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. **Revista de ciências agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p. 17-24, jan./jun. 2005.

FERNANDES, A.A. **Fontes de nutrientes influenciando o crescimento, a produtividade e a qualidade de tomate, pepino e alface, cultivados em hidroponia**. Viçosa, 2000. 75p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

FERREIRA, P.A.; MARTINEZ, M.A. Movimento e modelagem de sais no solo. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap.6, p. 171-206.

FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO. **Agrianual 2006**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Argos Comunicação, 2006. 504p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, FAOSTAT. Database. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 27 fev. 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO/ UNESCO. **Irrigation, drainage and salinity**: an international source book. London, Hutchinson/FAO/UNESCO, 1973. 510p.

FRIZZONE, J. A.; ZANINI, J. R.; PAES, L. A. D.; NASCIMENTO, V. M. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira: UNESP, 1985. 31p. (Boletim Técnico, 2).

GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. **Bragantina**, Campinas, v.22, p. 693-714, 1963.

GENUCHTEN, M.Th. van. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p. 892-898, 1980.

GENUCHTEN, M. Th. van; LEIJ, F. J. YATES, S. R. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils, version 1.0. U. S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, California, 1991. Disponível em: <<http://www.ussl.ars.usda.gov/models.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2007.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação**: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. 3. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 412p.

GOTO, R. Plasticultura nos tropicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, p. 163-165, nov. 1997.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palto Alto, v.31, p. 149-190, 1980.

HEBRON, D. **Os problemas de salinização na região nordeste**. Recife, SUDENE. Divisão de Documentação, 1967. 17p.

HERNANDEZ, F. B. T. **Efeitos da supressão hídrica nos aspectos produtivos e qualitativos da cultura do melão**. 1995, 80p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

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

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 533p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12 jun. 2006.

KEULEN, H. van; STOL, W. Quantitative aspects of nitrogen nutrition in crops. **Fertilizer, Research**, v. 27, p. 151-160, 1991.

KLUGE, R. A.; MINAMI, K. Efeito de esteres de sacarose no armazenamento de tomates Santa Clara. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n. 1/2, p. 39-44, jan./ago. 1997.

LIMA, K. de L.; CAVALCANTE, L. F.; FEITOSA FILHO, J. C. Efeitos de fontes e níveis de salinidade da água de irrigação sobre a germinação e o crescimento da pinheira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.21, n.2, p. 135-144, maio 2001.

LIMA, L.A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26. 1997, Campina Grande. **Manejo e Controle da Salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 113-136.

LOPES, M.C.; STRIPARI, P. C. A cultura do tomateiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (Ed.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido**. São Paulo : UNESP, 1998. p. 257-304.

LUENGO, R. F. A. ; PARMAGNANI, R. M. ; PARENTE, M. R. ; LIMA, M. F. B. F. . **Tabela de composição nutricional das hortaliças**. Brasília-DF: Embrapa Hortaliças, 2000. 5p. (Produção seriada Embrapa Hortaliças).

MAAS, E.V. Salt tolerance of plants. In: CHRISTIE B.R. **The handbook of plant science in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1984. p. 57-75.

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

MAKISHIMA, N.; CARRIJO, O. A. **Cultivo protegido do tomateiro**. Brasília: EMBRAPA-CNPH, 1998. 18p. (Circular Técnica da Embrapa Hortaliças, 13).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. L.; OLIVEIRA, S. A. DE. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicação**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

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

MARTINEZ, V.; CERDA, A.; FERNANDEZ, F. G. Salt tolerance of four tomato hybrids. **Plant and Soil**, Netherlands, v.97, n.2, p. 233-241, Jun. 1987.

MARTINS, G. **Uso de casa-de-vegetação com cobertura plástica na tomaticultura de verão**. 1992. 65p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1992.

MARTINS, G.; CASTELLANE, P.D.; VOLPE, C. Influência da casa de vegetação nos aspectos climáticos e em época de verão chuvoso. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.2, p. 131-135, nov. 1994.

MASS, E. V.; NIEEMAN, R.H. Physiology of plant tolerant to salinity. In: JUNG, G. A. (Ed.). **Crop tolerance to sub-optimal land conditions**. Madison: American Society Agronomy. cap.1. p. 277-279, 1978. (Special Publication, 32).

MAUL, F.; SARGENT, S. A; SIMS, C. A.; BALDWIN, E. A.; BALABAN, M. O.; HUBER, D. J. Tomato flavor and aroma quality as affected by storage temperature. **Journal of Food Science**, Canada, v. 65, n. 7, p. 1228-1237, 2000.

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

MEDEIROS, J.F.; PEREIRA, F.A.C.; PEREIRA, A.R. Comparação entre evaporação em tanque classe A padrão e em mini-tanque, instalados em estufas e estação meteorológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1977. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBA, 1997. p. 228-230.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, B.; CARR, T. **Sensory evaluation techniques**. 3 ed. Boca Raton: CRC Press, 1999. 416p.

MENCARELLI, F.; SALTVEIT, Jr. M.E. Ripening of mature-green tomato fruit slices. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 113, n.5, p. 742-745, 1988.

MITCHELL, J. R. P.; SHENNAN, C.; GRATTAN, S.R.; MAY, D.M. Tomato fruit yields and quality under water déficit and salinity. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 116, n.2, p. 215-221, 1991.

MOURA, M. L.; SARGENT, S. A; OLIVEIRA. R. F. Efeito da atmosfera controlada na conservação de tomates colhidos em estágio intermediário de maturidade. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 135-142, 1999.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media, **Water Resource Research**, Washington, v. 12, p. 513-522, 1976.

NAVARRETE, M.; JEANNEQUIN, B. Effect of frequency of axillary bud pruning on vegetative growth and fruit yield in greenhouse tomato crops. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.86, n.3, p. 197-210, 2000.

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

OLIVEIRA, F. A. **Efeito da salinidade da água de irrigação sobre algumas características do solo e da cultura do arroz (*Oriza sativa*, L.)**. 1983. 139p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Palntas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M. A. A. C.; SILVA, M. G. G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 326-332, set./dez. 1999.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de (ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap.1, p. 1-35.

OLIVEIRA, M.R.V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: Vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.8, p. 1049-1060, 1995.

PADILLA, W. A. **Lo que usted saber del suelo su análisis e interpretación para fertirrigación**. Quito: Universidad Agraria del Ecuador, 1998. 121p.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: Situação Atual e Perspectivas para o Futuro. In: FOLEGATTI, M. V. **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 11-84.

PARRA, I. R. V. Fertilizantes solúveis e fertirrigação em algumas fruteiras do Chile. In: FOLEGATTI, M. V. (Coords). **Fertirrigação: Flores, Frutas e Hortaliças**, Guaíba, 2001. p. 163 – 200.

PINTO, J. M. Fertirrigação em fruticultura irrigada. **ITEM**, Brasília, n.49. 2001. p. 14-23.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid: Editora Agrícola Española, 1985. 542p.

QUEIROZ, J.E.; GONÇALVES, A.C.; SOUTO, J.S.; FOLEGATTI, M.V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: SBEA, 1997. p. 69-111.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do Solo e Adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.

RESENDE, J.M. **Qualidade pós-colheita de dez genótipos de tomate do grupo multilocular**. 1995. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

RHOADES, J.D. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. **Advances in Agronomy** , New York, v. 49. p. 201-251. 1994.

RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, D. R.; NIELSEN, D. R. (Ed.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1990. cap.36, p. 1089-1142. (Agronomy, 30).

RHOADES, J. D; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de H.R. GHEYI, J.R. de SOUSA, J. E. QUEIROZ. Campina Grande, UFPB, 1992. 117p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48)

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

RICHARDS, L.A. **Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos**. DAEUA. México: Editorial Limusa, 1974. 172p.

ROCHA, D. G. F.; HOLANDA, J. S.; MEDEIROS, J.F.; ALENCAR, R. D.; PORTO FILHO, F. Q.; ROCHA, A. A. Comportamento de cultivares de melão pele de sapo submetidas as condições de salinidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 10; 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBF, 2000, 1 CD-ROM.

SÁ, N. S. A. de. **Cultivo do Tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo.** 2004. 71p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

SAKAMOTO, Y.; WATANABE, S.; NAKASHIMA, T.; OKANO, K. Effects of salinity at two ripening stages on the fruit quality of single-truss tomato grown in hydroponics. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, United Kingdom, v.74, p. 690-693, 1999.

SANTOS, C. R.; PINTO, J. M. Fertirrigação. **ITEM**, Brasília, n.51, p. 39-41, 2001.

SANTOS, J. G. R. dos. **A salinidade na agricultura irrigada: teoria e prática.** Campina Grande: UFPB, 2000. 171p.

SAPERS, G.M.; PHILLIPS, J.G.; PANASIUK, O.; CARRÉ, J.; STONER, A.K.; BARKSDALE, T. Factors affecting the acidity of tomatoes. **HortScience**, Mount Vernon, v.13, n.2, p. 187-189, 1978.

SASAKI, J. L. S.; SENO, S. Importância da adubação na qualidade de algumas olerícolas (alho, cebola, couve-flor, pimentão e tomate). In: SÁ, M. E.; BUZZETI, C. (Coord.) **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas.** São Paulo: Ícone, 1994. cap.19, p. 331-343.

SHI, J.X.; LE MAGHER, M.; LIPTAY, A.; WANG, S.L. Chemical composition of tomatoes as affected by maturity and fertigation practices. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v.22, p. 147-156, 1999.

SILVA, E.F.F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo.** 2002. 136p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 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. **Fertirrigação: Citrus, Flores e Hortaliças.** Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 267-277.

SILVA, E. F. F. de; CAMPECHE, L. F. de S. M.; DUARTE, S. N.; FOLEGATTI, M. V. Evapotranspiração, coeficiente de cultivo e de salinidade para o pimentão cultivado em estufa. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 17, n. 2, p. 58-63, maio/ago, 2005.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L.B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – Embrapa Hortaliças, 2000. 168 p.

SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: FARIA, M.A. (Coord.) **Manejo de irrigação**. Lavras: UFLA; SBEA, 1998. p.311-351.

SOUSA, V. F. de. **Aspectos básicos da fertirrigação**. In: Manual do curso de fertirrigação em fruteiras, 1, 2001. Teresina: Embrapa – CPAMN, 2001. 112p.

SOUSA, V. F. de. **Frequência de aplicação de N e K via água de irrigação por gotejamento no meloeiro (*Cucumis melo* L. cv. Eldorado 300) em solo de textura arenosa**. 1993. 131p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de mesquita Filho”, Botucatu, 1993.

SOUSA, V. F. de; SOUSA, A. P. Fertirrigação II: Tipos de produtos, aplicação e manejo. **ITEM**, Brasília, v.47, 1992. p. 15-20.

STROGONOV, B. P. **Physiological bases of salt tolerance of plants**. Jerusalem, Israel: Program Scientific Translations, 1964. 279p.

TANJI, K.K.(Ed.) **Agricultural salinity assessment and management**. New York : ASCE. 1990. 610p. (ASCE Manuals and Reports of Engineering Practices, 71).

TEIXEIRA, E., MEINER, E.M., BARBETA, P.O.A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987. 180p.

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

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

VIEIRA, R. F. Introdução a quimigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.) **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 13 – 30.

VILLAS BÔAS, R.L.; ANTUNES, C.L.; BOARETO, A.E.; SOUZA, V.F.de; DUENHAS, L.H. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M.V.; CASARINI, E.; BLANCO, F.F.; BRASIL, R.P.C.; RESENDE, R.S. (Ed.). **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. v.2, p.71-103.

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

VIVANCOS, A. D. **Fertirrigation**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 217p.

WOLT, J. D. **Soil solution chemistry: applications to environmental science agriculture**. New York: Wiley, 1994. 345p.

WOODWARD, G. D. **Sprinkler irrigation**. New York: Sprinkler Irrigation Association. 1959. 377p.

ZAMBRANO, J.; MOYEJA, J.; PACHECO, L. Efecto del estado de madurez en la composición y calidad de frutos de tomate. **Agronomía tropical**, Maracay, v.46, n. 1, p. 61-72, 1995.

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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