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

**Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da
salinidade para a cultura do pepino enxertado**

Pedro Róbinson Fernandes de Medeiros

Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em
Agronomia. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

PIRACICABA

2007

Pedro Róbinson Fernandes de Medeiros
Engenheiro Agrônomo

**Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade para a
cultura do pepino enxertado**

Orientador:

Prof. Dr. **SÉRGIO NASCIMENTO DUARTE**

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

Piracicaba
2007

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

Medeiros, Pedro Róbinson Fernandes de

Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade para a cultura do pepino enxertado / Pedro Róbinson Fernandes de Medeiros. -- Piracicaba, 2007.

82 p. : il.

Dissertação (Mestrado) -- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
Bibliografia.

1. Cultivo protegido 2. Fertilizantes 3. Fertirrigação 4. Pepino 5. Solo salino 6. Solos - Propriedades físico-químicas I. Título

CDD 635.63

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

*Aos meus pais, Geraldo e Maria
Bráulia, símbolos de vida,
responsabilidade e humildade,
cujo o amor me estimula a cada
dia.*

HOMENAGEM

*À minha filha e a minha noiva, pelo
carinho oferecido. E aos meus
irmãos, Paulo e Péricles, pela
amizade e companheirismo.*

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado a vida, a esperança, a inspiração e a dedicação nas horas de necessidade;

Ao meu orientador, Sergio nascimento Duarte, pelos ensinamentos, amizade, apoio e sugestões recebidas;

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

Ao Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade oferecida para desenvolvimento deste trabalho;

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

Aos Professores Décio E. Cruciani, José A. Frizzzone, José F. de Medeiros, Marcos V. Folegatti, Rubens D. Coelho, Sergio N. Duarte, Tarlei A. Botrel, Iran J. da Silva, pelos ensinamentos, amizade e estímulo;

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

A Raimundo Felix, Laudeci Medeiros, Bruna, Sergio e Ana Vitória, pela amizade e carinho concedido;

Aos meus amigos, Tales, Allan, Marconi, Ana Livia, Ceres, Brivaldo, Fabiana, Adalberto, Ralini, Gerane, Nívia, Mônica, Manoel, João Lelis, Antônio Clarette, Antoni, Lilia, Raul, Basalto, Ari, Lucas, Waleska, Keli, Dalva pelo companheirismo;

Aos meus amigos, Valfísio, Cláudio Uyeda, Sérgio Weyne, Sergio Taparo, Osvaldo, Cícero, Pablo, Claudão (trailer), Alexandro, Robson Armindo, Robson Sousa, Marcos Rosa pelo companheirismo e pelas freqüentes confraternizações étlicas;

E a todos aqueles que, direto ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO -----	07
ABSTRACT -----	08
LISTA DE FIGURAS -----	09
LISTA DE TABELAS -----	11
1 INTRODUÇÃO -----	13
2 DESENVOLVIMENTO -----	15
2.1 Revisão de literatura -----	15
2.1.1 A cultura do pepino -----	15
2.1.2 Cultivo em ambiente protegido -----	17
2.1.3 Irrigação e fertirrigação -----	20
2.1.4 Uso de água salina -----	24
2.1.5 Salinidade do solo -----	25
2.2 Material e métodos -----	29
2.2.1 Localização e descrição da área experimental -----	29
2.2.2 Experimento I -----	29
2.2.2.1 Construção das curvas de salinização artificial -----	29
2.2.2.2 Construção da curva de retenção de água no solo -----	32
2.2.2.3 Correção do pH do solo -----	33
2.2.3 Experimento II -----	33
2.2.3.1 Descrição da estrutura experimental -----	33
2.2.3.2 Tratamentos e delineamento experimental -----	34
2.2.3.3 Condução do experimento II -----	36
2.2.3.3.1 Salinização do solo -----	36
2.2.3.3.2 Plantio, condução das plantas e monitoramento climático -----	37
2.2.3.3.3 Manejo das irrigações -----	38
2.2.3.3.4 Adubação -----	39
2.2.3.3.5 Extração da solução do solo -----	40
2.2.3.3.6 Características avaliadas -----	42
2.3 Resultados e discussão -----	43

2.3.1 Experimento I -----	43
2.3.1.2 Curvas de salinização artificial do solo -----	43
2.3.2 Experimento II -----	45
2.3.2.1 Salinização artificial do solo -----	45
2.3.2.2 Caracterização climática -----	46
2.3.2.3 Monitoramento da salinidade do solo -----	46
2.3.2.4 Potencial mátrico e volume de água aplicado no solo -----	48
2.3.2.5 Crescimento das plantas -----	51
2.3.2.5.1 Altura das plantas -----	51
2.3.2.5.2 Diâmetro de caule -----	53
2.3.2.6 Produção e componentes da produção -----	54
2.3.2.7 Características físico-químicas dos frutos -----	59
2.3.2.8 Percentagem de matéria seca dos frutos -----	62
2.3.2.9 Matéria seca da parte aérea -----	64
3 CONCLUSÕES -----	67
REFERÊNCIAS -----	68
APÊNDICE -----	78

RESUMO

Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade para a cultura do pepino enxertado

Com o intuito de contribuir para os estudos referentes à tolerância e efeitos da salinidade causada por excesso de fertilizantes nas principais culturas exploradas nacionalmente, o presente trabalho teve como objetivos estudar os efeitos de diferentes níveis de salinidade do solo sobre as variáveis fenológicas e de produção do pepino cultivado em vasos e em ambiente protegido, e averiguar se a manutenção da condutividade elétrica em um determinado nível promove incremento da produção quando contrastada com o manejo tradicional da fertirrigação. Este estudo foi conduzido na experimental do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Os tratamentos foram compostos da combinação de dois fatores: 6 níveis de salinidade inicial do solo ($S_1 = 1,5$; $S_2 = 2,5$; $S_3 = 3,5$; $S_4 = 4,5$; $S_5 = 5,5$ e $S_6 = 6,5$ dS m^{-1}) e dois manejos de fertirrigação: tradicional (M1) e com controle da condutividade elétrica da solução do solo (M2). O delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados completos com quatro repetições, ficando os fatores estudados arranjados no esquema fatorial 6×2 . A salinização inicial do solo se procedeu por meio da aplicação de soluções salinas preparadas a partir de fertilizantes, sendo que a quantidade de sais a ser adicionada foi determinada tomando por base uma curva de salinização artificial obtida previamente em laboratório. A condutividade elétrica da solução foi medida após o término de cada evento de irrigação, utilizando-se extratores com cápsulas porosas. Os resultados mostram que houve efeito significativo, para todos os fatores estudados e para variáveis respostas estudadas, com exceção da variável altura de plantas. O manejo M1 proporcionou uma maior produção de frutos por planta, total e comercial, em relação ao manejo M2. Embora a literatura cite que a cultura do pepino seja moderadamente sensível a salinidade, o valor encontrado para a salinidade limiar (SL), sob condições do referente estudo, ficou bem acima dos níveis encontrados na literatura.

Palavras-chave: Fertilizantes; Solo salino; Condutividade elétrica

ABSTRACT

Management of the fertirrigation in protecting environment aiming the control of the salinity for culture of grafted cucumber

With intention of contributing for the studies regarding the tolerance and effect of the salinity caused by fertilizer excess in the main explored cultures, the present work has had as objective to study the effect of different levels of ground salinity on the phenology variable and of production of the cucumber cultivated in vases and protected environment, and to check if the maintenance of the electric conductivity in one determined level promotes increment of the production when contrasted with the traditional management of fertirrigation. This study was lead in the experimental area of the Department of rural Engineering of ESALQ/USP, Piracicaba, SP. The treatments had been composed of the combination of two factors: 6 levels of initial salinity of the ground (S1 = 1,5; S2 = 2,5; S3 = 3,5; S4 = 4,5; S5 = 5,5 and 6,5 S6 = dS m^{-1}) and two fertirrigation management: traditional (M1) and with control of the electric conductivity of the solution of the soil (M2). The adopted statistical delineation was of complete random blocks with the four repetitions, being the studied factors arranged in factorial project 6 x 2. The initial salinization of the soil was proceeded by means of the application of saline solutions prepared from fertilizers, being that the amount of salt was to be added was determined based a in curve of artificial salinization previously gotten in laboratory. The electric conductivity of the solution was measured after the ending of each event of irrigation, using extracts with porous capsules. The results show that it had significant effect, for all the studied factors and changeable studied answers, except for the changeable height of plants. The M1 management provided a great yield of fruits per plant, total and negatiabe, in relation to management M2. Literature states that the culture of the cucumber is moderately sensitive to the salinity, and the value found for the salinity threshold (SL), under conditions of the referring study, was well above of the levels found in the literature.

Keywords: Fertilizers; Saline soil; Electric conductivity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Curva característica de retenção da água no solo -----	32
Figura 2 -	Calcário dolomítico utilizado na correção -----	33
Figura 3 -	Estrutura da estufa que foi utilizada no experimento -----	34
Figura 4 -	Croqui da área experimental, onde A representa a caixa d'água pura, M1 o tanque onde era preparada a solução fertilizante que dependia da marcha de absorção da cultura, M2 tambores menores onde era preparada as soluções salinizantes, MB o conjunto moto-bomba e MT a localização do mini tanque	35
Figura 5 -	Tutoramento das plantas na casa de vegetação -----	37
Figura 6 -	Leitura da tensão da água do solo por meio de tensímetro eletrônico de punção -----	39
Figura 7 -	Equipamento elétrico utilizado para realização do vácuo nos extratores -----	41
Figura 8 -	Relação entre a concentração e a condutividade elétrica das soluções -----	43
Figura 9 -	Relação entre a CE_{es} esperada e a CE_{es} obtida após a adição dos fertilizantes	44
Figura 10 -	Curva de salinização artificial, relacionando a concentração dos sais fertilizantes aplicados via água de irrigação e a CE_{es} -----	45
Figura 11 -	Valores médios de CE medidos no extrato de saturação do solo, em $dS\ m^{-1}$, após a salinização artificial para os diferentes tratamentos -----	45
Figura 12 -	Variação da temperatura e da umidade do ar no interior do ambiente protegido -----	46
Figura 13 -	Valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, estimados a partir dos valores medidos na solução obtida por extratores, ao longo do ciclo, para o manejo M1 (A) e para o manejo M2 (B) -----	47
Figura 14 -	Modulo do potencial matricial e do volume de água aplicado por tratamento --	50
Figura 15 -	Crescimento das plantas de pepino para os manejos de fertirrigação M1 (A) e M2 (B) -----	52
Figura 16 -	Gráficos de regressão para as médias de diâmetro de caule inferior (DCI) e superior (DCS) para o manejo M2, em função dos níveis de salinidade do solo	54
Figura 17 -	Valores médios de diâmetro do caule superior (DCS) e diâmetro do caule inferior (DCI) para cada tratamento -----	54

Figura 18 -	Curva de tolerância da cultura do pepino, em função da salinidade do solo ----	58
Figura 19 -	Gráficos de regressão para as médias da produção comercial (PCOM), produção total (PTOT), número comercial de frutos (NCOM), numero total de frutos (NTOT), comprimento dos frutos comerciais (CCOM) e comprimento dos frutos totais (CTOT) para os manejos M1 (A) e M2 (B), em função dos níveis de salinidade do solo -----	59
Figura 20 -	Gráficos de regressão para as médias de ATT nos manejos M1 e M2, SST e FP para o manejo M2, em função dos níveis de salinidade do solo -----	62
Figura 21 -	Gráficos de regressão para as médias de matéria seca dos frutos no início da colheita (MASEINI) nos manejos M1 (A) e M2 (B), em função dos níveis de salinidade do solo -----	64
Figura 22 -	Gráficos de regressão para as médias de matéria seca, nas variáveis folha (MSF) e pecíolo (MSP) nos manejos M1 (A) e M2 (B), e ramo (MSR) para o manejo M2, em função dos níveis de salinidade do solo -----	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Níveis de tolerância a teores de sais no solo e na água de irrigação -----	28
Tabela 2 -	Solubilidade e índice de salinidade dos fertilizantes utilizados no experimento	29
Tabela 3 -	Caracterização química do solo -----	30
Tabela 4 -	Características físico-hídricas do solo utilizado -----	31
Tabela 5 -	Quantidade média total de água aplicada por tratamento em litros por planta para todo o ciclo da cultura do pepino -----	51
Tabela 6 -	Valores médios finais de altura (m) das plantas para cada tratamento -----	51
Tabela 7 -	Resumo da análise de variância e médias (mm) do diâmetro médio abaixo da enxertia (DIAMINF) e diâmetro médio acima da enxertia (DIAMSUP), para a cultura do pepino, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação -----	53
Tabela 8 -	Resumo da análise de variância do número total de frutos comerciais (NCOM), número total dos frutos (NTOT), peso dos frutos comerciais (PCOM), peso total dos frutos (PTOT), comprimento dos frutos comerciais (CCOM), comprimento total dos frutos (NCOM), para a cultura do pepino, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação -----	55
Tabela 9 -	Valores médios de comprimento dos frutos comerciais (m), representando o desdobramento entre os níveis de salinidade com os dois tipos de manejo pelo teste de Tukey -----	56
Tabela 10 -	Valores médios obtidos de produtividade em g planta ⁻¹ , para cada tratamento	57
Tabela 11 -	Resumo da análise de variância e médias do pH, sólidos solúveis totais (SST - %), acidez total titulável (ATT - %) e firmeza de polpa (FP - kgf), para a cultura do pepino, em função dos níveis de salinidade do solo e dos manejos da fertirrigação -----	60
Tabela 12 -	Valores médios de acidez total titulável (ATT - %), representando o desdobramento entre os níveis de salinidade do solo com os dois tipos de manejo pelo teste de Tukey -----	61
Tabela 13 -	Resumo da análise de variância e médias da matéria seca dos frutos (%), no início (MASEINI) e no final (MASEFIN) da colheita, para a cultura do	

	pepino, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação ----	63
Tabela 14 -	Valores médios da matéria seca dos frutos (%) no início do período de colheita, representando o desdobramento entre os níveis de salinidade do solo com os dois tipos de manejo pelo teste de Tukey -----	64
Tabela 15 -	Resumo da análise de variância e de médias da matéria seca das folhas (g planta ⁻¹), pecíolos (g planta ⁻¹) e ramos (g planta ⁻¹), para o final do ciclo da cultura do pepino, em função dos níveis de salinidade do solo e dos manejos da fertirrigação -----	65
Tabela 16 -	Valores médios da matéria seca dos ramos, representando o desdobramento entre os níveis de salinidade do solo com os dois tipos de manejo pelo teste de Tukey -----	66

1 INTRODUÇÃO

A necessidade da modernização da produção e da transparência na comercialização são mais sentidas a cada dia que passa. A adoção das Normas de Classificação do Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura, é o passo necessário para a existência de uma linguagem única na cadeia de produção. A adoção de padrões de qualidade mensuráveis garante, num futuro próximo, o reconhecimento do melhor produto e a premiação do melhor produtor, a alavancagem de sistemas de produção mais modernos, a garantia do nicho mais adequado para cada produto, a criação de grandes volumes de produto com qualidade para exportação e um produto de menor custo e maior qualidade para o consumidor.

As hortaliças, nos últimos anos, obteve um aumento de produtividade e área plantada, maior que muitas culturas tradicionais do Brasil. A produtividade das hortaliças está diretamente relacionada com diversos aspectos, incluindo fitossanidade, umidade do solo e os teores de nutrientes disponíveis para a planta, quer sejam oriundos da fertilidade natural do solo ou de resultados da adição de fertilizantes. Tais aspectos podem ocasionar reduções significativas na produtividade e na qualidade das hortaliças, depreciando-as para o mercado e podendo alcançar 100% de perdas para o produtor.

Dentro deste contexto, o uso de estufas no cultivo de hortaliças vem assumindo importante papel na agricultura devido à grande adaptação dessas plantas a esse sistema de cultivo e ao aumento na lucratividade que proporciona. Entre as culturas mais exploradas em estufa no Estado de São Paulo encontram-se o pimentão, o pepino, o tomate, a alface, entre outras (Trani et al., 1997).

Além disso, segundo Stanghellini (1993), em estufas há uma redução do consumo de água de irrigação por produção unitária, podendo chegar a uma economia de 50%.

O uso da irrigação em estufas se faz necessário, e vem sendo utilizada tanto para suprir as necessidades hídricas das culturas, como para aplicações de fertilizantes (fertirrigação). Essas aplicações, devido ao manejo inadequado, juntamente com a qualidade da água aplicada, vem ocasionando muitos danos às culturas e ao solo utilizado. Um dos principais danos, seria a salinização dos solos causada pela aplicação de fertilizantes de forma desordenada, que contem íons como, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , NO_3^{-} , entre outros, somente obedecendo a marcha de absorção das

culturas, sem se preocupar com outros aspectos como, por exemplo, a quantidade de sais aplicados no solo, a concentração, a frequência, etc.

Existem informações de que no Estado de São Paulo, os solos de estufa 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 estufa 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).

Com tudo isso, vem-se procurando a utilização de técnicas de monitoramento e determinação da CE da solução do solo, buscando controlar os níveis e concentrações dos íons existentes. Em laboratório, a salinidade do solo pode ser estimada a partir de medidas de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) ou da condutividade elétrica (CE) em diferentes relações solo : água destilada (RICHARDS, 1954). E em campo, vários métodos são disponíveis para determinar a CE e avaliar a salinidade do solo, tais como técnica de indução eletromagnética, “four-electrodes probe”, “time domain reflectometry-TDR” (RHOADES, 1994) e ainda, mediante o uso de extratores de solução.

Cada um destes métodos apresenta 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 refletir 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 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.

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

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 A cultura do pepino

O pepino (*Cucumis sativus* L) pertence à família das cucurbitáceas, a mesma das abóboras, morangas, melancia, melão, chuchu, maxixe, bucha e melão de São Caetano ("Uri"). O seu centro de origem é a Índia, sendo posteriormente levado para a China e para as Filipinas e as Ilhas Formosas. Da região Norte da China, originou-se uma linhagem ou grupo de pepinos com frutos mais alongados e diâmetros reduzidos. Outro grupo, que se desenvolveu no sul da Ásia, chegou às Ilhas Formosas e depois à Ilha Okinawa, no arquipélago de Rui Kyu, e em 1923, foi levado para o Japão dando origem ao pepino do grupo "Aodai" e "Aonaga", hoje conhecidos no mercado como pepinos Comum e Japonês, respectivamente. Outros tipos de pepino que existem no mercado são "Caipira" e "Conserva" (SOCIEDADE DE OLERICULTURA DO BRASIL).

O pepino é uma hortaliça fruto, de clima tropical. As regiões produtoras são bem distintas, conforme o grupo do pepino. Na região de Pilar do Sul/Capão Bonito/Piedade, próxima à Região Metropolitana de São Paulo, o "Japonês" é o mais cultivado, e tem a preferência dos consumidores paulistanos. Para o mercado mais voltado para o interior paulista e demais estados brasileiro, o "Caipira" é predominante. No Entrepasto Terminal São Paulo da CEAGESP, durante os últimos anos, o volume comercializado de pepino "Comum" foi o dobro de pepino "Japonês". A quantidade de pepino "Caipira" é muito inferior à dos outros dois, sendo dez vezes menor que a quantidade total do pepino "Comum". Em 2002, a produção total de pepino "Comum" foi de 24.900 Mg, o de pepino "Japonês" foi de 13.830 e 2.490 Mg de pepino "Caipira". Inversamente ao volume comercializado, o preço médio do pepino "Japonês" tem sido, historicamente, o dobro dos outros dois pepinos, que têm preços praticamente iguais. Em 2002, tomando-se como base o preço médio de venda do atacado para o varejo no ETSP, o valor comercializado de pepino "Japonês" foi de R\$ 8.887.863,37, de pepino "Comum" R\$ 7.855.373,02 e o de pepino "Caipira" R\$ 838.791,14. Ao longo dos últimos anos o volume de pepino comercializado no ETSP vem aumentando. Se comparados os dados de entrada de 1998 com os de 2002, verifica-se um aumento de 20%. Há 20 anos atrás, não era possível cultivar o pepino no inverno, no Cinturão Verde de São Paulo (SOCIEDADE DE OLERICULTURA DO BRASIL).

O pepino (*Cucumis sativus* L.) tem apresentado importante crescimento na comercialização de hortaliças, sendo bastante apreciado e consumido em todo o Brasil. Em 2005 foram comercializadas 41.187 Mg na CEAGESP, ficando o preço em R\$ 0,47 por kg (FNP Consultoria & AGROINFORMATIVOS, 2005).

De acordo com o FNP Consultoria & AGROINFORMATIVOS (2005) a cultura encontra-se entre as principais hortaliças cultivadas, ocupando o terceiro lugar em área cultivada. Entre as culturas exploradas em casa de vegetação no Estado de São Paulo destaca-se o pimentão, o pepino, a alface, o tomate, entre outras (TRANI et al., 1997).

A introdução da tecnologia de produção em ambientes protegidos resolveu o problema do frio e hoje a oferta do pepino, independente do grupo, acontece durante o ano inteiro. O consumo do pepino é feito basicamente na forma de salada, mas existem outras formas de consumo, como em conserva. Algumas comunidades o utilizam nas sopas. O pepino contém 95% de água. É rico em beta-caroteno, folacina, cálcio, magnésio, potássio, fósforo e selênio. É utilizado como diurético e há indicações de seu consumo para amenizar dores de garganta. O seu valor calórico é baixo, em 100g contém 12 a 14 kcal, e por isso também é indicado para pessoas que desejam perder peso (SOCIEDADE DE OLERICULTURA DO BRASIL).

A cultura do pepino adapta-se melhor a solos de textura média, leves, embora tolere solos argilosos. A faixa de pH 5,5 a 6,8 é a mais favorável. Por meio da calagem, eleva-se a saturação por bases para 70%, procurando atingir pH 6,0. A adubação orgânica e a fosfatagem, efetuadas semanas antes da sementeira ou do transplante, favorecem a produtividade. O preparo do solo consiste em aração, gradagem e sulcamento para plantio (FILGUEIRA, 2000).

O rendimento do pepino cultivado a campo no Brasil, é ainda muito reduzido. Alguns autores citam para o pepino de conserva rendimento de 1,6 kg m⁻², e para tipo salada 2,5 a 8,0 kg m⁻² (SANTOS, 1980; FILGUEIRA, 1981; EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A (EPAGRI), 1993). Em outros países latino-americanos como, por exemplo, o Chile, estes rendimentos alcançam valores de 5 a 9 kg m⁻². (ALFONSO OSÓRIO et al., 1984).

A cultura do pepino requer umidade relativa alta (70 a 90 %), sendo exigente em luminosidade, principalmente na floração. Para uma germinação mais rápida e uniforme necessita temperaturas de solo entre 25 e 30 °C, com limite mínimo inferior de 12 °C. Com relação a temperatura do ar, requer para o crescimento ótimo, 20 a 25 °C durante o dia, e 18 a 22 °C

durante a noite.; com temperaturas médias diárias inferiores a 12 °C as plantas ficam amarelecidas e cessa o crescimento. Também requer temperaturas altas na maturação dos frutos, com um ótimo de 25 a 30 °C para seu desenvolvimento, que associadas a condições de dias longo, induzem o surgimento de flores masculinas (SERRANO CERMEÑO, 1979; ROBLEDO & MARTIN, 1981; CASTILLA, 1990; EPAGRI, 1993).

2.1.2 Cultivo em ambiente protegido

A expressão cultivo protegido tem sido utilizada, na literatura internacional, com um significado bastante amplo. Ela engloba um conjunto de práticas e tecnologias (quebraventos, mulches de solo, casas de vegetação, túneis altos, túneis baixos, etc.), utilizados pelos produtores para um cultivo mais seguro e protegido de suas lavouras (WITTWER; CASTILLA, 1995, apud DELLA VECCHIA; KOCH, 1999).

Goto (1997) concluiu que existe grande perspectiva para os cultivos protegidos, pois esta é uma tecnologia bastante utilizada em algumas regiões e os produtores que estão desde o início ou há pelo menos cinco anos na atividade não vão retroceder e tão pouco pretendem voltar a cultivar somente em campo aberto. Considera ainda a existência de uma grande perspectiva de expansão desta tecnologia, que é capaz de utilizar pequenas áreas e produzir de pelo menos uma vez e meia ao dobro do que se consegue produzir em campo aberto, desde que se saiba manejar a estrutura e o ambiente em questão, respeitando a espécie a ser instalada.

Para aumentar o rendimento das hortaliças, os órgãos de extensão rural têm fomentado a técnica do cultivo protegido, o que vem despertando o interesse cada vez maior, por parte dos agricultores, pelo conhecimento e adoção desta tecnologia, e há necessidade de respostas às inúmeras questões sobre a mesma por parte da pesquisa agrícola.

A plasticultura, como uma das alternativas ao modelo de agricultura tradicional, propõe mudanças nas técnicas e conceitos através de uma produção segura, sem riscos de perdas devido à fatores climáticos adversos e possibilitando à atividade agrícola altos índices de produtividade.

De uma maneira geral as produtividades de hortaliças sob cultivo protegido, tais como pimentão, tomate e pepino, são duas até quatro vezes superiores às produtividades obtidas no campo, a céu aberto. Isso tem estimulado à realização de novas pesquisas científicas voltadas a

definição sobre as quantidades e maneiras de aplicação de fertilizantes neste moderno sistema de produção.

Com este sistema de produção é possível obter aumento nos rendimentos, bem como ter produto de melhor qualidade para comercialização, principalmente fora das épocas tradicionais de cultivo. Diversos autores apresentam para o cultivo do pepino em estufa plástica rendimentos de 15 a 30 kg m⁻² (ALFONSO OSORIO, 1984; SERRANO CERMEÑO, 1979; ROBELDO; MARTIN 1981; ROBLES, 1985).

De acordo com Bot (1992), as exigências de mercado e a proteção ambiental têm despertado interesse de cultivos em ambientes protegidos. O desenvolvimento desta técnica tem crescido no mundo a taxas elevadas (NELSON, 1991), estimando-se um crescimento mundial de aproximadamente 7% ao ano. Há uma projeção de que a área coberta com estufa no Estado de São Paulo deveria dobrar a cada 5 anos (ARAÚJO, 1995, apud MEDEIROS, 1998).

A escassez de técnicos para atuar na área e a deficiência de resultados de pesquisa sobre o comportamento agrônomo de hortaliças sob cultivo protegido são hoje os motivos que mais limitam os avanços da plasticultura na agricultura nacional (LIMA et al., 1997).

Com a expansão da atividade, vários problemas surgidos têm sido relatados por agricultores e técnicos envolvidos com esta atividade agrícola. Um dos principais objetivos da produção em ambiente protegido é promover proteção contra fatores adversos do clima, entretanto, a pesquisa científica no Brasil sobre o cultivo em estufa, ainda é muito incipiente (MEDEIROS, 1998; MACEDO JÚNIOR, 1998).

Scatolini (1996) observou que a estufa altera os elementos meteorológicos de maneira não uniforme, dificultando a estimativa da evapotranspiração a partir de elementos externos a ela.

O efeito do ambiente protegido sobre a temperatura do ar está relacionado com o balanço de energia. A radiação solar que penetra para o interior do ambiente protegido é parcialmente absorvida pelo solo, plantas e objetos, sendo parte convertida em energia térmica (radiação de ondas longas). Esta radiação térmica vai para o espaço e, ao atingir algum material opaco (como deveria ser a cobertura plástica), fica retida neste ambiente, propiciando uma elevação da temperatura do ar. Este fenômeno é conhecido como efeito estufa (TAPIA, 1981).

Segundo Jones (1992), a radiação solar é a principal fonte de energia para as plantas, sendo sua maior parte convertida em calor, impulsionando o processo de transpiração e também alterando a temperatura dos tecidos vegetais com consequência para a taxa dos processos

metabólicos e o balanço entre eles. Em revisão feita por Kirda (1994), verifica-se relação linear entre o consumo de água de uma cultura em ambiente protegido e a radiação solar diária.

A utilização de coberturas plásticas, de menor custo e fácil manuseio, como os filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD), possibilitaram um maior desenvolvimento do cultivo de diversas culturas em ambiente protegido, principalmente, nas regiões Sudeste e Sul do Brasil (BURIOL et al., 1993; VIANA, 2001). O ambiente protegido tem-se popularizado por permitir maior controle dos elementos microclimáticos ao longo do ano, e possibilitar a obtenção de produtos de melhor qualidade, além da regularização de oferta (CERMEÑO, 1990; FOLEGATTI et al., 2002; REIS; MAKISISHIMA, 2001/2002).

A produção de hortaliças em ambiente protegido está se expandindo a cada ano em todo o mundo. No Brasil, esta é uma tecnologia que só recentemente vem sendo implantada, e ainda são poucos os dados técnicos.

No Brasil, com o objetivo de proporcionar condições mais favoráveis ao cultivo de hortaliças em ambiente protegido, além das épocas com condições adversas, este sistema está sendo adaptado como alternativa de produção, para ser utilizado em qualquer época do ano. Este procedimento, consolidado com outras técnicas, como é o caso da irrigação e fertirrigação, objetiva ao mesmo tempo, facilitar o cultivo, reduzir custos de produção e aumentar receitas líquidas.

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido é a forma de produção mais utilizada em países desenvolvidos, sendo o tomate, o pimentão, a alface e o pepino as espécies mais cultivadas nestas condições. Várias são as finalidades deste tipo de cultivo, dentre as quais destacam-se a redução do efeito negativo das baixas temperaturas, geadas, vento, granizo, excesso de chuva, a possibilidade de diminuição de ciclo de produção, redução das perdas de água, entre outras.

Dentre as principais cultivares de pepino exploradas em ambiente protegido encontra-se o pepino japonês em que, quase exclusivamente, toda a produção é destinada ao abastecimento do mercado interno.

A cultura do pepino tipo japonês é, dentre os produtos hortícolas, uma das mais utilizadas em sistema protegido, pois apresenta elevado valor econômico na entressafra da região centro-sul (maio a setembro) e ciclo vegetativo curto. Cultivares híbridos do tipo japonês alcançam elevada produtividade nestes sistemas de cultivo (YOSHIMURA et al., s.d.).

A cultura de pepino cultivado em ambiente protegido requer condições de elevada umidade relativa do ar, com faixa ideal entre 70 a 90 %. A luminosidade é muito importante, sobretudo no período de floração. As temperaturas críticas do pepino consideradas ótimas são: para germinação 30° C, para desenvolvimento 20 a 25° C durante o dia e 18 a 22 °C durante a noite (SERRANO, 1977; SGANZERLA, 1995). Ressalta-se este fato como um dos principais motivos pelos quais os produtores passaram a cultivar pepino em ambiente protegido a partir da década de 80.

Um dos principais objetivos da produção em ambiente protegido, comparado com o campo, é o de promover proteção contra fatores adversos do clima como vento, geada, granizo e chuvas, causando importantes modificações microclimáticas.

Quando se compara o cultivo em ambiente protegido com o cultivo a céu aberto, verifica-se que a evapotranspiração é geralmente menor no interior do ambiente protegido do que externamente, atribuindo-se, basicamente, à parcial opacidade da cobertura plástica e à redução da ação dos ventos, que são os principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera. Contudo a temperatura e a umidade relativa do ar, em alguns momentos, podem atingir valores maiores no interior do ambiente protegido, com estreita dependência com as condições meteorológicas. Em geral, a evapotranspiração no interior do ambiente protegido fica em torno de 60-80% da verificada no exterior (FARIAS et al., 1993).

Em ambiente protegido, o manejo da irrigação é diferente das condições de campo de regiões sub-úmidas, pois não se conta com a água da chuva. Da mesma maneira que em regiões áridas, apenas a água de irrigação é responsável por suprir as necessidades hídricas da cultura e lixiviar os sais para controle da salinidade do solo. Em condições de cultivo protegido e em regiões semi-áridas, como o Nordeste do Brasil onde são comuns solos e águas de irrigação salinos, deve-se estudar a tolerância das culturas à salinidade para manejar diferenciadamente o sistema solo-água-planta, mesmo que as plantas não mostrem sintomas visuais.

Martins (1995), trabalhando com a cultura do pepino em estufa, afirma que a poda de arejamento permite a obtenção de maiores rendimentos, podendo ser utilizada para diferentes espaçamentos entre plantas.

2.1.3 Irrigação e fertirrigação

O suprimento de água é um dos principais fatores que influencia e geralmente restringe o crescimento das plantas. A forma de aplicação (irrigação) é de grande importância porque pode afetar o suprimento de água e nutrientes.

A finalidade básica da irrigação, principalmente quando se deseja a produção máxima e produto de boa qualidade, é proporcionar água à cultura de maneira a atender toda a exigência hídrica durante todo seu ciclo (AZEVEDO; CAIXETA, 1986).

A irrigação é a técnica de aplicação da água às plantas, que favorece a redução do ciclo vegetativo. Porém o conhecimento de alguns parâmetros da irrigação (evapotranspiração, K_c , etc), são de grande importância para seu dimensionamento e manejo, aumentando a produtividade e otimizando a utilização dos recursos hídricos e de energia elétrica.

A eficiência do manejo da irrigação vem se sobressaindo como uma das técnicas de importância mundial, sendo praticada em larga escala, principalmente em zonas áridas, semi-áridas e, em menor escala, em regiões semi-úmidas onde, às vezes, utiliza-se a irrigação suplementar (VILLA, 1998).

O correto manejo da irrigação, para obtenção de produtividade viável economicamente, seria aquele em que se aplica água no solo, no momento oportuno e em quantidades suficientes para suprir as necessidades hídricas da cultura, sem falta ou desperdício de energia. Para que isso ocorra, há a necessidade do uso de métodos de campo que determinem, direta ou indiretamente, a disponibilidade de água no solo para uma determinada cultura (VILLA NOVA, 1991).

Para a questão “quando irrigar?” a resposta correta é o momento no qual as raízes das plantas começam a ter dificuldades para absorver a água do solo, de modo que este tornando-se mais seco, a produtividade da cultura seria prejudicada. Em outras palavras, a irrigação deve ser feita quando a umidade do solo decresce e atinge a tensão crítica da água (T_c) para a planta.

A quantidade correta (“quanto irrigar?”) por sua vez, depende das características de retenção de água do solo, da profundidade efetiva do sistema radicular e da tensão crítica de água (T_c) para as plantas.

Dentre os vários métodos de manejo de irrigação disponíveis, aqueles que se fundamentam na avaliação da umidade volumétrica, ou por unidade de matéria seca do solo, como os métodos tensiométricos, são os de aplicação mais direta e fácil operação. Porém, são métodos que exigem uma boa amostragem, efetuando-se em vários pontos, como também em profundidades adequadas. Dentre esses, pode-se citar o tensiômetro comum. A razão disso é que a tensão da

água no solo próximo às raízes é uma medida da dificuldade da planta para absorver cada volume unitário de água do solo. Um solo arenoso, com um teor volumétrico de água de 10%, por exemplo, pode conter muita água, facilmente disponível para a planta, enquanto um solo argiloso, com esta mesma umidade volumétrica, praticamente não teria água facilmente disponível para as plantas.

Outra grande preocupação na irrigação é em relação a qualidade da água fornecida às plantas, porque a água contém sais e tais podem se dissolver acumulando-se paulatinamente na zona radicular, diminuindo a disponibilidade de água e acelerando a escassez. Essa salinização do solo muitas vezes torna-se inevitável, à medida que a água se transfere para a atmosfera, por evapotranspiração.

A irrigação, além de constituir uma alternativa de melhoria na produção, também pode ser utilizada para a aplicação de fertilizantes no solo (fertirrigação), que vem sendo usada freqüentemente em cultivos protegidos, principalmente fazendo uso da irrigação por gotejamento.

O sistema de irrigação por gotejamento surgiu em 1940 na Inglaterra, onde era utilizado na irrigação e fertilização de cultivo em estufas. Porém, sua utilização no campo se deu por volta de 1950, em Israel. A partir de 1960, o gotejamento sofreu grande desenvolvimento, sendo utilizado como prática rotineira na Austrália, Europa, Israel, México, República Sul Africana e Estados Unidos (KARMELI; KELLER, 1975, apud LEITE JÚNIOR, 2000).

A aplicação de fertilizantes por gotejamento é mais precisa e eficiente, por ser dirigida e concentrar-se na zona de abrangência das raízes, o que economiza fertilizantes, reduz custos de mão de obra e energia, quando comparado com outros sistemas de fornecimento de água e fertilizantes às plantas (MEDINA SAN JUAN, 1985; CUENCA, 1989).

Para o Brasil, a introdução da fertirrigação é uma atividade consolidada em diversas regiões e envolve um grande número de espécies exploradas. Apesar da sua viabilidade, seu principal problema está associado ao uso pouco eficiente dessa técnica. A sua rápida adoção, se antecipando à investigação, induziu ao surgimento de vários problemas, implicando em prejuízos de produtividade e da qualidade da produção (VILLAS BÔAS et al., 2001). Por outro lado com a utilização da fertirrigação há possibilidade de economia na mão-de-obra, além de facilitar aplicações parceladas de nutrientes (SOUSA et al., 1999).

Sabe-se que a fertirrigação é o melhor instrumento para se manter um teor adequado de nutrientes na solução do solo, e, conseqüentemente, uma boa nutrição das plantas.

Juntamente com o uso da fertirrigação, faz-se necessário uma melhor compreensão da nutrição das plantas, já que a fertirrigação disponibiliza o nutriente imediatamente na solução do solo para absorção. Em alguns países, como nos Estados Unidos, em Israel e na Itália, a fertirrigação tornou-se uma técnica de uso generalizado, principalmente com o desenvolvimento de modernos sistemas de irrigação e pela qualidade dos fertilizantes líquidos. No Brasil, é muito baixo o número de artigos publicados envolvendo a aplicação de micronutrientes em hortaliças de raízes, de tubérculos, de bulbos e de frutos (MESQUITA FILHO et al., 1991).

Ressalta-se que, para muitos agricultores, a facilidade de aplicação de fertilizantes via água de irrigação é que tem direcionado o parcelamento, às vezes em números excessivos, sem levar em consideração as exigências das culturas com relação à curva de absorção e o potencial de perdas dos nutrientes em função de sua mobilidade no solo (COELHO, 1994).

Ainda na fertirrigação, com o cultivo em estufas plásticas, pode ser utilizado, além do gotejamento, outros métodos de irrigação como aquele que utiliza mangueiras em forma de fitas ou tripas, na superfície ou sub-superfície do solo. Essas mangueiras contém micro-orifícios, às vezes na forma de poros. As mangueiras de irrigação podem ou não ser cobertas com plásticos colocados ao longo das linhas plantadas com hortaliças; tubos - gotejadores são dispostos ao longo das linhas de irrigação e gotejam água com fertilizantes dissolvidos sobre vasos de plástico com substratos diversos; é também utilizado o sistema de aspersão com barras contendo os aspersores na altura de 50 a 60 cm, sendo esse último mais utilizado em hortaliças folhosas, devendo-se aplicar água pura e limpa após as fertirrigações.

Por outro lado, assim como ocorre com todas as técnicas existentes, o uso inadequado da fertirrigação tem levado a muitos danos. Segundo Raij (1993), a correção do solo e a adubação de hortaliças são muitas vezes feitas com doses acima das recomendadas, devido a preocupação de se evitar deficiências, e assim fazendo, incorre-se no perigo dos excessos prejudiciais, além dos desperdícios.

O uso de fertilizantes em excesso via água de irrigação em cultivos de olerícolas sob condições protegida, eleva os níveis de salinidade do solo, ao ponto de superar os limites de tolerância pela maioria das culturas, refletindo-se na diminuição do rendimento. Desta forma, a prática da fertirrigação, embora contribua de maneira significativa para o aumento da produtividade, em determinadas situações, sobretudo em ambientes protegidos, pode também resultar no acúmulo do teor salino no solo. O excesso de sais no solo reduz a disponibilidade de

água às plantas, além exercer efeitos tóxicos de íons específicos sobre os processos fisiológicos e metabólicos das plantas e comprometer o rendimento e a qualidade da produção. Esses excessos aplicados durante as irrigações, na forma de fertirrigação, podem salinizar os solos, sendo chamada de salinização secundária, ocorrida através da aplicação excessiva de fertilizantes salinos.

Essa salinização, conhecida como secundária, pode ser monitorada a partir da utilização de alguns instrumentos. 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. Cada um destes métodos apresenta 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.

Apesar da fertirrigação se mostrar promissora, seu êxito está condicionado à geração de informações capazes de proporcionar o seu manejo de forma mais adequada. O monitoramento de íons no solo constitui-se em uma das principais ferramentas no manejo de fertirrigação. Esse tem sido realizado com base em amostragens de solo, ou de solução do solo por meio de extratores (RHOADES; OSTER, 1986).

2.1.4 Uso de água salina

A água está sendo colocada como um dos bens mais valorizados do planeta. Por isso, a globalização da economia mundial exige que a agricultura brasileira desenvolva tecnologias mais competitivas.

A água constitui-se o recurso natural mais importante para o desenvolvimento da agricultura no mundo, uma vez que as novas tecnologias para aumento de produtividade das áreas agrícolas são dependentes da sua disponibilidade. Tal importância reflete-se nos altos índices de produtividade de áreas irrigadas, sendo que apenas 18% do total de áreas agrícolas correspondem a aproximadamente 40% da produção agrícola mundial (BROWN et al., 2000).

Alguns usos provocam alterações nas suas características, tornando-as impróprias para outras finalidades. A irrigação, com o uso de fertilizantes e pesticidas, pode provocar a poluição dos mananciais, causando prejuízos aos outros usos.

O uso eficiente de água está se tornando cada vez mais necessário em virtude da escassez de recursos hídricos. O fato de algumas regiões não disporem desses recursos suficientes em quantidade e qualidade para atender a crescente demanda, torna indispensável o uso de águas que ofereça restrição (salinas) à agricultura. Existem, porém, fatores que limitam a produção em nossa região, no caso, o uso contínuo de fertirrigação, a baixa rotação de cultivo e o manejo inadequado das irrigações, acarretando altos índices de salinidade nas áreas cultivadas. Isso provoca sérias conseqüências à produção e qualidade dos produtos (ALLISON et al., 1973).

Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis, ou salinidade, é um fator limitante para algumas culturas (BERNARDO, 1996).

Como informado por Silva et al. (1999), os excessos de nutrientes no solo, assim como o acúmulo de íons tóxicos oriundos de águas salinas, são favorecidos sob ambiente protegido, considerando a ausência de chuvas que promoveriam sua lixiviação.

O uso de água salina quase sempre causa a redução do potencial osmótico da solução do solo, resultando em efeitos tóxicos dos íons em excesso e diminuição da energia livre da água em detrimento de sua disponibilidade (CAVALCANTE, 2000).

Poucas evidências experimentais existentes, entretanto, sustentam como recomendação comum, que o intervalo de irrigação deveria ser diminuído quando se utiliza água de irrigação salina (RHOADES et al., 1992).

O teor de sódio presente na água de irrigação em relação a outros cátions bivalentes, é utilizado como indicador de seu perigo na sodificação do solo. Tal perigo pode ser caracterizado pelas concentrações absolutas e relativas do teor de sódio em relação aos outros cátions presentes na água. Se o sódio é o cátion predominante o perigo de sodificação é alto, ao contrario do que acontece se predominam os cátions cálcio e magnésio.

A necessidade de se tratar água, ou seja, de adequar a sua qualidade ao uso a que se destina, tem levado pesquisadores e especialistas a desenvolver padrões de qualidade de água para diversos usos, além de normas para a captação dos recursos hídricos com o objetivo de preservar a qualidade da água e garantir a existência deste recurso em quantidade e qualidade adequada,

principalmente para as gerações futuras, evitando, ou pelo menos minimizando, os riscos de uma disputa pela água onde, certamente, os mais pobres perderão.

2.1.5 Salinidade do solo

O termo salinidade do solo se refere a existência de níveis de sais no solo que possam prejudicar de maneira economicamente significativa o rendimento das plantas cultivadas.

No passado, o homem desconhecia as causas que levavam um solo a se tornar salino com a irrigação; hoje a salinização ocorre pela negligência dos órgãos e pessoas envolvidas com a irrigação, uma vez que suas causas são bem conhecidas, assim como os meios de evitar esse tipo de degradação dos solos.

Nas regiões norte, sul, centro-oeste e quase todo o sudeste os solos são muito pouco sujeitos a se tornarem salinos, mesmo que tenham deficiência de drenagem subterrânea. Nessas áreas o grande volume de água das chuvas lava os sais que venham a se acumular durante a irrigação, sendo que o mesmo não acontece no nordeste e parte do norte de Minas Gerais, por se tratar de região climática propícia à salinização dos solos quando irrigados.

Os sais são produtos da intemperização das rochas e, quando em excesso, afetam negativamente os solos, as águas e as plantas. Concentrações elevadas de íons Na^+ , principal constituinte salino, prejudicam diretamente os solos provocando a dispersão das argilas e degradando sua estrutura. Os sais, de modo geral, contribuem para diminuição do potencial osmótico na solução do solo, que influi diretamente no movimento da água e na absorção de nutrientes pelas raízes das culturas (RICHARDS, 1954).

A salinidade, assim como outras propriedades físicas e químicas do solo, apresenta variabilidade espacial e temporal natural em função das práticas de manejo utilizadas, da profundidade do lençol freático, da permeabilidade do solo, da taxa de evapotranspiração, das chuvas, da salinidade da água subterrânea e de outros fatores hidrogeológicos. A análise de dados de salinidade deve ser realizada de modo a permitir a identificação dos fatores que estão contribuindo para o aumento de sais, para a identificação das áreas afetadas e para o monitoramento de variações temporais, tornando possível planejar o estudo de recuperação, definição de estratégias de manejo e identificação dos fatores responsáveis pelo problema. A utilização de recursos da estatística clássica e da geoestatística complementam a análise e

interpretação de dados de salinidade numa dada região (QUEIROZ et al., 1997). A análise de regressão em estudos de concentração de íons e a CEes vêm sendo empregadas com sucesso por vários pesquisadores como Nunes Filho et al. (2000), Silva Júnior et al. (1999) e Maia et al. (2001).

Para avaliação, a salinidade do solo é tipicamente monitorada no começo e fim do ciclo da cultura e os valores são usados para determinar a salinidade média do solo. Em experimentos, a salinidade do solo é normalmente monitorada com maior frequência. Relacionar a resposta das culturas à salinidade do solo integrada no tempo é difícil porque, para algumas culturas, a sensibilidade varia com o estágio de desenvolvimento.

Os sais de baixa solubilidade considerados são o CaCO_3 e $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, os quais podem contribuir para a salinidade do solo até em 0,8 e 2,5 dS m^{-1} , respectivamente (van HOORN & van ALPHEN, 1994).

Um solo se torna salino quando a água das chuvas, quase pura ao cair e penetrar no solo, solubiliza e arrasta consigo íons de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , bem como radicais CO_3^{3-} , HCO_3^{3-} , SO_4^{4-} , Cl^- e outros, transformando-se então em uma solução, que flui para formar os rios e lagos.

A salinidade afeta as culturas de duas maneiras:

- Pela diminuição do potencial osmótico do solo. Quanto mais salino for um solo, maior será a energia gasta pela planta para absorver água e com ela os demais elementos vitais.
- Pela toxidez de determinados elementos, principalmente o sódio, o boro, e os bicarbonatos e cloretos, que em concentração elevadas causam distúrbios fisiológicos nas plantas.

A sensibilidade à existência de maiores ou menores teores de sais no solo é uma característica de cada tipo de planta. Umas toleram concentrações altas como a cevada e o algodão, enquanto que outras, como o feijão e a cenoura, são bastante sensíveis, mesmo a teores baixos. A salinização ocorre, de uma maneira geral, em solos situados em regiões de baixas precipitações pluviais, alto déficit hídrico e que tenham deficiências naturais de drenagem interna.

Na Tabela 1, é mostrado o percentual de perda de produtividade de algumas culturas em função da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, desde que todos os outros fatores de produção sejam favoráveis.

Solos com menos de 1,0 m de profundidade não devem ser irrigados a não ser em condições muito especiais; quando se tratar de região semi-árida, terão de contar com a implantação de

sistema de drenagem subterrânea. A evolução do processo de salinização pode ser evitada, em caso mais favoráveis, através de uma irrigação eficiente ou por meio da instalação de sistemas de drenagem subterrânea e coletores, para desta forma facilitar a percolação profunda de parte das águas das chuvas ou excedentes de irrigação e assim promover a lavagem de sais do solo.

Tabela 1 - Níveis de tolerância a teores de sais no solo e na água de irrigação

	NÍVEIS DE SALINIDADE									
	100%		90%		75%		50%		0%	
	CEes	CEi	CEes	CEi	CEes	CEi	CEes	CEi	CEes (máximo)	
Melão	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8	9,1	6,1	16	
Cenoura	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,1	8	
Pepino	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10	
Tomate	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	13	

CEes - Cond. Elet. do extrato de saturação do solo em mmho cm^{-1} ou dS m^{-1} .

CEi - Cond. Elet. da água de irrigação em dS m^{-1} .

Fonte: AYERS E WESTCOT, 1976 - Irrigation and Drainage paper, nº 24 – FAO; CROP WATER/REQUIREMENT

Apesar dos solos afetados por sais interferirem negativamente sobre o crescimento e a produção das plantas, estes podem ser explorados economicamente, desde que se adote um manejo adequado do sistema solo-água-plantas (RHOADES et al.,1992). Neste sentido, sob condições protegidas, o monitoramento da concentração de íons na solução do solo nos quais a salinidade apresenta valores inferiores ao máximo tolerado pela cultura e superiores ao mínimo necessário para sua nutrição torna-se uma opção ideal, por ser mais econômica e menos agressiva ao meio ambiente, sendo viável o controle dos efeitos da salinização (SILVA, 2002).

A acumulação de sais na rizosfera prejudica o crescimento e o desenvolvimento das culturas, provocando decréscimos de produtividade e, em casos mais severos, total colapso da produção agrícola. Isto ocorre devido a redução do potencial osmótico da solução do solo, efeitos tóxicos dos íons específicos e alteração das condições físicas e químicas do solo (LIMA, 1998).

Para no caso de cultivo protegido, Silva et al. (1999), tratando da salinização de solos sob estufas, informam que as causas mais frequentes deste processo no Estado de São Paulo são: a utilização de águas de qualidade inferior providas de poços, e a adição de sais fertilizantes, de elevados índices salinos, em quantidades superiores às requeridas para a nutrição das plantas, sendo esta última causa a mais recorrente.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Localização e descrição da área experimental

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas, sendo a primeira, denominada de Experimento I, realizado no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, e a segunda, denominada de Experimento II, conduzida em uma estufa plástica em arco, localizada na área experimental do próprio departamento.

O experimento I consistiu de testes preliminares que possibilitaram a construção de curvas de salinização artificiais, visando direcionar o processo de salinização artificial do solo necessário à realização do segundo experimento. O experimento II visou estudar os efeitos de diferentes níveis de salinidade inicial do solo, implementados por meio da aplicação de fertilizantes ($S1 = 1,5$; $S2 = 2,5$; $S3 = 3,5$; $S4 = 4,5$; $S5 = 5,5$ e $S6 = 6,5 \text{ dS m}^{-1}$) e dois manejos de fertirrigação ($M1 =$ tradicional e $M2 =$ com controle da condutividade elétrica da solução do solo), no crescimento, desenvolvimento e rendimento do pepino.

2.2.2 Experimento I

2.2.2.1 Construção das curvas de salinização artificial

Esta etapa constou de ensaios que visaram obter curvas de condutividade elétrica em função da concentração de fertilizantes (Tabela 2). As proporções, bem como os tipos de sais aplicados na água, seguiram aquelas correspondentes à extração total de nutrientes para a cultura do pepino, conforme literatura consultada de Papadoupoulos (1994).

Tabela 2 - Solubilidade e índice de salinidade dos fertilizantes utilizados no experimento

FERTILIZANTES	Solubilidade (g L^{-1} a 20°C)	Índice global	Índice parcial
Nitrato de Cálcio	1.200	52,5	4,41
Nitrato de Potássio	310	73,6	11,58
Nitrato de Amônia	1.900	69,0	3,25
Fosfato Monopotássico	230	34,3	0,64
Sulfato de Potássio	-	46,1	0,85
Sulfato de Magnésio	500	-	-

Para encontrar a relação entre a condutividade elétrica da solução (CEs) e os totais de sais dissolvidos, nas proporções desejadas de fertilizantes, utilizou-se inicialmente como referência a equação proposta por Richards (1954), apresentada na equação (1):

$$C = 640.CEs \quad (1)$$

em que:

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

CEs - condutividade elétrica da solução, dS m^{-1} .

Utilizaram-se diferentes soluções de concentrações conhecidas e preparadas a partir da diluição com água de abastecimento, em balões de 100 mL, de um padrão de 6400 mg L^{-1} , totalizando 21 soluções. A concentração dessas soluções variaram de 0 até 6400 mg L^{-1} , com intervalos de 320 mg L^{-1} , o que correspondeu, respectivamente, a salinidades teóricas variando de 0,5 até $10,5 \text{ dS m}^{-1}$, com intervalos de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, com base na equação (1). A amostra em branco correspondeu à condutividade elétrica inicial da água de abastecimento sem a adição dos fertilizantes. A partir dessa preparação, determinou-se a condutividade elétrica real das soluções, utilizando-se um condutivímetro digital com leituras autocompensadas para a temperatura. A curva que relaciona a concentração dos fertilizantes e a condutividade elétrica das soluções foi estabelecida por meio de um diagrama de dispersão, onde foram plotados os valores da concentração de sais fertilizantes versus os da condutividade elétrica encontrada.

Tabela 3 - Caracterização química do solo

pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al
CaCl_2	g dm^{-3}	mg dm^{-3}		$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$				
4,8	13	1	3	0,7	27	7	2	20
B	Cu	Fe	Mn	Zn	SB	T	V	M
mg dm^{-3}					$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$		%	
0,14	1,1	23	17,1	0,9	34,7	54,7	63	5

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), resultando em uma camada de 21 cm de solo. 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” do qual retiraram-se amostras da camada de 0-15 cm para as análises química (Tabela 3) e físico-hídricas (Tabela 4), realizada no Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP.

Tabela 4 - Características físico-hídricas do solo utilizado

CC	PMP	Dg	Frações Granulométricas			Floculação	Textura
			Argila	Silte	Areia		
cm ³ cm ⁻³		g cm ⁻³			%		
0,31	0,09	1,24	25	4	71	92	Arenosa

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 (CEes: 1,5; 2,5 3,5; 4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹), com 3 repetições. O valor da concentração final de fertilizantes na água (Cf) aplicada ao solo, necessário para se obter os níveis de CEes 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 e as quantidades de sais adicionadas foram aquelas suficientes para se atingir os valores de CEes preconizados quando o solo estivesse saturado. Estimou-se a concentração final de fertilizantes utilizando a relação apresentada na equação (2):

$$Cf = \frac{Us}{Ucc} Ci \quad (2)$$

em que:

Cf - concentração final de fertilizantes na solução salinizante, mg L⁻¹;

Ci - concentração de fertilizantes com base na curva de salinização construída na etapa anterior, mg L⁻¹;

Us - Umidade da pasta saturada, g g⁻¹; e

Ucc - Umidade do solo à capacidade de campo, g g⁻¹.

Dois dias após a adição das diferentes soluções salinas, foram retiradas amostras de solo dos vasos na camada de 0 a 20 cm, após uma raspagem na qual eliminou-se 2 cm da superfície do solo. A partir dessa amostragem determinou-se a condutividade elétrica do extrato de saturação real, ou seja, aquela que correspondeu aos valores encontrados no solo. A curva de salinização foi então construída, por meio de um diagrama de dispersão, onde foram plotados os valores de CEes encontrados versus as quantidades de sais aplicadas.

O preparo da pasta de saturação consistiu na agitação de 250 g da amostra de solo com espátula, em recipiente plástico de 600 mL, com adição gradual de água destilada, até que a mesma apresentasse as características desejadas, como superfície brilhosa, movimento lento em posição inclinada e fácil deslizamento sobre a espátula. Após o preparo da pasta, as amostras foram colocadas em repouso por 20 horas e em seguida retirado o extrato por sucção, determinando-se a CEes por meio de condutivímetro, conforme a metodologia proposta por Richards (1954).

2.2.2.2 Construção da curva de retenção de água no solo

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 5 vasos (repetições), os quais foram saturados e durante o processo de secamento realizaram-se leituras tensiométricas e de pesagem, utilizando uma balança digital de capacidade máxima de 20 kg.

Figura 1 - Curva característica de retenção da água no 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.

Foram coletadas amostras de solo para determinação da umidade, no início e no final das pesagens. Possibilitando assim a determinação da umidade do solo durante todo o período de perda de umidade do solo.

Foi confeccionada também, outra curva característica de retenção de água do solo em laboratório, a partir de amostras indeformadas coletadas no solo dos vasos (Apêndice 4).

2.2.2.3 Correção do pH do solo

Conforme os resultados da análise química do solo, realizou-se a calagem utilizando calcário dolomítico com 90,2% de PRNT (Figura 1). Foram usadas 12 g de produto por vaso, sendo o calcário homogeneizado em todo o volume de solo, separadamente por vaso; o mesmo devidamente corrigido foi submetido a irrigações freqüentes, até elevar a umidade à capacidade de campo, visando se efetivar a reação do calcário no solo.

Figura 2 - Calcário dolomítico utilizado na correção

2.2.3 Experimento II

2.2.3.1 Descrição da estrutura experimental

O experimento foi conduzido em uma estufa plástica (Figura 3) do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-USP, no município de

Piracicaba-SP, situado nas coordenadas geográficas de 22° 42' de latitude sul e 47° 38' de longitude oeste, a uma altitude de 540 m.

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

Figura 3 - Estrutura da estufa que foi utilizada no experimento

A estufa plástica possuía cobertura em arco, com 6,40 m de largura e 22,5 m de comprimento, paredes laterais e frontais confeccionadas com telas antiafídeas e rodapé de 0,30 m em concreto armado; possuía ainda cortinas laterais, as quais permitiam reduzir a variação de temperatura em seu interior e proteger contra chuvas, vento e baixas temperaturas. A cobertura era constituída de manta de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,15 mm de espessura, tratada contra a ação de raios ultravioletas. Esta estrutura experimental era provida de energia elétrica e água potável oriunda do sistema de tratamento de água da ESALQ/USP, apresentando condutividade elétrica média de 0,4 dS m⁻¹.

2.2.3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos, que foram ministrados à cultura do pepino, foram compostos pela combinação de dois fatores: salinidade inicial do solo com seis níveis diferentes (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 e S6 = 6,5 dS m⁻¹) e dois tipos de manejo de fertirrigação (M1 = tradicional e M2 = com controle da condutividade elétrica da

solução do solo). O delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados completos com quatro repetições, ficando os fatores estudados arranjados no esquema fatorial 6 x 2.

Os 12 tratamentos propostos foram dispostos em 48 parcelas (Figura 4), ou seja, 48 vasos de 22,5 L espaçados de 0,5 m entre plantas e 1,2 m entre linhas. Foi implantada uma linha de vasos junto às telas laterais da estufa e também no início e depois das 48 parcelas, as quais funcionaram como bordadura.

Figura 4 - Croqui da área experimental, onde A representa a caixa d'água pura, M1 o tanque onde era preparada a solução fertilizante que dependia da marcha de absorção da cultura, M2 tambores menores onde era preparada as soluções salinizantes, MB o conjunto moto-bomba e MT a localização do mini tanque

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 pepino, além de

permitir avaliar a eficiência do extrator de solução, quando associado ao segundo tipo de manejo de fertirrigação, M2, para o controle da salinização do solo.

Os manejos de fertirrigação estudados, que eram, o tradicional, preestabelecido com base na marcha de absorção de nutrientes pela cultura (M1), e o preventivo, que se propõe em controlar os níveis de salinidade, baseado na condutividade elétrica da solução do solo (M2). Esses dois manejos permitiram contrastar seus efeitos sobre o comportamento dos nutrientes, quanto a sua disponibilidade e potencial de salinização do solo.

O fator quantitativo relativo aos níveis iniciais de salinidade do solo foi analisado estatisticamente por meio de regressão polinomial (linear ou quadrática), enquanto que o fator manejo da fertirrigação foi analisado mediante teste de comparações entre as curvas obtidas (paridade de modelos), ao nível de 0,05 % de probabilidade.

2.2.3.3 Condução do experimento II

2.2.3.3.1 Salinização do solo

A salinização do solo foi realizada por meio da aplicação de solução salina, sendo que a quantidade dos sais (fertilizantes) a ser adicionada foi determinada pela curva de salinização artificial obtida dos resultados do Experimento I. Após aplicação da solução salina, aplicou-se vácuo nos extratores e determinou a condutividade elétrica do extrato da solução do solo. Tais valores de condutividade elétrica e de concentrações de íons, determinados mediante a solução extraída pelas cápsulas porosas, foram corrigidos para a umidade de saturação, conforme equação (3).

$$C_{estimada}^{cp} = \frac{C_{cp} \cdot U_{cp}}{U_s} \quad (3)$$

em que:

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

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

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} .

2.2.3.3.2 Plantio, condução das plantas e monitoramento climático

Foi realizado um único ciclo da cultura do pepino; a cultivar utilizada foi a Hokushin, enxertada sobre abóbora híbrida Excite-Ikki (*Curcubita* spp), que possui hábito de crescimento indeterminado, frutos de coloração verde-escura brilhante, com início de colheita por volta dos 40 a 50 dias após o transplantio, podendo-se prolongar o período de colheita em até 120 dias.

As mudas foram originárias de um viveirista especializado do Estado de São Paulo, recebidas em copos de 150 ml descartáveis com substrato. O transplantio ocorreu no dia 23/08/2007, 5 dias após realizado a enxertia.

As mudas foram transplantadas para vasos plásticos de 22,5 litros, perfurados e providos de um sistema de drenagem em sua parte inferior, com 2 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, onde foram esticados e fixados arames numero 14 a 0,20 e 2,00 m de altura do solo do vaso. O tutoramento das plantas foi feito na vertical, utilizando fitilho de plástico amarrado na base de cada planta e posteriormente nos arames (Figura 5).

Figura 5 - Tutoramento das plantas na casa de vegetação

A medida que as plantas foram crescendo, enrolou-se o ramo no fitilho. As plantas foram conduzidas com o ramo principal e ramos laterais. A operação de desbrota era realizada duas vezes por semana.

A poda é uma prática indispensável, melhorando assim o arejamento da cultura, melhor distribuição da luz solar, controle fitossanitário, obtenção de frutos aceitáveis e também por se tratar de uma cultivar de crescimento indeterminado. Realizou-se a poda apical quando a planta atingiu 2,00 m de altura. Outra prática, também realizada com a finalidade de aumentar a qualidade dos frutos, foi o raleio desses, retirando os mal formados.

Manejou-se a cultura de forma que o desbaste dos ramos laterais fosse realizado, retirando-os até o quinto nó da haste principal e, a partir daí, sendo deixado os ramos laterais que foram capados quando atingiam o quinto nó.

O controle fitossanitário preventivo foi realizado semanalmente, utilizando os produtos e doses recomendadas para a cultura. Para o monitoramento climático, foi colocado um termômetro digital de máxima e mínima, um higrômetro digital e um mini tanque no interior da estufa, durante todo o ciclo da cultura.

2.2.3.3.3 Manejo das irrigações

Foi implantado um sistema de irrigação por gotejamento, utilizando 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 95,14 % e uma vazão média de $4,04 \text{ L h}^{-1}$.

Os gotejadores estavam inseridos em linhas de tubo de polietileno, no início das quais foram instalados registros, o que possibilitou um maior controle no manejo da irrigação (fertirrigação) e na aplicação diferenciada das soluções salinas, para manutenção dos níveis de salinidade.

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

As irrigações foram realizadas da seguinte forma:

- Inicialmente, até os 15 DAT, foram efetuadas irrigações de 10 min, totalizando 1 L por vaso, sempre com as soluções salinas correspondentes, conservando assim os níveis de salinidade do solo.

- De 15 a 22 DAT, as irrigações obedeceram o monitoramento dos tensiômetros, quando a tensão ficava em torno de 10 kPa.

- A partir dos 22 DAT até o final da colheita, as irrigações eram efetuadas quando a tensão se encontrava em torno dos 20 kPa. Sendo o monitoramento tensiométrico diferencial para cada nível de salinidade.

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 realizada via água de irrigação, sendo o manejo diferenciado para os tratamentos M1 e M2. Para o tratamento M1 foram utilizadas as recomendações propostas por Papadopoulos (1994), sendo observada a marcha de absorção da cultura, onde o autor recomenda soluções em kg (1000L)^{-1} . Por meio da estimativa de consumo da água ao longo do ciclo, efetuou-se uma programação de aplicação dos fertilizantes. A frequência da fertirrigação para este manejo seguiu a mesma frequência da irrigação.

Para os tratamentos referentes ao manejo M2, até os 18 DAT já vinham sido aplicadas irrigações para pegamento das mudas com as soluções salinas referente a cada nível de salinidade, evitando assim uma possível perda de sais do solo. A partir daí, continuou-se aplicando as soluções para manter os níveis iniciais de CE para cada tratamento. Entretanto, não foi preestabelecida a frequência nem a quantidade dos fertilizantes a serem aplicados neste

manejo. A fertirrigação só foi realizada quando a condutividade elétrica na solução do solo estava, em média, 10% abaixo dos níveis iniciais de salinização do solo para cada tratamento, sendo cessada quando a condutividade atingia, em média, 10% acima dos mesmos níveis iniciais. A quantidade de fertilizantes a ser 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 uma fórmula de mistura de soluções (equação 4). Desta forma, a condutividade elétrica da solução do solo foi o controlador do manejo da fertirrigação. Caso não fosse necessário aplicar fertilizantes, a irrigação será realizada apenas com água.

$$CE_c = \frac{V_{cc}CE_{esd} - V_aCE_a}{V_r} \quad (4)$$

em que:

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

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, L;

CE_a - Condutividade elétrica atual do solo, dS m⁻¹;

V_r - Volume de água no solo necessário para atingir a capacidade de campo, L.

2.2.3.3.5 Extração da solução do solo

A condutividade elétrica da solução do solo era medida após o término de cada evento de irrigação, utilizando-se, para extração da solução, cápsulas porosas sob vácuo.

Para obtenção dos extratos, aplicava-se vácuo nos extratores com o auxílio de uma bomba elétrica, criando uma sucção de aproximadamente 80 Kpa. A aplicação do vácuo aos extratores era realizada 6 horas após a irrigação, momento em que era verificada a umidade do solo, por meio da tensiometria. Foram instalados extratores 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 7).

Os valores de condutividade elétrica e de concentrações de íons, determinados mediante a solução extraída pelas cápsulas porosas, foram corrigidos para a umidade de saturação, conforme

equação (5). Estes resultados foram comparados com aqueles periodicamente obtidos em pasta de saturação.

$$C_{estimada}cp = \frac{Ccp Ucp}{Us} \quad (5)$$

em que:

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

Ccp - condutividade elétrica ou concentração de íons na solução do solo, obtida com extrator de cápsula porosa, $dS m^{-1}$ ou $mmol_c L^{-1}$;

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, $g g^{-1}$.

Além da medição da CE obtida a partir de todas as soluções dos extratos, também eram medidos os níveis de NO^3 , K^+ e pH semanalmente.

Figura 7 – Equipamento elétrico utilizado para realização do vácuo nos extratores

2.2.3.3.6 Características avaliadas

Características de rendimento e produção:

- Produção e componentes de produção: após o período produtivo, foi determinado o número de frutos por planta, produção comercial e total, comprimento médio dos frutos comerciais e totais. Foram considerados comerciais, os frutos livres de danos mecânicos, manchas, deformações e que atinjam o comprimento mínimo de 20 cm e diâmetro de 2 a 2,5 cm.
- Qualidade dos frutos: do início até o fim da produção, foram avaliados o teor de sólido solúveis totais (SST), a acidez total titulável (ATT), a firmeza da polpa e o pH.
- Matéria seca dos frutos: foi realizada no início e no final do período produtivo.

Características morfológicas:

- Altura das plantas: mediu-se da superfície do solo até o ponteiro da planta, com intervalos de leituras de 4 dias, até o processo de capação, quando a planta atingir 2 m de altura.
- Diâmetro do caule: medindo antes e após a inserção da enxertia, com o auxílio de um paquímetro digital. Foi avaliado com intervalos de 4 dias, do início ao final do ciclo da cultura.
- Produção de biomassa seca das plantas: avaliada no final do ciclo produtivo, sendo determinadas separadamente para as folhas, pecíolos e caule.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Experimento I

2.3.1.1 Curvas de salinização artificial do solo

A partir da Figura 8, foi possível relacionar a concentração das soluções de fertilizantes utilizadas para salinizar o solo e a condutividade elétrica de tais soluções.

Com o gráfico de dispersão, foi possível gerar uma equação por regressão linear, conseguindo assim estimar as quantidades de fertilizantes necessárias a serem adicionadas com a finalidade de obter uma condutividade elétrica desejada na solução. A equação encontrada foi $CE_s = 0,0009C + 0,4833$, com um R^2 de 0,9995, divergindo assim da equação original proposta por Richards (1954) ($CE_s = 0,00156C$), devido ao fato da condutividade elétrica ser afetada pela valência e concentração relativa dos íons presentes na solução (RHOADES, 1994). O valor 0,4833 representa a condutividade elétrica da água do abastecimento, utilizada para o preparo da solução. 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.

Figura 8 - Relação entre a concentração e a condutividade elétrica das soluções

Para o caso da salinização do solo (Figura 9), para os resultados obtidos entre CE_{es} esperada e a CE_{es} desejada, houve uma diferença gradual, aumentando para o maior nível de salinidade, chegando até a 30% a mais de quantidade final de sais fertilizantes utilizados. Esse fato deve-se basicamente a capacidade tampão do solo, que tem o poder de neutralizar possíveis sais presentes na solução do solo, podendo ocorrer em qualquer tipo de solo, principalmente em solos argilosos.

Demonstra-se assim a alta precisão da metodologia aplicada para estimar as quantidades de sais fertilizantes aplicados ao solo, necessário para atingir uma CE_{es} desejada. Segundo Dias

(2004), o modelo de curva de salinidade artificial é específico para cada tipo de solo e cultura, pois depende das características do solo e da recomendação da fertirrigação.

De acordo com Richards (1954), o teor e o tipo de argila predominante no solo podem agir como interferentes 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 9 - Relação entre a CE_{es} esperada e a CE_{es} obtida após a adição dos fertilizantes

A fração argila age como um acumulador de íons por meio da sistemática de adsorção e posterior dissorção iônica, sendo influenciada principalmente pela temperatura e concentração iônica na solução do solo. Assim, quanto maior a concentração de um íon específico, maior a adsorção deste no complexo coloidal.

A Figura 10 ilustra a curva de salinização artificial em função das concentrações dos fertilizantes aplicados via água para camada de 0-20 cm de solo no vaso. Pode-se observar boa correlação ($R^2 = 0,976$) entre a concentração de sais na água e a CE_{es} do solo estudado, o que permite estimar a quantidade de sais a serem aplicados ao solo com a finalidade de obter uma condutividade elétrica no extrato de saturação requerida. Deve-se ressaltar que o volume de água aplicado ao solo durante o processo de salinização artificial correspondeu ao necessário para se elevar a umidade do solo à máxima capacidade de retenção, evitando que o excesso de água no solo promovesse a lixiviação dos sais.

Figura 10 - Curva de salinização artificial, relacionando a concentração dos sais fertilizantes aplicados via água de irrigação e a CE_{es}

2.3.2 Experimento II

2.3.2.1 Salinização artificial do solo

Procedeu-se a salinização artificial do solo em cada parcela experimental, aplicando-se uma lâmina de água com fertilizantes, tendo como base os resultados obtidos no experimento I. E para verificação da condutividade elétrica como descrita no material e métodos, procedeu-se a retirada da solução do solo, por intermédio dos extratores, após 6 horas de aplicação das soluções salinizantes. Os valores de CE_{es} obtidos ficaram bastantes próximos dos desejados (Figura 11), demonstrando assim uma eficácia relativamente boa da metodologia, exceto para o nível S6 = 6,5 dS m⁻¹, que ficou um pouco elevado. Essa elevação chegou a 1 dS m⁻¹ para o manejo M1, e foi corrigida posteriormente com o manejo.

Figura 11 - Valores médios de CE medidos no extrato de saturação do solo, em dS m⁻¹, após a salinização artificial para os diferentes tratamentos

2.3.2.2 Caracterização climática

A cultura do pepino é uma cultura bastante exigente em fotoperíodo, temperatura e umidade. É uma espécie não adaptada ao cultivo sob baixas temperaturas. Portanto, deve ser cultivado em épocas ou locais onde a temperatura durante o ciclo oscile entre 20 e 30° C. Entre 20° e 16° C a absorção de nutrientes e de água é afetada. Abaixo de 16° e acima de 30° C, a planta não se desenvolve adequadamente e há redução significativa no número de flores e, conseqüentemente, na produção.

A variação da temperatura durante todo o ciclo, que foi de 23/08/2007 a 20/10/2007, está apresentada na Figura 12. Observa-se que a temperatura média máxima e mínima do suposto período foi de 35,9° e 15,7 °C respectivamente, mostrando uma faixa de temperatura inadequada para o desenvolvimento da cultura. Ressalta-se também que para o período estudado, foi registrado no estado de São Paulo a maior temperatura do ano.

A variação da umidade (Figura 13), para o mesmo período da temperatura, mostra uma média de 61,0 e 39,7 % para a umidade às 09:00 h e 15:00 h respectivamente. A cultura do pepino requer umidade relativa alta de 70 a 90 %. No geral a média da umidade foi de 49,4 %, ficando abaixo do requerido para a cultura.

Figura 12 – Variação da temperatura e da umidade relativa do ar no interior do ambiente protegido

2.3.2.3 Monitoramento da salinidade do solo

O método de medição da condutividade elétrica da solução obtida com extrator de cápsula porosa é bastante eficiente, devido a sua facilidade, versatilidade e praticidade. Com também, a

partir desta solução, pode-se medir outros parâmetros, que são: o nitrato (NO_3^-) e o potássio (K^+) (Apêndice 2) e o pH (Apêndice 5).

Silva et al. (1999) verificaram que a CE obtida por extratores corrigidas para umidade de saturação se equivale relativamente bem à CE do extrato de saturação medida pelo método padrão (RICHARDS, 1954).

Na Figura 13 estão apresentados os valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, estimadas por meio da correção dos valores de CE da solução extraída nas cápsulas porosas instaladas a 15 cm de profundidade, para todos os manejos e níveis de salinidades estudados.

Para o manejo M1, logo aos 28 dias após o transplantio (DAT), observa-se um alto índice de cruzamento nas curvas dos níveis, o que já era esperado devido a condução do próprio manejo. Ao contrario, no manejo M2, verifica-se uma orientação com pouco número de cruzamentos nas curvas dos níveis de salinidade, que se mantêm aproximadamente constantes ao longo do ciclo. A manutenção dos níveis iniciais de salinidade ocorreu devido ao bem sucedido monitoramento e correção da condutividade elétrica da solução do solo.

Figura 13 – Valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, estimados a partir dos valores medidos na solução obtida por extratores, ao longo do ciclo, para o manejo M1 (A) e para o manejo M2 (B)

Assim, fica evidenciado que o monitoramento da condutividade elétrica da solução do solo, extraída por cápsulas porosas, permite evitar possíveis processos de salinização e ou de deficiência nutricional (SILVA, 2002).

Para o manejo tradicional (M1), observa-se um aumento seguido de junção dos níveis de salinidade da metade para o final do ciclo, tendendo para um equilíbrio entre os níveis. Esta

tendência de equilíbrio dos sais se dá em razão do fato de que apenas parte dos sais fertilizantes incorporados via água de irrigação ficam no solo, pois uma parte é absorvida pelas plantas para atender as suas necessidades, ou ainda, torna-se insolúvel mediante a precipitação, quer por reações químicas ou por atingir limites de solubilidade na solução do solo (DIAS, 2004). Não houve perda por percolação, porque através da curva característica de retenção de água do solo, a quantidade de água aplicada era somente o necessário para elevar a umidade a capacidade de campo.

E esse monitoramento serve tanto para observar, como para possíveis ajustes. De acordo com Padilla (1998), se os problemas de salinidade criados pelo manejo inadequado dos fertilizantes forem a causa da redução do rendimento da cultura, deve-se corrigi-los antes de se empregar algum outro esforço físico ou econômico. É comum que a condutividade elétrica do solo aumente com o passar do tempo, e com o incremento da salinidade da água de irrigação (UYEDA, 2006).

Quando se utilizam extratores para se obter a solução do solo, é importante corrigir os valores da condutividade elétrica em função da umidade do solo no momento de coleta, tomando como base as leituras dos tensiômetros, que permitem conhecer com que grau de tensão a água está retida no solo.

2.3.2.4 Potencial mátrico e volume de água aplicado no solo

Em solos salinos, o potencial osmótico é reduzido, e por ser um dos componentes do potencial total de água no solo, vai ocasionar uma redução na absorção de água pelas plantas, podendo tal redução ser medida através do potencial matricial (Ψ_m) da água do solo, através de tensiômetros instalados em profundidades específicas. Em consequência do menor consumo de água pelas plantas, vai ocorrer uma menor variação de umidade no solo.

Tal característica pode ser evidenciada por meio da Tabela 5; observa-se que menores níveis de salinidade consomem mais água do que níveis elevados de salinidade. Outra característica observada foi que nos níveis mais elevados de salinidade (S5 e S6) as plantas tinham um maior intervalo entre as irrigações para a metodologia aplicada, como também permaneciam bem mais túrgidas entre as irrigações se comparadas com as dos outros níveis.

Pode-se com isso avaliar melhor os efeitos da salinidade do solo sobre a absorção de água pelas plantas, por intermédio do monitoramento do potencial matricial da água do solo (Ψ_m), desde que a quantidade de água aplicada em cada irrigação seja conhecida, com a curva característica de retenção de água do solo. E quantificando a água aplicada, pode-se também calcular a quantidade de adubo ministrado a cultura, através de suas concentrações, durante todo o ciclo (Apêndice 1).

Ocorreu uma maior variação do potencial mátrico de água no solo, a partir do 21º dia após o transplântio (DAT) para todos os tratamentos (Figura 14), persistindo até o final do ciclo, já próximo da última colheita.

Figura 14 – Modulo do potencial mátrico e volume de água aplicado por tratamento

O potencial mátrico do solo nos vasos era medido através da tensiometria, e devido às altas temperaturas observadas durante o dia; baixa umidade relativa do ar principalmente após o meio dia e uma alta taxa de evaporativa no interior do ambiente protegido (Apêndice 3), a tensão após 24 h do evento da irrigação, era cerca de 10 kPa e após 48 h subia para 65 kPa. Devido principalmente ao fato do cultivo ter sido em vasos, e a planta ter um pequeno volume de solo para explorar. E que essa característica era mais evidenciada para os níveis mais baixos de salinidade; quando se atingia essas altas tensões, era observado que as plantas ficavam murchas e decaídas. Para a cultura do pepino, a umidade do solo ideal se aproxima da capacidade de campo, em torno de 90% da água disponível no solo.

As irrigações, ou seja, aplicação de água na planta (parcela), em média durava em torno de 56 min, e usando um gotejador com uma vazão de $4\ L\ h^{-1}$, aplicava-se em média 3,73 L.

Tabela 5 – Quantidade média total de água aplicada por tratamento em litros por planta para todo o ciclo da cultura do pepino

NÍVEIS	MANEJOS	
	M1	M2
S1	73,70	60,60
S2	79,01	73,00
S3	71,14	72,16
S4	77,19	71,64
S5	60,35	60,84
S6	57,38	47,30

2.3.2.5 Crescimento das plantas

2.3.2.5.1 Altura das plantas

Em relação a essa variável não foram observadas diferenças significativas entre os dois tipos de manejo da fertirrigação, e nem entre os níveis de salinidade.

A Tabela 6 demonstra os valores de alturas das plantas, em metros, ao final do ciclo da cultura, em função dos diferentes níveis de salinidade do solo.

Tabela 6 – Valores médios finais de altura (m) das plantas para cada tratamento

Níveis (dS m ⁻¹)	Manejos da Fertirrigação	
	M1	M2
S1 = 1,5 dS m ⁻¹	2,01	1,75
S2 = 2,5 dS m ⁻¹	2,11	1,93
S3 = 3,5 dS m ⁻¹	1,91	1,93
S4 = 4,5 dS m ⁻¹	1,85	1,86
S5 = 5,5 dS m ⁻¹	1,59	2,02
S6 = 6,5 dS m ⁻¹	1,87	1,35

Observa-se que nem todas as plantas atingiram o ultimo fio de arame, esticado a 2,00 m de altura da superfície do solo onde era realizada a poda apical. Apesar das altas temperaturas

observadas no período em estudo, as plantas não desenvolveram como esperado, tendo em média 1,90 e 1,81 m de altura para os manejos M1 e M2 respectivamente.

Observa-se um crescimento contínuo das plantas, principalmente até o 27º dia após o transplântio (DAT) e mais evidenciado para o manejo M2 (Figura 15). Ocorreu um pequeno distanciamento entre os níveis, próximo ao final do ciclo da cultura. Blanco (1999), trabalhando também com pepino enxertado, observou que o crescimento das plantas foi contínuo até os 63º DAT, sendo que após esta data o crescimento foi mais lento.

Bernstein (1964) relata que os sais presentes no solo podem afetar a altura da planta devido a efeitos osmótico, tóxico e de natureza nutricional. A menor absorção de água pelas plantas em condições salinas produz sintomas semelhantes aos de seca periódica, como por exemplo, murchamento temporário, queimaduras das folhas, coloração verde azulada, crescimento reduzido e folhas pequenas (DOORENBOS ; PRUITT, 1977). Dentre esses aspectos foi observado murchamento temporário, queimaduras das folhas e crescimento reduzido.

Observa-se também que a última medida de altura das plantas estudadas foi realizada no 42º DAT, e que o ciclo da cultura teve 58 dias. Esse fato se deu por causa do modo de condução da cultura, que era tutorada em vertical, com dois fios de arames esticados na horizontal a 1,75 m um do outro. Após o 42º DAT, as plantas estavam em pleno processo de produção, podendo cada planta conter no momento da colheita de 3 a 5 frutos, pesando em média 150 g cada, contribuindo assim para o abaixamento das plantas que muitas vezes não suportavam o peso dos próprios frutos, principalmente entre uma irrigação e outra. Tornou-se assim inviável continuar com as medidas de altura das plantas.

Figura 15 – Crescimento das plantas de pepino para os manejos de fertirrigação M1 (A) e M2 (B)

2.3.2.5.2 Diâmetro de caule

Na Tabela 7 encontra-se o resumo da análise de variância e as médias para as variáveis diâmetro abaixo e acima da enxertia para o ciclo de pepino estudado. Verifica-se que houve efeito linear significativo ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) dos níveis iniciais de salinidade do solo sobre o diâmetro inferior e superior respectivamente.

As regressões do diâmetro de caule em função dos níveis inicial de salinidade do solo, ao longo do ciclo para o manejo M2, estão dispostas na Figura 16. Mostrando um decréscimo linear com o aumento da salinidade do solo, observando-se uma maior declividade da reta para o diâmetro de caule abaixo da enxertia.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância e médias (mm) do diâmetro médio abaixo da enxertia (DIAMINF) e diâmetro médio acima da enxertia (DIAMSUP), para a cultura do pepino, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação

Fator	Estatística F	
	DIAMINF	DIAMSUP
- Salinidade (S)	1,81 ^{ns}	1,23 ^{ns}
Linear	-2,54 [*]	-2,98 ^{**}
- Manejo (M)	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}
S x M	0,64 ^{ns}	1,10 ^{ns}
CV (%)	25,82	18,14
Manejo (M)		
M1	7,57a	7,29 ^a
M2	7,55a	7,26 ^a

^{ns} Não significativo ao nível de 0,05 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

Figura 16 – Gráficos de regressão para as médias de diâmetro de caule inferior (DCI) e superior (DCS) para o manejo M2, em função dos níveis de salinidade do solo

Na Figura 17 estão apresentados os valores médios do diâmetro do colo ao longo do ciclo do pepino. O diâmetro do caule das plantas aumentou constantemente até aos 28 DAT independentemente do manejo e nível de salinidade, sendo que após esse período houve redução considerada no ritmo de crescimento do diâmetro do caule, mantendo-se o mesmo praticamente constante. Ocorreu uma maior variação nos valores dos diâmetros do caule abaixo da enxertia, para todos os tratamentos.

Figura 17 – Valores médios de diâmetro do caule superior (DCS) e diâmetro do caule inferior (DCI) para cada tratamento

2.3.2.6 Produção e componentes da produção

Na Tabela 8 encontra-se o resumo da análise de variância e as médias para a variável produção e componentes de produção para o ciclo da cultura de pepino estudado. Verifica-se que houve efeito quadrático significativo ($p < 0,01$) dos níveis iniciais de salinidade do solo sobre a

produção comercial (PCOM) e total (PTOT), número comercial de frutos (NCOM) e total (NTOT) e ainda efeito linear significativo ($p < 0,01$) para os comprimentos comercial (CCOM) e total (CTOT).

Os rendimentos obtidos podem ser encontrados na Tabela 10 considerando o espaçamento de 0,5 entre plantas e 1,2 m entre fileiras, com densidade de 1,6 plantas m^{-2} . Vários fatores determinam a produtividade da cultura do pepino, que são: estande, temperatura e não ocorrência de doenças que impedem a extensão do ciclo cultura, além de fatores nutricionais e hídricos.

Em experimento em estufa no RS, com densidades de plantas de 2,38 e 4,76 plantas m^{-2} , início da colheita aos 63 dias após o semeio, a produtividade variou de 16 a 20 kg m^{-2} da maior para a menor densidade (MARTINS *et. al.*, 1995).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância do número total de frutos comerciais (NCOM), número total dos frutos (NTOT), peso dos frutos comerciais (PCOM), peso total dos frutos (PTOT), comprimento dos frutos comerciais (CCOM), comprimento total dos frutos (CTOT), para a cultura do pepino, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação

Fator	Estatística F					
	NCOM	NTOT	PCOM	PTOT	CCOM	CTOT
- Salinidade (S)	8,37 ^{**}	11,21 ^{**}	11,11 ^{**}	12,98 ^{**}	3,14 ^{**}	2,80 [*]
Linear	0,01 ^{ns}	0,71 ^{ns}	2,96 ^{ns}	0,15 ^{ns}	3,32 ^{**}	3,18 ^{**}
Quadrática	35,83 ^{**}	42,18 ^{**}	48,57 ^{**}	56,22 ^{**}	0,63 ^{ns}	1,70 ^{ns}
- Manejo (M)	15,15 ^{**}	10,27 ^{**}	11,22 ^{**}	9,67 ^{**}	0,00 ^{ns}	0,16 ^{ns}
S x M	2,34 ^{ns}	1,78 ^{ns}	1,73 ^{ns}	1,71 ^{ns}	3,21 ^{**}	1,57 ^{ns}
CV (%)	26,18	17,24	23,93	15,97	4,49	4,94
Manejo (M)						
M1	11,20a	16,91a	1543a	2137a	0,21a	0,21a
M2	8,33b	14,41b	1223b	1851b	0,21a	0,21a

^{ns} Não significativo ao nível de 0,05 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

A produtividade obtida ficou abaixo da citada pela literatura, devido basicamente a alguns fatores como, a duração do ciclo que foi de 58 dias, com início da colheita aos 26 DAT; temperaturas e umidade relativa diária fora da faixa recomendada para a cultura. Mas independentemente dos fatores climáticos adversos, a cultura apresentou um aumento gradativo

na sua produtividade (g planta^{-1}) com 26 DAT (início da colheita) até os 40 DAT, diferenciando a partir daí, entre os níveis de salinidade.

Por meio da Tabela 9, pode-se comparar as médias da percentagem de matéria seca dos frutos através do teste de Tukey. Mostrando que apesar da interação ter sido significativa ao nível de 1% de probabilidade para o teste F, quando se comparou as médias entre si, com o teste de Tukey, tais não apresentaram significância.

De maneira geral, o comprimento dos frutos não foi afetado por nenhum dos fatores, o que já era esperado visto que o pepino é colhido quando atinge determinado tamanho, ao contrário do tomate e pimentão que são colhidos quando apresentam determinado estágio de maturação dos frutos.

Tabela 9 – Valores médios de comprimento comercial dos frutos (m), representando o desdobramento entre os níveis de salinidade com os dois tipos de manejo pelo teste de Tukey

Níveis	Manejos da Fertirrigação	
	M1	M2
S1	0,20 aA	0,23 aA
S2	0,22 aA	0,21 aA
S3	0,22 aA	0,23 aA
S4	0,21 aA	0,20 aA
S5	0,21 aA	0,21 aA
S6	0,21 aA	0,21 aA

* Letras diferentes maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, representam médias diferentes ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey ajustado.

Na Figura 19, encontram-se as análises de regressão para todas as variáveis respostas: produção comercial (PCOM) e total (PTOT), número comercial (NCOM) e total (NTOT) e comprimentos comercial (CCOM) e total (CTOT). Relacionando-as com os níveis de salinidade estudados.

Tabela 10 – Valores médios obtidos de produtividade em g planta⁻¹, para cada tratamento

Níveis	Produtividade Total		Produtividade Comercial	
	Manejo da Fertirrigação			
	M1	M2	M1	M2
S1 = 1,5 dS m ⁻¹	1650	1314	1178	874
S2 = 2,5 dS m ⁻¹	2453	2011	1760	1321
S3 = 3,5 dS m ⁻¹	2205	2451	1771	1983
S4 = 4,5 dS m ⁻¹	2674	2269	2074	1372
S5 = 5,5 dS m ⁻¹	1919	1741	1331	1111
S6 = 6,5 dS m ⁻¹	1922	1322	1145	678

Os efeitos nocivos dos sais nos vegetais caracterizam-se pela redução e não uniformidade do crescimento, presença de coloração verde-azulada e queimaduras nas bordas das folhas das plantas, além de manchas desnudas no solo (RICHARDS, 1954). Confirma-se assim porque algumas plantas apresentaram queimaduras nas bordas das folhas.

A tolerância das culturas à salinidade, pode ser definida como a capacidade da planta em suportar determinados níveis de sais, presentes na solução do solo, sem a ocorrência de perdas significativas de seus rendimentos e qualidade de produção agrícola, quando comparados aqueles sob condições não salinas (MAAS, 1990).

De acordo com Maas & Hoffman (1977), o nível de salinidade médio que pode ser tolerado pelas plantas, sem afetar negativamente o seu desenvolvimento, é denominado de salinidade limiar (SL); até esse nível de salinidade o rendimento potencial da cultura é de 100%. Para alguns autores, o comportamento de uma cultura sob condições de salinidade pode ser representada pela equação (6).

$$Y = 100 - b.(CEes - SL) \quad (6)$$

em que:

Y - rendimento potencial, %;

CEes - salinidade do extrato de saturação, dS m⁻¹;

SL - salinidade limiar da cultura, dS m⁻¹;

b - diminuição do rendimento por aumento unitário de salinidade acima do valor SL, % (dS m⁻¹)⁻¹.

A partir da equação 6, foi calculada a salinidade limiar (SL) com base na produção relativa para a cultura do pepino, para o experimento proposto, que foi da ordem de $4,08 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 18). Na literatura a salinidade limiar (SL) da cultura do pepino é de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$. Demonstra-se assim uma maior tolerância da cultura à salinidade, que pode estar associada a diversos fatores, como por exemplo, o uso de mudas enxertadas. Oda (1995) afirma que a enxertia proporciona maior tolerância das culturas à salinidade, bem como aumenta a capacidade de absorção de água e nutrientes. Outros fatores seriam o uso de adubos, ao invés de águas salobras e a utilização da irrigação por gotejamento.

Figura 18 – Curva de tolerância da cultura do pepino, em função da salinidade do solo

Blanco (1999), para a salinidade média do solo na profundidade correspondente à região radicular da cultura, considerada como sendo 40 cm, observou uma redução na produção total de 6,71 %, para o aumento de uma unidade da salinidade do extrato de saturação. Esse valor está abaixo daquele indicado por Maas ; Hoffman (1977), que afirmam que a redução na produção é da ordem de 13% para o aumento de uma unidade de salinidade do solo.

No presente estudo, obteve-se uma redução na produção na ordem de 19,33% para cada aumento de uma unidade de salinidade do solo, ficando este valor acima dos valores citados anteriormente, e também do valor citado por Maas (1990) que é de 6,9%.

Figura 19 – Gráficos de regressão para as médias da produção comercial (PCOM), produção total (PTOT), número comercial de frutos (NCOM), numero total de frutos (NTOT), comprimento dos frutos comerciais (CCOM) e comprimento dos frutos totais (CTOT) para os manejos M1 (A) e M2 (B), em função dos níveis de salinidade do solo

2.3.2.7 Características físico-químicas dos frutos

Na Tabela 11 encontra-se o resumo da análise de variância e as médias para as variáveis pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulavel (ATT) e firmeza de polpa (FP) para o

ciclo da cultura de pepino estudado. Verifica-se que houve efeito linear significativo para as variáveis, com efeito significativo ($p < 0,01$) dos níveis iniciais de salinidade do solo sobre a acidez total titulável (ATT), como também para o tipo de manejo e efeito significativo ($p < 0,05$) para os sólidos solúveis totais (SST) e firmeza de polpa (FP).

Para a cultura do pepino, indiferentes de outras culturas da família das cucurbitáceas, a preferência pelos frutos não são pelas suas qualidades químicas e sim pelas suas qualidades visuais, em relação ao comprimento, diâmetro e fruto retilíneo. Essa observação se deve ao fato do fruto (produto) não ser geralmente consumido in natura, e sim acompanhados com temperos. Assim, não foi encontrado na literatura consultada nenhuma informação sobre valores ideais de °Brix para o fruto de pepino.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância e médias do pH, sólidos solúveis totais (SST - %), acidez total titulável (ATT - %) e firmeza de polpa (FP - kgf), para a cultura do pepino, em função dos níveis de salinidade do solo e dos manejos da fertirrigação

Fator	ESTATISTICA F			
	pH	SST	ATT	FP
- Salinidade (S)	0,70 ^{ns}	1,71 ^{ns}	4,72 ^{**}	1,71 ^{ns}
Linear	0,37 ^{ns}	4,27 [*]	21,70 ^{**}	6,64 [*]
Quadrática	0,59 ^{ns}	0,78 ^{ns}	1,11 ^{ns}	1,46 ^{ns}
- Manejo (M)	0,18 ^{ns}	1,24 ^{ns}	4,86 [*]	0,15 ^{ns}
S x M	0,74 ^{ns}	2,23 ^{ns}	5,19 ^{**}	0,73 ^{ns}
CV (%)	2,67	8,93	14,15	6,66
Manejo (M)				
M1	5,81a	5,21a	0,14a	46,92a
M2	5,80a	5,10a	0,14b	46,57a

^{ns} Não significativo ao nível de 0,05 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

A variável acidez total titulável (ATT) teve diferença em seus valores médios tanto para os seis níveis de salinidade, como para os dois tipos de manejos estudados (Tabela 12). Demonstra-se assim que o nível de salinidade do solo afeta diretamente essa variável. Para as condições de condução do referente estudo, tal variável resposta assume valores crescentes do menor para maior nível de salinidade do solo durante o ciclo da cultura. Também pode acontecer de tais valores se demonstrarem constantes em relação aos níveis iniciais de salinidade do solo, quando

se adota o manejo tradicional de fertirrigação da cultura (M1), dependendo da sua marcha de absorção de nutrientes, como demonstrado na Figura 20. Nessa figura também estão plotados os gráficos de dispersão para os dois tipos de manejo da fertirrigação das variáveis respostas, em relação aos níveis de salinidade do solo durante a condução da cultura.

Tabela 12 – Valores médios de acidez total titulável (ATT - %), representando o desdobramento entre os níveis de salinidade com os dois tipos de manejo pelo teste de Tukey

Níveis	Manejos da Fertirrigação	
	M1	M2
S1	0,15 aA	0,10 bB
S2	0,14 aA	0,12 bA
S3	0,15 aA	0,13 aA
S4	0,15 aA	0,15 aA
S5	0,14 aA	0,15 aA
S6	0,15 aA	0,16 aA

* Letras diferentes maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, representam médias diferentes ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey ajustado.

Ainda na Figura 20, observa-se efeito linear positivo e negativo para as variáveis respostas sólidos solúveis totais (SST) e firmeza de polpa (FP), respectivamente, devido ao incremento da salinidade. Essa observação também foi encontrada em outras culturas como por exemplo no melão. Barros (2002), estudando três níveis de salinidade de água de irrigação em campo, observou um efeito linear positivo sobre o SST dos frutos do meloeiro devido ao incremento da salinidade.

Figura 20 – Gráficos de regressão para as medias de ATT nos manejos M1 e M2, SST e FP para o manejo M2, em função dos níveis de salinidade do solo

2.3.2.8 Percentagem de matéria seca dos frutos

Na Tabela 13 encontra-se o resumo da análise de variância e as médias para as variáveis matéria seca dos frutos no início (MASEINI - %) e no final (MASEFIN - %) do período de colheita para o ciclo da cultura de pepino estudado. Verifica-se que houve somente efeito significativo linear e quadrático com ($p < 0,01$) para a variável MASEINI, dos níveis iniciais de salinidade do solo e efeito significativo ($p < 0,05$) para a mesma variável na interação entre os níveis de salinidade do solo e o tipo de manejo estudado.

Para as condições que foi realizado o estudo, o tipo de manejo de fertirrigação adotado não influenciou no percentual de matéria seca dos frutos de pepino. Entretanto existiu uma diferença no percentual no início da colheita, entre os níveis de salinidade iniciais do solo, sendo que no final do período produtivo essa diferença não foi mais evidenciada.

Essa diferença ocorreu através de uma variação de valores para mais ou para menos, dependendo do nível de salinidade inicial do solo. Para o manejo M1, os níveis S1, S4, S5, S6 aumentaram em média 3,00% e os níveis S2 e S3 diminuíram em média 4,00%. Para o manejo M2, os níveis S2, S3 e S6 aumentaram em média 1,00% e os níveis S1, S4 e S5 diminuíram em média 2,00%, ocorrendo uma maior variação, independente do manejo, para o nível S6 de salinidade.

Para outras hortaliças, Medeiros (1998) e Meiri et al. (1995) verificaram aumento na porcentagem de matéria seca dos frutos para as culturas do pimentão e melão, respectivamente, com o aumento da salinidade da água de irrigação.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância e médias da matéria seca dos frutos (%), no início (MASEINI) e no final (MASEFIN) da colheita, para a cultura do pepino, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação

Fator	ESTATISTICA F	
	MASEINI	MASEFIN
- Salinidade (S)	2,49 ^{ns}	1,82 ^{ns}
Linear	3,93 ^{**}	0,55 ^{ns}
Quadrática	3,00 ^{**}	-0,44 ^{ns}
- Manejo (M)	0,82 ^{ns}	2,34 ^{ns}
S x M	2,96 [*]	1,53 ^{ns}
CV (%)	18,43	24,42
Manejo (M)		
M1	9,30a	9,63a
M2	8,87a	8,70a

^{ns} Não significativo ao nível de 0,05 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

Por meio da Tabela 14, pode-se comparar as médias da porcentagem de matéria seca dos frutos através do teste de Tukey. Mostrando que apesar da interação ter sido significativa ao nível de 1% de probabilidade para o teste F, quando se comparou as médias entre si, com o teste de Tukey, tais não apresentaram significância.

Tabela 14 – Valores médios da matéria seca dos frutos (%) no início do período de colheita, representando o desdobramento entre os níveis de salinidade do solo com os dois tipos de manejo pelo teste de Tukey

Níveis	Manejos da Fertirrigação	
	M1	M2
S1	8,24 aA	9,35 aA
S2	11,77 aA	7,49 aA
S3	11,83 aA	9,67 aA
S4	7,83 aA	9,75 aA
S5	8,44 aA	8,69 aA
S6	7,67 aA	7,85 aA

* Letras diferentes maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, representam médias diferentes ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey ajustado.

Na Figura 21, encontra-se os gráficos de regressão para a variável resposta, onde o modelo ajustado foi o quadrático, mostrando que os pontos de maior acúmulo de matéria seca dos frutos no início do período produtivo encontram-se entre os níveis intermediários de salinidade do solo.

Figura 21 - Gráficos de regressão para as medias de matéria seca dos frutos no início da colheita (MASEINI) nos manejos M1 (A) e M2 (B), em função dos níveis de salinidade do solo

2.3.2.9 Matéria seca da parte aérea

Na Tabela 15 encontra-se o resumo da análise de variância e as médias para a matéria seca obtida no final do ciclo da cultura do pepino, nas variáveis folha, pecíolo e ramos. Verifica-se que

houve efeito linear e quadrático significativo para todas as variáveis, dos níveis iniciais de salinidade do solo, como também para o tipo de manejo adotado, com exceção da variável ramo, e feito significativo ($p < 0,01$) para a interação salinidade X manejo para a variável ramo. Nesta ocasião também foi quantificada o numero de folhas por planta (Apêndice 6 e 7).

Tabela 15 - Resumo da análise de variância e de médias de matéria seca das folhas (g planta^{-1}), pecíolos (g planta^{-1}) e ramos (g planta^{-1}), para o final do ciclo da cultura do pepino, em função dos níveis de salinidade do solo e dos manejos da fertirrigação

Fator	ESTATISTICA F		
	Folha	Pecíolo	Ramo
- Salinidade (S)	7,42 ^{**}	4,86 ^{**}	8,67 ^{**}
Linear	3,66 ^{**}	3,21 ^{**}	2,77 [*]
Quadrática	-3,61 ^{**}	-3,15 ^{**}	-2,86 ^{**}
- Manejo (M)	32,03 ^{**}	13,47 ^{**}	1,69 ^{ns}
S x M	1,98 ^{ns}	2,49 ^{ns}	6,84 ^{**}
CV (%)	14,82	19,75	14,18
Manejo (M)			
M1	37,84a	5,78a	18,26a
M2	29,66b	4,68b	17,32a

A massa seca representa fisiologicamente o crescimento da planta ao longo do ciclo, com forte correlação com a altura das plantas e pode ainda representar a fotossíntese líquida. Através da Tabela 16, que compara as medias de matéria seca dos ramos através do teste de Tukey, observa-se que para o manejo M1, os valores se apresentam crescentes do maior para o menor nível de salinidade do solo. Enquanto que, para o manejo M2, os maiores valores de matéria seca encontram-se nos níveis intermediários de salinidade (S2, S3, S4, S5).

Na Figura 22, encontra-se os gráficos de regressão para as variáveis respostas, onde o modelo ajustado foi o quadrático, mostrando que os pontos de maior acumulo de matéria seca encontram-se entre os níveis intermediários de salinidade do solo, o que se assemelha com a produtividade da cultura estudada.

Tabela 16 – Valores médios da matéria seca dos ramos, representando o desdobramento entre os níveis de salinidade do solo com os dois tipos de manejo pelo teste de Tukey

Níveis	Manejos da Fertirrigação	
	M1	M2
S1	24,28 aA	14,65 aB
S2	20,78 aA	20,12 aA
S3	18,12 aA	16,06 aA
S4	18,95 aA	20,65 aA
S5	14,72 aA	18,10 aA
S6	12,73 aA	14,32 bA

* Letras diferentes maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, representam médias diferentes ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey ajustado.

Figura 22 – Gráficos de regressão para as medias de matéria seca, nas variáveis folha (MSF) e pecíolo (MSP) nos manejos M1 (A) e M2 (B), e ramo (MSR) para o manejo M2, em função dos níveis de salinidade do solo

3 CONCLUSÕES

Tendo em vista as condições em que o experimento foi conduzido e a sua metodologia, podemos concluir que:

- Para cultivo em vasos, a metodologia aplicada para obtenção da curva de retenção de água no solo foi bastante satisfatória;
- A metodologia para obtenção das curvas de salinização artificial (induzida) do solo foi também satisfatória;
- Em média, indiferente dos níveis de salinidade, o manejo M1 proporcionou um maior consumo de água por planta, em relação ao manejo M2.
- As medidas de altura em plantas frutíferas tutoradas verticalmente, deve ser realizado até o momento em que o peso dos frutos não interfira nas medidas;
- Dependendo do nível ótimo de salinidade de uma cultura, níveis altos ou baixos causados por excesso de fertilizantes podem interferir na produtividade e stand.
- Os tipos de manejo adotado da fertirrigação interferem menos que os níveis de salinidade do solo em relação as características físico-químicas dos frutos, para a cultura do pepino;
- Entre os níveis de salinidade do solo estudado, os intermediários (S2, S3, S4, S5) foram os que demonstraram maior adaptabilidade pela cultura, para as variáveis produção de frutos e matéria seca da parte aérea.
- Em relação a variável produção total e comercial, em média, o manejo M1 superou o manejo M2, independentemente do nível de salinidade.

REFERÊNCIAS

ALFONSO OSORIO, U., ELICIO MORAGA, O., RECAREDO ORELLANA, C. **Efectos de siembra sobre el comportamiento productivo de tres cultivares de pepino de ensalada (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero y riego por goteo.** IDESIA, Arica, v.8, p.55-62, ene/dec, 1984.

ALLISON, L.E.; BROWN, J.W.; BERNSTEIN, L. **Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos.** 6. ed. México: L. A. Richards, 1973. 175 p.

AZEVEDO, J.A.; CAIXETA, I.T. Irrigação do feijoeiro. **Circular Técnica do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados/EMBRAPA**, Planaltina, n.23, p.1-60, 1986.

BARROS, A.D. **Manejo da irrigação por gotejamento com diferentes níveis de salinidade da água na cultura do melão.** 2002. 107 p. Tese (Doutorado em agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu. 2002.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 6. ed. Viçosa. Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 596 p.

BERNSTEIN, L. Effect of salinity and sodicity on plant growth. **Plant Analysis and Fertilizer Problems**, New York, v.4, p.25-45, 1964.

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

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

BOT, G.P.A. Greenhouse growing: outlook 2000. **Acta Horticulture**, Leuven, v. 304, n. 1, p. 43-47, 1992.

BROWN, L.R.; RENNER, M.; HALWEIL, B. **Sinais vitais 2000**: as tendências ambientais que determinarão nosso futuro. Salvador: UMA, 2000. 196 p.

BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M.; ESTEFANEL, V.; ANDRIOLO, J.L.; MEDEIROS, S.L.P. Modificações na temperatura mínima do ar causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 43-49, 1993.

CASTILLA, N. Caracterización del cultivo del pepino en invernadero en Almeria. **ITEA**, Almeria, v.3, p131- 141, 1990.

CAVALCANTE, L.F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2000. 71p.

CERMEÑO, Z.S. **Estufas**: instalação e manejo. Lisboa: Litexa, 1990. 355 p.

COELHO, A.M. Fertirrigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 315 p.

CUENCA, R.H. **Irrigation system design, an engineering approach**. New Jersey: Departament of Agricultural Engineering, Oregon State University, 1989. p. 346-50.

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

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

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de aguas de los cultivos**. Roma: FAO, 1977. 143p. (Estúdios FAO: Riego, Drenaje, 24).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A (EPAGRI). A cultura do pepino. In: **Curso profissionalizante de olericultura**. Florianópolis, CETRE, 1993. 11p.

FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M.A. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, n.1, p.31-6, 1993.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura** – cultura e comercialização de hortaliças. 2 ed. São Paulo: Agronômica Ceres. 1981. v.2, 338p.

_____. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 2000. 402p.

FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS. Pepino. In: **Agrianual 2005**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Argos Comunicação, 2005. 546p.

FOLEGATTI, M.V.; VASQUEZ, M.A.N.; SOUZA, V.F. Níveis de água e doses de potássio aplicado por gotejamento superficial e subsuperficial na produtividade do meloeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. p. 959 – 962.

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

JONES, H.G. **Plants and microclimate**. 2nd ed. Cambridge: University Press, 1992. 428 p.

KELLER, J., KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora, Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.

KIRDA, C.; ÇEVİK, B.; TÜLÜCÜ, K.A. simple method to estimate the irrigation water requirement of greenhouse grown tomato. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.1, n.59, p.373-80, 1994.

LEITE JÚNIOR, J.B. **Dessalinização do solo provocada pelo excesso do íon potássio em latossolo vermelho amarelo cultivado com alface americana (*Lactuca sativa* L.) irrigada sob ambiente protegido**. 2000. 80 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

LIMA, M.S.; IWATA, A.Y.; VERDIAL, M.F.; MINAMI, K.; DIAS, C.T.S. Avaliação de diferentes variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivadas sob estufas, em dois sistemas de condução. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, n 37, 1997, Manaus. **Resumo...** Brasília: Sociedade de Olericultura do Brasil/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1987. (Resumo, 137).

LIMA, V.L.A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem.** 1998. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

MAAS, E.V. Crop salt tolerance. In: TANJI, K.K. (Ed.) **Agricultural salinity assessment and management manual.** New York: ASCE, 1990. chap. 13, p. 262-304.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance - Current Assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, New York, v.103, n.1R2, p.115-134, 1977.

MACEDO JUNIOR, E.K. **Crescimento e produtividade de pepino (*Cucumis sativus* L.) enxertado e não enxertado, submetido à adubação convencional em cobertura e fertirrigação, em cultivo protegido.** 1998. 129 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

MAIA, C.E.; MORAIS, E.R.C. de; OLIVEIRA, M. de. Classificação da composição iônica da água de irrigação usando regressão linear múltipla. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.55-9, 2001.

MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S.; POSTINGHER, D.; SCHWENGBER, J.E.; QUINTANILLA, L.F. Avaliação da cultura do pepino (*cucumis sativus*, l.): cultivado em estufa plástica, sob diferentes tipos de poda e arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.1, nº1, p. 30-33, 1995.

MARTINS, E.M.; SCHAPENDONK, A.H.C.M.. Effects of environmental conditions on growth and production of cucumber; Comparison between empirical and simulation data. **Acta Horticultutae**, Berlim, n.174, p. 251-258. 1995.

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

MEDINA SAN JUAN, S.H. **Riego por goteo: teoria y práctica**. 2.ed. Madrid: Mundi Prensa, 1985. 216p.

MEIRI, A.; LAUTER, D.J.; SHARABANI, N. Shoot growth and fruit development of muskmelon under saline and non-saline soil water deficit. **Irrigation Science**. New York, v.16, n.1, p.15-21, 1995.

MESQUITA FILHO, M.V.; SOUZA, A.F.; FURLANI, R. Hortalças de bulbo, tubérculo, raiz e fruto. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.511-532.

NELSON, P.V. **Greenhouse: operation and management**. 4. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1991. 612 p.

NUNES FILHO, J.; SOUSA, R. de; SÁ, V.A. de L.; LIMA, B.P. Relações entre a concentração de águas subterrâneas e superficiais, visando à irrigação, no sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.189-93, 2000.

ODA, M. New grafting methods for fruit-bearing vegetables in Japan. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Tokyo, v.29, n.3, p.187-194, 1995.

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

PAPADOPOULOS, A.P. **Growing greenhouse seedless cucumbers in soil and in soilless media**. Ottawa: Agriculture Canada Publication, 1994. 126p.

QUEIROZ, J.H.; 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. de (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p.69-111.

RAIJ, B.V. Princípios de correção e de adubação para mudas e para produção comercial. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1., 1990, Jaboticabal. **Anais ...** Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.75-84.

REIS, N.V.B.; MAKISHIMA, N. Uma visão geral sobre as oportunidades com os cultivos protegidos diante das condições climáticas do Brasil. **Revista ITEM – Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 52/53, 2001/2002.

RHOADES, J.D. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.49, p.201-51, 1994.

RHOADES, J.D.; OSTER, J.D. Solute content. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. 2nd ed. Madison: ASA/SSSA, 1986. part 1., p.995-1006. (Monograph 9)

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).

RICHARDS, L.A. **Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos**. México: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, 1954. 172p. (Manual de Agricultura, 60).

ROBLEDO DE PEDRO, F.; MARTINS VICENTE, L. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1981. 553 p.

ROBLES, J. **Como se cultiva en invernadero**. Barcelona: Vecchi, 1985, 191p.

SANTOS, A.M. **Espaçamento e densidades de semeadura em pepino para indústria em Pelotas**. Pelotas : EMBRAPA, 1980. 2p. (Comunicado Técnico 6).

SCATOLINI, M.E. **Estimativa da evapotranspiração da cultura de crisântemo em estufa a partir de elementos meteorológicos**. 1996. 71 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

SERRANO CERMEÑO, Z. **Cultivo de hortalizas en invernadero**. Barcelona: España. AEDOS, 1979, 361p.

_____. **Cultivo de plantas hortícolas em estufa**. Barcelona: Biblioteca Agrícola Litexa, 1977. 368p.

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

SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com plástico**. 5. ed. Guaíba: Agropecuária, 1995. 342 p.

SILVA JÚNIOR, L.G.A.; GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F. Composição química de águas do cristalino do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.11-17, 1999.

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

SILVA, E.F.F.; MIRANDA, J.H.; COELHO, R.D.; DUARTE, S.N.; FERREIRA, Y.R.P. Determinação da salinidade do solo utilizando extratores de cápsulas porosas e soluções diluídas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. 1 CD.

SOCIEDADE DE OLERICULTURA DO BRASIL. **Pepino, crocância e frescor na sua salada.** Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/classificacao/pepino/pepino.html>. Acesso em: 20 jul. 2007.

SOUSA, V.F.; COELHO, E.F.; SOUZA, V.A.B. Frequência de irrigação em meloeiro cultivado em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.659-664, 1999.

STANGHELLINI, C. Evapotranspiration in greenhouse with special reference to mediterranean conditions. **Acta Horticulturae**, Hague, v.335, p.296-304, 1993.

TAPIA, G.J. Filmes técnicos para invernaderos. **Revista de Plásticos Modernos**, Madri, v. 295, n. 1, p. 75-82, 1981.

TRANI, P.E.; GROPPPO, G.A.; SILVA, M.C.P.; MINAMI, K.; BURKE, T.J. Diagnóstico sobre a produção de hortaliças no estado de São Paulo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.19-24, 1997.

UYEDA, C.A. **Acúmulo de matéria seca e produção do meloeiro sob estresse salino e adubação potássica.** 2006. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

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

VIANA, T.V.A. **Evapotranspiração obtida com o sistema razão de Bowen e um lisímetro de pesagem em ambiente protegido**. 2001. 138 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VILLA, S.T. **Efeito da irrigação da água salina e da lâmina de lixiviação na salinização do solo e na produção do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1998. 94 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

VILLA NOVA, M.S. **Avaliação do desempenho do tensiômetro de bolha de ar na medida do potencial matricial de água no solo**. 1991. 69 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1991.

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

VILLAS BOAS, R.L.; ANTUNES, C.L.; BOARETO, A.E.; SOUZA, V.F. DUENHAS, L.H. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.) **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001.

YOSHIMURA, A.M.; YOSHIDA, A.; JAMPANI, M.G. **Plasticultura: uma nova tecnologia**. Biritiba Mirim: s.ed., s.d. 79 p.

APÊNDICE

Apêndice 1 – Quantidades de adubo aplicado (g planta⁻¹) obedecendo a marcha de absorção da cultura do pepino durante todo o ciclo

(g planta ⁻¹)		SEMANAS								TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	
S1	Ca(NO₃)₂	1,6	1,6	749,6	841,7	1146,7	1063,1	1485,8	866,4	6156,4
	KNO₃	1,2	1,2	374,8	691,1	941,5	872,8	1219,9	711,4	4813,9
	(NH₄)⁺(NO₃)⁻	0,1	0,1	0,0	26,6	36,2	33,6	46,9	27,4	170,8
	MKP	0,3	0,3	119,9	168,3	229,3	212,6	297,2	173,3	1201,3
	K₂SO₄	0,0	0,0	90,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,0
	MgSO₄	0,6	0,6	247,4	310,1	422,5	391,7	547,4	319,2	2239,3
S2	Ca(NO₃)₂	10,5	10,5	800,6	918,7	1174,2	1139,1	1153,3	1160,9	6367,7
	KNO₃	4,4	4,4	400,3	754,3	964,1	935,2	946,9	953,2	4962,8
	(NH₄)⁺(NO₃)⁻	3,4	3,4	0,0	29,0	37,1	36,0	36,4	36,7	182,0
	MKP	0,2	0,2	128,1	183,7	234,8	227,8	230,7	232,2	1237,7
	K₂SO₄	0,8	0,8	96,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,7
	MgSO₄	0,1	0,1	264,2	338,5	432,6	419,7	424,9	427,7	2307,7
S3	Ca(NO₃)₂	7,2	7,2	587,6	838,9	1053,6	1065,0	1512,4	844,6	5916,4
	KNO₃	5,6	5,6	293,8	688,7	865,0	874,4	1241,8	693,4	4668,4
	(NH₄)⁺(NO₃)⁻	0,3	0,3	0,0	26,5	33,3	33,6	47,8	26,7	168,4
	MKP	1,4	1,4	94,0	167,8	210,7	213,0	302,5	168,9	1159,6
	K₂SO₄	0,1	0,1	70,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,8
	MgSO₄	2,6	2,6	193,9	309,1	388,2	392,4	557,2	311,2	2156,9
S4	Ca(NO₃)₂	10,1	10,1	572,6	856,9	1130,5	1139,1	1186,6	1191,3	6097,1
	KNO₃	7,8	7,8	286,3	703,6	928,2	935,2	974,2	978,1	4821,3
	(NH₄)⁺(NO₃)⁻	0,4	0,4	0,0	27,1	35,7	36,0	37,5	37,6	174,6
	MKP	1,9	1,9	91,6	171,4	226,1	227,8	237,3	238,3	1196,3
	K₂SO₄	0,2	0,2	68,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,1
	MgSO₄	3,6	3,6	189,0	315,7	416,5	419,7	437,2	438,9	2224,0
S5	Ca(NO₃)₂	12,9	12,9	598,6	609,9	763,8	1122,9	1019,4	762,9	4903,2
	KNO₃	10,0	10,0	299,3	500,8	627,1	922,0	836,9	626,3	3832,5
	(NH₄)⁺(NO₃)⁻	0,5	0,5	0,0	19,3	24,1	35,5	32,2	24,1	136,1
	MKP	2,4	2,4	95,8	122,0	152,8	224,6	203,9	152,6	956,4
	K₂SO₄	0,2	0,2	71,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,3
	MgSO₄	4,6	4,6	197,5	224,7	281,4	413,7	375,6	281,1	1783,1
S6	Ca(NO₃)₂	15,7	15,7	579,6	546,3	734,4	711,6	1196,1	826,5	4625,8
	KNO₃	12,2	12,2	289,8	448,5	602,9	584,2	982,0	678,6	3610,5
	(NH₄)⁺(NO₃)⁻	0,6	0,6	0,0	17,3	23,2	22,5	37,8	26,1	128,0
	MKP	3,0	3,0	92,7	109,3	146,9	142,3	239,2	165,3	901,6
	K₂SO₄	0,3	0,3	69,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,1
	MgSO₄	5,6	5,6	191,3	201,3	270,6	262,2	440,7	304,5	1681,5

Apêndice 4 - Curva característica de retenção da água no solo realizada em laboratório

Apêndice 5 – Monitoramento do pH da solução do solo, em todo ciclo da cultura do pepino, para os manejos M1 (A) e M2 (B)

Apêndice 6 – Valores médios do número de folhas por planta (NF), representando o desdobramento entre os níveis de salinidade com os dois tipos de manejo pelo teste de Tukey

Níveis	Manejos da Fertirrigação	
	M1	M2
S1	50 aA	22 bB
S2	46 aA	40 bA
S3	37 aA	34 bA
S4	56 aA	67 aA
S5	41 aA	51 aA
S6	33 aA	53 aA

* Letras diferentes maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, representam médias diferentes ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey ajustado.

Apêndice 7 – Gráfico de regressão para o número de folhas por planta, no manejo M2, em função dos níveis de salinidade do solo