

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

**Manejo da fertirrigação e controle da salinidade para a cultura do pimentão  
(*Capsicum annuum*) utilizando medidores de íons da solução do substrato**

**Antonio Clarette Santiago Tavares**

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

**Piracicaba  
2005**

# **Livros Grátis**

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

Milhares de livros grátis para download.

**Antonio Clarette Santiago Tavares**  
**Engenheiro Agrônomo**

**Manejo da fertirrigação e controle da salinidade para a cultura do pimentão**  
**(*Capsicum annuum*) utilizando medidores de íons da solução do substrato**

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

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

**Piracicaba**  
**2005**

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

Tavares, Antonio Clarette Santiago

Manejo da fertirrigação e controle da salinidade para a cultura do pimentão (*Capsicum annum*) utilizando medidores de íons da solução do substrato / Antonio Clarette Santiago Tavares. - - Piracicaba, 2005.

101 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.

1. Adubação nitrogenada 2. Adubação potássica 3. Fertirrigação 4. Pimentão 5. Salinidade do solo I. Título

CDD 635.643

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

A Deus, por ter me dado o presente da vida; à minha família por ter me proporcionado bons exemplos de vida, honestidade, caráter, humildade e muita paciência para conseguir os objetivos sonhados. À minha mãe Silvia Santiago Tavares, que por desejar o melhor para esse seu filho, abdicou da minha presença ao seu lado; a meu pai José Bispo Tavares (*in memoriun*), que apesar de só ter apreendido assinar o nome sabia da importância que tinha o “estudo” na vida de um homem; ao meu Tio José Nilton Bispo que sempre foi um exemplo, com seu pensamento sempre sonhador e com visão apurada de um todo; ao meu irmão Carlos Marconi, pela serenidade e otimismo transmitido nos momentos difíceis.

#### Dedico

Aos meus Tios e Tias: Guilherme, Osvaldira (Dira), Almerindo, Dalva (Ninha), Mário, Zilda, Lúcio, Marli, Osvanilde (Nena), Marina e Primos: Rodrigo, Tiago, Sonale, Andréa, Thaise, Gisele, Luciano, Lucas que na ausência da minha mãe e do meu pai sempre abriram as portas das suas casas para que eu pudesse estudar e suportaram minhas malinesas.

Ofereço

## Agradecimentos

Ao amigo Prof. Dr. Sergio Nascimento Duarte, pelo apoio, amizade, confiança, paciência no ensinamento e orientação na realização deste trabalho.

Aos amigos José Wilson, Salim Jacaúna, Sullivan, Roberta, Gean Carlos, Carolina Santos, Jeanedy Pazzinato, Valeska Pandofi, Marcio Lara, Gustavo (Sinistro), Wiratan pela consideração que sempre tiveram pela minha pessoa.

Aos amigos do curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, em especial, Yanê Gruber, Priscylla Ferraz, Ralini Mélo, Michele Moro, Rodrigo Câmara, Monoel Januário, Tales Miler, Ronaldo Santos, Cleomar Ferreira, Wagner Oliveira, Rogério Airoidi, Célia Faganello, Ana Maria Duarte, Marconi Batista, Marco Emanuel, Tadeu Miranda, Kelte Rezende, Euro Detomini, José Alves (Kumprido), Tonny, Tales, Miguel, Cláudio Ricardo, Enio Farias, Nildo Dias... Enfim, a todos aqueles que se fizeram presentes nesse período de aprendizado.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e à Universidade de São Paulo, por ter me dado a oportunidade de fazer esse curso de pós-graduação.

Ao CNPq e FAPESP pelo apoio financeiro que contribuiu para o bom aproveitamento do curso sendo também determinante para o desenvolvimento desse trabalho.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, que contribuíram para meu aprendizado.

Ao Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, pela oportunidade que me foi dada de me aperfeiçoar numa área da agronomia que me identifico e aprendi a gostar e a seus funcionários: Hélio, Antonio, Gilmar, Davilmar, Sandra, Osvaldo por ser sempre prestativos e dispostos a ajudar.

Aos professores e amigos Dr. Daniel Carvalho da Fonseca, Dr. Leonardo Batista Duarte, Dr. Jorge Pimenta, Joel Guimarães por ter me feito ver a Irrigação e a Drenagem com outros olhos.

A todos os professores que tive e que contribuíram para o que sou hoje, em especial: Dona Laura, por um dia ter me reprovado e me feito ver que sem dedicação não conseguimos ir a lugar algum e Janes por ter me passado algumas das regras de nossa querida língua portuguesa.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	9
RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	12
1 INTRODUÇÃO .....	13
2 DESENVOLVIMENTO .....	16
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
2.1.1 Ambiente protegido.....	16
2.1.2 Pimentão.....	22
2.1.3 Fertirrigação .....	24
2.1.4 Condutividade elétrica da solução do solo.....	25
2.1.5 Nutrição mineral das culturas .....	27
2.1.6 Substrato.....	30
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.2.1 Localização e caracterização da área experimental.....	34
2.2.2 Descrição da estrutura experimental .....	34
2.2.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	35
2.2.4 Condução do experimento .....	37
2.2.4.1 Acondicionamento do substrato .....	37
2.2.4.2 Cultura .....	39
2.2.4.3 Plantio e condução .....	39
2.2.4.4 Manejo da irrigação.....	42
2.2.4.5 Adubação .....	43
2.2.4.6 Extração da solução do solo .....	49
2.2.4.7 Parâmetros avaliados na cultura e na estufa .....	50
2.2.4.8 Considerações sobre os modelos estatísticos utilizados.....	52
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	53

2.3.1	Potencial matricial da água do substrato, temperatura e umidade relativa na estufa .....	53
2.3.3	Condutividade elétrica na solução do substrato .....	58
2.3.4	pH na solução do substrato .....	59
2.3.5	Concentrações médias dos íons ( $\text{NO}_3^-$ ) e ( $\text{K}^+$ ) na solução do substrato.....	60
2.3.6	Análise completa dos cátions e ânions da solução do substrato extraída .....	62
2.3.7	Análises foliares de macro e micro nutrientes aos 115 DAT e no final do ciclo .....	63
2.3.8	Altura das plantas e diâmetro do colo .....	66
2.3.9	Produção e componentes de produção .....	68
2.3.9.1	Número de frutos totais e comerciais. ....	68
2.3.9.2	Percentagem de defeitos graves nos frutos (podridão) .....	69
2.3.9.3	Peso, comprimento e diâmetro médio totais e comerciais e produção total e comercial dos frutos.....	70
2.3.9.4	Espessura média da polpa na primeira colheita e na última colheita .....	75
2.3.9.5	Matéria seca dos frutos da primeira colheita .....	77
2.3.10	Teores de macronutrientes, pH, sólidos solúveis e acidez nos frutos:.....	78
2.3.11	Classificação do pimentão segundo o Programa Horti & Fruti Padrão.....	81
2.3.11.1	Produção de biomassa verde e seca das plantas no final do ciclo produtivo.....	83
3	CONCLUSÕES .....	88
	REFERÊNCIAS .....	89

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Casa de vegetação onde foi desenvolvido o experimento .....	35
Figura 2 – Substrato de fibra de côco.....	36
Figura 3 – Croqui da área experimental .....	38
Figura 4 – Curva de retenção de água do substrato .....	38
Figura 5 – Vaso com substrato reumedecido .....	39
Figura 6 – Plantas transplantadas .....	40
Figura 7 – Disposição dos vasos na casa de vegetação .....	40
Figura 8 – Característica morfológica do pimentão .....	41
Figura 9 – Vasos com tensiômetros e extratores de cápsula porosa .....	43
Figura 10 – Soluções coletadas dos extratores .....	46
Figura 11 – Soluções estoque.....	46
Figura 12 – Tensímetro e tensão submetida ao extrator .....	46
Figura 13 – Curva de calibração para o íon nitrato .....	47
Figura 14 – Curva de calibração para o íon potássio.....	47
Figura 15 – Medidor de pH.....	50
Figura 16 – Cartelas Horiba .....	50
Figura 17 – Leituras tensiométricas médias ao longo dos ciclo .....	54
Figura 18 – (a) Gráfico com monitoramento das temperaturas do ar no interior da estufa, durante o período de cultivo do pimentão (b) Gráfico com monitoramento das umidades relativas do ar no interior da estufa, durante o período de cultivo do pimentão (Maio a Setembro).....	56
Figura 19 – (a) Gráfico do monitoramento das temperaturas no substrato a 5 cm da superfície, durante o período de cultivo do pimentão (b) Gráfico do monitoramento das temperaturas do ar fora da estufa, durante o período de cultivo do pimentão (Maio a Setembro).....	57
Figura 20 – Gráfico dos perfis das leituras médias da condutividade elétrica da soluções extraídas do substrato ao longo do ciclo para os tratamentos monitorados com níveis N1, N2, K1 e K2.....	58

Figura 21 – Gráfico dos perfis das leituras médias da condutividade elétrica da soluções extraídas do substrato ao longo do ciclo para os tratamentos monitorados com níveis N3, N4, K3 e K4.....	59
Figura 22 – Gráficos dos perfis das leituras médias do pH da soluções extraídas do substrato ao longo do ciclo para os tratamentos monitorados com níveis N1, N2, K1, K2 .....	60
Figura 23 – Gráficos dos perfis das leituras médias do pH da soluções extraídas do substrato ao longo do ciclo para os tratamentos monitorados com níveis N3, N4, K3 e K4.....	60
Figura 24 – Gráfico com perfis das concentrações médias do nitrato nas soluções extraídas do substrato ao longo do ciclo.....	61
Figura 25 – Gráfico com perfis das concentrações médias do potássio nas soluções extraídas do substrato ao longo do ciclo.....	62
Figura 26 – Curva de crescimento da planta em função do tempo .....	66
Figura 27 – Curvas de concentrações de nitrogênio e potássio nos frutos.....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características comerciais físicas e químicas do substrato (AMAFIBRA).....	36
Tabela 2 – Resultados de análises do material orgânico .....	36
Tabela 3 – Marcha de absorção de nitrogênio e potássio proposta para a cultura do pimentão por Bar-Yosef (1991) .....	44
Tabela 4 – Quantidade de nitrogênio e potássio aplicados na cultura durante o ciclo, seguindo a marcha de absorção e o monitoramento por Cardy Horiba (N4 e K4).....	45
Tabela 5 – Caracterização e quantificação das massas dos fertilizantes necessária à formulação de 500 litros de solução para o cultivo do pimentão, segundo Castellane e Araújo (1994 apud FURLANI et al., 1999b).....	49
Tabela 6 – Esquema da análise de variância adotado no experimento .....	53
Tabela 7 – Números de frutos colhidos com deformação.....	55
Tabela 8 – Média das concentrações dos cátions e ânions macronutrientes da solução do substrato, extraída com as cápsulas, realizada na fase do pleno desenvolvimento da cultura (de 115° a 123° DAT) .....	63
Tabela 9 – Média das concentrações dos cátions e ânions dos micronutrientes da solução do substrato, extraída com as cápsulas, realizada na fase do pleno desenvolvimento da cultura (de 115° a 123° DAT) .....	63
Tabela 10 – Níveis foliares de referência para a cultura do pimentão .....	64
Tabela 11 – Resultados das análises de macro e micronutrientes das plantas aos 115 DAT .....	64
Tabela 12 – Resultados das análises de macro e micronutrientes das plantas dos 16 tratamentos aos 150 DAT, final do ciclo .....	65
Tabela 13 – Média do número de frutos totais produzidos segundo os tratamentos.....	68
Tabela 14 – Médias do número de frutos comercializáveis segundo os tratamentos.....	69
Tabela 15 – Médias da percentagem de defeitos graves nos frutos segundo os tratamentos .....	69
Tabela 16 – Médias do peso dos frutos segundo os tratamentos .....	70
Tabela 17 – Médias do peso dos frutos comercializáveis segundo os tratamentos.....	71
Tabela 18 – Médias do comprimento dos frutos para produção total.....	71
Tabela 19 – Médias do comprimento dos frutos comercializáveis segundo os tratamentos .....	72
Tabela 20 – Médias do diâmetro dos frutos totais segundo os tratamentos .....	72

Tabela 21 – Médias do diâmetro dos frutos comercializáveis segundo os tratamentos .....	73
Tabela 22 – Médias da produção total segundo os tratamentos.....	74
Tabela 23 – Produção comercial .....	75
Tabela 24 – Médias da espessura da polpa na primeira colheita segundo os tratamentos .....	76
Tabela 25 – Médias da espessura da polpa na última colheita.....	76
Tabela 26 – Médias da variação de espessura da polpa do fruto da primeira para última colheita.	77
Tabela 27 – Médias da matéria seca dos frutos da primeira colheita.....	77
Tabela 28 – Matéria seca dos frutos da última colheita.....	78
Tabela 29 – Valores médios da análise de macronutrientes dos frutos da última colheita.....	79
Tabela 30 – Valores médios de pH, ° Brix e acidez dos frutos dos frutos da última colheita .....	80
Tabela 31 – Média do número de frutos comerciais enquadrados por CLASSE (comprimento) para os tratamentos aplicados, segundo Programa Horti & Fruti Padrão – Programa paulista para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, CEAGESP e Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.....	82
Tabela 32 – Média do número de frutos comerciais enquadrados por SUB-CLASSE (calibre), para os tratamentos aplicados, segundo Programa Horti & Fruti Padrão – Programa paulista para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, CEAGESP e Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.....	82
Tabela 33 – Médias da massa verde total das folhas .....	83
Tabela 34 – Médias da massa seca total das folhas .....	84
Tabela 35 – Médias da massa verde total do caule segundo os tratamentos.....	84
Tabela 36 – Média da massa seca total do caule segundo os tratamentos .....	85
Tabela 37 – Médias da massa verde total das plantas .....	86
Tabela 38 – Médias da massa seca total das plantas .....	86

## RESUMO

### **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade para a cultura do pimentão (*Capsicum annuum*) utilizando medidores de íons da solução do substrato**

A produção agrícola, de maneira geral, sofre ação direta das condições climáticas e da exigência em insumos. Dentre as olerícolas cultivadas sob estufas no Estado de São Paulo, o pimentão destaca-se pelo volume total comercializado. No entanto, o manejo inadequado da irrigação, a adição de fertilizantes em altas dosagens e a inexistência de chuvas promotoras de lixiviação destes sais podem causar salinização e desequilíbrio nutricional dos solos ou dos substratos de cultivo nas áreas sob estufas. O objetivo desse trabalho foi estabelecer uma comparação entre a fertirrigação que é feita de forma convencional e o manejo da fertirrigação via monitoramento da concentração dos íons na solução iônica do meio de cultivo, assim como a definição de níveis adequados de N e K<sub>2</sub>O na prática da fertirrigação para essa cultura. O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP, no município de Piracicaba-SP, em vasos com substrato de fibra de coco, em uma estufa plástica com cobertura em arco. Os tratamentos foram compostos da combinação de 4 doses de N aplicadas via fertirrigação (N<sub>1</sub>= 200, N<sub>2</sub>= 300, N<sub>3</sub>= 400 kg ha<sup>-1</sup> de N, N<sub>4</sub>= manutenção da concentração de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na solução do substrato entre 7 a 15 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>) e 4 doses de K aplicadas via fertirrigação (K<sub>1</sub>= 450, K<sub>2</sub>= 550, K<sub>3</sub>= 650 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, K<sub>4</sub>= manutenção da concentração de K<sup>+</sup> na solução do substrato entre 3 a 4 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>). O delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados com 4 repetições, arranjado no esquema fatorial 4x4. Os tratamentos não tiveram influência no crescimento da planta e nem no diâmetro do colo. O peso médio dos frutos diminuiu linearmente com o aumento da dose aplicada de nitrogênio e potássio. Conseguiu-se as melhores produções e com os mesmos padrões comerciais, com doses menores de nitrogênio e potássio. O uso de extratores de soluções associado aos medidores de íons NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e K<sup>+</sup>, mostrou-se eficiente no manejo das fertirrigações para a cultura do pimentão. A produtividade referente a dose de nitrogênio e potássio obtida pelo manejo proposto esteve entre as maiores produtividades conseguidas.

Palavras-chave: nitrogênio, potássio, irrigação, adubação

## ABSTRACT

### **Fertigation management and salinity control for bell pepper crop (*Capsicum annuum*) using ions meters of the substratum solution**

The agricultural production, in a general way, suffers direct action of the climatic conditions and of the demand in inputs. Among the cultures cultivated under greenhouses in the State of São Paulo, the bell pepper stands out with a great total marketed volume. However, the inadequate irrigation management the addition of fertilizers in high dosages and the inexistence of rains promoters' of leaching of these salts can cause salinization and nutritional unbalance of the soils or cultivation substrata in areas under greenhouses. The objective of this work was to establish a comparison among the fertigation done by the conventional form and the fertigation management through monitoring the ions concentration in the ionic solution of the cultivation, as well as the definition of appropriate levels of N and K<sub>2</sub>O in practice of the fertigation for that culture. The experiment was conducted at the Department of Rural Engineering of the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" USP, at municipal district of Piracicaba-SP, in vases with substratum of coconut fiber, in a plastic greenhouse with covering in arch. The treatments were composed by combination of 4 doses of N (N1 = 200, N2 = 300, N3 = 400 kg ha<sup>-1</sup> of N, N4 = concentration maintenance of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in the solution of the substratum among 7 to 15 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>) and 4 doses of K (K1 = 450, K2 = 550, K3 = 650 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O, K4 = maintenance of the concentration of K<sup>+</sup> in the solution of the substratum among 3 to 4 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>). The adopted statistical design was randomized blocks with 4 repetitions, arranged in the factorial outline 4x4. Treatments didn't have influence an the plant growth and in the lap diameter neither. The medium weight of the fruits decreased linearly with the increase of the applied dose of nitrogen and potassium. It was found better productions and with the same commercial patterns, with smaller doses of nitrogen and potassium. The use of solutions extractors associated to the ions meters NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and K<sup>+</sup>, was shown efficient in the fertigation management for the crop of the bell pepper. The yield regarding doses of nitrogen and potassium obtained by the proposed management were among the largest productivity obtained.

Keywords: nitrogen, potassium, irrigation, manuring

## 1 INTRODUÇÃO

**“Nada realizaríamos se esperássemos  
até fazê-lo com tanta perfeição que  
ninguém lhe achasse defeito”**

O cultivo protegido constitui-se em uma das técnicas que possibilita acréscimos na produtividade, promovendo proteção contra chuvas e os outros agentes agroclimáticos, reduzindo também a infestação de pragas e seus conseqüentes prejuízos. 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%. Paralelamente, nas duas últimas décadas tem-se observado no mundo um espetacular desenvolvimento das técnicas de cultivo em recipientes com substrato (ANSORENA MINER, 1994). No Brasil, o cultivo em estufas aliado ao uso de substratos vem crescendo bastante no Estado de São Paulo, principalmente no cultivo de olerícolas. Dentre as olerícolas cultivadas sob estufas no Estado de São Paulo, o pimentão destaca-se como uma das três mais importantes, antecedida apenas pelo tomate e pelo pepino, sendo o volume total comercializado no CEAGESP, em 2003, de 37.385 toneladas (FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO, 2005).

Entretanto, devido ao manejo inadequado da irrigação, a adição de fertilizantes em altas dosagens e a inexistência de chuvas promotoras de lixiviação destes sais, aplicados muitas vezes via água de irrigação, problemas de salinização e de desequilíbrios nutricionais em solos e em substratos vêm ocorrendo com frequência em estufas. Levando-se em conta a tolerância das culturas à salinidade, o pimentão seria, dentre as olerícolas listadas anteriormente, a menos tolerante. O aumento da salinidade causa redução nos rendimentos da maioria das hortaliças cultivadas, bem como queda na qualidade do produto final (AYERS; WESTCOT, 1991).

O manejo usual da fertirrigação tem sido realizado por meio de quantidades preestabelecidas de fertilizantes, parceladas de acordo com a marcha de absorção da cultura. Normalmente não é realizado nenhum monitoramento da concentração de íons na solução do meio de cultivo nem do estado nutricional da cultura, via testes rápidos (PAPADOPOULOS, 1999).

Cabe também questionamento o fato de que os laboratórios vêm recomendando as mesmas doses de adubos, tanto para o uso da adubação convencional quando para a fertirrigação. Contrário a isso, Montag e Shnek (2003), alegando valores de produtividade normalmente maiores na fertirrigação, recomendam acréscimos nas doses dos adubos nitrogenados e potássicos em relação às recomendadas para adubação convencional. No entanto, essa recomendação não deve ser generalizada, pois sendo os adubos aplicados em menor quantidade e em maior frequência, tem-se possivelmente uma maior eficiência de absorção.

A extração da solução por intermédio de cápsulas porosas surge como uma alternativa, a um custo relativamente reduzido, capaz de ser aplicada a situações de campo. O mais sensato, portanto, parece ser racionalizar o manejo da fertirrigação, determinando a condutividade elétrica e/ou a concentração parcial de íons na solução do meio. Caso a concentração dos nutrientes mantenha-se numa faixa adequada e a condutividade elétrica da solução apresente valores inferiores ao máximo tolerado pela cultura, sem decréscimo no rendimento relativo, a salinização estará controlada (BURGUEÑO, 1996).

O nitrogênio e o potássio são os elementos mais exigidos e devem ser aplicados de acordo com as exigências de cada cultivar, produção esperada, estágio de crescimento e condições climáticas. Na adubação convencional, pesquisas têm demonstrado que em torno de 1/3 dos adubos nitrogenados e potássicos incorporados ao meio de cultivo são aproveitados pela plantas; a outra parte é perdida por lixiviação, escoamento superficial e por volatilização (ALFAIA, 1997). Com o uso da fertirrigação essas perdas podem ser reduzidas ou eliminadas, pois com a aplicação de fertilizantes via água de irrigação, os nutrientes podem ser fornecidos no momento e em quantidades certas para as plantas, aumentando a eficiência e o aproveitamento dos mesmos. No entanto, os principais problemas observados, segundo Villas Boas et al. (2001), estão associados ao uso incorreto desta técnica, na maioria das vezes devido à falta de informações adequadas e/ou utilização destas de forma empírica, ocasionando prejuízos de produtividade e desestímulo ao uso da fertirrigação por parte de alguns produtores.

O objetivo desse trabalho foi estabelecer uma comparação entre a aplicação de fertilizantes que é feita de forma convencional, via água de irrigação, baseada em doses pré-estabelecidas, onde se faz a aplicação de fertilizante parceladamente ao longo do ciclo, em função da curva de absorção da cultura, e o manejo da fertirrigação via monitoramento da concentração dos íons na solução iônica do meio de cultivo, com auxílio de extratores de solução, baseando-se na

condutividade elétrica e nos valores máximos e mínimos de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{K}^+$  da solução, recomendados para a cultura do pimentão, cultivado em ambiente protegido.

Além disso, o trabalho também visou a definição de níveis adequados de N e  $\text{K}_2\text{O}$  na prática da fertirrigação para a cultura do pimentão, bem como a verificação do uso de extratores de solução e de testes rápidos no auxílio ao manejo da fertirrigação.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Revisão bibliográfica**

#### **2.1.1 Ambiente protegido**

No Brasil, ao lado das grandes extensões ocupadas com lavouras e pecuária, cresce em expressão econômica o cultivo intensivo de plantas hortícolas realizado em áreas de pequenas propriedades. São quantidades incalculáveis de mudas de plantas frutíferas, hortaliças, flores, plantas ornamentais, medicinais e aromáticas, além das espécies florestais, cuja produção é total ou parcialmente realizada em ambiente protegido ou semi-protegido. Especialistas da área de plásticos calculam em torno de 6 mil hectares de cultivo protegido para a produção de hortaliças; somando-se áreas similares para a produção de mudas florestais, ornamentais e frutíferas, é possível que se alcance 10 mil hectares de área total sob plástico no território nacional (KAMPF, 2002).

O cultivo de plantas de alto valor econômico, como flores e hortaliças, em ambiente protegido, deixou de ser uma atividade restrita aos países do hemisfério norte ou de regiões onde os rigores climáticos tornavam essa prática obrigatória. No Brasil, a demanda por produtos hortícolas durante o ano, mesmo nas estações chuvosas ou fria e seca, exigiu dos agricultores a adoção de tecnologia de cultivo de plantas ao abrigo de condições adversas, o chamado cultivo protegido, hoje amplamente usado nas cadeias produtivas de flores e hortaliças e em expansão na fruticultura. Essas cadeias envolvem negócios de cerca de 20 bilhões de reais por ano e geram meio milhão de empregos no país (ABREU; ABREU; BATAGLIA, 2002).

O uso de ambientes protegidos por cobertura plástica implica em diversas modificações micrometeorológicas que alteram as relações planta-ambiente. Associado a isso, o processo convectivo, originário do saldo de radiação positivo, é inibido pela cobertura plástica que retém o ar quente e o vapor, provocando alterações nos diversos elementos meteorológicos, em relação ao ambiente externo (SEEMANN, 1979).

Na literatura nacional encontram-se poucas informações numéricas e precisas dessas modificações. No Brasil, os primeiros trabalhos com elementos meteorológicos em estufa de polietileno tiveram seu início no sul do País, graças aos trabalhos de Buriol et al. (1993, 1996, 1997a, 1997b), Farias et al. (1993a, 1993b), Farias; Bergamascie e Martins (1994), Camacho et al. (1995), Martins e Fernandez Gonzalez (1995a, 1995b), Steck et al. (1996, 1997) e Dalsasso et al.

(1997). Paralelamente, pesquisadores de outras regiões do País prestaram colaborações neste desenvolvimento, como Escobedo; Melo e Frisina (1994), Ricieri (1995), Pezzopane et al. (1995a), Pezzopane; Pedro Junior e Ortolani (1995b), Figueiredo; Frisina e Escobedo (1995), Frisina e Escobedo (1995); Frisina; Escobedo e Assis (1997), Souza e Escobedo (1997), Assis e Escobedo (1997), Nascimento Filho et al. (1997) e Sentelhas; Villa Nova e Angelocci (1997).

O balanço de energia influencia extremamente a temperatura do ar no interior da casa de vegetação. Depende, portanto, do processo de incidência da radiação solar, reflexão e re-irradiação através dos objetos no interior da estufa, convecção e condução através da cobertura e das paredes, renovação do ar, evapotranspiração e troca de calor com o solo (CERMEÑO, 1993).

Segundo Reis (1997) o uso das cortinas abertas possibilita que os ventos, que circulam no interior da cobertura plástica, transportem com mais facilidade o calor sensível e o vapor d'água para o exterior, controlando a umidade e a temperatura do ambiente protegido.

Um grande diferencial na variação da umidade relativa em ambientes protegidos com cobertura plástica é a abertura ou não de cortinas e janelas. A renovação de ar por meio de ventilação natural mediante a abertura de janelas e cortinas possibilita reduções significativas na temperatura no interior de estufas de polietileno. Os dados obtidos no mês de novembro (primavera), permitiram concluir que, entre o nascer e o pôr do sol, o saldo de radiação é maior no ambiente externo (FURLAN, 2001).

Seemann (1979) afirma que a temperatura do ar no interior do ambiente protegido é dependente do seu tamanho e volume, do tipo de cobertura, da abertura ou não de janelas e cortinas, do ângulo de incidência dos raios solares e da cobertura do solo. Entretanto, as temperaturas mínimas e médias são pouco afetadas, ocorrendo o maior efeito sobre as temperaturas máximas. Alpi e Tognoni (1991), atribuem as variações de temperaturas verificadas no interior de estufas, notadamente no sentido vertical, aos fenômenos de transmissão de calor por irradiação, condução e, principalmente, convecção.

Os valores da umidade relativa do ar são inversamente proporcionais à temperatura do ar e muito variáveis no interior do ambiente protegido (SEEMANN, 1979; TANAKA; GENTA, 1982; FARIAS et al., 1993b). A umidade relativa é dependente da temperatura, ou seja, com o aumento da temperatura, durante o período diurno, a umidade relativa diminui no interior da estufa, tornando-se igual ou inferior à umidade observada externamente, sendo que, durante à noite, a umidade relativa aumenta bastante, freqüentemente, próxima a 100%, devido à queda acentuada

na temperatura verificada neste período, e à retenção de vapor d'água pela cobertura plástica (SENTELHAS; SANTOS, 1995; BURIOL et al., 2000; FURLAN, 2001).

O controle da umidade do ar, ventilação e o sistema de irrigação precisam ser melhor estudados e elaborados de acordo com o clima de cada região, com finalidade de evitar as desordens fisiológicas, como a deformação e necrose de tecidos foliares, na época mais quente do ano (OLIVEIRA, 1995).

Segundo Righi (2000), o vento aumenta a renovação de ar em torno da folha, aumentando a condutância aerodinâmica, resultando em valores de transpiração das plantas mais elevados. No interior da estufa, quando ventilada, ocorre a renovação do ar úmido, entrando ar mais seco e menos quente vindo do exterior do ambiente, o que também contribui para o aumento da evapotranspiração.

A velocidade do vento no interior da estufa é estimada em 5% da verificada externamente (FARIAS; BERGAMASCIE; MARTINS, 1994). No entanto, os problemas relacionados com o vento no interior de ambientes protegidos estão quase sempre ligados à sua baixa velocidade. O que se tem procurado até então, são meios de melhorar o aproveitamento do vento, visando-se proporcionar uma renovação do ar mais eficiente nesses ambientes, a fim de se diminuir a temperatura e a umidade excessivas (GUISELINI, 2002).

A variação da umidade do ar no interior de estufas depende principalmente da temperatura do ar e da ventilação. Por sua vez a temperatura do ar varia principalmente em função da densidade de fluxo de radiação solar incidente e da própria ventilação, a qual dependem da área, tipo, localização e manejo das aberturas e da velocidade de trocas do ar do interior com o exterior (SEEMANN, 1979; BURIOL et al., 2000; CRITTEN; BAILLEY, 2002).

Feuilloley; Mekikdjian e Sevilla (1990) e Rault (1990), compararam diferentes modelos de estufas para determinar qual a mais eficiente em regiões de clima quente, e concluíram que as estufas com abertura no teto e nas laterais são mais eficientes, pois geram uma excelente circulação de ar.

A ventilação dos ambientes protegidos deve ser realizada nas horas em que a temperatura se eleva acima do limite ótimo de que necessitam as culturas. Portanto, as instalações devem possuir suficiente superfície de ventilação e seu mecanismo de abertura e fechamento deve ser rápido e fácil (CERMEÑO, 1993).

A radiação solar é o principal elemento meteorológico, pois desencadeia todos os fenômenos meteorológicos, afetando todos os outros elementos como, por exemplo: temperatura, pressão, vento, umidade e chuva (GUISELINI, 2002).

A radiação de onda curta influencia o crescimento da planta em dois aspectos: a radiação fotossinteticamente ativa (400 a 700 nm) é necessária para fotossíntese, processo básico para o desenvolvimento da planta, enquanto que o total de energia é o principal fator que afeta a transpiração (McCREE, 1972; GATÉS, 1976).

A reflexão e a absorção promovidas pela cobertura plástica diminuem a incidência de radiação solar no interior do ambiente protegido (SEEMANN, 1979; MARTIN; NOVOA; GOMES, 1982; KURATA, 1990; SENTELHAS; VILLA NOVA; ANGELOCCI, 1997). Essa redução é variável em função do ângulo de incidência dos raios solares (BAYTORUN et al., 1994) e da transmitância do filme plástico, ou seja, do tipo (AL-RAIH et al., 1989; SENTELHAS; VILLA NOVA; ANGELOCCI, 1997; CRITTEN; BAILEY, 2002), idade (REIS; CARRIÓ, 1999) e cor do filme (SENTELHAS; BORSATTO; MINAMI, 1999).

Com relação a sua capacidade, coloração ou transparência, os filmes plásticos apresentam resposta diferenciada quanto à absorção, à reflexão e à transmissão das radiações de onda curta e longa (ROBLEDO e MARTIN, 1981). Gonzáles (1985) salienta, ainda, que é bastante comum na floricultura o interesse em diminuir a transmissão da radiação solar, podendo-se utilizar plásticos coloridos ou pintados, para aumentar a reflexão e/ou a absorção das coberturas, que também é proporcional à sua espessura. Segundo Verlodt e Waaijenberg (2000) afirmam que um filme transparente transmite os raios solares sem dispersá-los, tendo por resultados a transmissão elevada da luz direta. Nas regiões com irradiância solar elevada, isso pode induzir a queimadura das plantas, flores ou frutos. Esse efeito negativo pode ser minimizado com uso de filmes aditivados, que difundem a luz sob a estufa inteira, de modo que mesmo as partes abaixo do dossel se iluminem. Este tipo de película é chamado de filme difuso ou opaco. Geralmente, esses tipos de filmes plásticos têm transmissão 5% menor do que um filme transparente. Essa redução é compensada por uma porcentagem maior de luz difusa, que tem um efeito positivo no desenvolvimento da cultura, especialmente naquelas que crescem eretas.

Outra técnica adotada para redução da radiação solar no interior de ambientes protegidos é a pintura dos filmes de cobertura com tinta ou mistura brancas, que diminuem a carga de radiação transmitida para o interior do ambiente (BAILLE; KITTAS; KATSOULAS, 2001). Em recente

estudo, Kittas; Baille e Giaglaras (1999) observaram que o branqueamento aplicado em vidro realçou a proporção de radiação fotossinteticamente ativa na radiação solar incidente total, reduzindo, assim, a fração dos comprimentos de ondas infravermelha que penetra no ambiente.

A transmissividade depende também do comprimento de onda. Em geral, o polietileno de baixa densidade, possui alta transmissividade na faixa ultravioleta ( $< 300\text{nm}$ ), sendo esta um pouco menor na faixa do infravermelho (GUISELINI, 2002). Segundo Robledo e Martin (1981), o PEBD transmite até 80% de radiação de onda longa. Sendo assim, o efeito estufa, ou seja, a retenção de ondas longas, seria pequena, determinando temperaturas mínimas noturnas no interior da estufa não muito diferentes do ambiente externo. Outros tipos de plásticos, os chamados “plásticos térmicos”, como EVA e o PEBD térmico, tem menor transmissividade da radiação de onda longa, evitando a queda acentuada da temperatura durante a noite (SGANZERDA, 1995).

Ao longo do dia, nas horas de brilho solar, o saldo de radiação em uma superfície qualquer tende a ser positivo, pois os fluxos incidentes (global e atmosférico) são superiores às frações refletidas e emitidas. Por outro lado, durante a noite, é comum que esses valores sejam negativos, pois o fluxo incidente passa a ser apenas o atmosférico e a energia emitida pela superfície, superior a este, resulta em um saldo de radiação negativo (PEZZOPANE et al., 1995a).

Para as condições de estufa com cobertura de polietileno, os valores de saldo de radiação são, em geral, menores que os externos, devido à absorção e reflexão de uma fração da radiação direta pelo polietileno; contudo, em condições de saldo de radiação negativo (à noite), os valores externos revelam-se maiores, ou seja, há maior perda de energia para a atmosfera que para o meio interno em virtude, justamente, da contra-irradiação do polietileno que impede a passagem do componente da radiação de onda longa (FURLAN, 2001). Segundo Tapia (1981) e Robledo de Pedro e Vicente (1988), o polietileno de baixa densidade (PEBD) apresenta transmissividade de onda longa até de 80%; a retenção dessas ondas seria, portanto, pequena. Apesar da alta transparência, BURIOL et al. (1993) afirmam que, em noites de temperaturas baixas, uma pequena redução na perda de energia pode ser significativa nas taxas de resfriamento do ar.

A condição meteorológica é um dos principais fatores na determinação da quantidade de água evapotranspirada pelas culturas. Além dos fatores climáticos, a evapotranspiração também é influenciada pela própria cultura (área foliar) e pela disponibilidade de água no solo (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Alterações no ambiente e o sistema de cultivo adotado

também podem influenciar a taxa de crescimento e a evapotranspiração das culturas (DOORENBOS; PRUIT, 1997).

A cobertura plástica utilizada em estufas é responsável por alteração significativa no balanço de radiação que ocorre em seu interior, em relação ao ambiente externo, devido à atenuação causada pela cobertura na radiação solar incidente, o que acaba resultando em redução no saldo de radiação interno (FURLAN, 2001) e, conseqüentemente, na evapotranspiração. Assim, no interior de estufas a evapotranspiração é, geralmente, menor do que aquela que ocorre no ambiente externo, devido não somente à redução no saldo de radiação, mas também à menor ventilação e a maior umidade do ar (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Segundo Martins e Gonzáles (1995b), os principais fatores da demanda evapotranspirativa são a incidência de radiação solar e a ação dos ventos, entretanto, a temperatura elevada e a baixa umidade relativa, em alguns momentos, contribuem para o aumento da evapotranspiração no ambiente protegido. Farias; Bergamaschi e Martins (1994) relataram que a evapotranspiração dentro do ambiente protegido variou de 45 a 77% da verificada externamente.

Medeiros et al., (1997) comparando a evaporação medida em tanque classe A e em mini-tanques (diâmetro de 0,6 m e 0,25 m de altura), instalados no interior de estufa plástica, no período primavera-verão, em Piracicaba, SP, observaram que a evaporação interna foi, em média, 47% da evaporação externa, independente do tipo de tanque utilizado. A relação evaporação interna e externa variou de 20 a 70% sendo essa larga amplitude atribuída à ação dos ventos, que atuam principalmente no ambiente externo.

Faccioli (1998) conclui que o método de Penman – Monteith pode ser utilizado como padrão na estimativa do potencial de evapotranspiração no interior; o método de Penman – Monteith não necessita de ajustes quando se utilizam os dados obtidos no interior do ambiente protegido. Segundo Scatolini (1996) os elementos meteorológicos determinados no interior da estufa são os que permitem uma melhor estimativa da evapotranspiração e a radiação solar global é o elemento meteorológico mais importante na estimativa da evapotranspiração da cultura em estufa.

Estudando modelos para estimativa da evapotranspiração no interior de ambientes protegidos, Scatolini (1996) chegou às seguintes conclusões: o ambiente protegido altera os elementos meteorológicos de maneira não uniforme, dificultando a estimativa da evapotranspiração a partir de elementos externos; as principais variáveis a serem consideradas na

estimativa da evapotranspiração no interior do ambiente são a radiação solar global e o índice de área foliar, sendo que os demais elementos meteorológicos, embora influenciem a evapotranspiração, não proporcionam grandes alterações na sua estimativa (inferiores a 1%).

### 2.1.2 Pimentão

As várias formas de pimentões e pimentas consumidas pelo homem pertencem ao gênero *Capsicum*. O centro de diversidade de formas cultivadas de *Capsicum annum* é o México, com centro secundário na Guatemala. O pimentão pertence à família SOLANACEAE, tribo SOLANEAE e sub-tribo SOLANINAE (CASALI; COUTO, 1984).

É uma planta arbustiva com 0,40 a 1,50 m de altura, cujas raízes atingem 1 m de profundidade, ereta, anual, com folhas de tamanho variável (1,5 - 12 x 0,5 - 7,5 cm) (MINAMI; TESSARIOLI NETO, 1994).

As flores são hermafroditas, solitárias, com corola branca, cálice sem constrição na junção com o pedicelo, corola campanulada - rotada, profundamente 5 - 6 partida, com 6 estames inseridos perto da base corola, antera azulada, descende longitudinalmente. O ovário é bilocular, podendo ser múltiplo, estilo simples, branco ou púrpuro, estigma capitada. As flores permanecem abertas de 2 a 3 dias. São plantas de auto fecundação, embora possa ocorrer uma certa porcentagem de polinização cruzada e os frutos apresentam polpa firme e sementes de coloração palha (CASALI; COUTO, 1984). O fruto imaturo pode ser de coloração verde ou vermelha e quando maduro pode ser vermelha, alaranjada, amarela, marrom, creme ou arroxeadas (MINAMI; TESSARIOLI NETO, 1994).

Nuez; Gil Ortega e Costa (1996) definem botanicamente o fruto de pimentão como uma baga. Este é constituído por um pericarpo grosso e um tecido placentário ao qual unem-se as sementes. O pericarpo é formado por três partes: o epicarpo (a parte externa) o mesocarpo (a zona carnosa intermediária) e o endocarpo (a parte membranosa interna)

O sistema de ramificação do *Capsicum* segue um único modelo básico. Depois que o broto é finalizado por uma flor, novos brotos vegetativos emergem das axilas das folhas que serão condicionados por dominância apical. Após o crescimento dos brotos terem produzido um número específico de órgãos florais, volta a iniciar uma continuação vegetativa do processo. Este ciclo se repete ao longo do período de crescimento. Esta estrutura forma um número de folhas, a disposição das inflorescências e o grau de supressão do crescimento desigual das várias partes da

planta e de seus órgãos relevantes, é uma característica varietal e depende da ordem de ramificação e da idade fisiológica da planta. Uma vez que se inicia a fase reprodutiva, mediante repetida produção de folhas e flores se alcança um equilíbrio vegetativo/reprodutivo mais ou menos constante ao longo de todo o período de crescimento (CHILD, 1979 apud NUEZ; GIL ORTEGA; COSTA, 1996).

Dentre os fatores que afetam o desenvolvimento dos ramos está a iluminação total diária, sendo mais importante que a qualidade da luz e do fotoperíodo (NUEZ; GIL ORTEGA; COSTA, 1996). Uma boa nutrição é um fator essencial no crescimento e desenvolvimento dos ramos e da planta. Sendo necessário um suprimento adequado de água e fertilizante. A falta de qualquer um desses fatores faz com que a planta tenha seu desenvolvimento afetado e assim como redução na produção (BEEVERS, 1969). A velocidade de alongação dos ramos é muito influenciada pela temperatura e pela termoperiodicidade. As temperaturas baixas retraem o crescimento e as excessivas produzem talos delgados, estando a temperatura ótima em torno de 25 °C. A diferença térmica ótima noite-dia deve oscilar entre 5 e 8 °C (TOMPSON; KELLY, 1957 apud NUEZ; GIL ORTEGA; COSTA, 1996).

O pimentão tem folhas simples, de forma lanceolada e/ou ovalada, formadas por um pecíolo, largo, que une a folha com o talo e parte expandida, o limbo (NUEZ; GIL ORTEGA; COSTA, 1996). O pimentão pertence ao grupo de plantas que tem um ciclo C3 na fixação metabólica do carbono (HOFFMANN, 1987 apud NUEZ; GIL ORTEGA; COSTA, 1996). Uma área foliar excessiva reduz a produtividade da planta, porque aumenta o nível de substâncias inibidoras que deprimem o nível de substâncias de natureza estimulante. Uma excessiva nutrição nitrogenada, que estimula o desenvolvimento vegetativo, se aplicada no momento inadequado, pode retardar ou inibir a formação de flores. Uma superfície foliar insuficiente reduz a produção da planta ao limitar a fotossíntese (BEEVERS, 1969 apud NUEZ; GIL ORTEGA; COSTA, 1996).

No pimentão as raízes são axonomorfas da qual se ramificam um conjunto de radículas laterais. Posteriormente se forma uma densa borda de raízes. O peso do sistema radicular varia de 7 a 17% do peso total da planta, em função do tipo varietal e das condições de cultivo. Nas plantas de pimentões jovens a proporção relativa do sistema radicular em relação a biomassa total é maior que nas plantas adultas (SOMOS, 1984).

Segundo diferentes autores (MILLER et al., 1979; LOCASCIO et al., 1985; RINCÓN et al., 1993) existem duas fases distintas no ritmo de crescimento da planta de pimentão. Na

primeira fase, considerada de crescimento lento, sintetiza 50 % da matéria seca total produzida e compreende em cultivos protegidos, desde do transplante até a segunda colheita, com uma duração média de 110 a 120 dias. A segunda fase, de crescimento rápido, compreende o resto do período de cultivo, com uma duração média de 40 a 50 dias.

A percentagem de matéria seca acumulada no diferentes órgãos vegetativos da planta varia segundo o seu estado fenológico. As folhas representam mais de 50% da matéria seca, desde praticamente o transplante até à primeira colheita (100 dias após o transplantio). Posteriormente são os frutos que mais representam a maior porcentagem até ao final do período de cultivo, significando 65 % do total de matéria seca acumulada. Durante o período de maturação dos frutos, a planta diminui o ritmo de crescimento, devido que a maior parte de produtos sintetizados são armazenados. O índice de área foliar alcança ao final do cultivo um valor médio de 4,5 (45000 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) para uma densidade de plantio de 2,5 pl m<sup>-2</sup> (RINCÓN et al., 1993).

Brandão Filho e Callegari (1999) consideram como temperatura ótima, para o bom desenvolvimento e produção do pimentão, a faixa de 20 a 30 °C durante o dia e, de 15 a 20 °C durante a noite, devendo-se evitar temperaturas inferiores a 10 °C e superiores a 35 °C. A umidade relativa do ar ideal está compreendida na faixa de 50 a 70 %. Segundo Tivelli (1998), a cultura do pimentão é muito sensível tanto à falta de água no solo como a seu excesso. Durante o cultivo, o solo deve ser mantido entre 70 e 80 % da capacidade de campo.

### **2.1.3 Fertirrigação**

A utilização adequada da água em cultivos irrigados tem condicionado aos produtores a garantia da produção; todavia, a maximização da produção não se dá apenas com o fornecimento de água às culturas. A elevação do nível de fertilidade do meio é também importante para desenvolvimento e produção das plantas (SOUZA et al., 2002).

Uma adequada nutrição das plantas deve passar por equilibrada correlação dentre os nutrientes e é neste ponto que se torna difícil o manejo, pois, em sua grande maioria, técnicos e produtores não têm no Brasil acesso a dados confiáveis de pesquisa para aplicação nos cultivos. As variações climáticas são constantes, o que nos impede a correções constantes da fertirrigação, já que as plantas necessitam se adequar rapidamente e estão expostas a estresses permanentes, que devem ser rompidos com a ajuda e controle de temperatura, umidade relativa, luminosidade, condutividade elétrica, variedades adequadas e fundamental balanceamento de nutrientes. Não há

uma regra fixa de manejo que deva ser seguida cegamente, mas, sim, adaptada às circunstâncias e atividades de cada propriedade. Assim como há uma busca incessante por variedades mais atrativas comercialmente, deve-se também procurar uma união entre pesquisa e produção para alavancar toda a cadeia de produção no Brasil (ALMEIDA NETO, 2001).

Dentre as principais vantagens da fertirrigação destacam-se: economia de mão de obra e energia, possibilidade de aplicar fertilizantes e maior eficiência na utilização dos nutrientes pelas culturas, maior eficiência do uso da água e menor incidência de doenças (FOLEGATTI, 1999). Essa técnica, utilizando os mesmos equipamentos de irrigação, possibilita dosar e fracionar a aplicação de fertilizantes da maneira desejada, com economia de mão-de-obra, redução da lixiviação e melhor distribuição dos nutrientes no perfil do solo (POMPA, 1974 apud MOTA et al., 2001). A fertirrigação possibilita a aplicação de adubação foliar, facilita a operação em cobertura em culturas densas e dosa com rigor as quantidades de nutrientes de acordo com a marcha de absorção da cultura (RAPOSO, 1979 apud MOTA et al., 2001).

A fertirrigação permite manter a disponibilidade de água e nutrientes próximos dos valores considerados ótimos, ao longo das fases de desenvolvimento da cultura (FERNANDES; CORÁ; ARAÚJO, 2001).

Segundo Gomes; Silva e Faquin (1999), as condições de cultivo em ambientes protegidos são diferentes daquelas em campo a céu aberto, principalmente com relação a perdas de nutrientes por erosão e lixiviação, que são inexistentes sob estufas. Observa-se, então, que as recomendações existentes para o campo devem servir apenas como referencial, havendo, portanto, necessidade de obtenção de informações específicas para esse sistema de cultivo, o qual tem sido trabalhado de forma empírica.

#### **2.1.4 Condutividade elétrica da solução do solo**

A condutividade elétrica é a facilidade que tem alguns corpos sólidos presentes nos líquidos de transmitir a eletricidade quando se estabelece um circuito. Em uma solução o transporte da eletricidade ocorre devido aos íons dos sais dissolvidos, uma vez que, cada um desses íons tem a capacidade de transmitir a corrente elétrica. Esta propriedade é utilizada para quantificar a salinidade de um solo medindo a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) do solo. A condutividade elétrica está intimamente correlacionada com a soma dos ânions e cátions que se determina quimicamente e com os sólidos totais dissolvidos (PEÑA, 1986).

Diversos fatores podem afetar a CEes do solo. Alguns íons conduzem a eletricidade mais lentamente do que outros. A CEes aumenta com o aumento da concentração de sais, no entanto, a taxa de aumento pode diminuir com aumentos da concentração. A CEes do solo também é afetada pela temperatura. A temperatura padrão para medição de CEes é de 25°C. Medições feitas em outras temperaturas precisam ser ajustadas para o padrão. Ainda que muitos métodos de medição automática de CEes do solo façam este ajustamento (SANTOS, 2000).

Moura (1994), pesquisando a condutividade elétrica da água de irrigação sob diferentes doses de adubos utilizados na fertirrigação, conclui que para cada g L<sup>-1</sup> dos adubos nitrato de potássio, nitrato de amônio, cloreto de potássio, sulfato de potássio e nitrato de cálcio, a salinidade da água era acrescida, 1,30, 1,48, 1,57, 1,27 e 0,99 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Uma grama de sulfato de amônio em um litro de água, incrementava em 2,1 dS m<sup>-1</sup> a salinidade.

O conteúdo de sais de um solo pode ser estimado, de forma aproximada, pela condutividade elétrica em uma pasta de solo saturada ou em uma suspensão mais diluída. Pode-se fazer uma estimativa precisa da condutividade de um extrato, porém será menos representativa do que o tipo de solução com a qual as raízes das plantas estarão em contato no solo. Quando se investiga a salinidade do solo como relação ao desenvolvimento das plantas, se recomenda usar a condutividade do extrato de saturação como um meio para avaliar a salinidade (RICHARDS, 1954).

O procedimento de medir a CEes de um solo consiste em usar uma amostra do solo, acrescentando água destilada até à saturação e extrair a água da pasta, mediante sucção através de um filtro que não deixe passar partículas do solo. A água obtida denomina-se extrato de saturação, que é uma mistura entre a solução inicial do solo e a água destilada. Mede-se a CE do extrato de saturação e o valor resultante se toma como um índice de salinidade do solo. A salinidade assim medida não é a real da solução do solo. Parece que quando se trata do estudo dos efeitos da salinidade do solo sobre os cultivos, deveria ser medida a CE real da solução do solo, a qual está em contato com as raízes das plantas. No entanto esta prática tem o seguinte inconveniente: as raízes absorvem a água do solo compreendida entre a capacidade de campo e o ponto de murcha. Como os sais não são absorvidos, permanecem na solução, que portanto será mais salina quando mais próximo estiver do ponto de murcha. O mais correto seria medir a salinidade na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, com o qual se conheceriam os limites entre os quais oscila a salinidade do solo. Na prática a salinidade do solo se expressa de uma maneira

insuficiente, indicando no solo a CEes; que seria a salinidade que tenderia à solução do solo caso este estivesse saturado. Para completar a informação seria preciso conhecer a porosidade do solo, sua capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, com o qual poder-se-ia calcular os limites de salinidade submetida às plantas (PIZZARO, 1996).

### 2.1.5 Nutrição mineral das culturas

O critério de essencialidade proposto por Arnon e Stout (1939 apud RESH, 1995) diz o seguinte:

a) a deficiência ou a falta de um elemento impossibilita a planta de completar o seu ciclo biológico; b) a deficiência é específica para o elemento em questão; c) o elemento deve estar envolvido diretamente na nutrição da planta, que seja constituído de um metabólito essencial e que seja requerido para a ação de um sistema enzimático.

Dessa forma, com os elementos químicos carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn) e cobre (Cu), uma planta é capaz de desenvolver e completar seu ciclo biológico, se as condições ambientais forem favoráveis. Com exceção dos nutrientes não-minerais C, H e O, que são incorporados ao metabolismo vegetal, via água e ar atmosférico, os demais nutrientes minerais são absorvidos pelas raízes. De acordo com a distribuição no interior das plantas, os nutrientes podem ser classificados em três grupos: móveis ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , P,  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ), intermediários (S,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Zn}^{2-}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  e Mo) e imóveis ( $\text{Ca}^{2+}$  e B). Essa classificação é muito útil na identificação de sintomas de deficiência de um determinado nutriente. Por exemplo, os sintomas de falta de N e de B ocorrem em partes mais velhas (folhas velhas) e mais jovens da planta (pontos de crescimento), respectivamente (FURLANI et al., 1999a).

Durante o período luminoso, a taxa de transpiração aumenta e o potencial de absorção e a translocação de minerais são maiores do que no período sem luz. No período diurno, pode ser encontrado um padrão sincronizado entre as taxas de transpiração e absorção de potássio e nitrato (LE BOT; KIRKBY, 1992) causado provavelmente pela mudança na disponibilidade de carboidratos nas raízes, ou do controle de realimentação da absorção (RODRIGUES, 2002).

Segundo Marschner (1995), o incremento da concentração de nutrientes no meio de cultivo, pode aumentar o efeito da taxa de transpiração sobre a absorção e translocação de minerais. Este mesmo autor afirma que o efeito da taxa de transpiração sobre as taxas de absorção

e de transporte de nutrientes segue uma ordem bem definida e cita como exemplo, o efeito da taxa de transpiração sobre a absorção e translocação de nitrato, fosfato e potássio que podendo ser baixa ou ausente, enquanto que, para o cálcio e sódio o efeito pode ser significativo.

Uma desordem nutricional é uma disfunção da fisiologia da planta e pode ser causado por deficiência ou excesso de um ou vários elementos minerais. Esta é apresentada pela planta, interna ou externamente por meio de sintomas (RESH, 1995). Os sintomas de deficiência do nutriente tornam-se claramente visíveis quando a deficiência é aguda e o nível de desenvolvimento e de produção forem severamente afetados. Para certos nutrientes, a diagnose visual auxilia na interpretação dos resultados. A diagnose visual deve ser comprovada por análises químicas (BATAGLIA; DECHEN; SANTOS, 1992).

As alterações na nutrição mineral são refletidas nas concentrações dos nutrientes nas folhas. Os aumentos ou os decréscimos nas concentrações dos nutrientes relacionam-se com produções mais altas ou mais baixas, respectivamente (EVENHUIS; WAARD, 1980). Quando a concentração de nutrientes nas folhas, está abaixo do nível crítico, a taxa de crescimento, produção ou qualidade são diminuídas significativamente (RODRIGUES, 2002). Ulrich e Hills (1967 apud RODRIGUES, 2002) estabeleceram que para diversas culturas, o nível crítico seria a concentração de nutrientes correspondente a uma produção relativa de 95%. Segundo Okhi (1987), o nível crítico da concentração do nutriente seria aquele que reduz em 10% a produção.

Segundo Haag; Homa e Kimoto (1970), em trabalho com solução nutritiva no cultivo do pimentão, observaram que a concentração de N e K aumentou até 81 dias, estabilizando-se até 95, decrescendo em seguida até 116 dias. A concentração de P decresceu e a de Ca aumentou com o envelhecimento da planta. O Mg sofreu pequena oscilação no seu teor percentual, comparada ao S, que aumentou na parte vegetativa até aos 95 dias, estabilizando-se em seguida.

Por meio de vários experimentos foi constatado que a produção tem relação com o conteúdo mineral das folhas e com o suprimento de nutrientes no solo, substrato ou solução nutritiva. Considerando-se isoladamente, um nutriente essencial como o nitrogênio, o fósforo, o potássio e outros como fator limitante para o desenvolvimento da planta, na teoria é muito fácil demonstrar que a deficiência ou o excesso desse nutriente na planta é o resultado, respectivamente, da falta e da alta disponibilidade no meio de cultivo. Porém, na prática, situações bem definidas como estas ocorrem muito raramente porque existe a interação do nutriente em questão com outros nutrientes (e isso, considerando que os fatores ambientais presentes como a

temperatura, pH e outros sejam constantes), o que pode influenciar no crescimento e na produção. Como exemplo, os autores comentam que o excesso de manganês afeta a absorção de ferro e o excesso de cálcio, por sua vez, afeta a absorção de manganês. Entretanto, mesmo com a interação, existe uma relação básica da concentração de nutrientes com o crescimento ou produção da planta (BATAGLIA; DECHEN; SANTOS, 1992).

A presença de um nutriente ou elemento químico inibe a absorção de outro. O  $\text{Ca}^{2+}$  impede a absorção em excesso de  $\text{Cu}^{2+}$ . A competição entre íons de mesma carga elétrica já era esperada, uma vez que, o número de sítios de ligação na membrana plasmática responsáveis pelo transporte desses íons é pequeno em relação à concentração de íons antagônicos e /ou a capacidade da bomba de prótons é limitada (MARSCHNER, 1995). A competição entre os íons nutrientes ocorre em razão de suas propriedades físico-químicas semelhantes (valência ou diâmetro do íon) podendo ser unidos pelas ligações químicas formando precipitados ou complexo orgânicos e podem competir na absorção, no transporte e função nas células guarda. Um exemplo, a competição dos cátions  $\text{K}^+$  e  $\text{Rb}^+$  que possuem raio similares quando hidratados. A membrana plasmática, não faz distinção entre os dois cátions, apesar de o rubídio não poder ser substituído na função do potássio no metabolismo da planta (ERDEI; TRIVEDI, 1991).

De acordo com Rodrigues (2002) outros fatores devem ser considerados no antagonismo, como a afinidade da membrana plasmática e dos canais de transporte a íons de determinada valência, do pH, da concentração e da forma dos cátions e ânions presentes na solução nutritiva ou do solo. Muitas vezes, a explicação do fenômeno envolvido na competição ou antagonismo entre dois nutrientes não é tão simples de ser dada, como exemplo, a interação entre amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ) que não pode ser explicada simplesmente em função da competição por sítios de ligação na membrana plasmática. Existem outros exemplos de antagonismo como  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  que competem com mais eficiência com  $\text{Mg}^{2+}$  e diminuem significativamente a absorção de  $\text{Mg}^{2+}$ . A competição pode acontecer entre ânions, exemplo disso, é a competição entre sulfato e molibdato, sulfato e selenato, e fosfato e arseniato. Aumentando a concentração de sulfato a absorção de molibdênio é reduzida fortemente e o mesmo ocorre como os outros nutrientes quando a concentração de sulfato e fósforo é aumentada.

No sinergismo, a absorção de um nutriente ou elemento químico intensifica a absorção de outro (RODRIGUES, 2002). Segundo Marschner (1995) a absorção de cátions estimulada pelos ânions ou vice-versa ocorre principalmente pela necessidade de manter o equilíbrio entre as

cargas negativas e positivas ou em razão do aumento da atividade metabólica das raízes quando os nutrientes são fornecidos depois de um período de privação. Deve-se ressaltar que essas interações podem ser alteradas principalmente em função do pH e da concentração desses nutrientes presente no meio de cultivo.

Pandev; Stanev e Kdrev (1981) em pimentão demonstraram que o efeito desfavorável da deficiência dos elementos individuais sobre a taxa fotossintética, sobre o conteúdo de clorofila, área foliar e produtividade foram na ordem de N>P>Ca>K>Mg>S.

### **2.1.6 Substrato**

Milner (2002) afirma que para produção em substratos deve-se levar em conta o nível tecnológico do produtor. O pequeno volume dos recipientes e a baixa capacidade tampão elevam os riscos, mas também as chances de sucesso agrônomo. Tem-se como consequência de se produzir num sistema sensível como esse, a necessidade de um monitoramento rotineiro, visando obter-se bons resultados.

No Brasil, o uso de substrato é relativamente novo. Produtores e viveiristas do setor da produção de plantas em ambientes protegidos já comprovaram na prática as vantagens da formação das mudas em recipientes: melhores condições fitossanitárias, menores índices de perda no campo após transplante e aumento de produtividade. A finalidade mais importante para um substrato é produzir uma planta e/ou muda de alta qualidade em menor tempo, a um custo baixo. Fatores que influenciam na fabricação dos substratos incluem que os mesmos devem ser livres ou possuírem elementos tóxicos em baixas concentrações, não devem ter influência na cadeia alimentar e seu descarte não deve causar impacto ambiental (ABREU; ABREU; BATAGLIA, 2002).

Entre as matérias primas mais comumente utilizadas na composição de substratos destacam-se: produtos de compostagens orgânicas diversas, turfas, cascas (Pinus, arroz), resíduos diversos da agroindústria, fibra de coco, vermiculita, perlita e cinasita, além do próprio solo mineral adicionado às mais variadas misturas. A indústria de substrato no Brasil é um segmento emergente que tem demonstrado excelente capacidade de crescimento e desenvolvimento nos últimos anos. Calcula-se que haja de 30 a 40 empresas produtoras estruturadas em solo nacional, entre as quais cerca de uma dúzia tem se destacado pela atuação junto ao segmento profissional da produção vegetal em recipientes (KRAMPF, 2002).

Martinez (2002) caracteriza a fibra de coco como sendo um substrato que possui uma textura variável, que influencia muito na relação de equilíbrio entre o conteúdo de ar e de água, tão essencial para o cultivo das plantas. Sua porosidade é alta e retém uma quantidade de água facilmente disponível para as raízes, mantendo uma boa aeração. As propriedades químicas, referentes ao conteúdo salino, podem ser diversas e a capacidade de troca catiônica é de média à alta, não sendo um substrato quimicamente inerte. Pode-se considerar com uma relação C/N alta, mais altamente estável devido ao seu alto conteúdo de lignina e hemicelulose. O pH é ácido.

A fibra do coco maduro já vem sendo utilizada na agricultura e na indústria. Por sua vez, a fibra da casca do coco verde, que ainda não vem sendo amplamente utilizada, poderá se tornar matéria prima importante na produção de substratos de boa qualidade para a produção de mudas ou em cultivos sem o uso do solo. Neste caso, o aproveitamento da casca de coco verde é viável por serem suas fibras quase inertes e terem alta porosidade. A facilidade de produção, baixo custo e alta disponibilidade são outras vantagens adicionais apresentadas por este tipo de substrato. Para a obtenção da fibra e seu uso como substrato, a casca de coco passa por diversas operações como corte, desfibramento, secagem, trituração, lavagem e, quando necessário, compostagem (CARRIJÓ; LIZ; MAKISHIMA, 2002). Segundo o Projeto Coco Verde (2005) haverá um acréscimo de 400% na produção de coco no Brasil nos próximos 3 anos. A grande expansão da produção de coco é a garantia da disponibilidade de matéria prima para a produção do substrato.

Após o desfibramento, as fibras longas devem passar pela secagem ao sol por cerca de 4 dias ou até atingirem 15-20% de umidade. Para aumentar a capacidade de retenção de umidade e nutrientes deve-se diminuir o tamanho das fibras. A casca de coco verde pode apresentar níveis tóxicos de tanino, de cloreto de potássio e de sódio, cujos teores podem ser reduzidos com lavagem em água corrente de boa qualidade, livre de substâncias químicas e patógenos. O substrato feito a partir das fibras de coco não possui os nutrientes essenciais para as plantas. Portanto é preciso fornecê-los de acordo com as necessidades da espécie a ser cultivada adicionando-se adubos em pré-plantio ou, principalmente, em fertirrigação. As propriedades físico-químicas da fibra de coco variam bastante em função da fonte de matéria prima e do seu processamento. A comparação da fibra de coco com outros sete tipos de substratos mostrou uma leve superioridade da fibra de coco em termos absolutos na produção comercial de tomate, produzindo cerca de 1 tonelada a mais de frutos comerciais que o pó de serra ou serragem nos três anos de avaliação. As boas propriedades físicas da fibra de coco, a sua não reação com os

nutrientes da adubação, a sua longa durabilidade sem alteração de suas características físicas, a possibilidade de esterilização, a abundância da matéria prima que é renovável e o baixo custo para o produtor faz da fibra de coco verde um substrato dificilmente superável por outro tipo de substrato, mineral ou orgânico no cultivo sem solo de hortaliças e flores (CARRIJÓ; LIZ; MAKISHIMA, 2002).

Sánches (1999) apresenta as seguintes propriedades físico-químicas da fibra com os seguintes valores médios: pH = 5,4; condutividade elétrica (CE) = 1,8 dS m<sup>-1</sup>; capacidade de troca catiônica (CTC) = 92; relação C/N=132; d = 70 g L<sup>-1</sup>; porosidade total = 95,6%; retenção de água = 538 ml/L; capacidade de aeração = 45,5% e água facilmente assimilável = 19,8%. Um substrato ideal deve possuir, entre outras características, uma porosidade acima de 85%, uma capacidade de aeração entre 10 e 30% e água facilmente assimilável de 20 a 30%. Portanto, as propriedades da fibra de coco conferem ao seu substrato características de boa qualidade. As percentagens significantes de lignina (35-45%) e de celulose (23-43%) e a pequena quantidade de hemicelulose (3-12%), que é a fração prontamente atacada por microorganismos, conferem ao substrato de fibra de coco uma grande durabilidade (NOGUERA *et al.*, 2000), sendo desta maneira, recomendável para cultivos de ciclo longo como as ornamentais. Carrijo; Liz e Makishima (2002) afirmam que a fibra de coco é também ideal para o cultivo de hortaliças sem o uso do solo, pois não sofre o processo de degradação acelerado causado pela intensa aplicação de água e fertilizante.

Um bom substrato deve apresentar: alta capacidade de retenção de água; alto espaço de aeração; tamponamento contra alterações de pH; ausência de pragas e agentes patogênicos; ausência de substâncias inibidoras de crescimento ou prejudiciais às plantas; ter sempre o mesmo comportamento a um dado manejo; permitir o armazenamento; boa capacidade de re-hidratação após secagem; previsível dinâmica de nutrientes; e pouca atividade biológica (ROBER, 2000). Comparando diversos substratos, Fermino (2002) ressalta a importância de estar sempre atento as características dos mesmos, pois materiais com valores de porosidade muito semelhante, como fibra de coco, a turfa preta, a turfa marrom e a casca de arroz carbonizada (CAC), apresentam diferentes valores de espaço de aeração. O espaço de aeração e a água disponível estão fundamentados na curva de retenção da água. O espaço de aeração é caracterizado como o volume de macroporos preenchidos com ar, em condições de saturação e após drenagem livre. A água disponível seria aquela presente nos mesoporos (entre 10-100 cm de coluna de água). DeBoodt e Verdonck (1972 apud FERMINO, 2002) propuseram estes conceitos e uma curva de retenção de

água padrão para um substrato ideal. Mesmo estes conceitos sendo propostos para um vaso de 10 cm de altura, e atualmente os recipientes tenham os mais variados tamanhos, eles continuam sendo válidos. A curva de retenção é aplicada na comparação e escolha de substrato; é necessário que fique claro que o substrato deve atender à demanda da espécie em cultivo e não aos valores idealizados.

Segundo Fermino (2002) o conhecimento da curva de retenção de um determinado substrato permite ao produtor programar o manejo mais adequado da irrigação, na medida em que ele pode determinar a quantidade de água a ser aplicada para uma espécie vegetal específica, cultivada num determinado recipiente. Para se fazer um uso correto da curva de retenção da água, torna-se necessário identificar a capacidade de recipiente, na qual é máxima a quantidade de água retida por um substrato nesse recipiente, depois de saturado e interrompida a drenagem. É uma característica específica de um determinado substrato quando exposto à altura do recipiente utilizado.

O fluxo de água no perfil dá-se em função da posição em que esta água se encontra dentro do recipiente. A altura do recipiente é determinante, sendo assim quanto mais alto o recipiente maior será o fluxo da água, para o mesmo substrato. Isto porque a base do recipiente atua como uma barreira, onde a água se encontra à pressão atmosférica ou potencial zero (FERMINO, 2002). Alturas reduzidas dos recipientes dificultam a drenagem, elevando a capacidade de retenção de água, podendo levar ao encharcamento do substrato (MILKS; FONTENO; LARSON, 1989).

O espaço de aeração de um substrato é o percentual mínimo de ar encontrado após a irrigação e cessada a livre drenagem. O sinal para a próxima irrigação é alcançado quando se atinge o valor da água tamponante (microporos). Embora esta água esteja disponível para as plantas, o estresse hídrico, exige um grande gasto energético.

Existem muitas vantagens e desvantagens na produção em substratos. Algumas vantagens são: 1) possibilidade de cultivo em áreas com condições físicas (baixa drenagem, baixa condutibilidade hidráulica, e baixa porosidade), químicas (alta salinidade, razão de adsorção de sódio-RAS elevada, e altos teores de cloro e boro), ou doenças de solo; 2) melhor monitoramento da irrigação (fornecimento de água de acordo com o estágio e necessidades da planta, condições climáticas, e capacidade tampão do substrato); 3) possibilidade de efetuar desinfecção do substrato para sua reutilização; 4) possibilidade de cultivo onde o solo apresente muita desuniformidade; 5) permite o cultivo quando a água de irrigação é de baixa qualidade devido à

elevada condutibilidade hidráulica dos substratos; 6) altas produtividades e qualidade devido à otimização das condições da rizosfera, como relação ar/água, concentrações dos nutrientes, e adequados valores de pH; e 7) possibilidade de introduzir novas plantas que não se desenvolveriam bem em solos locais. As desvantagens do cultivo em substratos são: 1) baixa capacidade tampão, significando baixa tolerância a erros no manejo da irrigação e da fertirrigação, exigindo, portanto, monitoramento constante; 2) infecção causada por doenças de raízes (em containers contínuos); 3) custos relativamente elevados; 4) problemas ambientais (descarte da água drenada e substratos danosos, como a lã de rocha); e 5) requer alto nível tecnológico a fim de se interpretar os resultados e tomar as decisões corretas (MILNER, 2002).

## **2.2 Material e métodos**

### **2.2.1 Localização e caracterização da área experimental**

O experimento foi conduzido no período de 02/05/05 a 30/09/05 no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, no município de Piracicaba-SP, situado nas coordenadas geográficas de 22<sup>o</sup> 42’ de latitude sul e 47<sup>o</sup> 38’ de longitude oeste, a uma altitude de 540 m.

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

### **2.2.2 Descrição da estrutura experimental**

O experimento foi conduzido em uma estufa plástica (Figura 1) com cobertura em arco, com 6,40m de largura e 22,5m de comprimento, paredes laterais e frontais confeccionadas com telas antiafídeas e rodapé de 0,20m em concreto armado, possuindo cortinas laterais, as quais permitem reduzir a variação de temperatura em seu interior e proteger contra chuvas de vento. A cobertura consiste de manta de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,10 mm de espessura, tratada contra a ação de raios ultravioletas. A estrutura experimental é provida de energia elétrica e de abastecimento de água de boa qualidade (CE de 0,453 dS m<sup>-1</sup> e .pH de 6,4).



Figura 1 – Casa de vegetação onde foi desenvolvido o experimento

### 2.2.3 Tratamentos e delineamento experimental

O substrato utilizado foi o Golden-Mix (Figura 2), que é uma mistura de 50% de substrato de textura grosseira, mais 50% de substrato de textura granulada, elaborado à partir do mesocarpo do coco, incorporando toda porção fibrosa do mesmo. Essa mistura foi feita utilizando-se uma betoneira, momento no qual foi feito o reumedecimento da mesma. Suas características são dadas na Tabela 1, fornecidas pela Amafibra e na Tabela 2, conforme análise realizada no Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP.

Os tratamentos foram compostos da combinação de 4 doses de N ( $N_1= 200$ ,  $N_2= 300$ ,  $N_3= 400$   $\text{kg ha}^{-1}$  de N,  $N_4=$  manutenção da concentração de  $\text{NO}_3^-$  na solução do substrato entre 7 a 15  $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ) e 4 doses de K ( $K_1= 450$ ,  $K_2= 550$ ,  $K_3= 650$   $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $K_4=$  manutenção da concentração de  $\text{K}^+$  na solução do substrato entre 3 a 4  $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ), num total de 8 níveis. Os nutrientes contendo N e K foram previamente dissolvidos em soluções estoque (Figura 11), contendo as concentrações preestabelecidas pela curva de absorção da cultura e pelas concentrações de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{K}^+$  presentes nas soluções extraídas. As soluções eram aplicadas uma por vez, fazendo para isto, uso de uma proveta de um litro, onde se coloca inicialmente 0,8 L da solução estoque para cada um dos níveis, sendo este volume subdividido em 16 alíquotas de 0,05 L. Esta rotina era feita antes de cada irrigação. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados com 04 repetições, no esquema fatorial 4x4, num total de 64 parcelas experimentais, estando diretamente correlacionadas com 64 vasos úteis de 25 litros, de um total de 136, distribuídos conforme a Figura 3.



Figura 2 – Substrato de fibra de côco

Tabela 1 – Características comerciais físicas e químicas do substrato (AMAFIBRA)

Determinações	Valor
Densidade (material seco)	89 kg.m <sup>-3</sup>
Matéria Orgânica	98%
Porosidade Total	94%
Capacidade de Aeração (10 cm)	35%
Capacidade de Retenção de água	408 mL.L <sup>-1</sup>
Faixa de CE (1:2, v:v água)	0,8 – 1,0 dS.m <sup>-1</sup>
Faixa de pH (1:2, v:v água)	5,5 – 6,2

Tabela 2 – Resultados de análises do material orgânico

(continua)

Determinações	Umidade natural	Base seca ( 110° C)
pH em CaCl <sub>2</sub> 0,01 M	5,4	-
Densidade	0,31 g/ cm <sup>3</sup>	-
Umidade perdida a 60-65° C	69,97	-
Umidade perdida entre 60-110° C	3,00%	-
Umidade total	702,97	00,00%
Inertes	0,00	-
Matéria orgânica total (combustão)	25,57%	94,60%
Matéria orgânica compostável	24,07%	89,05%
Matéria org. resistente à compostagem	1,5%	5,55%
Carbono total (orgânico e mineral)	14,21%	52,57%
Carbono orgânico	13,38%	49,50%
Resíduo mineral total	1,46%	5,40%
Resíduo mineral insolúvel	0,53%	1,96%
Resíduo mineral solúvel	0,93%	3,44%
Nitrogênio total	0,20%	0,74%
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) total	0,01%	0,04%
Potássio (K <sub>2</sub> O) total	0,31%	1,15%

Tabela 2 – Resultados de análises do material orgânico

Determinações	(conclusão)	
	Umidade natural	Base seca ( 110° C)
Cálcio (Ca) total	0,11%	0,41%
Magnésio (Mg) total	0,03%	0,11%
Enxofre (S) total	0,03%	0,11%
Relação C/N (C total e N total)	73/1	73/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	69/1	69/1
Cobre (Cu) total	3 mg kg <sup>-1</sup>	11 mg kg <sup>-1</sup>
Manganês (Mn) total	16 mg kg <sup>-1</sup>	59 mg kg <sup>-1</sup>
Zinco (Zn) total	8 mg kg <sup>-1</sup>	30 mg kg <sup>-1</sup>
Ferro (Fe) total	822 mg kg <sup>-1</sup>	3041 mg kg <sup>-1</sup>
Boro (B) total	8 mg kg <sup>-1</sup>	30 mg kg <sup>-1</sup>
Sódio (Na) total	160 mg kg <sup>-1</sup>	592 mg kg <sup>-1</sup>

Nota: Sinal convencional utilizado:

- Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

A curva característica de retenção de água deste substrato (Figura 4) foi determinada para as tensões de até 50 kPa. Primeiramente acondicionou-se a fibra de coco em três anéis de alumínio com volume e tara conhecida, obteve-se as umidades do substrato quando saturado e as diferentes umidades quando submetido às diversas tensões (1, 2, 4, 10, 30 e 50 kPa), num total de 6 pontos. Posteriormente determinou-se a umidade com base no peso seco (g de H<sub>2</sub>O/g de substrato) e a umidade com base em volume (cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub>O/cm<sup>3</sup> de substrato) para as três amostras. As tensões utilizadas na confecção da curva foram resultantes da média das três amostras para as seis tensões.

## 2.2.4 Condução do experimento

### 2.2.4.1 Acondicionamento do substrato

O substrato, reumedecido, foi acondicionado em vasos plásticos de 25 litros (Figura 5), com 33 cm de diâmetro e 33,7 cm de altura; foi demonstrado que este tamanho de vaso não propicia um confinamento do sistema radicular. Os vasos possuíam furos e eram providos de um sistema de drenagem em sua parte inferior, com 1cm de brita nº 1 e manta geotextil (BIDIM OP-30).

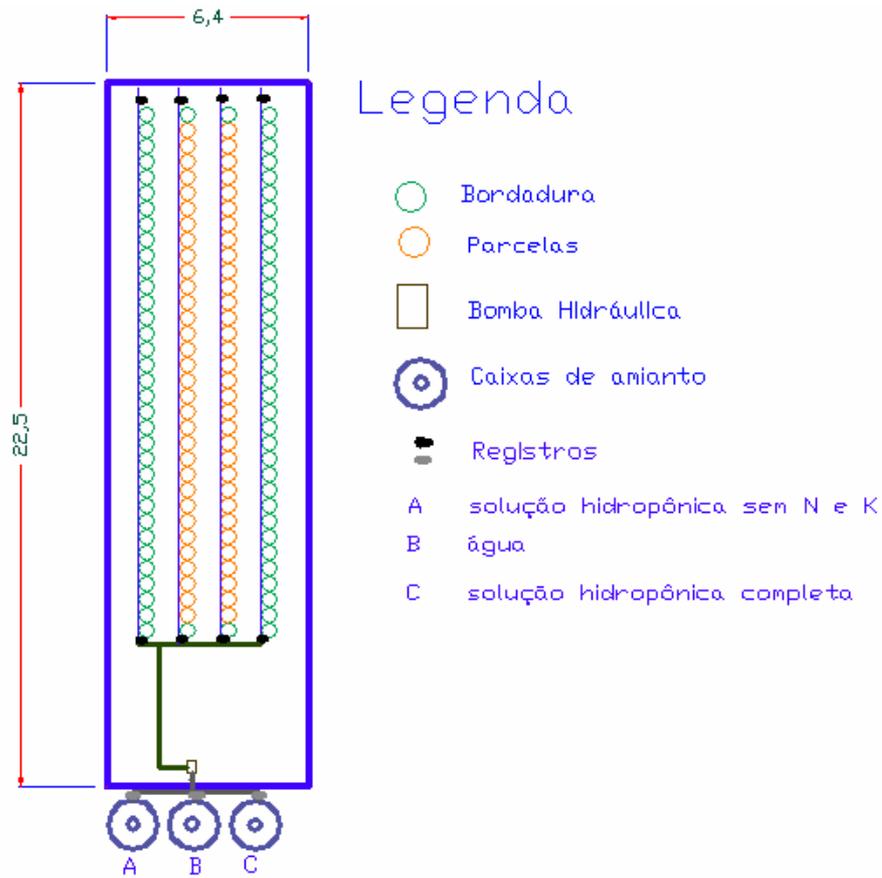


Figura 3 – Croqui da área experimental

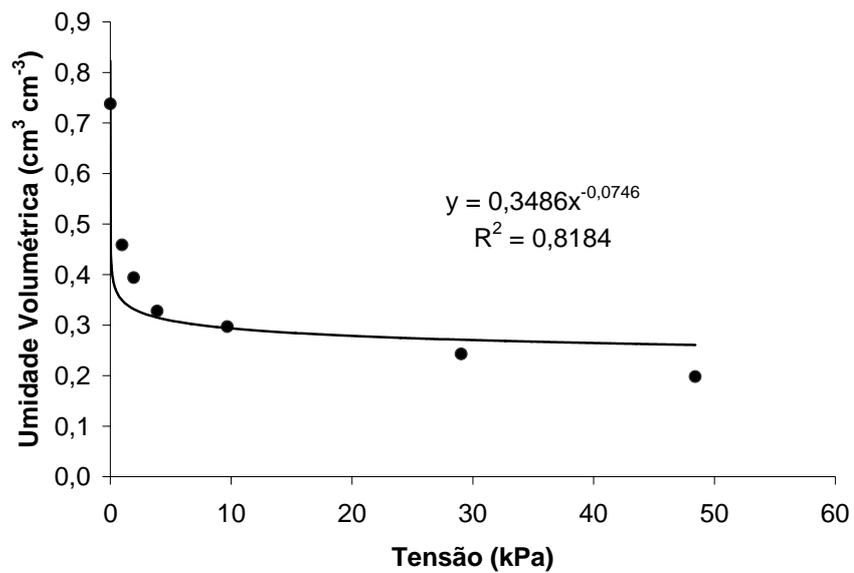


Figura 4 – Curva de retenção de água do substrato

#### 2.2.4.2 Cultura

A cultura utilizada foi o híbrido de pimentão (*Capsicum annuum*, L.) denominado comercialmente de Margarita, procedente da Syngenta, apresentando crescimento indeterminado e frutos de tipo/coloração Lamuyo/vermelha quando completamente maduros. Com resistência ao Potato virus PVY<sup>m</sup> ou Pepper motlle vírus (PepMV).



Figura 5 – Vaso com substrato reumedecido

#### 2.2.4.3 Plantio e condução

O transplântio foi realizado em 2 de maio de 2005, quando as mudas possuíam de 6 a 8 folhas definitivas e uma altura média de 12 cm (Figura 6), sendo transplantadas duas plantas por vaso. Foi feito um desbaste, deixando-se apenas 1 planta por vaso, quando as mudas transplantadas lançaram uma nova folha, o que indicou o pegamento das mesmas. As mudas foram adquiridas de um viveirista especializado, localizado no município de Monte Mor-SP.

A condução da cultura foi feita em espaldeira simples, onde as hastes da plantas são conduzidas de maneira a formar um renque. Cada haste foi amarrada em fios de arame dispostos na horizontal com auxílio de fitilhos plásticos verticais espaçados de 0,5 m um do outro. Os fios de arame e os fitilhos plásticos foram suportados por mourões de eucalipto fincados ao solo e espaçados a cada 4 m na linha de plantio. A cultura tutorada facilita os tratos culturais e a colheita, aumenta a longevidade e a produtividade e melhora a qualidade dos frutos.

Os vasos foram posicionados de forma que as plantas ficassem espaçadas de 0,5 m dentro das linhas e 1,3 m entre linhas (Figura 7), sendo que 2 vasos, um em cada extremidade, foram dispostos no final de cada linha de plantio, funcionando como bordadura. Esses vasos foram colocados sob tijolos, com a finalidade de que se evitasse o contato com o solo.



Figura 6 – Plantas transplantadas



Figura 7 – Disposição dos vasos na casa de vegetação

Cerca de 4 semanas após o transplante foram eliminados todos os brotos laterais que se formaram abaixo da primeira bifurcação, enquanto estes ainda eram pequenos. Essa desbrota foi feita manualmente e com tesoura devidamente desinfetada, em uma solução de álcool e água, na

proporção de 7,5:2,5, respectivamente. À medida que foram sendo feitos os desbastes necessários nas plantas, o material retirado foi pesado (verde e seco) para posterior adição, quando da avaliação final dos respectivos tratamentos, tal como realizado por Rezende (2001).

Em função das características genéticas de cada híbrido, na primeira bifurcação surgem de duas a três hastes, que à medida que se desenvolvem, vão formando a cada internódio um broto (Figura 8). Neste momento foi feita a eliminação das hastes conforme o programado para a condução. Via de regra, quanto menor o número de hastes, maior o tamanho dos frutos e a precocidade na colheita. Foram eliminadas as flores que surgiram na primeira bifurcação, garantindo um tamanho maior para os futuros frutos. À medida que as plantas cresciam, nas hastes principais, em cada internódio, formava-se uma folha, uma flor e um broto lateral. O broto lateral, quando formado para a parte interna da planta, era eliminado e quando formado para a parte externa era mantido. Por ser usado um híbrido do tipo Lamuyo, e por este ter um menor tamanho, visando com isso, evitar o pegamento dos frutos na haste principal e no primeiro internódio do broto lateral, que se forma para a parte externa da planta, a planta foi podada logo acima deste internódio. Após deixar duas hastes na primeira bifurcação foi feita uma poda de formação, onde se optou por conduzir três hastes, a partir das quais, fazia-se desbrotas constantes, com a finalidade de manter essas três pernadas.



Figura 8 – Característica morfológica do pimentão

À medida que a colheita se iniciou, as folhas da parte basal foram eliminadas a uma razão de 1 a 2 folhas por planta por quinzena, sem contudo se proceder de forma drástica, para não interferir na frutificação logo acima da mesma. A retirada das folhas velhas tinha por objetivo melhorar a

ventilação e a luminosidade, e principalmente eliminar fontes de inóculo do oídio (*Oidiopsis taurica*).

A partir do transplântio até o início da colheita decorreram cerca de 73 dias. A colheita dependeu do desenvolvimento do fruto, para que se atingisse o ponto de colheita, que comercialmente ocorre quando o fruto atinge de 10 a 20cm de comprimento. No entanto houveram frutos que foram colhidos antes que fossem atingido esses comprimentos, em função do desenvolvimento fisiológico; optou-se por colher os frutos com a coloração externa verde.

#### **2.2.4.4 Manejo da irrigação**

Foi adotado um sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se dois emissores por planta, do tipo autocompensante, com vazão nominal de  $2,0 \text{ L h}^{-1}$ , sendo que os gotejadores foram previamente avaliados em campo sob condições normais de operação, apresentando um coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de 97,16 %. As parcelas possuíam uma linha de gotejadores, a qual era usada para aplicar duas soluções: uma completa nas bordaduras e uma sem N e K nas plantas úteis; entre cada aplicação era feita a lavagem do sistema com água, por um período de 5 minutos. Os gotejadores foram acoplados nas linhas laterais de tubos de polietileno por meio de microtubos de polietileno (espaguete).

Inicialmente a irrigação foi feita, diariamente, baseada na pesagem dos vasos, com a reposição do volume evapotranspirado; para isso foram escolhidos 4 vasos que representassem o cultivo e monitorado o peso dos mesmos antes de cada irrigação. Isto se deu pelo fato de não se ter no início a curva de retenção do substrato. Essa metodologia perdurou até o 22º DAT, e consistiu em saturar os vasos, até que se visualizasse a drenagem nos mesmos, com as plantas já transplantadas. Fez-se à pesagem inicial e individual dos 4 vasos, pelas quais controlou-se o volume repostado; essa pesagem para o controle da reposição foi feita semanalmente, a fim de considerar o crescimento das plantas. A opção pela irrigação diária se deu devido a estágio de desenvolvimento da cultura, e objetivou disponibilizar uma máxima umidade às plantas, mantendo a umidade do substrato sempre próximo a capacidade de “container”, que segundo White e Mastalerz (1966) é definida como a quantidade de água que permanece no substrato após a drenagem e anterior à evaporação.

O manejo de irrigação do 22º DAT até 65º DAT foi baseado na capacidade de retenção do substrato, ou seja, o sistema era ligado para se irrigar as duas linhas de bordaduras, enquanto o tempo era medido. A partir do momento que um número médio significativo desses vasos irrigados

começassem a drenar, assumia-se a condição de saturação do substrato. Parava-se o cronômetro e utilizava-se esse tempo para irrigar as plantas úteis.

A irrigação seguinte a esse período passou a ser baseada em dados de umidade do substrato, obtidos pela utilização de tensiômetros instalados a 0,20 m de profundidade (Figura 9) e da curva característica de retenção de água. O turno de rega teve um número fixo de 2 dias, estabelecido em função da praticidade de avaliação da solução do meio, visando a tomada de decisão quanto à fertirrigação. O volume de água aplicado após aos 65° DAT foi calculado a partir da curva característica de retenção da água, tomando por base a média das leituras tensiométricas das quatro repetições de cada um dos 16 tratamentos, obtidas com um tensímetro digital de punção. A quantidade de água a ser aplicada foi aquela suficiente para elevar a umidade à capacidade de “container”. Em paralelo, caracterizou-se a demanda hídrica atmosférica no interior da estufa, para fins comparativos, a partir de estimativas calculadas com base nas medições de temperatura e umidade relativa.



Figura 9 – Vasos com tensiômetros e extratores de cápsula porosa

#### 2.2.4.5 Adubação

O manejo de fertirrigação tradicional é preestabelecido com base na marcha de absorção de nutrientes pela cultura. O manejo proposto é realizado com base na concentração dos íons de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{K}^+$  na solução do solo, é tem por objetivo avaliar o efeito da disponibilidade, bem como do processo de salinização, possibilitando comparar os resultados obtidos pela metodologia proposta com os obtidos na metodologia tradicional.

A aplicação dos fertilizantes foi feita via água de irrigação. Para os tratamentos com doses pré-estabelecidas foi observada a marcha de absorção da cultura proposta por Bar-Yosef (1991) que é apresentada na Tabela 3 para os nutrientes nitrogênio e potássio. A frequência da fertirrigação seguiu a mesma frequência da irrigação. A Tabela 4 apresenta a quantidade de nitrogênio e potássio aplicados na cultura.

Tabela 3 – Marcha de absorção de nitrogênio e potássio proposta para a cultura do pimentão por Bar-Yosef (1991)

Dias após o transplântio	Porcentagem do total dos nutrientes aplicados em diferentes etapas do ciclo da cultura do pimentão	
	N	K <sub>2</sub> O
1 a 10	0,5	0,3
11 a 20	2,4	2,4
21 a 30	7,3	3,4
31 a 40	7,8	3,4
41 a 50	7,8	6,8
51 a 60	7,8	12,2
61 a 70	8,3	13,5
71 a 80	12,7	12,2
81 a 90	13,7	9,4
91 a 100	12,2	13,5
101 a 110	12,2	14,8
111 a 120	7,3	8,1
121 a 130	0,0	0,0
131 a 150	0,0	0,0
TOTAL	100	100

Para os tratamentos em que as concentrações de nitrato e potássio eram controladas na solução do substrato, inicialmente, foi utilizada uma solução hidropônica recomendada por Castellane e Araújo (1994). Entretanto, posteriormente, a partir do 20º DAT não foi preestabelecida a frequência nem a proporção dos fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados neste manejo. As fertirrigações nitrogenada e potássica só eram realizadas quando o nível de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e K<sup>+</sup> na solução estivesse abaixo da faixa entre 7 e 15mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> e 3 e 4 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>, respectivamente, conforme Silva et al. (2001). Desta forma a concentração iônica e parcial na solução do meio de cultivo foi que controlou o manejo principal da fertirrigação. Além disso, quando a CEsolução estava exageradamente alta (> 8 dS m<sup>-1</sup>), o evento de irrigação era realizado só com água, mas dando sempre prioridade a aplicação das doses propostas em função da marcha

de absorção da cultura e para os tratamentos N4 e K4, a manutenção das concentrações de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{K}^+$ , próximo às médias de 11 e 3,5  $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ , respectivamente.

Tabela 4 – Quantidade de nitrogênio e potássio aplicados na cultura durante o ciclo, seguindo a marcha de absorção e o monitoramento por Cardy Horiba (N4 e K4)

Doses	Kg ha <sup>-1</sup> de N	Quantidade N/(planta /ciclo) (g)
N1	200	14,1
N2	300	21,1
N3	400	28,1
N4	265,9	15,7
Doses	Kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	Quantidade K <sub>2</sub> O/(planta/ciclo) (g)
K1	450	23,7
K2	550	28,9
K3	650	34,2
K4	67,2	3,0

A água utilizada nas fertirrigações era a mesma utilizada pelo Departamento de Engenharia Rural ESALQ/USP a qual possui as seguintes características químicas 350  $\text{mg L}^{-1}$  ( $\text{NO}_3^-$ ), 4  $\text{mg L}^{-1}$  ( $\text{K}^+$ ) 6,43 (pH) e 0,453  $\text{dS m}^{-1}$  (CE). A solução hidropônica servida a ambos os tratamentos tinha as seguintes características 150  $\text{mg L}^{-1}$ , 5  $\text{mg L}^{-1}$ , 5,84 e 1,20  $\text{dS m}^{-1}$  para  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ , pH e condutividade elétrica, respectivamente

A condutividade elétrica da solução do substrato era extraída e estimada no mesmo dia; quando isso não era possível, as alíquotas eram acondicionadas em uma geladeira para posterior análise. As leituras de condutividade elétrica, pH,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{K}^+$  sempre eram feitas à temperatura ambiente. Para a extração da solução utilizavam-se extratores de cápsulas porosas que eram submetidas a vácuo de 80 kPa cerca de 7 a 8 horas após a irrigação. Pelas Figuras 10, 11 e 12a e 12b observam-se os detalhes do manejo da fertirrigação.



Figura 10 – Soluções coletadas dos extratores



Figura 11 – Soluções estoque



(a)



(b)

Figura 12 – Tensímetro e tensão submetida ao extrator

As concentrações dos níveis de  $\text{NO}_3^-$  e de  $\text{K}^+$  na solução do substrato foram determinadas a cada extração por meio da utilização de testes rápidos, e todos os íons macronutrientes em solução foram determinados no período do pleno desenvolvimento da cultura (a cerca de 115 DAT), em análises laboratoriais, no Laboratório de Ecologia da ESALQ/USP. As cartelas para a avaliação rápida das concentrações de nitrato e de potássio, além da calibração preconizada pelo fabricante com soluções padrão, foram previamente aferidas a partir de curvas construídas tomando por base as medições feitas pelo método da brucina, para o nitrato, e pelo fotômetro de chamas, para o potássio. Para isto, foram utilizadas soluções com concentrações conhecidas ( $100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 \text{ mg L}^{-1}$ ) para o nitrato e ( $10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 \text{ mg L}^{-1}$ ) para o potássio. As Figuras 13 e 14 apresentam as retas de calibração obtidas.

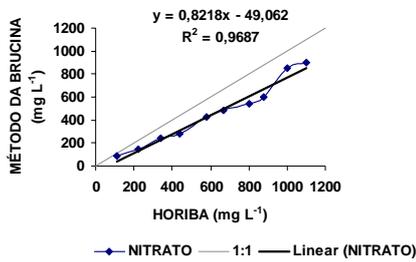


Figura 13 – Curva de calibração para o íon nitrato

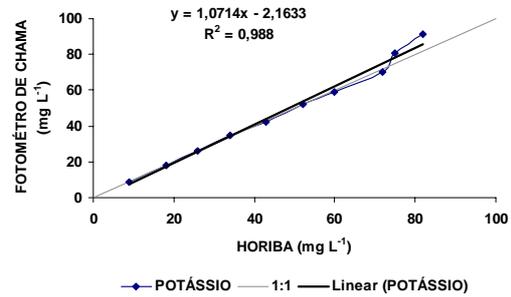


Figura 14 – Curva de calibração para o íon potássio

Os fertilizantes, nitrato de amônio e cloreto de potássio aplicados eram previamente dissolvidos em soluções estoque, ou seja, em concentrações elevadas; os demais íons, (macronutrientes e micronutrientes) eram dissolvidos em caixas de amianto de 500 litros, baseado nas recomendações de uma solução hidropônica para a cultura do pimentão, proposta por Castellane e Araújo (1994). Essa recomendação manteve-se até 65° DAT; após esse período sentiu-se a necessidade de aumentar em 50% a dose recomendada por Castellane e Araújo (1994), visando suprir algumas deficiências observadas, como no caso do cálcio e do boro e também garantir o vingamento dos frutos, com uma qualidade satisfatória, uma vez que, nesse estágio do cultivo ocorreria uma intensificação na frutificação das plantas.

A forma como eram disponibilizados os íons estudados ( $\text{NO}_3^-$  e  $\text{K}^+$ ) para plantas foi realizada de modo que facilitasse o manejo; sendo assim, as seis soluções estoques (N1, N2, N3, e K1, K2, K3) eram feitas para um volume suficiente para que se realizem 5 irrigações, visando obedecer às percentagens da marcha de absorção a cada 10 dias. Então se preparava 4 litros de cada uma das soluções, aplicando em cada irrigação 0,8 L, num fração de 0,05 L por planta. Isso era feito com duas provetas, uma de 1L, que continha os 0,8L, e a outra de 0,05 L, na qual eram distribuídas as frações por plantas.

As soluções estoques para os tratamentos N4 e K4, eram preparadas em função das concentrações obtidas nas cartelas Horiba visando concentrações desejadas de  $11 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  e  $3,5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  para  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{K}^+$ , respectivamente, para um volume de água na capacidade de container por vaso de 10,6 L, baseado em um volume útil dos vasos de 23 L, devido ao espaço ocupado pela brita nº 1 e a manta geotextil (BIDIM OP-30), assim como o espaço livre na parte superior, e numa umidade na capacidade de container, submetido a um pressão de 2 kPa ( $\theta_{cc}$ ), de  $0,394 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . Procedia-se da seguinte maneira: quando a concentração desses dois íons na solução

extraída, com extratores, estivesse abaixo das concentrações desejadas, aplicava-se uma massa de fertilizantes suficiente para elevar as concentrações dos íons à situação desejada. Caso as concentrações dos dois íons se encontrassem acima das concentrações desejadas aplicava-se apenas água, na irrigação. A aplicação dessas duas soluções estoques era semelhante às anteriores, em frações de 0,05 L por planta a cada irrigação.

O tempo das sucessivas irrigações, a partir do 65º DAT, era calculado por uma equação potencial, advinda da curva de retenção do substrato. Para isso faziam-se as leituras dos 16 tensiômetros, representando uma planta dos 16 tratamentos e obtinha-se uma média aritmética das tensões (Potencial mátrico em valores absolutos); essa média era inserida na equação 1 conseguindo-se assim uma estimativa da umidade necessária para elevação da umidade preexistente no substrato à capacidade de container. Calculada a diferença de umidade (entre a umidade na capacidade de container ( $0,394 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) e a umidade existente no substrato), fazia-se o cálculo do volume aplicado que era função do volume útil do vaso ( $23.000 \text{ cm}^3$ ), pela equação 2. Obtido o volume a ser aplicado e conhecendo-se a vazão dos emissores ( $2 \text{ L h}^{-1}$ ), sendo dois emissores por vaso, chegava-se ao tempo de irrigação utilizando-se a Equação 3.

$$\theta = 0,3485 \psi^{-0,0746} \quad (1)$$

em que:

$\theta$  - umidade volumétrica,  $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ;

$\Psi$  - potencial matricial, kPa;

$$T i = \frac{V_{subst} \Delta\theta}{4000} \quad (2)$$

em que:

$T i$  - tempo de irrigação, min.

$V_{subst}$  - volume de substrato no vaso,  $\text{cm}^3$ ;

$\Delta\theta$  - incremento de umidade,  $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ;

Foram utilizados como fertilizantes, os seguintes produtos: nitrato de amônio, cloreto de potássio, cloreto de cálcio, sulfato de magnésio e ácido fosfórico, sulfato de cobre, sulfato de manganês, sulfato de zinco, ácido bórico, molibdato de sódio e Fe EDTA. A Tabela 5 apresenta a

recomendação de Castellane e Araújo (1994 apud FURLANI et al., 1999b) que foi utilizada como base para os demais nutrientes, que não o N e o K.

Tabela 5 – Caracterização e quantificação das massas dos fertilizantes necessária à formulação de 500 litros de solução para o cultivo do pimentão, segundo Castellane e Araújo (1994 apud FURLANI et al., 1999b)

Fertilizantes	Porcentagem do elemento (%)	Elementos	Massa (g) Até 65° DAT	Massa (g) Após 65° DAT
Nitrato de Amônio	33	N	230,28	345,42
Ácido Fosfórico	16	P	82,41	123,62
Cloreto de Potássio	52	K	235,57	353,4
Cloreto de Cálcio	22	Ca	250,25	375,4
Sulfato de Magnésio	10	Mg	145	217,5
Sulfato de Magnésio	13	S	145	217,5
Ácido Bórico	17	B	0,882	1,33
Sulfato de Cobre	24	Cu	0,10	0,15
FeEDTA	13	Fe	14,23	21,35
Sulfato de Manganês	25	Mn	0,8	1,2
Molibdato de Sódio	39	Mo	0,064	0,096
Sulfato de Zinco	22	Zn	0,07	0,105

Em função dos sintomas de deficiência observados passou-se a aplicar semanalmente o cálcio e o boro, também via foliar, a partir do 65° DAT; essa frequência aumentou posteriormente para duas vezes por semana. O produto utilizado tem o nome comercial de SETT, e a dose recomendada pelo fabricante é de 250 mL 100 L<sup>-1</sup> de água.

#### 2.2.4.6 Extração da solução do solo

A solução do substrato era obtida utilizando-se extratores de cápsulas cerâmicas em sua extremidade inferior e borrachas especiais com vedação de silicone na extremidade superior. Era promovida uma tensão de cerca de 80 kPa por meio de uma seringa de 60 mL, na qual se adaptou uma mangueira de silicone ligando a seringa à agulha, ficando assim flexível e evitando que agulha quebrasse com facilidade. As cápsulas dos extratores e dos tensiômetros foram localizadas opostamente, a uma profundidade de 0,20 m da superfície do substrato e a uma distância de 0,05 a 0,10 m dos emissores. A aplicação do vácuo aos extratores era dada de 7 a 8 horas após a irrigação.

As soluções extraídas dos extratores eram submetidas a análises de condutividade elétrica, pH, além da determinação das concentrações de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{K}^+$ . Para tais análises usou-se os seguintes equipamentos: condutivímetro microprocessado, marca MARCONI, modelo CA 150; medidor de pH microprocessado portátil, marca MARCONI, modelo PA 200 P totalmente microprocessado. As soluções de calibração utilizadas, antes das leituras, foram as de pH 4 e 7 (Figura 15); cardy para determinação de íons, marca Horiba, modelo C-141 (Nitrato) e cardy para determinação de íons, marca Horiba, modelo C-131 (Potássio), Figura 16.



Figura 15 – Medidor de pH



Figura 16 – Cartelas Horiba

Na fase do pleno desenvolvimento da cultura (cerca de 115 DAT), foram coletados volumes de amostras suficientes para fazer a análise completa dos principais íons presentes nos 16 tratamentos, cerca de 200 mL para cada alíquota. Para isso houve a necessidade de fazer amostras compostas resultante de 4 coletas sucessivas.

#### 2.2.4.7 Parâmetros avaliados na cultura e na estufa

Os parâmetros escolhidos para análises foram estabelecidos em função de aspectos quantitativos e qualitativos, de forma que expusessem a influência dos tratamentos propostos na produção da cultura. Para os parâmetros: potencial matricial, condutividade elétrica e pH da solução do solo, concentrações parciais dos íons  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{K}^+$ ; os tensiômetros e extratores de solução foram instalados em uma das parcelas de cada tratamento de forma que esta representasse o mesmo.

O potencial matricial da água do substrato, que era medido antes da irrigação, foi tomado ao longo do ciclo da cultura, por uma bateria de tensiômetros a uma profundidade de 0,20 m da superfície do substrato, e a 0,05 m do emissor.

A condutividade elétrica e o pH nas soluções extraídas do substrato com as cápsulas porosas eram medidos cerca de 3 vezes por semana com aparelhos de bancada.

A concentração parcial de íons  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{K}^+$  nas soluções extraídas do substrato com as cápsulas, era medido cerca de 3 vezes por semana com testes rápidos (cartelas Horiba).

A análise completa dos cátions e ânions da solução do substrato extraída com as cápsulas, foi realizada na fase do pleno desenvolvimento da cultura (de 115° a 123° DAT), no Laboratório de Ecologia ESALQ/USP.

Foram realizadas análises foliares de macro e micro-nutrientes no Laboratório de Ecologia da ESALQ/USP, de amostras dos 16 tratamentos, aos 115 DAT e no final do ciclo. De modo geral, os teores de N, P e K são maiores nas folhas mais jovens. Com o aumento da idade das folhas ou de outros órgãos há um aumento dos teores de Ca, Mg, Mn e B com acúmulo de cálcio nas folhas mais velhas (NUEZ; GIL ORTEGA; COSTA, 1996). Por esse motivo, teve-se o cuidado de coletar folhas com mesma idade fisiológica, ou seja, a terceira folha completamente expandida. Como o experimento era composto de repetições, foram feitas amostragens compostas para cada um dos tratamentos.

A altura das plantas foi determinada com uma trena, medindo-se a distância da superfície do substrato até o ápice da folha mais alta, realizadas em intervalos de 15 dias até o final do ciclo num total de 9 leituras. As medições do diâmetro do colo das plantas, do início ao final do ciclo da cultura, foram realizadas quinzenalmente, a 1cm de altura em relação à superfície do substrato com o auxílio de um paquímetro digital e com escala de leitura em milímetros, de precisão de 0,05mm.

Após o início do período produtivo, foi determinado o número de frutos por planta; além disso, percentagem de frutos com defeitos graves, determinou-se também o peso, o comprimento e o diâmetro médio dos frutos totais e comerciais, a produção total e a comercial. Foram considerados comerciais os frutos livres de danos mecânicos, manchas, deformações e que atingiram o comprimento mínimo de 4 cm, sendo estas variáveis confrontadas com os fatores empregados.

Medição da espessura da polpa na região mediana de todos os frutos na primeira e última colheita, com a finalidade de se verificar se há decréscimo expressivo durante as colheitas em relação aos primeiros frutos colhidos, uma vez que é um parâmetro qualitativo importante no produto comercializado. Optou-se por fazer a medição dos pontos extremos que seria a espessura da polpa dos frutos da primeira colheita, tido como mais desenvolvidos, em relação a última, que seria quando a planta se apresenta em franco declínio.

A produção de massa verde e seca dos frutos da primeira e última colheita, com a finalidade de confrontar os valores entre as colheitas e quantificar a variação de massa dos frutos colhidos ao longo do ciclo em estádios culturais diferentes.

Teores de macronutrientes, pH, sólidos solúveis e acidez nos frutos: foram determinados por ocasião da última colheita, na qual foi feita uma amostra composta com frutos de todas as parcelas para os 16 tratamentos, nos Laboratórios de Ecologia e Tecnologia de Alimentos da ESALQ/USP.

O pimentão Margarita possui frutos geralmente pertencentes ao GRUPO (formato) retangular e foi colhido pertencente ao SUB-GRUPO (coloração) verde. A quantificação do comprimento, calibre e percentagem de defeitos (graves e leves) permitiram o enquadramento na CLASSE, SUB-CLASSE e CATÉGORIA, respectivamente.

Foram realizadas as produções de biomassa verde e seca das plantas, determinadas separadamente para as folhas, caule e frutos ao final do ciclo produtivo. No entanto, ao longo do ciclo cultural para os frutos e folhas, a massa do material resultante das colheitas, desbrotas e podas feitas foram computadas, as biomassas verdes e secas obtidas de todas as plantas, obtendo assim a biomassa total. A massa seca da planta foi conseguida a uma temperatura de 60°C por 72 horas.

#### **2.2.4.8 Considerações sobre os modelos estatísticos utilizados**

Para a análise estatística dos resultados foram realizadas análise de variância cujo esquema é apresentado pela Tabela 6, cabendo ressaltar que por motivo de fitossanidade optou-se por eliminar uma parcela, com isso o resíduo passou a ser 43, para a maioria das variáveis, exceto para o número de frutos com resíduo 42 e o peso médio dos frutos comerciais com resíduo 41; a explicação para essas duas ultimas alterações se dará a seguir. Procurou-se desdobrar o grau de liberdade dos tratamentos de forma a compor os modelos estatísticos, referentes às variáveis

analisadas. Tendo em vista que os fatores empregados são quantitativos e qualitativos realizou-se, após o teste F, análises de regressão, de forma a gerar modelos estatísticos que representassem a tendência expressa pelas médias obtidas. As análises foram feitas no SOFTWARE Statistical Analysis System V 9.1 (SAS 9.1), e para as variáveis analisadas foram feitas, quando necessárias, transformações para satisfazer pressuposições ou validação da análise de variância. As transformações sugeridas pelo o SOFTWARE SAS 9.1 são: homogeneidade de variância, normalidade, aditividade e independência e ponto discrepante “OUTLIERS. Foram feitas as seguintes transformações: potência ótima de BOX-COX, para o comprimento médio dos frutos da produção total (CMT), a fim de normalizar os dados e homogeneizar as variâncias; transformação logarítmica das variáveis espessura média de polpa da primeira colheita (EM1), massa seca dos frutos da ultima colheita (EM2); número de frutos defeituosos (NDF); massa seca do caule (MSC); transformação raiz quadrática para as variáveis: percentagem de defeitos graves (PDG), percentagem de defeitos leves (PDL); e eliminação de parcelas nas variáveis: numero de frutos (NF) e peso médio dos frutos comerciais (PMFC), sendo que nessa ultima foram eliminadas duas parcelas.

Tabela 6 – Esquema da análise de variância adotado no experimento

Causas da Variação	Graus de liberdade
Blocos	3
Nitrogênio	3
Potássio	3
Interação N x K (Tratamentos)	9 15
Resíduo	43
TOTAL	62

## 2.3 Resultados e discussão

### 2.3.1 Potencial matricial da água do substrato, temperatura e umidade relativa na estufa

As médias das leituras tensiométricas foram usadas para o controle da irrigação a partir do 67º DAT, a partir de uma curva de retenção da água do substrato. As irrigações obedeceram um turno de rega de 2 dias, com o objetivo de repor a quantidade de água evapotranspirada. Observando-se a Figura 17, nota-se um aumento nas médias tensiométricas com o decorrer do tempo. Provavelmente em função da maior demanda evapotranspirométrica. Segundo Somos

(1984) são diversos os fatores que influenciam no coeficiente de evapotranspiração sendo eles: a intensidade de radiação solar, o balanço hídrico, o balanço de nutrientes, o estado de desenvolvimento da planta.

As temperaturas e umidades do ar monitoradas durante o ciclo da cultura no interior da estufa, podem ser visualizadas nas Figuras 18 e 19.

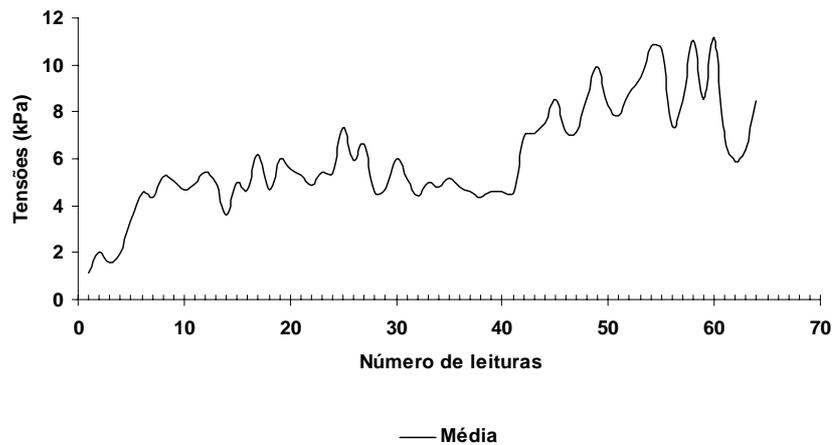


Figura 17 – Leituras tensiométricas médias ao longo dos ciclo

Com relação à faixa ideal de temperatura do ar, Siviero e Bernardoni (1990) e Perreira (1990) concordam que a faixa ideal deve variar entre 16° C e 30° C. Na fase inicial, quando a planta se encontra como muda, a melhor temperatura deve está entre 26 a 30 °C e o melhor crescimento é obtido com temperatura diurna de 27° C. Em plantas sob temperatura mais baixas que as mencionadas, há estiolamento das folhas maduras, murchamento das partes jovens e crescimento lento (PADUA, 1982). A temperatura do solo deve estar em torno de 17° C para o desenvolvimento e crescimento das plantas.

No período de formação das flores, temperaturas noturnas de 18 a 20° C favorecem a produção de frutos bem formados e alongados; já com baixas temperaturas noturnas (8-10° C), posterior a antese, há o favorecimento da formação de frutos deformados. A temperatura diurna mais apropriada para a frutificação está em torno de 21°C (CASALI et al., 1979 apud PADUA; CASALI; PINTO, 1984).

Pádua (1982) obteve produção precoce e total mais altas sob temperaturas noturnas de 15°C, e o tamanho do fruto, no período da colheita, foi maior sob temperatura noturna de 15 a 17,5°C, que a 20°C.

Tabela 7 – Números de frutos colhidos com deformação

Níveis	Nº frutos deformados
N1	14
N2	28
N3	25
N4	26
K1	23
K2	10
K3	25
K4	17

Na maior parte do ciclo da cultura contou-se com uma termoperiodicidade elevada, no interior da estufa, como pode ser visto na Figura 18a; a temperatura média ficou em torno dos 30°C, o que não condiz com a temperatura recomendada. Sendo assim, pode-se assumir que na maior parte do ciclo a cultura esteve submetida a temperatura que não é a ótima com conseqüente efeito na produção e qualidades dos frutos o que pode ser visto na Tabela 7, onde está apresentado os valores médios dos frutos colhidos com deformação para os níveis (N1, N2, N3, N4, K1, K2, K3, K4) e seus devidos tratamentos: (N1) N1K1, N1K2, N1K3, N1K4; (N2) N2K1, N2K2, N2K3, N2K4; (N3) N3K1, N3K2, N3K3, N3K4; (N4) N4K1, N4K2, N4K3, N4K4; (K1) N1K1, N2K1, N3K1, N4K1; (K2) N1K2, N2K2, N3K2, N4K2; (K3) N1K3, N2K3, N3K3, N4K3; (K4) N1K4, N2K4, N3K3, N4K3. Sendo assim os níveis N e K ocorrem na presença tanto do nitrogênio como do potássio; o objetivo é quantificar a influência que cada íon tem nos valores médios dos parâmetros nos diferentes tratamentos. Na Figura 18a e 19b comprova-se que em grande parte do ciclo ocorreram temperaturas noturnas na faixa de 8 a 10°C, influenciando na formação dos frutos, com um grande número de frutos deformados para os diversos tratamentos e esse total de frutos deformados corresponderam a 19,62% dos frutos colhidos.

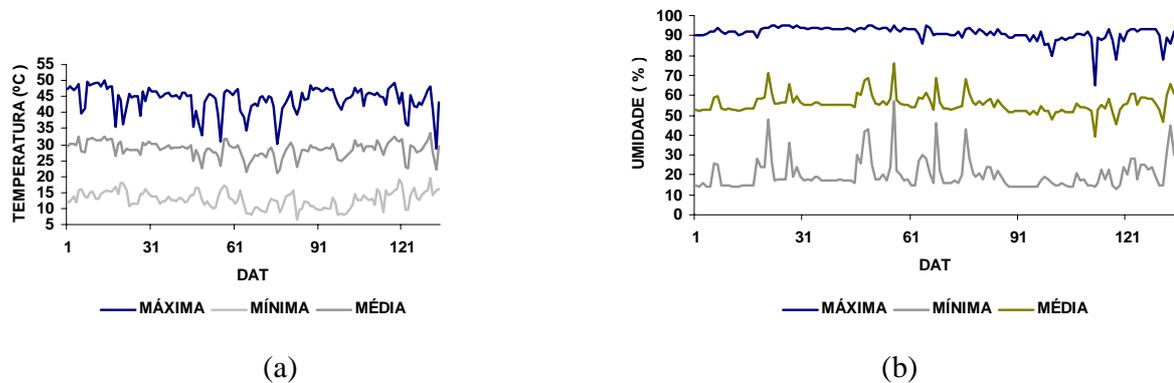


Figura 18 – (a) Gráfico com monitoramento das temperaturas do ar no interior da estufa, durante o período de cultivo do pimentão (b) Gráfico com monitoramento das umidades relativas do ar no interior da estufa, durante o período de cultivo do pimentão (Maio a Setembro)

Com relação à umidade relativa (UR) do ar, há maior crescimento da planta em condições de alta UR. A combinação de baixa UR com altas temperaturas causa um déficit de água na planta, ocorrendo morte de gemas, queda de flores e formação de frutos pequenos (PÁDUA; CASALI; PINTO, 1984) e aumento dos seus internódios (PÁDUA, 1982). A taxa de transpiração por unidade de área foliar e por planta aumenta com a diminuição da UR e elevação com a da umidade do solo (SUTO e ANDO 1977 apud PÁDUA; CASALI; PINTO, 1984).

Sob UR baixa associada à temperatura alta, a planta fica submetida a transpiração excessiva e há déficit de água na planta, ocorrendo queda de gemas e flores, e formação de frutos pequenos (CHILE, 1976). Temperatura acima de 35° C prejudica o vigamento de frutos de pimentão, especialmente se a UR do ar for muito baixa (BOSWELL et al., 1964). Quando a cultura se desenvolveu em UR maior (95%), segundo Baer e Smeets (1978), houve aumento do peso e do brilho dos frutos, e o tempo entre a polinização e a colheita foi reduzida.

Na Figura 18b está apresentado o acompanhamento da UR, na qual as leituras de umidade eram feitas as 10:00 h, quando era zerado o aparelho para que se medisse a mínima próximo das 12:00 h, e máxima por volta das 5:00 h, com isso obteve-se umidade média em torno de 50 %, associada a altas temperatura durante o dia, acima de 40°C e umidades abaixo de 20 %, indicando que a cultura se desenvolveu sob condições não muito favoráveis, o que pode ter exercido forte influência sobre os parâmetros de produção da culturas sejam eles quantitativos ou qualitativos.

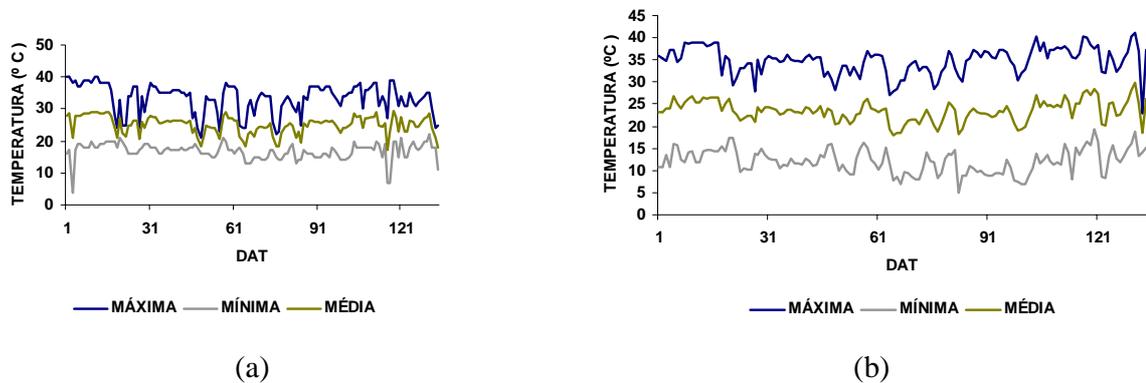


Figura 19 – (a) Gráfico do monitoramento das temperaturas no substrato a 5 cm da superfície, durante o período de cultivo do pimentão (b) Gráfico do monitoramento das temperaturas do ar fora da estufa, durante o período de cultivo do pimentão (Maio a Setembro)

A temperatura do solo influencia no crescimento e desenvolvimento da planta. A temperatura do solo deve estar em torno de 17 °C para o crescimento e desenvolvimento das plantas (PADUA; 1982). O pimentão tem um crescimento normal a 17° C, porém a 10°C, o crescimento é lento. O ápice da planta mantém o crescimento com o aumento da temperatura, enquanto que a raiz tem o crescimento lento sob temperatura igual ou superior a 30°C. A temperatura do ar e do solo exercem grande influência no florescimento das plantas de pimentão. O intervalo de tempo entre a emergência e a floração aumenta quando há diminuição da temperatura (RYLSKI, 1972). Estando a planta sob temperaturas mais elevadas (21-27 °C), esta produz mais flores, porém pode estar sujeita a maior queda; nas temperaturas mais amenas (10-15°C) essa queda se reduz. Temperaturas médias de 15-21° C aumentam o vingamento ou pegamento do fruto (COCHRAN, 1932 apud PADUA; CASALI; PINTO, 1984). Na Figura 19a está apresentado o monitoramento da temperatura no substrato a 5 cm da superfície do substrato, cuja temperatura média ficou em torno de 25°C; no entanto, devido a alta capacidade de retenção de água (com seu alto calor específico), e as características isolantes do substrato, acredita-se que em maiores profundidades nos vasos a temperatura fique próxima da que é recomendada, mesmo quando sob influência de temperaturas externas superiores a 40°C.

### 2.3.3 Condutividade elétrica na solução do substrato

Com a finalidade de monitorar e controlar a salinização do meio onde encontravam-se as plantas, fez-se o monitoramento da condutividade elétrica na solução do substrato (Figuras 20 e 21).

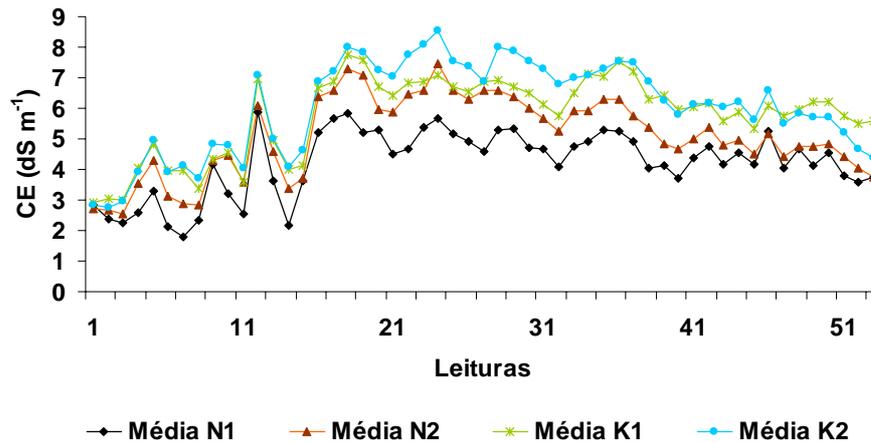


Figura 20 – Gráfico dos perfis das leituras médias da condutividade elétrica da soluções extraídas do substrato ao longo do ciclo para os tratamentos monitorados com níveis N1, N2, K1 e K2

Pelas Figuras 20 e 21 procurou-se caracterizar qual a influência que cada um dos íons monitorados ( $\text{NO}_3^-$  e  $\text{K}^+$ ), tinham sobre a condutividade elétrica (CE); essa influência seria expressa em função das doses administradas, já que os outros íons eram aplicados com a mesma concentração para todas as parcelas (cada planta) existindo aí apenas a influência diferenciada de cada planta. E pelo gráfico gerado essa influência referente aos fertilizantes existe.

A condutividade elétrica alta, próxima a  $9 \text{ dS m}^{-1}$ , observada na Figura 20 e 21, esteve condicionada às doses propostas, não tendo opção de correção; por isso esse aumento da salinidade da solução com o aumento das concentração dos nutrientes aplicados. Esse aumento é explicado por Moura (1994), que trabalhando com a condutividade elétrica da água de irrigação sob diferentes doses de adubos utilizados na fertirrigação presenciou um aumento da salinidade da água para o uso dos adubos nitrato de amônio, cloreto de potássio, e nitrato de cálcio, de 1,48, 1,57, e  $0,99 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente para cada  $\text{g L}^{-1}$  dos adubos.

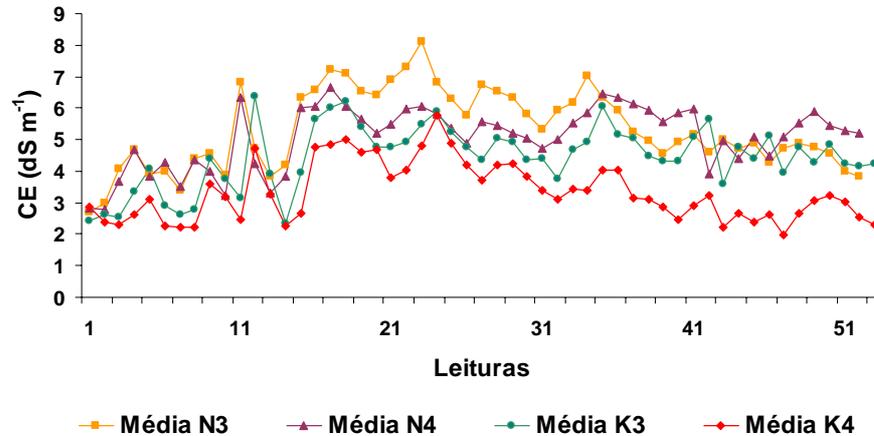


Figura 21 – Gráfico dos perfis das leituras médias da condutividade elétrica da soluções extraídas do substrato ao longo do ciclo para os tratamentos monitorados com níveis N3, N4, K3 e K4

Na Figura 20 estão os perfis das doses médias considerando a influência do N1 e N2 e a influência do K1 e K2 na CE. A dose K1 mostrou-se influenciar mais do que à dose N1, o mesmo ocorreu com as doses K2 em relação a N2. Pela Figura 21 observam-se os perfis das doses médias, nesta referente a influência do N3 e N4, assim como do K3 e K4. O gráfico mostra que os íons presentes no nitrato de amônio ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ) passam a ter maior influência na condutividade elétrica em relação ao potássio quando a relação N/K aumenta; essa é visível na Figura 21 para as dose N4 e K4, que apresenta uma relação N/K de 3,96.

#### 2.3.4 pH na solução do substrato

O pH da solução do meio deve estar numa faixa que permita à planta absorver os nutrientes que precisa. O monitoramento do pH médio das soluções do substrato e seus perfis estão apresentados nas Figuras 22 e 23.

O comportamento dos perfis apresentados nas Figuras 22 e 23 mostra que para as combinações de doses N e K não houve nenhuma combinação expressa em relação N/K que se destacasse na influência do pH das soluções extraídas. No entanto é visível a redução do pH das soluções ao longo do ciclo. Este decréscimo no pH pode estar atribuído à adição crescente de fertilizantes, principalmente de ácido fosfórico e sulfatos (na forma de sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de manganês e sulfato de zinco) e o baixo poder tampão do substrato. Silva (2002), trabalhando com solo franco-arenoso e diferentes manejos de fertirrigação com a

cultura do pimentão, encontrou valores médios para diferentes níveis de salinidade que determinaram uma tendência linear decrescente do pH com incremento da salinidade.

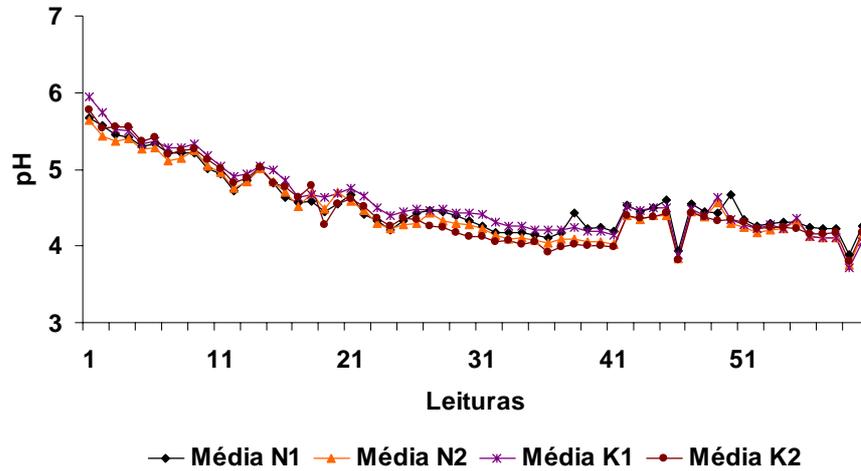


Figura 22 – Gráficos dos perfis das leituras médias do pH da soluções extraídas do substrato ao longo do ciclo para os tratamentos monitorados com níveis N1, N2, K1, K2

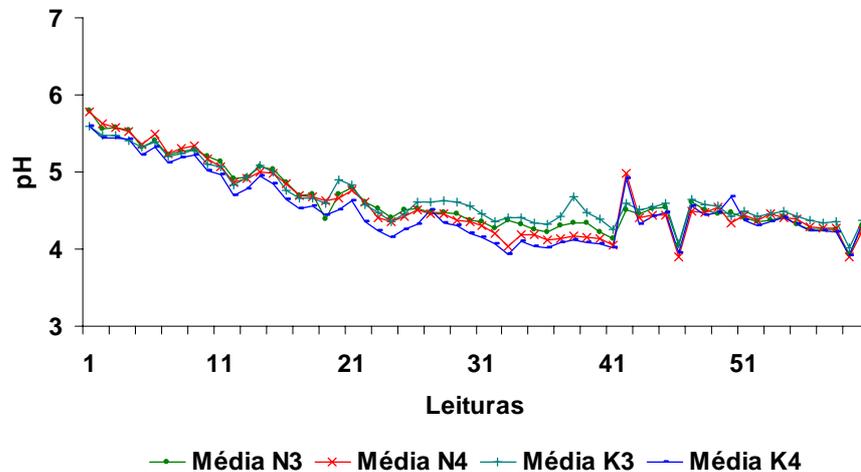


Figura 23 – Gráficos dos perfis das leituras médias do pH da soluções extraídas do substrato ao longo do ciclo para os tratamentos monitorados com níveis N3, N4, K3 e K4

### 2.3.5 Concentrações médias dos íons ( $\text{NO}_3^-$ ) e ( $\text{K}^+$ ) na solução do substrato

O objetivo dessas avaliações era manejar a fertirrigação para os tratamentos N4 e K4, com a manutenção das concentrações de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{K}^+$ , próximo as médias de 682 e 136,5  $\text{mg L}^{-1}$ ,

respectivamente, em função das concentrações lidas. Para os valores médios monitorados ao longo do ciclo observados na Figura 24 pode-se dizer que as concentrações de nitrato estão em função das concentrações aplicadas.

O manejo proposto com o uso dos cardy Horiba para o tratamento N4 manteve uma certa uniformidade ao longo do ciclo, como era esperado. A suas concentrações médias ficaram próximas das concentrações, referentes às menores doses, que é usualmente utilizada no cultivo do pimentão sob ambiente protegido, sendo assim um manejo condizente com a realidade, se mostrando eficiente. A economia de fertilizantes de 11,41 e 33,56 % se deu em relação aos níveis N2 e N3, já para o nível N1, menor dose para N aplicado, o nível N4 foi maior em 32,89%.

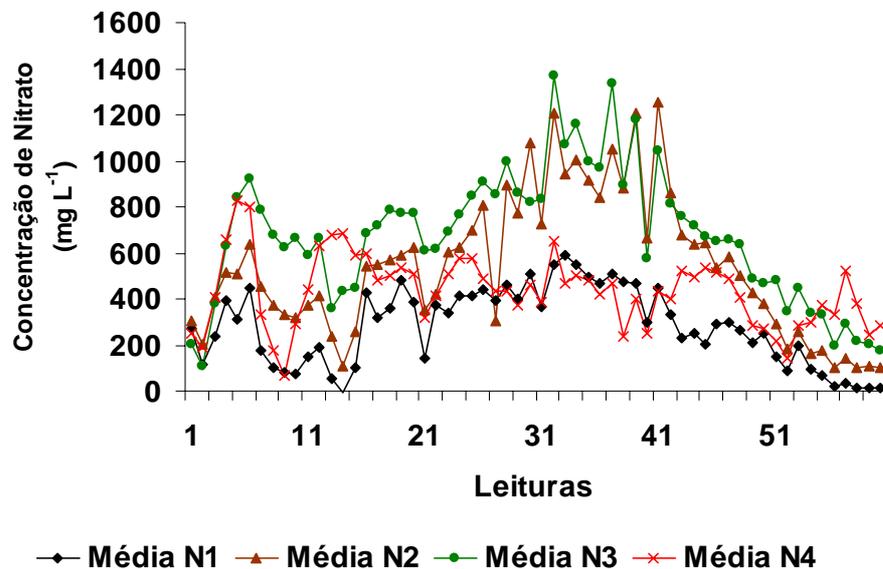


Figura 24 – Gráfico com perfis das concentrações médias do nitrato nas soluções extraídas do substrato ao longo do ciclo

Os perfis das concentrações médias para o potássio (Figura 25) apresentaram-se semelhantes ao do nitrogênio, se apresentando num crescente e depois decrescendo, condicionadas pela doses aplicadas para os níveis K1, K2, K3, e pela demanda da planta para o nível K4, ao qual foi manejado com o cardy Horiba. O manejo mostrou-se eficiente, com as concentrações médias sendo mantidas próximas à concentração controle, sem grandes picos nas concentrações. O resultado final foi uma economia entorno de 85,07, 87,79 e 89,67 % em relação aos níveis K1, K2 e K3, respectivamente. Este fato em termos econômicos pode ser considerado um diferencial lucrativo ao produtor que se propõe fazer esse manejo.

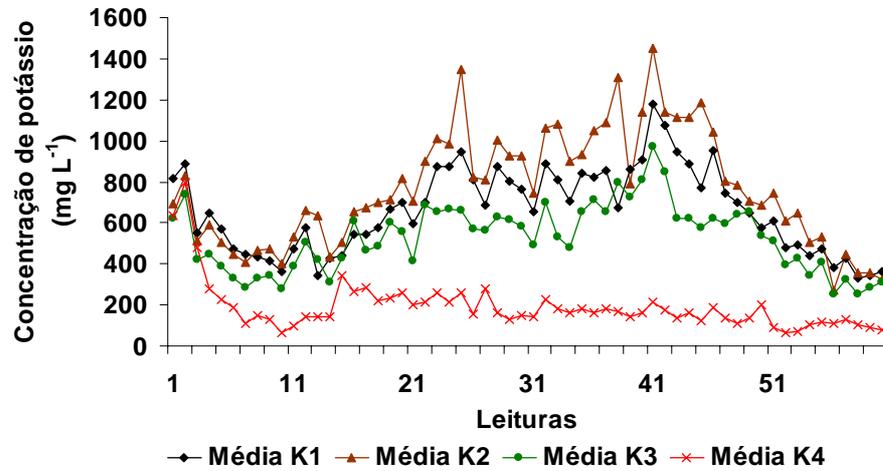


Figura 25 – Gráfico com perfis das concentrações médias do potássio nas soluções extraídas do substrato ao longo do ciclo

### 2.3.6 Análise completa dos cátions e ânions da solução do substrato extraída

Procurou-se um estágio da cultura para determinação desses íons onde já se tinha aplicado as maiores percentagens de fertilizantes (N e K<sub>2</sub>O) da marcha de absorção proposta para a cultura, assim como, no momento em que cultura encontrava-se em desenvolvimento pleno. A partir dessa data as concentrações tenderiam a diminuir até o final do ciclo, em função da absorção da planta, e foi o que aconteceu com o NO<sub>3</sub> e K<sup>+</sup> (Figuras 24 e 25). Os valores médios encontrados na solução do extraídas do substrato para os macro e micronutrientes se encontram nas Tabela 8 e Tabela 9.

As condições nutricionais ao qual estava submetida a cultura, em função das doses propostas. As concentrações mostraram-se discrepantes para íons monitorados, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e K<sup>+</sup> e para o Cl<sup>-</sup>, que é constituinte do cloreto de potássio, fonte de potássio usada. Os demais íons, macro ou micronutrientes, não tiveram suas concentrações influenciadas pelos diferentes tratamentos e se mostraram com concentrações muito próximas nos diferentes tratamentos, mesmo porque as concentrações aplicadas eram semelhantes.

Tabela 8 – Média das concentrações dos cátions e ânions macronutrientes da solução do substrato, extraída com as cápsulas, realizada na fase do pleno desenvolvimento da cultura (de 115° a 123° DAT)

Níveis	NO <sub>3</sub>	K	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>3</sub>	P	Na	Ca	Mg
	mg L <sup>-1</sup>							
N1	355,00	303,25	938,75	444,48	39,63	149,25	200,10	45,30
N2	1200,00	356,25	953,65	395,08	47,00	136,00	221,58	48,70
N3	822,50	367,00	1032,60	334,73	50,38	142,50	255,70	51,55
N4	437,50	340,00	1258,08	499,35	47,90	157,00	255,93	53,60
K1	666,25	385,75	1270,95	460,93	53,38	169,25	260,60	53,53
K2	777,50	407,00	1361,98	466,40	49,63	171,50	236,38	52,73
K3	841,25	323,75	1030,78	439,00	43,00	133,50	242,03	49,15
K4	530,00	250,00	519,38	307,30	38,90	110,50	194,30	43,75

Tabela 9 – Média das concentrações dos cátions e ânions dos micronutrientes da solução do substrato, extraída com as cápsulas, realizada na fase do pleno desenvolvimento da cultura (de 115° a 123° DAT)

Níveis	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	mg L <sup>-1</sup>				
N1	4,38	0,07	1,11	0,36	0,15
N2	4,55	0,05	1,27	0,47	0,16
N3	4,94	0,05	1,63	0,52	0,17
N4	4,59	0,07	1,52	0,53	0,18
K1	4,88	0,05	1,69	0,53	0,19
K2	4,61	0,06	1,49	0,55	0,20
K3	4,89	0,07	1,28	0,46	0,16
K4	4,08	0,06	1,07	0,34	0,10

### 2.3.7 Análises foliares de macro e micro nutrientes aos 115 DAT e no final do ciclo

São diversos os fatores que influenciam nos ritmos de absorção de nutrientes pela cultura, entre os que cabe ressaltar: material vegetal, condições ambientais, qualidade da água de irrigação e técnicas de cultivo. De todos os órgãos vegetativos da planta, as folhas tem mostrado ser as que dão uma informação mais precisa da absorção de nutrientes (MALAVOLTA, 1992; NUEZ; GIL ORTEGA e COSTA, 1996).

Segundo Graifenberg, Petsas e Lenzi (1985) as extrações em cultivo protegido são maiores em potássio e menores em fósforos quando comparadas com cultivo em campo.

Das quantidades totais extraídas, os frutos exportam a maior parte de nitrogênio (64 %) e fósforo (75 %), sendo o restante dos órgãos vegetativos (folhas, talos e pecíolos) os que acumulam a maior quantidade de cálcio (95 %) e magnésio (75 %). O potássio é acumulado praticamente em partes iguais por frutos e pelo restante dos órgãos vegetativos. A maior quantidade de nutrientes extraídas pela a cultura, se consome desde a primeira colheita até o final do ciclo, sendo as proporções médias extraídas no estágio (de 100 a 165 DAT) de 70 % de N, 79% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 62% de K<sub>2</sub>O, 54% de Ca e 65 de Mg (RINCÓN et al., 1993).

Tabela 10 – Níveis foliares de referência para a cultura do pimentão

Nutrientes	Normal	Médio	Alto
Nitrogênio (%)	4-5	3-3,9	5,1-6,0
Fósforo (%)	0,3-0,7	0,2-0,3	0,7-0,8
Potássio (%)	4,5-5,5	3,5-4,5	5,6-6,0
Cálcio (%)	2,0-4,0	0,5-1,9	4,1-5,0
Magnésio (%)	1,0-1,7	0,5-0,9	1,8-2,5
Manganês (ppm)	90-200	41-89	201-500
Ferro (ppm)	80-200	61-80	201-500
Cobre (ppm)	10-20	5-10	21-50
Boro (ppm)	20-60	13-19	61-80
Zinco (ppm)	25-60	15-24	61-100

Fonte: Cadahia (1988)

Os valores médios de macro e micronutrientes encontrados nas plantas aos 115 e 150 DAT são apresentados nas Tabela 11 e Tabela 12.

Tabela 11 – Resultados das análises de macro e micronutrientes das plantas aos 115 DAT

Níveis	N	P	**g.kg <sup>-1</sup>				mg.kg <sup>-1</sup>				
			K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
N1	50,25	5,28	62,35	24,45	7,03	5,93	140,28	38,50	304,58	299,13	198,73
N2	57,58	5,95	64,25	23,50	5,93	6,10	136,25	31,08	240,40	289,03	125,43
N3	50,68	6,13	70,45	25,43	5,58	6,1	132,80	21,28	373,65	263,45	178,08
N4	48,40	5,23	56,28	26,25	6,45	5,60	116,80	29,38	326,93	252,53	153,13
K1	53,28	6,03	64,00	23,18	5,43	5,83	134,98	32,18	286,70	298,45	155,50
K2	51,45	5,23	61,85	23,25	5,85	5,95	142,45	30,63	260,10	296,78	163,90
K3	48,10	5,50	58,50	27,48	6,58	5,70	108,38	30,65	370,48	257,33	146,13
K4	54,08	5,83	68,98	25,73	7,13	6,25	140,33	26,78	328,28	251,58	189,83
*	37,5	3,5	30	25,2	7,0	4,0					

\*\* Para obter o valor em (%) dividir por 10

\* Teores de macro (g) encontrados na massa seca da parte aérea (kg) do pimentão (valores médios de literatura)

Fonte: Rodrigues, (2002)

Comparando os valores médios encontrados com os valores da literatura apresentados na Tabela 10, comprova-se que os níveis médios nos tratamentos estavam numa faixa de normal a alto e muito alto, para alguns íons. Cabe destacar que para os dois estádios os valores médios de cálcio e boro encontravam-se em patamares normais e altos, respectivamente.

Os valores médios dos macro e micronutrientes encontrados aos 115 DAT e 150 DAT (Tabela 12) para os 8 níveis mostraram poucas diferenças entre eles. Com exceção do nitrogênio que os valores médios dos diferentes níveis aos 150 DAT reduziram em relação ao 115 DAT, no entanto se manteve entre os níveis médio e alto. Em função dos valores médios medidos podemos afirmar que as plantas se encontravam bem nutridas nos estádios avaliados; no entanto ocorreu sintoma visual de deficiência de cálcio nos frutos. Rodrigues (2002) afirma que o cálcio está relacionado com a alongação e divisão celular e faz parte da parede celular como pectato de cálcio, além da estabilidade estrutural e permeabilidade da membrana celular.

Tabela 12 – Resultados das análises de macro e micronutrientes das plantas dos 16 tratamentos aos 150 DAT, final do ciclo

Níveis	N	P	**g.kg <sup>-1</sup>				mg.kg <sup>-1</sup>				
			K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
N1	50,18	2,90	46,63	12,08	3,28	3,48	281,75	9,50	228,50	141,50	85,75
N2	52,75	2,93	45,50	12,35	2,53	3,35	269,50	7,50	220,38	121,75	72,75
N3	55,68	3,18	42,00	10,30	2,43	3,75	226,50	8,00	226,00	124,25	67,50
N4	50,60	2,98	43,25	12,35	3,48	3,28	281,00	94,73	269,00	136,50	86,25
K1	52,73	2,83	45,75	11,43	2,95	3,28	256,25	8,75	224,00	136,00	79,50
K2	50,43	2,83	45,50	11,05	3,05	3,23	254,00	9,50	244,50	130,00	77,50
K3	49,60	2,50	48,13	11,78	2,70	3,15	273,75	47,23	216,38	113,50	74,50
K4	56,45	3,83	38,00	12,83	3,00	4,20	274,75	54,25	259,00	144,50	80,75
*	37,5	3,5	30	25,2	7,0	4,0					

\*\* Para obter o valor em (%) dividir por 10

\* Teores de macro (g) encontrados na massa seca da parte aérea (kg) do pimentão (valores médios de literatura)

Fonte: Rodrigues, (2002)

Segundo Marchner (1995) doses altas de potássio podem causar quedas na produção e qualidade de frutos devido à competição com o Ca e o Mg pelo sítio de absorção, desbalanço nutricional e dificuldade de absorção de água pela planta. Considerando essas particularidades da fisiologia e nutrição da planta essa deficiência nutricional nos frutos provavelmente ocorreu em função dos aspectos nutricionais, pois de acordo com Furlani et al. (1999a) há uma baixa mobilidade do íon cálcio na planta, e também dos físicos (temperatura e umidade) influenciando na demanda hídrica da planta, pois segundo Rodrigues (2002) a transpiração atua também na

translocação do cálcio através do xilema; na ausência de ventilação no interior do ambiente protegido, há um aumento da saturação de vapor d'água e o déficit de pressão de vapor diminui ocasionando uma parada ou diminuição na taxa de transpiração.

### 2.3.8 Altura das plantas e diâmetro do colo

A equação apresentada na Figura 26, um modelo matemático validado mediante testes estatísticos cabíveis a este tipo de dado, com significância para a variável altura, quantificada por nove leituras realizadas quinzenalmente, possibilita estimar o crescimento médio das plantas num determinado estágio de desenvolvimento.

A análise de crescimento baseia-se fundamentalmente no fato de que cerca de 90%, em média, da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento resultam da atividade fotossintética, permitindo assim avaliar o crescimento da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos para o crescimento total. Pode-se então, inferir a atividade fisiológica, isto é, estimar de forma bastante precisa as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas semelhantes crescendo em ambientes diferentes (BENINCASA, 2003).

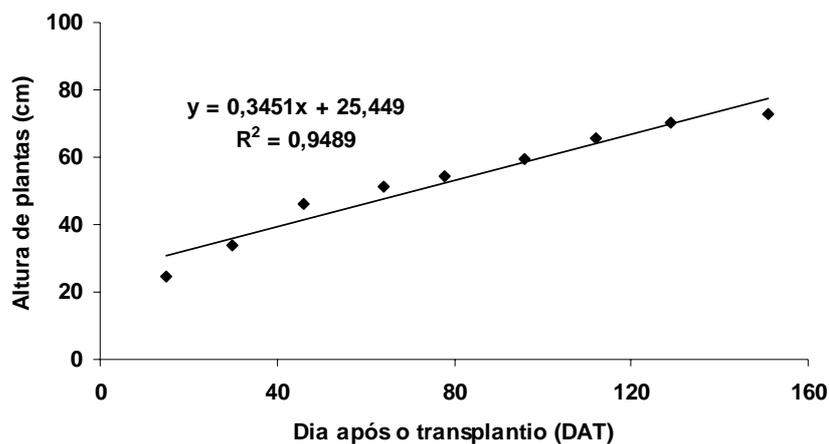


Figura 26 – Curva de crescimento da planta em função do tempo

As mesmas análises foram feitas para o diâmetro do colo, no entanto não houve significância desta variável, sendo assim não foi possível compor um modelo que representasse o comportamento da variável diâmetro do colo com o tempo. No entanto devido a significância de

um dos testes estatísticos, assumiu-se que , tanto para a altura como para o diâmetro do colo, os perfis de crescimento foram paralelos, não havendo diferentes respostas dos tratamentos ao longo do tempo. Diferente de Marcussi; Godoy e Villas Boas (2004) que trabalhando com o híbrido Elisa em solo e em campo comprovaram que a altura média das plantas de pimentão aumentou linearmente com o aumento das doses de N e K aos 123 DAT. Santos; Klar e Frigo (2003) trabalhando com diferentes doses de N e K<sub>2</sub>O em estufa também não encontraram interação significativas entre as doses versus tempo que a cultura permaneceu no campo (190 DAT), assim com o aumento da dose de fertilizante não resultou em diferenças significativas entre os valores médios de altura de planta de pimentão cultivado na estufa.

Uma vez assumido que os perfis de crescimento são paralelos, o teste de coincidência vem analisar se as médias pontuais, de alturas e diâmetro do colo, são diferentes entre os tratamentos. Devido a não significância do teste, assumiu-se que os perfis de crescimento e de diâmetro do colo são coincidentes, sendo assim os tratamentos não tiveram influência nessas duas variáveis respostas. Esse comportamento permite utilizar um único modelo para representar os 16 tratamentos. No entanto, na análise de variância das variáveis contrastes (tempo x altura) e (tempo x diâmetro de colo) a variável resposta diâmetro do colo, não apresentou significância em nenhum dos tempos, sendo assim não teve nenhum modelo que se ajustasse.

Pelo comportamento dos valores médios de altura, é visível um crescimento linear até aos 150 DAT momento da última colheita e finalização do experimento e que nesse momento a planta ainda se encontrava em franco crescimento, sendo assim o ciclo produtivo poderia se prolongar por mais algum tempo.

Fazendo uma correlação entre as maiores doses aplicadas e a obtenção de uma maior condutividade elétrica, com valores médios obtidos chegando a 8 dS m<sup>-1</sup>, a salinização do meio onde se encontrava a cultura pode ter sido uma consequência que condicionou uma baixa estatura média das plantas, 0,72 m ao final do ciclo , sendo que Santos; Klar e Frigo (2003) conseguiram plantas com altura de 1,02 m aos 130 DAT. Silva (2002), trabalhando com pimentão em ambiente protegido sob solo e em vasos submetido a diferentes níveis de salinidade comprovou a significância da salinidade interferindo na altura das plantas.

### 2.3.9 Produção e componentes de produção

#### 2.3.9.1 Número de frutos totais e comerciais.

Na Tabela 13 pode-se observar, a alta significância da interação N e K no número de frutos totais produzidos, assim como o modelo que representa o comportamento da variável número de frutos totais. No entanto, esse modelo apresenta um  $R^2$ , baixo, ou seja, ele explica apenas 3,02 % do comportamento dos valores médios de número de frutos resultante da interação das doses. A presença do N normalmente aumenta a absorção de K (SANTOS; KLAR; FRIGO, 2003). Heller (1991) em suas pesquisas demonstrou que na absorção de nutrientes pela planta há uma seletiva preferência do K em relação ao N.

O tratamento que propiciou o melhor rendimento (28,75 frutos) foi a combinação de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 34,2 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N1K3), Tabela 13. Marcussi; Godoy e Villas Boas (2004) também obtiveram uma significância com as doses de N e K, assim como, o maior número de frutos não foi alcançado com a maior dose e o número médio de frutos por planta conseguido por estes autores foi de 12.

Tabela 13 – Média do número de frutos totais produzidos segundo os tratamentos

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	Número de frutos				
14,1 (N1)	22,75	26,25	26,00	28,75	25,94
15,7 (N4)	25,50	24,50	28,25	27,50	26,44
21,1(N2)	27,75	22,71	25,25	24,25	24,99
28,1(N3)	28,00	24,25	24,25	25,71	25,55
Média	26,00	24,43	25,94	26,55	25,79
CV (%)					17,57
Equação: $NF = 26,361989 - 0,00131683**NK$					$R^2 = 0,0302$

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

O tratamento que propiciou numericamente o melhor rendimento médio (20 frutos) para os frutos comercializáveis foi a combinação de 15,7 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 28,9 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N4K2), Tabela 14. No entanto não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos para o número de frutos comerciais. Sendo assim, as doses crescentes não interferiram nos valores médios de números de frutos para produção comercial, justificando ainda mais o controle das doses aplicadas, de forma a racionalizar o máximo possível as quantidades de fertilizantes fornecidos a

cultura. A influência das doses crescentes se deu na redução média de 30,43 % do número de frutos comerciais em relação aos totais, para os melhores rendimentos.

Tabela 14 – Médias do número de frutos comercializáveis segundo os tratamentos

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	Número de frutos comerciais				
14,1 (N1)	15,50	18,00	17,50	17,00	17,00
15,7 (N4)	14,25	15,75	20,00	17,25	16,81
21,1(N2)	19,00	17,50	14,25	15,50	16,56
28,1(N3)	17,75	14,75	12,50	13,10	14,53
Média	16,63	16,50	16,06	15,71	16,33
CV (%)					38,19

### 2.3.9.2 Percentagem de defeitos graves nos frutos (podridão)

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para essa variável. Entretanto, o tratamento que propiciou numericamente uma menor percentagem de frutos com defeitos graves (27,51 %) foi a combinação de 21,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 3,0 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N2K1), já o tratamento que proporcionou numericamente uma maior percentagem de frutos defeituosos (48,11 %) foi a combinação de 28,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 28,9 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N3K2), Tabela 15, segundo o Programa Paulista para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros: Classificação de Pimentão - CEAGESP.

Tabela 15 – Médias da percentagem de defeitos graves nos frutos segundo os tratamentos

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	% de defeitos graves nos frutos				
14,1 (N1)	32,87	31,47	31,85	40,17	34,00
15,7 (N4)	42,36	36,06	28,14	35,26	35,27
21,1(N2)	27,51	40,69	42,50	33,59	35,81
28,1(N3)	32,38	38,60	48,11	42,75	40,25
Média	33,57	36,62	37,22	37,85	36,00
CV (%)					21,40

A não interferência das doses expressa na insignificância nos valores médios de percentagem para os defeitos graves, supõe que esses defeitos, presentes nos frutos, estiveram relacionados a outros fatores. Pelo que se observou durante o ciclo da cultura, destaca-se as altas temperaturas no

interior da estufa, nos períodos mais quentes do dia, como fator determinante, interferindo diretamente nas relações fisiológicas das plantas e conseqüentemente nos aspectos qualitativos dos frutos.

### 2.3.9.3 Peso, comprimento e diâmetro médio totais e comerciais e produção total e comercial dos frutos

O peso médio dos frutos diminuiu linearmente com o aumento da dose aplicada de nitrogênio e potássio, numa razão de 0,85 g de frutos produzidos para cada grama de nitrogênio e 0,24 g de frutos para cada grama de potássio aplicado acima de 14,1 e 3,00 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 16). O tratamento que propiciou o maior rendimento (83,31g de frutos) foi a combinação de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 3,00 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N1K4) com um aumento do peso médio em 35,19 % em relação ao menor peso médio encontrado referente a combinação das doses 28,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 34,2 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N3K3), Tabela 16. Marcussi; Godoy e Villas Boas (2004) encontraram peso médio de frutos nas plantas que receberam a maior dose (15,2 g de N e 13,3 g de K) de 112,72 g.

A média de condutividade elétrica na solução do substrato para os tratamentos (N1K4 e N3K3) foi de 3,31 e 3,61 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, com uma diferença de 0,3 dS m<sup>-1</sup> que corresponde um acréscimo de 8,31% na condutividade elétrica do primeiro para ultimo tratamento mencionado.

Tabela 16 – Médias do peso dos frutos segundo os tratamentos

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	g fruto <sup>-1</sup>				
14,1 (N1)	83,31	75,68	72,70	67,60	74,82
15,7 (N4)	75,64	68,30	67,93	64,69	69,14
21,1(N2)	66,92	62,74	66,57	68,81	66,26
28,1(N3)	63,62	61,85	63,11	53,99	60,64
Média	72,37	67,14	67,58	63,77	68,02
CV (%)					12,56
Equação: PM = 89,96395633 - 0,85176403**N - 0,23521608*K					R <sup>2</sup> = 0,4863

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

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

O tratamento que propiciou o melhor rendimento para os pesos médios dos frutos comerciais (97,32 g de frutos) foi a combinação de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 3,00 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N1K4), para o menor rendimento (62,73 g de frutos) foi a combinação de 28,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 34,2 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N3K3), com uma redução de 35,54 % no peso médio dos frutos comerciais do tratamento N1K4 em relação ao N3K3 (Tabela 17).

Tabela 17 – Médias do peso dos frutos comercializáveis segundo os tratamentos

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	g fruto <sup>-1</sup>				
14,1 (N1)	97,32	95,73	81,99	79,26	88,58
15,7 (N4)	74,91	79,65	76,00	72,76	75,83
21,1(N2)	96,28	76,18	81,71	79,86	83,51
28,1(N3)	68,50	79,66	69,68	62,73	70,14
Média	84,25	82,81	77,34	73,65	80,35
CV (%)					20,83
Equação: PMFC = 82,36714288 + 0,26695216*N - 0,00078218*N <sup>3</sup>					R <sup>2</sup> = 0,2244

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

O tratamento que apresentou o melhor comprimento médio dos frutos, considerando a produção total, (8,67 cm) foi a combinação de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 3,00 g planta<sup>-1</sup> de nitrato de potássio (N1K4), com uma redução desse comprimento médio em 13,84 % em relação ao menor comprimento médio (7,47 cm) encontrado da combinação das doses 28,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 34,2 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N2K4), Tabela 18.

Tabela 18 – Médias do comprimento dos frutos para produção total

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	cm				
14,1 (N1)	8,67	8,31	7,83	8,05	8,22
15,7 (N4)	8,16	8,09	8,03	7,71	8,00
21,1(N2)	7,47	7,57	7,91	8,08	7,76
28,1(N3)	7,65	7,70	7,48	7,58	7,60
Média	8,01	7,93	7,81	7,86	7,91
CV (%)					19,22
Equação: CM = 8,6355616689 - 1,48097004981**N - 0,0300758411**N <sup>2</sup> K					R <sup>2</sup> = 0,7329

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

Marcussi; Godoy e Villas Boas (2004) encontraram valores médios de comprimento de frutos de 11,7 cm.

O comprimento médio dos frutos comerciais diminuiu linearmente com o aumento da dose aplicada de nitrogênio, numa razão de 0,045 cm em comprimento dos frutos produzidos para cada grama de nitrogênio aplicado acima de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio (Tabela 19). O tratamento que proporcionou o maior comprimento (9,08 cm) foi a combinação de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 3,00 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N1K4) e para o menor comprimento (7,27 cm) a combinação de 28,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 34,2 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N3K3), com uma redução entre extremos de 19,93 % (Tabela 19).

Tabela 19 – Médias do comprimento dos frutos comercializáveis segundo os tratamentos

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	cm				
14,1(N1)	9,08	9,03	8,15	8,68	8,74
15,7 (N4)	8,19	8,44	8,57	7,92	8,28
21,1(N2)	7,51	7,80	8,65	8,35	8,07
28,1(N3)	7,63	8,15	8,67	7,27	7,93
Média	8,10	8,35	8,51	8,05	8,27
CV (%)					10,12

Equação: CMFC = 9,15251078 - 0,044905073\*N

R<sup>2</sup> = 0,2353

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

O diâmetro médio dos frutos totais diminuiu linearmente com o aumento da dose aplicada de nitrogênio e potássio, numa razão de 0,07 cm em diâmetro dos frutos produzidos para cada grama de nitrogênio e 0,038 cm em diâmetro dos frutos para cada grama de potássio aplicado acima de 14,1 e 3,00 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 20).

Tabela 20 – Médias do diâmetro dos frutos totais segundo os tratamentos

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	cm				
14,1 (N1)	6,68	6,15	6,05	5,93	6,20
15,7 (N4)	6,43	6,10	6,15	6,03	6,18
21,1(N2)	5,95	5,95	5,80	6,00	5,93
28,1(N3)	5,68	5,83	5,60	5,58	5,67
Média	6,18	6,01	5,90	5,88	6,00
CV (%)					5,53

Equação: DM = 7,606972811 - 0,070612018\*\*N - 0,038024517\*\*K + 0,00143579\*NK

R<sup>2</sup> = 0,8819

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

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

O aumento linear devido ao efeito da interação NK, não foi visualizada nas médias obtidas. O tratamento que propiciou o maior diâmetro (6,68 cm) foi a combinação de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 3,00 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N1K4), já o tratamento que propiciou o menor diâmetro (5,58 cm) foi a combinação de 28,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 34,2 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N3K3), com redução do diâmetro médio em 16,47 % em relação ao maior diâmetro médio obtido, Tabela 20. Um diâmetro médio de 6,8 cm foi encontrado por Marcussi; Godoy e Villas Boas (2004).

O diâmetro médio dos frutos comerciais diminuiu linearmente com o aumento da dose aplicada de nitrogênio, numa razão de 0,032 cm em diâmetro dos frutos produzidos para cada grama de nitrogênio aplicado, acima de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio (Tabela 21). O tratamento que proporcionou o maior diâmetro (6,89 cm) foi a combinação de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 3,00 g planta<sup>-1</sup> de potássio, o tratamento que proporcionou o menor diâmetro (5,70 cm) com a combinação de 28,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 34,2 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N3K3), com redução do diâmetro médio em 17,27 % em relação ao maior diâmetro médio obtido (Tabela 21).

Tabela 21 – Médias do diâmetro dos frutos comercializáveis segundo os tratamentos

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	cm				
14,1 (N1)	6,89	6,51	6,25	6,44	6,52
15,7 (N4)	6,32	6,19	6,43	6,27	6,30
21,1(N2)	6,14	6,10	6,17	6,30	6,18
28,1(N3)	5,77	6,23	6,25	5,70	5,99
Média	6,28	6,26	6,27	6,18	6,26
CV (%)					7,72
Equação: DMFC = 6,89092601 - 0,032355643**N					R <sup>2</sup> = 0,4606

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

A produção total de frutos diminuiu linearmente com o aumento da dose aplicada de nitrogênio e potássio, numa razão de 0,0239 kg planta<sup>-1</sup> de frutos produzidos para cada grama de nitrogênio e 0,0041 g planta<sup>-1</sup> de frutos para cada grama de potássio aplicado acima de 14,1 e 3,00 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 22). O tratamento que propiciou o melhor rendimento (1,58 kg planta<sup>-1</sup>) foi a combinação de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 3,00 g planta<sup>-1</sup> de potássio (Tabela 22). Marcussi; Godoy e Villas Boas (2004) trabalhando com pimentão em um Latossolo Vermelho Escuro textura arenosa obteve um aumento linear da produtividade com o aumento das doses. E as plantas que receberam a maior dose (15,2 g de N e 13,3 g de K<sub>2</sub>O) atingiram uma maior

produtividade. Villas Boas (2001) cultivando pimentão (híbrido Elisa) obteve a maior a produção de frutos comerciais quando utilizou a dose de 16,5 g N planta<sup>-1</sup>. No entanto, as doses que esses autores utilizaram estão próximas das menores doses utilizada neste trabalho.

Tabela 22 – Médias da produção total segundo os tratamentos

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	kg planta <sup>-1</sup>				
14,1 (N1)	1,58	1,47	1,45	1,57	1,52
15,7 (N4)	1,56	1,45	1,55	1,35	1,48
21,1(N2)	1,41	1,34	1,29	1,29	1,33
28,1(N3)	1,30	1,17	1,20	1,05	1,18
Média	1,46	1,35	1,37	1,32	1,38
CV (%)					11,74
Equação: PROD = 1,941899 - 0,023885**N - 0,0041469*K					R <sup>2</sup> = 0,8795

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

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

A maior produtividade média obtida foi para a combinação das doses N1 (200 kg ha<sup>-1</sup> de N) e K4 (450 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), com 1,58 kg de frutos por plantas, o que daria 21,15 Mg ha<sup>-1</sup>, considerando uma densidade de 13.385 planta ha<sup>-1</sup>. Segundo Locascio; Fiskell e Martin (1981) o excesso de nitrogênio provoca uma menor produtividade devido ao excesso de sais no solo. Medeiros (1998), trabalhando com o híbrido Luiz e considerando o ciclo da cultura de 115 dias, obteve um rendimento de 42,3 Mg ha<sup>-1</sup>. Ele também comprovou que com aumento da dose, a condutividade da água de irrigação chegou a 4,45 dS m<sup>-1</sup>; com isso houve uma redução de 27,5 % no rendimento da cultura quando comparado ao rendimento obtido com uma condutividade elétrica da água de irrigação de 1,29 dS m<sup>-1</sup>. Melo (1997) encontrou para os 4 híbridos triplos mais rentáveis, sob condições de estufa, produções da ordem de 4,66 kg planta<sup>-1</sup>, para uma densidade de 25.000 plantas ha<sup>-1</sup>, num ciclo de 140 dias.

A produção comercial apresentou rendimento médio de 1,16 kg planta<sup>-1</sup> para a combinação das doses N1 e K1, numa produtividade de 15,53 Mg ha<sup>-1</sup>, apresentando uma redução de 26,62 % em relação a total. Medeiros (1998) obteve uma produção comercial de 41,6 Mg ha<sup>-1</sup> com uma redução 1,65 % em relação a total.

O tratamento que propiciou o maior rendimento (1,11 kg de frutos) foi a combinação de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 3,00 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N1K4) (Tabela 23).

Tabela 23 – Produção comercial

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	kg/planta				
14,1 (N1)	1,11	1,16	0,98	1,01	1,07
15,7 (N4)	0,77	0,91	0,90	0,81	0,85
21,1(N2)	1,00	0,88	0,72	0,83	0,86
28,1(N3)	0,70	0,76	0,67	0,43	0,64
Média	0,90	0,93	0,82	0,77	0,86
CV (%)					26,97
Equação: PRODC = 1,386490964 - 0,028858822**N + 0,000004529*N <sup>3</sup> R <sup>2</sup> = 0,5213					

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

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

Considerando que o número de frutos, seja eles totais ou comerciais, tem influência nas suas respectivas produções, a dose mais eficiente tem uma importância expressiva no rendimento cultural e nos custos variáveis e conseqüentemente no lucro líquido da cultura. A redução da produção comercial em relação a produção total teve uma maior influência do peso médio dos frutos do que o número médio de frutos produzidos, sendo as reduções 35,54 % e 30,43 %, respectivamente. As maiores doses de nitrogênio e potássio tiveram maior reflexo na redução do comprimento médio do que no diâmetro médio, para a produção comercial, nas proporções de 19,93 % e 17,27 %, respectivamente. Marcussi; Godoy e Villas Boas (2004) não obtiveram diferenças no comprimento e diâmetro dos frutos em função de doses de N e K.

#### 2.3.9.4 Espessura média da polpa na primeira colheita e na última colheita

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para a espessura média da polpa da primeira colheita. Entretanto o tratamento que propiciou a maior espessura média da polpa (4,54 mm) foi a combinação de 21,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 3,0 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N2K4), e o que apresentou a menor espessura média (4,02 mm) foi a combinação de 28,9 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 14,1 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N1K2), com uma diferença percentual de 11,45 % entre os valores extremos (Tabela 24).

Tabela 24 – Médias da espessura da polpa na primeira colheita segundo os tratamentos

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	mm				
14,1 (N1)	4,23	4,21	4,02	4,26	4,18
15,7 (N4)	4,36	4,22	4,24	4,15	4,24
21,1(N2)	4,54	4,36	4,11	4,10	4,28
28,1(N3)	4,14	4,20	4,03	4,17	4,13
Média	4,32	4,25	4,10	4,17	4,25
CV (%)					10,46

A espessura média da polpa dos frutos da última colheita diminuiu linearmente com o aumento da dose aplicada de nitrogênio, numa razão de 0,0338 mm de espessura de polpa para cada grama de nitrogênio aplicado acima de 15,7 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio, uma vez que considerando-se as médias totais (3,33 e 3,48) referentes aos níveis N1 e N4 não apresentou significância a nível de 5 % (Tabela 25). O tratamento que proporcionou o melhor rendimento (3,75 mm) foi a combinação de 15,7 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 3,00 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N4K4), Tabela 25. A menor espessura ocorrida foi na combinação (N3K1 e N3K3) com uma variação percentual de 24,53 % entre esses extremos. Essa significância para os valores médios na última colheita pode ter ocorrido devido as concentrações acumulativas no decorrer do ciclo em função das doses crescentes para níveis N1, N2, N3, K1, K2 e K3.

Tabela 25 – Médias da espessura da polpa na última colheita

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	mm				
14,1 (N1)	3,58	3,40	3,40	2,93	3,33
15,7 (N4)	3,75	3,28	3,45	3,45	3,48
21,1(N2)	2,95	3,13	3,00	3,03	3,03
28,1(N3)	2,95	2,83	3,13	2,83	2,93
Média	3,31	3,16	3,24	3,06	3,20
CV (%)					12,68
Equação: $EM2 = 3,8670075777 - 0,03383888**N$					$R^2 = 0,4486$

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

Não houve diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto o tratamento que proporcionou a menor redução de espessura média da polpa da primeira para última colheita (0,60 mm) foi a combinação de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 3,00 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N1K4).

Enquanto que, o tratamento que demonstrou a maior variação de espessura entre as colheitas (1,70 mm), foi a combinação da dose 21,1 g de nitrogênio e 3,0 g de potássio (N2K4), o que corresponde a uma redução de 64,71%, entre os valores médios extremos para os tratamentos mencionados (Tabela 26).

Tabela 26 – Médias da variação de espessura da polpa do fruto da primeira para última colheita

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	mm				
14,1 (N1)	0,60	0,83	0,73	1,45	0,90
15,7 (N4)	0,63	0,98	0,90	0,73	0,81
21,1(N2)	1,70	1,28	1,13	1,13	1,31
28,1(N3)	1,18	1,40	0,98	1,36	1,23
Média	1,03	1,12	0,93	1,17	1,06
CV (%)					73,07

### 2.3.9.5 Matéria seca dos frutos da primeira colheita

A matéria seca média dos frutos da primeira colheita diminuiu linearmente com o aumento da dose aplicada de nitrogênio, numa razão de 0,1804 g de fruto para cada grama de nitrogênio aplicado acima de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio, uma vez que comparando as médias totais (12,13 e 12,22) não há diferença significativa entre os níveis N2 e N3 (Tabela 27).

Tabela 27 – Médias da matéria seca dos frutos da primeira colheita

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	g				
14,1 (N1)	14,28	12,75	13,28	15,38	13,92
15,7 (N4)	12,33	12,37	11,56	12,28	12,13
21,1(N2)	13,30	12,34	10,85	12,41	12,22
28,1(N3)	10,76	9,64	11,23	12,18	10,95
Média	12,67	11,77	11,73	13,06	12,28
CV (%)					24,39
Equação: MS1 = 15,81677671 - 0,1803681**N					R <sup>2</sup> = 0,5211

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

O tratamento que proporcionou a maior matéria seca (15,38 g de frutos) foi a combinação de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 34,2 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N1K3) (Tabela 27). A diferença

percentual entre os valores médios extremos para a matéria seca foi de 37,32 %, e os níveis que proporcionaram a menor massa seca ( $9,64 \text{ g fruto}^{-1}$ ) foi o N3 e K1, sendo assim, doses crescentes de nitrogênio nem sempre proporcionam a maior massa seca.

A matéria seca dos frutos da última colheita apresentou diferenças altamente significativas entres os valores médios de massa seca, expressando a influência dos níveis de N e K, obtendo uma diferença percentual de massa de 72,32 % entre os valores médios referentes a massa seca produzida pela combinação N4 e K4 (8,96) em relação a combinação N3 e K3 (2,48). Embora os valores médios de massa seca tenham se apresentado com alta significância, o modelo gerado pouco explica o comportamento dos valores médios obtidos. As maiores doses aplicadas tiveram influência visível na redução da matéria seca média dos frutos tanta na primeira como na última colheita. A redução de massa seca média dos frutos da primeira para ultima colheita foi de 41,74 e 74,27%, para as melhores e a piores combinações, respectivamente (Tabela 28).

Tabela 28 – Matéria seca dos frutos da ultima colheita

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	g				
14,1 (N1)	8,48	6,23	6,96	5,22	6,62
15,7 (N4)	8,96	4,79	7,75	5,25	6,47
21,1(N2)	5,55	4,86	5,06	5,28	5,18
28,1(N3)	3,78	3,44	4,25	2,48	3,42
Média	6,32	4,73	5,83	2,34	5,37
CV (%)					17,96
Equação: $MS2 = 16,11085485 - 1,047852^{**}N - 1,007498^{**}K - 1,000001 * K^3$					$R^2 = 0,5241$

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

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

### 2.3.10 Teores de macronutrientes, pH, sólidos solúveis e acidez nos frutos:

Os valores médios dos macronutrientes nos frutos da última colheita para os diferentes tratamentos N1K1, N1K2, N1K3, N1K4 (N1); N2K1, N2K2, N2K3, N2K4 (N2); N3K1, N3K2, N3K3, N3K4 (N3); N4K1, N4K2, N4K3, N4K4 (N4); N1K1, N2K1, N3K1, N4K1 (K1); N1K2, N2K2, N3K2, N4K2 (K2); N1K3, N2K3, N3K3, N4K3 (K3); N1K4, N2K4, N3K3, N4K3 (K4); comprovam que as concentrações nos frutos dos macronutrientes P, Ca, Mg e S foram pouco afetadas pelas doses propostas para o nitrogênio e potássio, já que foram aplicados em iguais concentrações para os diferentes níveis. As concentrações médias do nitrogênio e do potássio nos

frutos obtidos das plantas submetidas aos diferentes níveis variaram pouco entre eles, no entanto para o potássio, ocorreu para o nível N3 uma menor concentração ( $19,50 \text{ g kg}^{-1}$  de fruto), havendo uma redução de 10,67 % em relação a maior concentração média,  $21,83 \text{ g kg}^{-1}$  de fruto, conseguida no nível K3; para o nitrogênio encontrou-se valores extremos de 31,43 e  $26,65 \text{ g kg}^{-1}$ , para os níveis N3 e N4, respectivamente, com uma diferença entre esses extremos de 15,59 %, (Tabela 29).

No entanto, segundo Marcussi; Godoy e Villas Boas (2004) os nutrientes são translocados para o fruto, mesmo que órgãos como folha e caule apresentem deficiências desses. Os resultados obtidos e a literatura sobre o assunto permitem sugerir que o fruto não pode ser considerado um adequado indicador do estado nutricional em N e K da planta do pimentão.

Tabela 29 – Valores médios da análise de macronutrientes dos frutos da última colheita

Níveis	N	P	K	Ca	Mg	S
				**g.kg <sup>-1</sup>		
N1	28,58	3,68	19,58	0,93	1,33	1,33
N2	29,03	3,70	20,78	1,10	1,30	1,15
N3	31,43	3,98	19,50	0,98	1,28	1,475
N4	26,65	3,55	21,75	1,13	1,28	1,23
K1	28,93	3,63	21,00	1,15	1,28	1,23
K2	28,95	3,78	21,23	1,05	1,33	1,35
K3	27,50	3,73	21,83	0,93	1,28	1,28
K4	30,30	3,78	17,55	1,00	1,30	1,33

Embora não se tenha quantificado a concentração de nitrato nos frutos, segundo Rodrigues (2002), uma espécie acumuladora de nitrato pode apresentar em suas partes comestíveis, de modo geral, concentrações que variam de 2000 a  $5000 \text{ mg kg}^{-1}$  na matéria fresca.

Para uma produtividade média total de  $21,15 \text{ Mg ha}^{-1}$ , relacionada às maiores concentrações médias para o nitrogênio e potássio obtida pela análise de macronutrientes dos frutos, apresentada na Tabela 29, ocorreu uma exportação de 0,665 e  $0,461 \text{ Mg ha}^{-1}$  de nitrogênio e potássio, respectivamente.

As concentrações médias de nitrogênio e potássio nos frutos de pimentão apresentaram uma tendência polinomial quadrática para o nitrogênio e uma função potencial para o potássio (Figura 27). Para o nitrogênio há um aumento até a dose de  $21,1 \text{ g planta}^{-1}$ , ponto de máxima concentração, após esse ponto a concentração média de nitrogênio no fruto sofre queda (Figura

27a). A concentração média do potássio nos frutos apresentou um aumento potencial, com um valor máximo para a dose 34,2 g de  $K_2O$  planta<sup>-1</sup> (Figura 27 b).

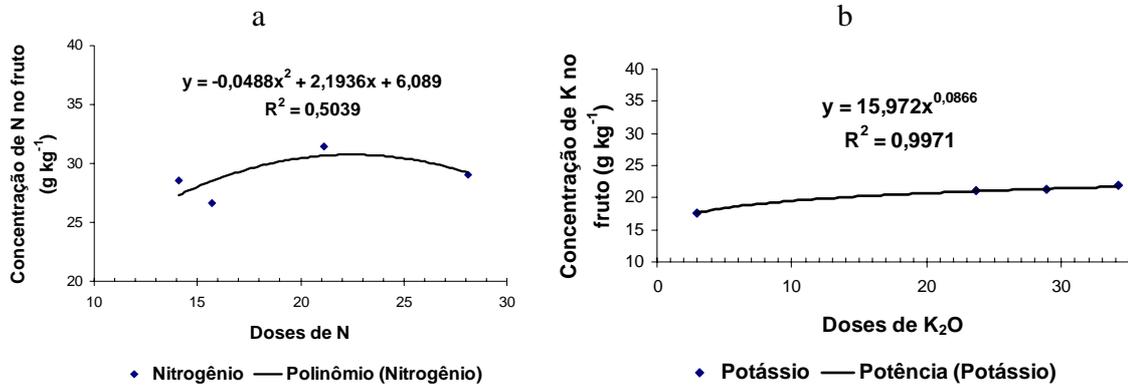


Figura 27 – Curvas de concentrações de nitrogênio e potássio nos frutos

Segundo Janse (1991) o sabor do fruto pode variar consideravelmente segundo a parte analisada. Em análises realizadas o conteúdo de sólidos solúveis próximos ao pedúnculo, na parte média e parte basal foi 8,1, 8,4 e 8,3 °Brix; o conteúdo de ácidos tituláveis foi de 3,8, 3,7 e 4,5 mmol/100 g, respectivamente.

Pelos valores médios apresentados na Tabela 30, para as doses de N e K aplicadas, as diferentes combinações de doses não demonstraram ter influência expressiva entre si, nos parâmetros de qualidade dos frutos. No entanto, os valores médios de °Brix ficaram abaixo dos valores citados na literatura (JANSE, 1991).

Tabela 30 – Valores médios de pH, ° Brix e acidez dos frutos dos frutos da última colheita

Níveis	pH	°Brix	Acidez %
N1	5,77	6,18	1,19
N2	6,24	6,03	1,44
N3	5,88	7,43	1,48
N4	5,31	5,70	1,22
K1	5,93	7,10	1,34
K2	5,91	6,60	1,30
K3	5,65	6,18	1,43
K4	5,71	5,45	1,25

A cultura esteve sob dois fatores que tem extrema influência nos aspectos qualitativos dos frutos: a influência das altas temperaturas durante o desenvolvimento dos frutos e das elevadas

condutividades elétricas da solução do solo para os diferentes níveis. Segundo Nuez; Gil Ortega e Costa (1996) as condições de cultivo podem exercer influência sobre o sabor. Esses mesmos autores comprovaram que os frutos obtidos com temperaturas diurnas muito elevadas tinham um pior sabor e menor conteúdo de açúcares redutores e de sólidos solúveis. Os frutos cultivados em solos com condutividades elétricas elevadas aumentam seu conteúdo em sólidos solúveis, sendo mais doces e com melhor aroma.

Pilon (2003) trabalhando com pimentões minimamente processados encontrou valores de acidez e pH para o pimentão de 5,9 % e 5,62, respectivamente. Sendo assim os frutos colhidos e analisados em função dos parâmetros de qualidade, que é usualmente utilizado, encontram-se próximos ao pH normal para os frutos de pimentão recém colhidos. Dentre os níveis, o único que se destaca, é o N2, apresentando um valor 9,94 % acima do valor encontrado por Pilon (2003). Para a acidez titulável, os valores médios decorrentes da análise feita nos frutos, mostraram-se inferiores aos encontrados por Pilon (2003) e Janse (1991). No entanto os valores de acidez para os diferentes níveis ficaram próximos.

### **2.3.11 Classificação do pimentão segundo o Programa Horti & Fruti Padrão**

Dos frutos colhidos, a produção comercial está apresentada nas Tabela 31 e Tabela 32, segundo enquadramento de CLASSE, SUB-CLASSE. A única categoria na qual os frutos comerciais puderam ser enquadrados foi a Extra, com um limite de defeitos de até 5%, uma vez que a produção foi desfigurada devido a problemas nutricionais, frutos com podridão no apical, sendo que para o quesito podridão as normas de classificação são bem rígidas, com limites de tolerância nunca superior a 3 %. Sendo assim após classificados os frutos na categoria extra, obedecendo esses limites, restou apenas os frutos com podridão, estando essa podridão generalizada nesses frutos. Com isso o restante dos frutos não pode ser enquadrado em nenhuma das categorias proposta pelo CEAGESP, por não atender aos limites permitidos de defeitos, referente a podridão, que seria até 1% categoria I e 1% e 3% para as categorias II e III, respectivamente, restando o descarte para estes frutos.

Tabela 31 – Média do número de frutos comerciais enquadrados por CLASSE (comprimento) para os tratamentos aplicados, segundo Programa Horti & Fruti Padrão – Programa paulista para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, CEAGESP e Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

Níveis	4 (4 a 6 cm)	6 (6 a 8 cm)	8 (8 a 10 cm)	10 (10 a 12 cm)	12 (12 a 15 cm)	15 (15 a 18 cm)
N1	16,25	15,75	14,00	6,25	2,75	9,00
N2	6,75	13,75	10,75	6,00	2,33	-
N3	4,25	12,00	10,00	3,67	3,50	4,25
N4	5,75	14,25	13,75	4,25	2,50	1,00
K1	4,25	13,25	12,50	6,00	3,67	16,00
K2	15,25	11,75	15,50	4,75	1,75	1,00
K3	4,50	13,75	11,75	6,00	2,67	-
K4	9,00	17,00	8,75	4,00	3,00	2,00

Nota: Sinal convencional utilizado:

- Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

Tabela 32 – Média do número de frutos comerciais enquadrados por SUB-CLASSE (calibre), para os tratamentos aplicados, segundo Programa Horti & Fruti Padrão – Programa paulista para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, CEAGESP e Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

Níveis	4 (4 a 6 cm)	6 (6 a 8 cm)	8 (10 a 10 cm)
N1	17,00	24,75	3,50
N2	18,00	18,50	2,50
N3	16,25	14,00	1,67
N4	16,50	22,50	2,25
K1	19,75	19,25	2,25
K2	16,50	19,00	2,75
K3	16,00	19,25	2,67
K4	15,50	22,25	2,50

O número de frutos reduziu-se para as categorias maiores acima da 10, exceto para o nível K1 e N1, expressando influência de uma menor dose de N e K<sub>2</sub>O na obtenção de maiores comprimentos de frutos. A maior parte da produção comercial se enquadrou nas classes 6 e 8 e

dentro dessas, as menores doses proporcionaram os maiores comprimentos, destacando o K4 para a classe 6 e o K2 para a classe 8.

Considerando-se uma relação entre o comprimento e o calibre e/ou diâmetro (C/D), os maiores diâmetros também foram conseguidos para as menores doses de N e K<sub>2</sub>O, dentro das sub-classes 4 e 6 (Tabela 32).

A obtenção de um maior número de frutos enquadrados nas classes e sub-classes de maior comprimento e maior calibre pode ser obtida com um manejo de raleio na produção e desbrotas periódicas nas plantas, potencializando a relação fonte e dreno.

### 2.3.11.1 Produção de biomassa verde e seca das plantas no final do ciclo produtivo

A matéria verde total de folhas aumentou linearmente com o aumento da dose aplicada de potássio, numa razão de 0,0022 kg planta<sup>-1</sup> de folha produzida para cada grama de potássio, aplicado acima de 3,0 g planta<sup>-1</sup>, até à dose de 28,9 g planta<sup>-1</sup> de potássio. Ocorreu interação quadrática e cúbica do N e K, respectivamente, no modelo gerado, sem expressividade nas médias obtidas, sendo um valor ínfimo ( $-1,8 \cdot 10^{-9}$ ). O tratamento que propiciou o melhor rendimento (0,70 g planta<sup>-1</sup>) foi a combinação de 28,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 28,9 g planta<sup>-1</sup> de potássio, (N3K2). A menor massa verde foi conseguida pela combinação (N1K4), apresentando uma redução de 28,57 % em relação ao maior valor médio (Tabela 33).

Tabela 33 – Médias da massa verde total das folhas

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	kg planta <sup>-1</sup>				
14,1 (N1)	0,50	0,57	0,61	0,58	0,57
15,7 (N4)	0,50	0,60	0,64	0,53	0,57
21,1 (N2)	0,54	0,62	0,55	0,60	0,58
28,1 (N3)	0,50	0,57	0,70	0,64	0,60
Média	0,51	0,59	0,63	0,59	0,58
CV (%)					10,50
Equação: $MVFL = 0,512967 + 0,002248**K - 1,8 \cdot 10^{-9}*N^2K^3$					$R^2 = 0,4815$

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

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

A combinação de doses que proporcionou a maior massa seca de folhas (0,083 kg planta<sup>-1</sup>) foi 28,1 kg planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 28,9 kg planta<sup>-1</sup> de potássio (N3K2), e de menor rendimento de

massa seca ( $0,065 \text{ kg planta}^{-1}$ ) foi  $14,1 \text{ kg planta}^{-1}$  de nitrogênio e  $3,0 \text{ kg planta}^{-1}$  de potássio (N1K4). Conseguindo assim uma diferença percentual de 21,69 % entre os valores extremos (Tabela 34).

Tabela 34 – Médias da massa seca total das folhas

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	kg planta <sup>-1</sup>				
14,1 (N1)	0,065	0,072	0,073	0,072	0,070
15,7 (N4)	0,067	0,073	0,076	0,065	0,070
21,1(N2)	0,070	0,076	0,068	0,072	0,071
28,1(N3)	0,065	0,070	0,083	0,082	0,075
Média	0,067	0,073	0,075	0,073	0,072
CV (%)					9,40

Equação:  $MSFL = 0,072256 - 0,00031*N - 3,8 \cdot 10^{-5}**K + 7,7 \cdot 10^{-7}*N^2K - 1 \cdot 10^{-10}*N^2K^3$   
 $R^2 = 0,4814$

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

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

A massa verde total do caule aumentou linearmente com o aumento da dose aplicada de potássio, numa razão de  $0,00149 \text{ kg planta}^{-1}$  de caule produzido para cada grama de potássio, aplicado acima de  $3,0 \text{ g planta}^{-1}$ . Há um efeito da interação quadrática e cúbica do N e K, respectivamente, na qual expressou uma razão de significância, mesmo que ínfima ( $1,0 \cdot 10^{-9}$ ), no modelo gerado, no entanto seu efeito não foi observado entre as médias (Tabela 35).

Tabela 35 – Médias da massa verde total do caule segundo os tratamentos

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	kg planta <sup>-1</sup>				
14,1 (N1)	0,18	0,22	0,23	0,24	0,22
15,7 (N4)	0,19	0,22	0,22	0,21	0,21
21,1(N2)	0,18	0,23	0,20	0,23	0,21
28,1(N3)	0,18	0,20	0,23	0,24	0,21
Média	0,18	0,22	0,22	0,23	0,21
CV (%)					10,19

Equação:  $MVC = 0,1774069158 + 0,0014935692**K + 0,0000000001*N^2K^3$   
 $R^2 = 0,7266$

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

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

O tratamento que propiciou o melhor rendimento (0,24 kg planta<sup>-1</sup>) foi à combinação de 14,1 e 28,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 34,2 g planta<sup>-1</sup> de potássio, para os níveis N1, N4 e K3 (Tabela 35).

A massa seca total do caule aumentou linearmente com o aumento da dose aplicada de potássio. O tratamento que propiciou o melhor rendimento (0,041 kg planta<sup>-1</sup>) foi à combinação de 28,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 34,2 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N3K3). A diferença de massa seca do maior valor em relação ao menor valor médio obtido foi de 26,83 %, O acréscimo na massa seca do caule devido ao aumento da dose de potássio, foi de 21,05 % em relação ao nível K1 (Tabela 36).

Tabela 36 – Média da massa seca total do caule segundo os tratamentos

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	kg planta <sup>-1</sup>				
14,1 (N1)	0,030	0,036	0,037	0,038	0,035
15,7 (N4)	0,032	0,035	0,033	0,033	0,033
21,1(N2)	0,030	0,037	0,033	0,037	0,034
28,1(N3)	0,031	0,032	0,035	0,041	0,035
Média	0,031	0,035	0,034	0,037	1,089
CV (%)					3,50
Equação: MSC = 0,030338 + 1,00537**K					R <sup>2</sup> =0,5582

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

A matéria verde total das plantas diminuiu linearmente com o aumento da dose aplicada de nitrogênio, numa razão de 0,022 kg planta<sup>-1</sup> de matéria verde para cada grama de nitrogênio aplicado acima de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio. O tratamento que proporcionou o melhor rendimento (2,41 kg planta<sup>-1</sup> massa verde) foi a combinação de 15,7 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 28,9 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N4K2). A menor massa verde foi conseguida para os tratamentos N3K1 e N3K3, apresentando uma redução de 19,92 % em relação ao maior valor médio (Tabela 37).

Tabela 37 – Médias da massa verde total das plantas

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	kg planta <sup>-1</sup>				
14,1 (N1)	2,26	2,26	2,29	2,40	2,30
15,7 (N4)	2,25	2,26	2,41	2,09	2,25
21,1(N2)	2,12	2,19	2,04	2,12	2,12
28,1(N3)	1,98	1,93	2,12	1,93	1,99
Média	2,15	2,16	2,22	2,13	2,17
CV (%)					8,78
Equação: MVPL = 2,598963 - 0,02192**N				R <sup>2</sup> =0,6971	

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

A massa seca total das plantas diminuiu linearmente com o aumento da dose aplicada de nitrogênio, numa razão de 0,00128 kg planta<sup>-1</sup> de matéria seca para cada grama de nitrogênio acima de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio. Já Olsen; Lyons e Kelly (1993) encontraram relação linear entre doses de N e a produção total de matéria seca de pimentão. O tratamento que proporcionou o melhor rendimento (0,899 kg planta<sup>-1</sup> massa seca) foi a combinação de 14,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 34,2 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N1K3). O tratamento que propiciou o pior rendimento (0,864 kg planta<sup>-1</sup>) foi à combinação de 28,1 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e 23,7 g planta<sup>-1</sup> de potássio (N3K1). Ocorrendo uma pequena redução de 2,81 % entre os valores médios extremos (Tabela 38).

Tabela 38 – Médias da massa seca total das plantas

Doses N (g planta <sup>-1</sup> )	Doses K <sub>2</sub> O (g planta <sup>-1</sup> )				Média
	3,0 (K4)	23,7 (K1)	28,9 (K2)	34,2 (K3)	
	kg planta <sup>-1</sup>				
14,1 (N1)	0,885	0,889	0,890	0,899	0,891
15,7 (N4)	0,886	0,888	0,896	0,872	0,885
21,1(N2)	0,877	0,886	0,870	0,879	0,878
28,1(N3)	0,867	0,864	0,882	0,876	0,872
Média	0,879	0,882	0,884	0,881	0,881
CV (%)					1,72
Equação: MSPL = 0,90663 - 0,00128**N				R <sup>2</sup> =0,4952	

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

A contribuição do N e do K<sup>+</sup> nos melhores valores médios de massa verde e seca da planta ocorreu para os tratamentos N4K2 e N1K3, respectivamente, ou seja, as menores doses de nitrogênio (14,1 e 15,7 g planta<sup>-1</sup>) associadas às doses intermediárias de potássio (23,7 e 28,9 g

planta<sup>-1</sup>), proporcionaram os melhores rendimentos de massa verde e seca na cultura do pimentão. A influência dos menores níveis de N (200 kg ha<sup>-1</sup> de N) e K (450 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) quando se considera a planta com um todo, provavelmente está em função das médias de massa verde e seca dos frutos, que corresponde a 63,67 e 87,96 % , respectivamente, da massa verde e seca total.

Hochmuth et al. (1987) e Crespo-Ruiz et a. (1988) encontraram aumentos significativos na produção de matéria seca de folha e caule de pimentão com o aumento de doses de nitrogênio.

Nas partes vegetativas da planta ocorreu uma influência diferenciada dos íons N e K, nos valores médios de massa verde e seca.

Na massa verde e seca das folhas ocorreu a predominância da maior dose de nitrogênio, referente ao nível N3 (400 kg ha<sup>-1</sup> de N) estando condicionada à dose K2 (550 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

Na massa verde e seca do caule, o potássio predominou na obtenção dos maiores valores médios. O nível K3 (650 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) foi responsável pelo melhor rendimento de caule, com um acréscimo médio de 21,05 % em relação ao nível K1 (450 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

### 3 CONCLUSÕES

Para as condições que este trabalho foi proposto e como ele foi desenvolvido, respeitando as condições experimentais e os resultados obtidos, foram obtidas as seguintes:

O manejo de fertirrigação tradicional submetido à cultura do pimentão sob ambiente protegido, norteado pela marcha de absorção da cultura e em muitos casos por altas doses de nitrogênio e potássio, visando o aumento da produtividade, gerou recomendações equivocadas. Neste experimento obtiveram-se as melhores produções e com os mesmos padrões comerciais, com as menores doses de nitrogênio e potássio. Destaca-se assim as doses de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 67,2 kg ha<sup>-1</sup> de potássio, na qual essa última dose foi obtida através do monitoramento do íon potássio na solução extraída do substrato.

O uso de extratores de soluções de cápsula porosa associados aos medidores de íons NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e K<sup>+</sup>, mostrou-se eficiente no manejo das fertirrigações para a cultura do pimentão, conseguindo-se ao final do ciclo uma dose quantitativamente menor que esteve associada às melhores produtividades.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, M.F. de; ABREU, C.A. de; BATAGLIA, O.C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas: IAC, 2002. p. 17-27. (IAC. Documentos, 70).
- ALFAIA, S.S. Destino de fertilizantes nitrogenados (15N) em um Latossolo Amarelo cultivado com feijão caupi (*Vigna unguiculata*, L.). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 27, n. 2, p. 65-72, 1997.
- ALMEIDA NETO, D. Fertirrigação de flores no Brasil. In: FOLEGATTI, M.V.; CASARINI, E.; BLANCO, F.F.; BRASIL, R.P.C. do; RESENDE, R.S. (Coord.). **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. v. 2, cap. 10, p. 319-331.
- ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultivo em invernadero**. 3.ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1991. 347 p.
- AL-RIACHI, M.; AL-KARAGHOUL, I.; HASSON, A.W. Relation between radion fluxes of a greenhouse in semi-arid conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 4, p. 329-338, 1989.
- ANSORENA MINER, J. **Substratos: propiedades y caracterización**. Bilbao: Ediciones Mundi-Prensa, 1994. 172 p.
- ARNON, D.I.; STOUT, P.R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiology**, Rockville, v. 14, p. 371-375, 1939.
- ASSIS, S.V.; ESCOBEDO, J.F. Influência do angulo de elevação solar no albedo da cultura de alface (*Lactuca sativa*, L.) medido em estufas de polietileno tipo túnel e externamente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 476-478.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Qualidade de água na agricultura**. Tradução de H.R. GHEYI. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).
- BAER, J.; SMEETS, L. Effect of relative humidity on fruit set and seed set in pepper (*Capsicum annuum* L.). **Netherlands Journal of Agriculture Science**, Wageningen, v. 26, n. 1, p. 59-63. In: **Horticultural Abstracts**, East Malling, v. 48, n. 8, p. 645, 1978. Abstract 7327.
- BAILLE, A.; KITTAS, C.; KATSOULAS, N. Influence of whitening on greenhouse microclimate and crop energy partitioning. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 107, p. 293-306, 2001.
- BAR-YOSEF, B. Fertilization under drip irrigation. In: PALGRAVE, D.A. (Ed.). **Fluid fertilizer: science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1991. cap. 14, p. 285-329. (Fertilizer Science and Technology Series, 7).

BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R.; SANTOS, W.R. Diagnose visual e análise de plantas. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill. 1992. p. 369-394.

BAYTORUM, N.; ABAK, K.; TORGOZ, H.; ALTUNTAS, O. Effect of different greenhouse covering materials on inside climate and on the development of tomato plants. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 366, p. 125-132, 1994.

BEEVERS, H. Metabolic sinks. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F.A.; SULLINAV, C.Y.; VAN BAVEL, C.H.M. **Physiological aspects of crop yield**. Madison: American Society of Agronomy, 1969. chap. 8, p. 169-180

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BOSWELL, V.R.; DOOLITTLE, L.P.; PULTZ, L.M.; TAYLOR, A.L.; DANIELSON, L.L.; CAMPBELL, R.E. **Pepper production**. Washington: USDA, Agriculture Research Service, 1964. 39 p. (Agricultural Information Bulletin, 276).

BRANDÃO FILHO, J.U.T.; CALLEGARI, O. Cultivo de hortaliças de frutos em solo em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 64-68, set./dez. 1999.

BURGUEÑO, H. **La fertirrigacion en cultivos hortícolas con acolchado plástico**. Culiacan: BURSAR, 1996. v. 1, 45 p.

BURIOL, G.A.; STRECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M.; HELDWEIN, A.B. Temperatura e umidade de um solo coberto com plásticos transparentes. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 1-6, 1996.

BURIOL, G.A.; LUFT, S.V.L.; HELDWEIN, A.B.; STRECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M. Efeito da ventilação sobre a temperatura e umidade do ar em túneis baixos de polietileno transparente e o crescimento da alface. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 17-24, 1997b.

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

BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B.; STRECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M.; ESTEFANEL, V.; DALMAGO, G.A. Gradiente vertical de temperatura do ar no interior de estufas plásticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997a. p. 471-472.

BURIOL, G.A.; RIGHI, E.Z.; SCHNEIDER, F.M.; STRECK, N.A.; HELDWEIN, A.B.; ESTEFANEL, V. Modificação da umidade relativa do ar pelo uso e manejo da estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 11-18, 2000.

CADAHIA, C. **Fertilización en riego por goteo de cultivos hortícolas**. Madrid: ERT, 1988. 234p.

CAMACHO, M.J.; ASSIS, F.N.; MARTINS, S.R.; MENDEZ, M.E.G. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 19-24, 1995.

CARRIJÓ, O.A.; LIZ, R.S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.

CASALI, V.W.D.; COUTO, F.A.A. Origem e botânica de *capsicum*. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 113, p. 8-10, 1984.

CASALI, V.W.D.; SILVA, R.R.; RODRIGUES, J.J.V. SILVA, J.F.; CAMPOS, J.P. **Anotações de aulas teóricas sobre produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. Viçosa: UFV, 1979. 22p.

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

CERMEÑO, Z.S. **Cultivos de plantas hortícolas em estufa**. Lilexa: Ed. Lisboa, 1993. 366p.

CHILD, A. A review of branching patterns in the Solanaceae. In: HAWKES, J.G.; LESTER, R.N.; SKELDING, A.D. **The biology and taxonomy of the Solanaceae**. London: Academic Press, 1979. p. 345-356.

CHILE. Ministerio da Agricultura. **Cultivo del aji y del pimiento**. Santiago, 1976. 73 p. (Boletim Técnico, 70).

COCHRAN, H.L. Factors affecting flowering and fruit setting in the pepper. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 29, p. 434-437, 1932.

CRESPO-RUIZ, M.; GOYAL, M.R.; BÁEZ, C.C.; RIVERA, L.E. Nutrient uptake and growth characteristics of nitrogen fertigated sweet peppers under drip irrigation and plastic mulch. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Porto Rico, v.72, n.4, p. 575-585, 1988.

CRITTEN, D.L.; BAILEY, B.J. A review of greenhouse engineering developments during the 1990s. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 112, p. 1-22, 2002.

- DALSASSO, L.C.M.; HELDWEIN, A.B.; BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M.; STRECK, N.A.; DALMAGO, G.A. Consumo de água do tomateiro tipo salada em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 61-67, 1997.
- DeBOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 26, p. 37-44, 1972.
- DOORENBOS, J.; PRUIT, W.O. **Necessidade hídrica das culturas**. Tradução de H.R. Gheyi et al. Campina Grande: UFPB, 1997. 204 p.
- ERDEI, L.; TRIVEDI, S. Caesium/potassium selectivity in wheat and lettuce of different K<sup>+</sup> status. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 138, p. 696-699, 1991.
- ESCOBEDO, J.F.; MELO, J.M.D.; FRISINA, V.A. Radiações solar global e fração da global refletida em estufa tipo túnel em cobertura de polietileno. In: CONGRESSO IBÉRICO DE ENERGIA SOLAR, 7., 1994, Vigo. **Anais...** Vigo: ISES, 1994. v. 1, p. 53-58.
- EVENHUIS, B.; WAARD, P.W.F. Principles and practices in plant analysis. In: FAO. **Soils**. Rome: FAO, 1980. p. 152-163. (Bulletin, 38/1).
- FACCIOLI, G.G. **Determinação da evapotranspiração de referência e da cultura da alface em condições de casa de vegetação, em Viçosa, MG**. 1998. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 17- 22, 1994.
- 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, p. 31-36, 1993a.
- FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M.A.; OLIVEIRA, C.B. Alterações da temperatura e umidade relativa do ar provocado pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 51-62, 1993b.
- FERMINO, M.H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. Campinas: IAC, 2002. p. 29-37. (IAC. Documentos, 70).
- FERNANDES, C.; CORÁ, J.E.; ARAÚJO, J.A.C. Teores foliares de nutrientes em tomateiro cultivado em substrato com parcelamento da fertirrigação. In: WORKSHOP DE FERTIRRIGAÇÃO: FLORES, FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 201-210.

FIGUEIREDO, D.; FRISINA, V.A.; ESCOBEDO, J.F. Saldo de irradiância da cultura de alface numa estufa de polietileno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995. p. 329-331.

FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO. **Agrianual 2005**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Argos Comunicação. 2005. 519 p.

FOLEGATTI, M.V. (Coord.). **Fertirrigação**: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. 460 p.

FREIRE, C.J.S. **Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário**. Pelotas: EMBRAPA; CPACT, 1998. 208 p.

FRISINA, V.A.; ESCOBEDO, J.F. Albedo no ciclo completo da cultura de alface. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 1., 1995, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Legis Summa, 1995. p. 204-214.

FRISINA, V.A.; ESCOBEDO, J.F.; ASSIS, S.V. Balanço de energia em cultura de alface (*Lactuca sativa*, L.) em estufa de polietileno. In: CONGRESSO IBÉRICO DE ENERGIA SOLAR, 8., 1997, Porto. **Anais...** Porto: IEES, 1997. p. 599-604.

FURLAN, R.A. **Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido**. 2001. 146p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

FURLANI, P.R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L.C.P.; FAQUIN, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 90-98, set./dez. 1999a.

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

GATÉS, D.M. Energy exchange and transpiration. In: LANGE, O.L.; KAPPEN, L.; SCHULZE, E.D. (Ed.). **Ecological studies**. Berlin: Springer-Verlag, 1976. v. 19, p. 137-147.

GOMES, L.A.A.; SILVA, E.C. da; FAQUIN, V. Recomendações de adubação em ambientes protegidos In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação**. Viçosa, 1999. 80 p.

GONZALES, A. M. Ahorro energético y materiales de cobertura para cultivos hortícolas. In: CURSO INTERNACIONAL DE HORTICULTURA INTENSA (COMESTIBLE Y ORNAMENTAL) EM CLIMAS ÁRIDOS, 4., 1985, Murcia. **Apostilas...** Murcia: Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1985. v. 2, p.258.

- GRAIFENBERG, A.; PETSAS, S.; LENZI, I. Crescita e asportazione degli elementi nutritivi nel peperone allevato in serra fredda. **Culture Protette**, Maggio, v. 12, p. 33-38, 1985.
- GUISELINI, C. **Microclima e produção de gérbera em ambientes protegidos com diferentes tipos de cobertura**. 2002. 53 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola). – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- HAAG, H.P.; HOMA, P.; KIMOTO, T. Nutrição mineral de hortaliça: absorção de nutrientes pela cultura do pimentão. **O Solo**, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 7-11, 1970.
- HELLER, R. Relationships between potassium and other mineral elements in plant nutrition. **Comptes-Rendus-de-l' Academie-d' Agriculture-de-France**, Bouvier, v. 77, n. 2, p. 85-98, 1991.
- HOCHMUTH, G.J.; SHULER, K.D.; MITCHELL, R.L.; GILREATH, P.R.. Nitrogen crop nutrient requirement demonstrations for mulched pepper in florida. **Soil and Crop Science Society of Florida Annual Proceeding**, Gainesville, v.100, p. 205-209, 1987.
- HOFFMANN, P. **Photosynthesis**. Berlin: Akademie Verlag. 1987. 158 p.
- JANSE, J. Quality research of sweet pepper. **Glasshouse Crop Research Station. Annual Report**, Naaldwijk, v. 24, p.160-165, 1991.
- KITTAS, C.; BAILLE, A.; GIAGLARAS, P. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouse. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Bedford, v. 73, p. 341-351, 1999.
- KRAMPF, A.N. O uso de substrato em cultivo protegido no agronegócio brasileiro. Caracterização, manejo e qualidade de substrato para produção de plantas. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. Campinas: IAC, 2002. p. 1-5. (IAC. Documentos, 70).
- KURATA, K. Role of reflection in light transmissivity of greenhouses. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 52, p. 319-331, 1990.
- LE BOT, J.; KIRKBY, E.A. Diurnal uptake of nitrate and potassium during the vegetative growth of tomato plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 15, p. 247-264, 1992.
- LOCASCIO, S.; FISKELL, J.G.A.; GRAETZ, D.; HAUCK, R. Nitrogen accumulation by pepper as influenced by mulch and time of fertilizer application. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 110, n. 3, p. 325-328, 1985.
- LOCASCIO, S.; FISKELL, J.G.A.; MARTIN, F.G. Responses of bell pepper to nitrogen sources. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 106, n. 3, p. 628-632, 1981.

- MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 123 p.
- MARCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- MARCUSSI, F.F.N.; GODOY, L.J.G. de; VILLAS BÔAS, R.L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e K pela planta. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 41-51, jan./abr. 2004.
- MARTIN, E.C.; NOVOA, A.C.; GOMES, S.J. Estúdio comparativo de lãs propriedades de diversos materiais como cuberta em cultivos protegidos. **Revista de Plásticos Modernos**, Madrid, n. 308, p. 185-189, 1982.
- MARTINEZ, P.F. Manejo de substrato para horticultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. Campinas: IAC, 2002. p. 53-76. (IAC. Documentos, 70).
- MARTINS, S.R.; GONZALES, J.F. Avaliação do resfriamento em estufa plástica mediante sistema de ventilação e nebulização. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 13-18, 1995a.
- MARTINS, S.R.; GONZALES, J.F. Evapotranspiração e respostas fisiológicas do feijão-vagem cultivado em substrato em estufa com sistema de ventilação/calefação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 31-37, 1995b.
- McCREE, K.J. The action spectrum absorplance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 9, p. 191-216, 1972.
- MEDEIROS, J.F.; PEREIRA, F.A.C.; FOLEGATTI, M.V.; PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A. Comparação entre evaporação de tanque classe A padrão e em mini-tanque, instalados em estufa e estação meteorológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 228-230.
- 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.
- MELO, A.M.T. de. **Análise genética de caracteres de fruto em híbridos de pimentão.** 1997. 112 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- MILLER, H.; Mc.COLLUM, R.; CLAIMON, S. Relationship between growth of bell peppers (*Capsicum annuum* L.) and nutrient accumulation during ontogeny in field environments. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 104, n. 6, p. 852-857, 1979.

MILKS, R.R.; FONTENO, W.C.; LARSON, R.A. Hidrology of horticultural substrates: II Predicting physical properties of substrate in containers. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 114, n. 1, p. 52-56, 1989.

MILNER, L. Manejo da irrigação e fertirrigação em substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas: IAC, 2002. p. 45-51. (IAC. Documentos, 70).

MINAMI, K.; TESSARIOLO NETO, J. **Cursos agrozootécnicos: cultura do pimentão**. Piracicaba: ESALQ, 1994. 57 p.

MONTAG, U.J.; SHNEK, M. **Principles of fertigation and their potencial for global application**. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/PUBLISH/PUBENV/fertigb8.htm>>. Acesso em: 19 out. 2003.

MOTA, J.J.; SOUZA, R.J de; SILVA, E.C da; CARVALHO, J.G de; YURI, J.E. Efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção de alface-americana em cultivo protegido. **Ciência Agrotecnica.**, Lavras, v. 25, n. 3, p.542-549, mai./jun. 2001.

MOURA, A.O.B. **Avaliação do pH e da CE da água de irrigação submetida a diferentes doses e tipos de adubos**. 1994. 92 p. Monografia. (Graduação em Agronomia). – Escola Superior de Agronomia de Mossoró, Mossoró, 1994.

NASCIMENTO FILHO, M.F.; MOURA, M.A.L.; SOUZA, D.K.S., BRAGA, M.B. Caracterização microclimática em diferentes estufas plásticas com hortaliças. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p 488-491.

NOGUERA, P.; ABAD, M.; NOGUERA, V.; PURCHADES, R.; MAQUIERA, A. Coconut coir waste, a new and viable ecologically-friendly peat substitute. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 517, p. 279-286, 2000.

NUEZ, F.; GIL ORTEGA, R.; COSTA, J. **El cultivo de pimientos chiles y ajies**. Madrid: Artes Gráficas Cuesta, 1996. 607 p.

OKHI, K. Critical nutrient levels related to plant growth and some physiological processes. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, p. 1583-1590, 1987.

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

OLSEN, J.K.; LYONS, D.J.; KELLY, M.M. Nitrogen uptake and utilization by bell pepper in subtropical. **Australia Journal of Plant Nutrition**, Adelaide, v. 16, p. 2055-2071, 1993.

PÁDUA, J.G. Aspectos climáticos na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) In: MULLER, J.J.V.; CASALI, V.W.D. **Seminários de olericultura**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1982. v. 2, p. 387-413.

PÁDUA, J.G.; CASALI, V.W.D.; PINTO, C.M.F. Efeitos climáticos sobre o pimentão e pimenta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 113, p. 11-13, 1984.

PANDEV, S.; STANEV, V.; KDREV, T. Effect of major element deficiency in the nutrient medium on the photosynthetic productivity of capsicum. **Fiziologiya na Rastenyata**, Sofia, v. 6, n. 4, p. 46-55, 1980. In: **Horticultural abstracts**, East Malling, v. 51, n. 9, p. 615, Sept. 1981. (Abstracts, 6996).

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 11-84.

PEÑA, I. de la. **Salinidad de los suelos agrícolas: su origen, clasificación, prevención y recuperación**. México: SARH, 1986. 131 p. (Boletim Técnico, 10).

PEREIRA, A.L. **Cultura do pimentão**. Fortaleza: DNOSC, 1990. 49 p.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEZZOPANE, J.E.M.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A. Modificações microclimáticas provocadas por estufa com cobertura plástica. **Bragantia**, Campinas v. 54, n. 2, p. 419-425, 1995b.

PEZZOPANE, J.E.M.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A.; MEYER, N. Radiação líquida e temperatura de folha no interior de estufa com cobertura plástica, durante o período noturno. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria v. 3, p. 1-4, 1995a.

PILON, L. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração**. 2002. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación**. 3.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 513 p.

POMPA, P.G. **La técnica y la tecnología del riego por aspersión**. Madrid: Ministério de Agricultura, 1974. 385 p.

PROGRAMA paulista para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros: classificação de pimentão. São Paulo: CEAGESP, 1998. 1 folder.

PROJETO COCO VERDE. **Produção de coco no Brasil**. Disponível em: <<http://www.projetococoverde.com.br>>. Acesso em: 14 jul. 2005.

RAPOSO, J.R. **A rega por aspersão**. Lisboa: Clássica, 1979. 339 p.

- RAULT, P.A.A. tunnel greenhouse adapted to the tropical low land climate. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 281, p. 95-103, 1990.
- REIS, N.V.B. Diferencial entre os parâmetros de temperatura interna e externa de uma estufa modelo teto em arco – efeito guarda chuva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 465-467.
- REIS, N.V.B.; CARRIJÓ, O.A. Estufa, material de cobertura e cortinamento – durabilidade e transparência à radiação solar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. 1 CD-ROM.
- RESH, H.M. **Hydroponic food production**: a definitive guidebook of soilless food-growing methods. 5th ed. California: Woodbridge Press, 1995. 527 p.
- REZENDE, F.C. **Resposta de plantas de pimentão (*Capsicum annum* L.) à irrigação e ao enriquecimento da atmosfera com CO<sub>2</sub>, em ambiente protegido**. 2001. 107 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem). – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- RICHARDS, L.A. (Ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC: USDA, 1954. 160 p. (USDA. Handbook, 60).
- RICIERI, R.P. **Transmissão da radiação solar global e difusa em estufas plásticas e nebulizadora**. 1995. 91 p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1995.
- RIGHI, E.Z. **Consumo hídrico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado em estufa plástica e sua relação com variáveis meteorológicas em Santa Maria, RS**. Piracicaba, 2000. 69 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola). – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- RINCÓN, L.; SAEZ, J.; BALSALOBRE, E.; PELLICER, M.C. Nutrición del pimiento grueso de invernadero. **HortoFruticultura**, Lisboa, v. 5, p. 37-41, 1993.
- ROBER, R. Substratos Hortícolas: Possibilidades e limites de sua composição e uso; Exemplos da pesquisa, da indústria e do consumo. In: KAMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed.). **Substrato para plantas**: a base da produção vegetal em recipiente. Porto Alegre: Gênese, 2000. p. 209-215.
- ROBLEDO, F.P., MARTIN, L.V. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. Madrid: Mundi-Prensa, 1981. 552 p.
- ROBLEDO DE PEDRO, F.; VICENTE, L.M. **Aplicación de los plásticos em la agricultura**. 2.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1988. 573 p.

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

RYLSKI, I. Effect of the early environment on flowering in pepper (*Capsicum annuum* L). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 97, n. 5, p. 648-651, 1972.

SÁNCHEZ, F.P. Propriedades y características de los substratos. Turba y fibra de coco. In: FERNÁNDEZ, M.F.; GÓMEZ, I.M.C. (Ed.). **Cultivo sen suelo II**: curso superior de especialización. Almería: Dirección Gen. de Investigación y Formación Agraria de la Junta de Andalucía; FIAPA; Caja Rural de Almería, 1999. p. 65-92.

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

SANTOS, R.F.; KLAR, A.E.; FRIGO, E.P. Crescimento da cultura de pimentão cultivado na estufa plástica e no campo sobre diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 250-263, set./dez. 2003.

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.

SEEMANN, J. Greenhouse climate. **Journal of Agrometeorology**, New York, n.1 , v. 1, p. 165-178, 1979.

SENTELHAS, P.C.; SANTOS, A.O. Cultivo protegido: aspecto microclimático. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 108-115, 1995.

SENTELHAS, P.C.; VILLA NOVA, N.A.; ANGELOCCI, R.L. Efeito de diferentes tipos de cobertura, em mini estufas, na atenuação da radiação solar e da luminosidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 480-484.

SENTELHAS, P.C.; BORSATTO, R.S.; MINAMI, K. Transmissividade da radiação solar em estufas cobertas com filmes de PVC azul e transparente. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 157-162, 1999.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 6.ed. Porto Alegre: Petroquímica Triunfo, 1995. 341 p.

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.; COELHO, R.D.; DUARTE, S.N. Fertirrigação e salinidade em estufas de hortaliças. In: FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO. **Agriannual 2001**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Argos Comunicação. 2001. p. 74-76. 545 p.

SIVIERO, P.; BERNARDONI, M. Un tutto perperone. **L'informatore Agrio**, Verona, v. 46, n. 1, p. 73-82, 1990.

SOMOS, A. **The paprika**. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1984. 302 p.

SOUZA, J.L.; ESCOBEDO, J.F. Balanço de radiação em cultivos de feijão-vagem com e sem cobertura de polietileno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 1-15, 1997.

SOUZA, V.F. de; FOLEGATTI, M.V.; COELHO FILHO, M.A.; FRIZZONE, J.A. Distribuição radicular do maracujazeiro sob diferentes doses de potássio aplicadas por irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 51-66, 2002.

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

STECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A. Aumento no aquecimento do solo solarizado com cobertura de túnel baixo e seu efeito sobre a produtividade de cenoura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria v. 5, n. 1, p. 25-30, 1997.

STECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B. Efeito da cobertura com polietileno preto sobre o regime térmico de um solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 15-20, 1996.

SUTO, K.; ANDO, T. The effect of atmospheric humidity and soil moisture contents on plant water status and on the growth of weat pepper and tomato plants. **Bulletin of the Vegetable and Ornamental Crops Research Station**, Tsu, n. 2, p. 49-63, 1975. In: **Horticultural Abstracts**, East Malling, v. 47, n. 3, p. 244, 1977. Abstract 2703.

TANAKA, M.; GENTA, H. **Control del medió ambiente bajo invernadero y túnel plástico**. Salto: Estación Experimental de Citricultura, 1982. 61 p.

TAPIA, G.J. Filmes térmicos para invernaderos. **Revista de plásticos modernos**, Madrid, v. 295, p. 75-82, 1981.

THOMPSON, H.C.; KELLY, W.C. **Vegetable crops**. New York, Toronto, London: McGraw Hill Book, 1957. 611 p.

TIVELLI, S.W. A cultura do pimentão. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (Org.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido**: condições subtropicais. São Paulo: FUNEP, 1998. p. 225-256.

ULRICH, A.; HILLS, F.J. Principles and practices of plant analysis. In: HARDY, G.W. **Soil testing and plant analysis**. Madison: SSSA, 1967. v. 2, p. 11-24. (SSSA. Special Publications Series, 2).

VERLODT, I.; WAAIJENBERG, D. A greenhouse film primer. **Flora Cultura International**, Batavia, p. 32-33, May. 2000.

VILLA BÔAS, R.L. **Doses de nitrogênio para o pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação**. 2001. 123 p. Tese (Livre Docência). – Faculdade de Ciências Agrônômicas “Júlio de Mesquita Filho”, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

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

WHITE, J.W.; MASTALERZ, J.W. Soil moisture as related to “container capacity”. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v. 89, p. 758-765, 1966.

# Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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