

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS DE PIMENTÃO (*Capsicum  
annum* L.) FERTIRRIGADAS E SEUS EFEITOS SOBRE A PRODUÇÃO  
DE MASSA E PARÂMETROS BIOQUÍMICOS**

**GÉSSICA SILVA LIMA**

Dissertação apresentada à Faculdade  
de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus  
de Botucatu, para obtenção do Título de Mestre  
em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU-SP

Fevereiro – 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS DE PIMENTÃO (*Capsicum  
annum* L.) FERTIRRIGADAS E SEUS EFEITOS SOBRE A PRODUÇÃO  
DE MASSA E PARÂMETROS BIOQUÍMICOS**

**GÉSSICA SILVA LIMA**

**Orientador: Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa**

**Coorientador: Prof. Dr. Fernando Broetto**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU-SP

Fevereiro – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO  
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA  
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

L732d Lima, Géssica Silva, 1985-  
Deficiência hídrica em plantas de pimentão (*Capsicum  
annum* L.) fertirrigadas e seus efeitos sobre a produção de  
massa e parâmetros bioquímicos / Géssica Silva Lima. -  
Botucatu : [s.n.], 2013  
xiv, 72 f. : foto color., gráfs. (alguns color.), tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013  
Orientador: Antônio de Pádua Sousa  
Coorientador: Fernando Broetto  
Inclui bibliografia

1. Pimentão. 2. Manejo da irrigação. 3. Prolina. 4.  
Irrigação com déficit hídrico. 5. *Capsicum annum* L. I.  
Sousa, Antônio de Pádua. II. Broetto, Fernando. III.  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"  
(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas.  
IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS DE PIMENTÃO (*Capsicum  
annum* L.) FERTIRRIGADAS E SEUS EFEITOS SOBRE A PRODUÇÃO  
DE MASSA E PARÂMETROS BIOQUÍMICOS”

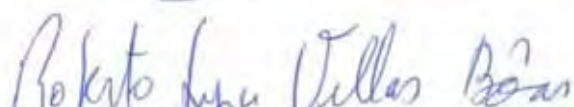
ALUNA: GÉSSICA SILVA LIMA

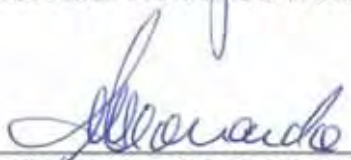
ORIENTADOR: PROF. DR. ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. FERNANDO BROETTO

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. MARCELO LEONARDO

Data da Realização: 22 de fevereiro de 2013.

**DEDICO**

Aos meus pais,

Aos meus pais, Gerailde Silva de Assunção e Isaias Pereira Lima, pela dedicação, carinho, entusiasmo e compreensão em todos os momentos da minha vida.

**OFEREÇO**

Ao meu irmão Jefferson pelo apoio; companheirismo e motivação.

## AGRADEÇO

A Deus pela força e determinação para enfrentar de forma ética os obstáculos encontrados durante essa jornada, com os quais venho aprendendo e amadurecendo.

Aos meus pais Gearailde e Isaias pelo carinho e entusiasmo.

Ao meu irmão Jefferson.

Aos parentes tios, tias e primos que sempre torceram por mim.

Ao Prof. e Orientador Dr. Antônio de Pádua Sousa, pela receptividade, confiança, incentivo.

Ao Prof. e Co-Orientador Dr. Fernando Broetto, conhecimentos partilhados.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/FCA, campus de Botucatu – SP, em especial ao Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade de continuar a minha formação profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos Professores João Carlos Cury Saad, Antônio de Pádua Sousa, Leonardo Theodoro Bull, Dirceu Maximino Fernandes, Helio Grassi Filho, Antônio Evaldo Klar, João Luís Zocoler, Raimundo Leite Cruz, Norberto da Silva, dentre outros.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural da FCA, Gisele, Rafaela, Gilberto, Israel, Djair e Seu Adão.

Aos colegas de pós-graduação Joselina Correia, Aline Sandim, Ana Guirra, Bruna Soldera, Dayane Bressan, Alexsandro Oliveira, José Joaquim, Laís Lorena, Lucas Santos, Rai Monteiro, Renata Coscolin, Rigléia Brauer, Clescy Oliveira, Franciana Sousa, Josué Júnior, Maurício Roberto, Ilca Puertas e Tatila Pletschi.

A Rafael, pelo amor, carinho e paciência durante a realização deste trabalho.

As pessoas não mencionadas, porém não esquecidas, que em algum momento da vida percorreram comigo o caminho para chegar aqui.

A todos, meu muitíssimo obrigada, pelos momentos compartilhados, pois vocês foram e são de fundamental importância para minha evolução.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	IX
LISTA DE TABELAS .....	XII
<b>RESUMO</b> .....	1
<b>SUMMARY</b> .....	3
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	7
2.1. Cultura do pimentão .....	7
2.2. Ambiente protegido .....	8
2.3. Manejo de irrigação .....	10
2.4. Fertirrigação .....	12
2.5. Parâmetros bioquímicos .....	13
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
3.1. Localização e instalação do experimento .....	15
3.2. Análise de solo .....	16
3.3. Adubação .....	16
3.4. Condução dos tratamentos .....	17
3.5. Material vegetal e manejo da cultura .....	18
3.6. Delineamento experimental .....	19
3.7. Análise de parâmetros de crescimento e de produtividade .....	20
3.7.1. Altura de plantas e número de folhas .....	20
3.7.2. Área foliar .....	20
3.7.3. Produção de frutos .....	21
3.7.4. Análise da massa de matéria seca .....	21
3.8. Análise química dos constituintes da planta .....	21
3.9. Análises bioquímicas .....	22

3.9.1. Coleta e armazenamento do material vegetal .....	22
3.9.2. Processamento do material vegetal para obtenção do extrato bruto .....	22
3.9.3. Determinação do teor de proteína solúvel total .....	23
3.9.4. Atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD; EC 1.15.1.1) .....	23
3.9.5. Atividade da enzima peroxidase .....	24
3.9.6. Determinação do teor de prolina .....	24
3.10. Análise dos dados experimentais .....	24
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
4.1. Condições climáticas no interior da estufa .....	25
4.2. Volume total de água aplicado durante o experimento .....	27
4.3. Parâmetros de crescimento e produtividade. ....	27
4.4. Análise de massa da matéria seca da parte aérea e do fruto .....	37
4.5. Análise química dos constituintes da planta .....	39
4.6. Análises bioquímicas .....	57
4.6.1. Análise da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) .....	57
4.6.2. Análise da atividade da enzima peroxidase (POD) .....	59
4.6.3. Teor de Prolina .....	62
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>65</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>66</b>



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Vista geral da casa de vegetação com plantio de pimentão Melina.....	15
<b>Figura 2.</b> Curva de retenção de água de um solo argiloso e a relação entre a tensão (expressa em KPa) e o teor de água no solo (%) .....	18
<b>Figura 3.</b> Temperaturas máximas, médias e mínimas no interior do ambiente protegido. FCA/Botucatu, SP, 2012. ....	26
<b>Figura 4.</b> Umidades máximas, médias e mínimas no interior do ambiente protegido. FCA/Botucatu, SP, 2012. ....	26
<b>Figura 5.</b> Volume total de água aplicada durante o ciclo da cultura do pimentão.....	27
<b>Figura 6.</b> Altura de plantas (AP) obtida ao final do cultivo do pimentão Melina, sob efeito de déficit hídrico.....	29
<b>Figura 7.</b> Dados médios observados e estimados pelo modelo linear na variável Índice de Área Foliar em função de lâminas de irrigação. ....	30
<b>Figura 8.</b> Dados médios observados e estimados pelo modelo quadrático na variável comprimento de fruto em função de lâminas de irrigação. ....	31
<b>Figura 9.</b> Dados médios observados e estimados pelo modelo quadrático na variável diâmetro de fruto em função de lâminas de irrigação.....	32
<b>Figura 10.</b> Dados médios observados e estimados pelo modelo quadrático na variável espessura de casca em função de lâminas de irrigação .....	33
<b>Figura 11.</b> Dados médios observados e estimados pelo modelo linear na variável número de frutos por planta em função de lâminas de irrigação.....	34
<b>Figura 12.</b> Dados médios observados e estimados pelo modelo quadrático na variável peso médio de fruto em função de lâminas de irrigação.....	35
<b>Figura 13.</b> Dados médios observados e estimados pelo modelo quadrático na variável produtividade em função de lâminas de irrigação .....	37

<b>Figura 14.</b> Dados médios observados e estimados pelo modelo linear na variável massa de matéria seca da parte aérea (MMS PA) folha+caule em função de lâminas de irrigação .....	38
<b>Figura 15.</b> Dados médios observados e estimados pelo modelo linear na variável massa de matéria seca de fruto (MMS F) em função de lâminas de irrigação.....	39
<b>Figura 16.</b> Valores médios para concentração de nitrogênio (N) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação .....	46
<b>Figura 17.</b> Valores médios para concentração de fósforo (P) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação .....	47
<b>Figura 18.</b> Valores médios para concentração de potássio (K) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação .....	48
<b>Figura 19.</b> Valores médios para concentração de cálcio (Ca) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação .....	49
<b>Figura 20.</b> Valores médios para concentração de magnésio (Mg) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação .....	50
<b>Figura 21.</b> Valores médios para concentração de enxofre (S) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação .....	51
<b>Figura 22.</b> Valores médios para concentração de boro (B) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação .....	52
<b>Figura 23.</b> Valores médios para concentração de cobre (Cu) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação .....	53
<b>Figura 24.</b> Valores médios para concentração de ferro (Fe) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação .....	54

<b>Figura 25.</b> Valores médios para concentração de manganês (Mn) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação .....	55
<b>Figura 26.</b> Valores médios para concentração de zinco (Zn) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação .....	56
<b>Figura 27.</b> Valores médios da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em folhas de plantas pimentão Melina até os 92 DAT em função de diferentes níveis de irrigação .....	58
<b>Figura 28.</b> Valores médios da atividade da enzima peroxidase em folhas de plantas de pimentão Melina até os 92 DAT em função de diferentes níveis de irrigação.....	61
<b>Figura 29.</b> Valores médios do teor de prolina em folhas de plantas de pimentão Melina até os 92 DAT em função de diferentes níveis de irrigação .....	64

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Análise química do solo de textura argilosa .....	16
<b>Tabela 2.</b> Recomendação de nutrientes para o pimentão, com forma a fase de desenvolvimento da cultura .....	17
<b>Tabela 3.</b> Coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) e coeficientes de uniformidade estatístico de irrigação (CUE).. .....	19
<b>Tabela 4.</b> Resumo da ANOVA para altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), índice de área foliar (IAF), comprimento de fruto (CF), diâmetro de fruto (DF), espessura de casca (EC), número de fruto por planta (NFP), peso médio de fruto (PMF) e produtividade (P) medidos aos 92 DAT.....	28
<b>Tabela 5.</b> Valores médios em centímetros para altura de plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT .....	28
<b>Tabela 6.</b> Valores médios de índice área foliar $m^2 m^{-2}$ em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT .....	29
<b>Tabela 7.</b> Valores médios de comprimento de fruto em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT.....	31
<b>Tabela 8.</b> Valores médios de diâmetro de fruto em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT. ....	32
<b>Tabela 9.</b> Valores médios de espessura da casca em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT .....	33
<b>Tabela 10.</b> Valores médios de número de frutos por planta em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT.....	34
<b>Tabela 11.</b> Valores médios de peso médio de fruto em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT.....	35

<b>Tabela 12.</b> Valores médios de produtividade em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT. ....	36
<b>Tabela 13.</b> Análise de variância para massa de matéria seca (MMS) da parte aérea (folhas + caule) e fruto de plantas de pimentão Melina aos 92 DAT em função de diferentes níveis de irrigação. ....	37
<b>Tabela 14.</b> Valores médios de MMS PA (folha+caule) em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT.....	38
<b>Tabela 15.</b> Valores médios de MMS F em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT .....	39
<b>Tabela 16.</b> Análise de variância para concentração de macronutrientes e de micronutrientes em folhas+caule de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação aos 47 DAT.....	41
<b>Tabela 17.</b> Concentração de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em folhas+caule de pimentão Melina aos 47 DAT .....	41
<b>Tabela 18.</b> Análise de variância para concentração de macronutrientes e de micronutrientes em folhas+caule de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação aos 62 DAT.....	42
<b>Tabela 19.</b> Concentração de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em folhas+caule de pimentão Melina aos 62 DAT .....	42
<b>Tabela 20.</b> Análise de variância para concentração de macronutrientes e de micronutrientes em folhas+caule de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação aos 77 DAT.....	43
<b>Tabela 21.</b> Concentração de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e de micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em folhas+caule de pimentão Melina aos 77 DAT .....	43
<b>Tabela 22.</b> Análise de variância para concentração de macronutrientes e de micronutrientes em folhas+caule de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação aos 92 DAT.....	44
<b>Tabela 23.</b> Concentração de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e de micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em folhas+caule de pimentão Melina aos 92 DAT .....	44
<b>Tabela 24.</b> Análise de variância para concentração de macronutrientes e de micronutrientes em frutos de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação aos 92 DAT.....	45

<b>Tabela 25.</b> Concentração de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e de micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em frutos de pimentão Melina aos 92 DAT .....	45
<b>Tabela 26.</b> Análise de variância da atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD) em folhas de plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação. ....	57
<b>Tabela 27.</b> Valores médios em UI . $\mu\text{g prot.}^{-1}$ da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em folhas de plantas de pimentão Melina até os 92 DAT em função de diferentes níveis de irrigação .....	57
<b>Tabela 28.</b> Análise de variância da atividade da enzima peroxidase (POD) em folhas de plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação. ....	60
<b>Tabela 29.</b> Valores médios em $\mu\text{kAT } \mu\text{g Prot.}^{-1}$ da atividade da enzima peroxidase em folhas de plantas de pimentão Melina até os 92 DAT em função de diferentes níveis de irrigação ....	60
<b>Tabela 30.</b> Análise de variância do teor de prolina em folhas de plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação. ....	62
<b>Tabela 31.</b> Valores médios em $\mu\text{M. g}^{-1}$ MF do teor de prolina em folhas de plantas pimentão Melina até os 92 DAT em função de diferentes níveis de irrigação.....	63

## RESUMO

Pertencente à família das Solanáceas, gênero *Capsicum*, o pimentão vem se destacando como uma das olerícolas mais consumidas no Brasil, tendo a sua produção ampliada nos últimos anos, em função da melhor adaptação em ambiente protegido comparado a outras culturas. Embora muito cultivado por pequenos e médios produtores brasileiros, o pimentão necessita de uso de tecnologia mais adequada nos aspectos relacionados ao manejo, adubação, variedades e tecnologia de irrigação para que sua exploração seja tecnicamente conduzida e economicamente viável, diante do exposto, este trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação, no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP, Campus de Botucatu, SP com o objetivo de avaliar a produção de massa e alguns parâmetros bioquímicos na cultura do pimentão submetida à deficiência hídrica. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com seis repetições. A cultivar estudada foi a Melina. O manejo da irrigação foi realizado com base nas leituras dos tensiômetros, instalados no tratamento testemunha T1 correspondente a reposição de 100% da água no solo, sendo os demais tratamentos sob déficit hídrico, T2, T3 e T4, respectivamente com 85%, 70% e 55% da reposição da água perdida no solo. As análises de rendimento foram realizadas no final do experimento aos 92 dias após o transplântio, foi avaliado parâmetros de crescimento e produtividade. Para as análises bioquímicas, foram realizadas coletadas durante o ciclo com amostras das folhas para a determinação de proteína solúvel total, determinação da atividade das enzimas peroxidase (POD), superóxido dismutases (SOD) e aminoácido prolina livre. Além desses, procurou-se

avaliar possíveis alterações nos níveis nutricionais das folhas + caule e frutos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Após análise dos resultados, observou-se que diante do aumento nos níveis de déficit hídrico a planta apresentou uma redução no desenvolvimento da parte aérea, na quantidade e na qualidade dos frutos, também ocorreu aumento da atividade das enzimas superóxido dismutase, peroxidase e do aminoácido prolina, caracterizando parâmetros eficientes para diferenciar a capacidade de resistência à deficiência hídrica.

Palavras-chave: *Capsicum annum* L., ambiente protegido, déficit hídrico, prolina.



WATER STRESS IN PEPPER (*Capsicum annum L.*) FERTIGATED AND ITS EFFECTS ON PRODUCTIVITY AND BIOCHEMICAL PARAMETERS. Botucatu, 2013. 72p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Author: GÉSSICA SILVA LIMA

Adviser: ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

## SUMMARY

Belonging to the Solanaceae family, genus *Capsicum*, pepper has emerged as one of the most consumed vegetable crops in Brazil, with its increased production in recent years, due to better adaptation in protected compared to other cultures. Although much cultivated by small and medium Brazilian producers, chili needs using the most appropriate technology aspects related to the management, fertilization, varieties and irrigation technology for its exploitation is technically and economically feasible conducted before the above, this work was developed in the greenhouse, in the Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Sciences - UNESP, Botucatu, SP in order to evaluate the production of biomass and some biochemical parameters in sweet pepper subjected to water stress. The experimental design was randomized blocks with six replications. The cultivar studied was Melina. Irrigation management was based on readings of tensiometers installed in the control treatment T1 for the replacement of 100% of the water in the soil, and the other under water deficit, T2, T3 and T4, respectively with 85%, 70% and 55% of replenishing water lost in the soil. The analyzes were performed at the income end of the experiment at 92 days after transplanting, was evaluated growth parameters and productivity. For biochemical analyzes were performed during the cycle collected samples of leaves for the determination of total soluble protein, determination of the activity of peroxidase (POD), superoxide dismutases (SOD) and free amino acid proline. Besides these, we sought to evaluate possible changes in nutrient levels leaves + stem and fruits. Data were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey test. After analyzing the results, it was observed that in the face of

increasing levels of drought the plant showed a reduction in shoot development, the quantity and quality of the fruit, there was also an increase in the activity of superoxide dismutase, peroxidase and amino acid proline, featuring effective parameters to differentiate the resilience to water deficits.

---

Key-words: *Capsicum annum L.*, protected environment, water stress, proline.

## 1. INTRODUÇÃO

A horticultura é dentro da agricultura um segmento de elevada rentabilidade econômica. A primazia dada pelos produtores a esse ramo agrícola deve-se ao fato dos produtos hortícolas terem bons preços no mercado.

O consumo de hortaliças tem aumentado devido à maior conscientização da população em busca de uma dieta alimentar mais rica e saudável. Desse modo, o desenvolvimento de sistemas de cultivo com hortaliças, com vistas à otimização da produtividade, tem exigido dos agricultores esforços no sentido de reduzir ou até mesmo eliminar as deficiências do setor produtivo (MONTEZANO; PEIL, 2006).

A utilização adequada dos recursos hídricos garante o aumento da produtividade, entretanto faz-se necessário o fornecimento de nutrientes para as culturas. Nos últimos anos, além da forma tradicional de aplicação de nutrientes, tem sido adotada a fertirrigação, pois permite a aplicação de fertilizantes simultaneamente com a água de irrigação (ELOI et al., 2004).

Segundo Sganzerla (1995), o cultivo em ambiente protegido possibilita uma produção contínua e certa, abastecendo o mercado o ano todo. Esse sistema tem proporcionado colheitas com alto rendimento e melhor qualidade dos produtos, em épocas do ano em que as condições ambientais são normalmente desfavoráveis no campo.

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente à família das solanáceas. Do ponto de vista econômico, está entre as dez hortaliças mais importantes do mercado brasileiro. É uma cultura de retorno rápido aos investimentos, visto o curto período para o início da produção, por isto é largamente explorada por pequenos e médios horticultores (MARCUSSE; VILLAS BÔAS, 2003).

A água é o fator limitante mais comum para o desenvolvimento das plantas, sendo a deficiência hídrica um dos fatores que mais afetam a estabilidade produtiva das culturas.

Sob condições ambientais adversas, os vegetais podem apresentar capacidade de resposta pela alteração de seu metabolismo, em condições de estresse, avaliações da atividade da enzima podem indicar alterações bioquímicas e no comportamento fisiológico das plantas.

Desta forma este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de massa e características bioquímicas da cultura do pimentão submetida a diferentes níveis de estresse hídrico.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cultura do pimentão

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) vem se destacando como uma das olerícolas mais consumidas no Brasil. A sua produção cresceu vertiginosamente nos últimos anos, em função da melhor adaptação em ambiente protegido comparado a outras culturas (LEONARDO et al., 2007). Pertencente à família das Solanáceas, gênero *Capsicum*, é tipicamente de origem americana, ocorrendo formas silvestres desde o sul dos Estados Unidos da América até o norte do Chile. Representa uma das dez hortaliças mais importantes do mercado brasileiro, sendo os frutos consumidos verdes ou maduros.

É uma planta arbustiva, cujas raízes podem atingir até um metro de profundidade, com pouco desenvolvimento lateral. O caule semilenhoso pode ultrapassar um metro de altura. Suporta uma carga leve de frutos, e por isso exige tutoramento das plantas, devido à alta produtividade dos híbridos atuais Filgueira (2000). É planta autógama, embora a taxa de cruzamento possa ser elevada, dependendo da ação de insetos polinizadores.

Os frutos de coloração verde e vermelha são os mais comercializados no mercado, embora os frutos de coloração exótica como laranja, amarelo e até lilás, têm alcançado bons preços, devido à excentricidade. A coloração dos frutos influencia no sabor e

no aroma, sendo os frutos vermelhos os mais saborosos, porque apresenta 50% mais substância picante, a capsaína (FONSECA, 1986).

O cultivo do pimentão é de retorno rápido, por isso é largamente explorada por pequenos e médios horticultores (FILGUEIRA, 2000). No Brasil, o pimentão começou a ser cultivado na década de 20, na região de Mogi das Cruzes-SP. Na década de 40, a cultura expandiu-se para a Baixada Fluminense, no Estado do Rio de Janeiro e para outras regiões do Estado de São Paulo (MELO, 1997).

No Brasil o pimentão é sensível às baixas temperaturas do ar e intolerante às geadas, tendo muitas vezes sua safra prejudicada por alterações climáticas, acarretando a falta do produto no mercado e grandes oscilações de preços (TEODORO et al., 1993).

Embora muito cultivado por pequenos e médios produtores brasileiros, o pimentão necessita de uso de tecnologia mais adequada nos aspectos relacionados ao manejo, adubação, variedades e tecnologia de irrigação para que sua exploração seja tecnicamente conduzida e economicamente viável, já que esta é uma cultura na qual têm-se utilizado grandes quantidades de insumos químicos (FILGUEIRA, 2004).

## **2.2 Ambiente protegido**

Com o crescimento populacional a evolução da agricultura moderna foi fundamentada na necessidade de se produzir mais, devido à tendência de aumentar a disparidade entre a oferta e o consumo de alimentos, para produzir mais, foi necessário criar condições mais propícias para o desenvolvimento das plantas.

Uma das técnicas da agricultura moderna muito utilizada para viabilizar o cultivo fora de época, diminuir custos e aumentar a produtividade, é o cultivo protegido que, juntamente com as novas tecnologias aplicadas à área de irrigação, como a fertirrigação, tem propiciado bons resultados (FACTOR et al., 2008).

O cultivo em ambiente protegido minimiza os efeitos da variabilidade ambiental, melhorando o desenvolvimento dos cultivos, além de controlar total ou parcialmente os fatores climáticos, protege os cultivos e favorece o crescimento das plantas.

O cultivo em ambiente protegido é uma ferramenta muito útil para a obtenção de uma alta produção e de produtos de excelente qualidade, por manter um clima mais propício ao desenvolvimento da cultura ao longo do ano (SEGOVIA et al., 1997).

Segundo Sganzerla (1995), o cultivo protegido, além de proteger a cultura dos efeitos negativos do vento, das chuvas e do granizo, possibilita aumentos consideráveis na produtividade, além de uma maior precocidade, uma melhor qualidade e uma economia de insumos. O cultivo de hortaliças em ambiente protegido, embora considerado ainda recente no Brasil, está inserido em um mercado dinâmico, com variações estacionais de oferta e preço para a maioria dos produtos, o que exige do olericultor um adequado planejamento da produção e atualização constante das tecnologias atualizadas a fim de reduzir o risco e os custos de produção (REIS et al., 1998).

Alguns autores comprovam os benefícios dos cultivos em ambiente protegido em relação a campo, como mostra (CALIMAN et al., 2005) avaliando genótipos de tomateiro em ambiente protegido e em campo. Os autores observaram que no ambiente protegido foram registrados maiores valores de umidade relativa do ar e de temperatura e menores de luminosidade em relação ao cultivo no campo. Obtiveram, de uma maneira geral, maior produtividade dos cultivares quando os mesmos foram conduzidos sob cultivo protegido.

Das hortaliças sob esse sistema de cultivo, o pimentão (*Capsicum annuum* L.), situa-se entre as cinco culturas que apresentam maior área cultivada no Brasil e em diversos países do mundo, devido à grande produtividade e qualidade dos frutos que pode ser alcançada nessas condições (LORENTZ et al., 2002).

Em condições protegidas as plantas de pimentão têm maior crescimento vegetativo em relação ao campo aberto, principalmente em virtude da aplicação de quantidades elevadas de nitrogênio (SILVA et al., 1999), pois as condições de cultivo em ambientes protegidos são diferentes daquelas em campo a céu aberto, sobretudo com relação a perdas de nutrientes por erosão e lixiviação.

### 2.3 Manejo de irrigação

Atualmente a água disponível para a agricultura é geralmente limitada e o conhecimento da relação entre produtividade, qualidade do produto e regime de irrigação é um importante fator para maximizar o efeito do suprimento da água (PELLITERO et al., 1993; PAPADOPOULOS, 1999).

O uso de água pelas plantas e, portanto, todos os processos fisiológicos, estão diretamente relacionados ao seu status no sistema solo-água-planta-clima; sendo assim, o conhecimento das inter-relações entre esses fatores é fundamental para o planejamento e a operação de sistemas de irrigação para se obter máxima produção e boa qualidade do produto (Trani & Carrijo, 2004).

O manejo adequado e a qualidade da água de irrigação são de fundamental importância para a redução de custos, para a obtenção de alta produtividade e qualidade.

De acordo com Tivelli (1998), no Estado de São Paulo, há regiões que registram fracasso em cerca de 70% a 80% dos produtores por volta do segundo ano de exploração em ambiente protegido. Parte desse insucesso é explicado pela falta de pesquisas em manejo da irrigação.

Na irrigação de cultivos protegidos deve-se levar em consideração alguns aspectos do solo, da água, da planta, do microclima e dos equipamentos utilizados para se obter o máximo rendimento das culturas (CARRIJO; OLIVEIRA, 1997).

Para que o manejo da água de irrigação se proceda dentro de um critério racional, é necessário controle diário da umidade do solo durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura.

Um manejo correto da irrigação para obtenção de uma produtividade viável, economicamente, seria aquele em que se aplica água no solo no momento oportuno e em quantidade suficiente para suprir as necessidades hídricas da cultura. Para que isso ocorra, há necessidade do uso de métodos de campo que determinem, direta ou indiretamente, a disponibilidade de água no solo para uma determinada cultura. Entre os instrumentos



disponíveis para avaliação da umidade do solo a baixas tensões, usa-se o tensiômetro (VILLA NOVA, 1991).

Quando utilizados tensiômetros para obter melhor resposta, Smittle et al. (1994) fizeram experimento com três diferentes regimes de irrigação na cultura do pimentão, sendo os tratamentos: aplicação de água quando, numa profundidade de 10 cm, a tensão chegasse a 25, 50 ou 75 kPa, os autores concluíram que a produtividade foi maior quando a irrigação foi efetuada na tensão de 25 KPa.

Pellitero et al. (1993), estudando o efeito do regime de irrigação no rendimento de pimentão, constataram maior produção no tratamento em que se realizaram as irrigações, quando as plantas consumiram entre 10% e 15% da água disponível no solo. Observaram, ainda, que a redução na produção foi acompanhada pela diminuição do número de frutos e que o aumento da depleção de água no solo para 55% elevou a porcentagem de matéria seca, sólidos solúveis, acidez total e açúcares dos frutos.

Trabalhando com diferentes lâminas de irrigação Carvalho et al. (2001) verificaram que tanto a quantidade como a qualidade dos frutos de pimentão produzidos foram reduzidas com a intensificação do déficit hídrico.

Teodoro et al. (1993), estudando diferentes níveis de irrigação por gotejamento na cultura do pimentão conduzida em casa-de-vegetação, verificaram que as maiores produções ocorreram nos tratamentos irrigados onde os menores níveis de água no solo eram consumidos antes da próxima irrigação, o tratamento onde se irrigava quando era consumida 30% da água disponível apresentou a maior produção em relação aos demais tratamentos (10, 50 e 70% da água disponível) e o tratamento onde o solo era mantido mais seco (70%) apresentou a maior porcentagem de frutos defeituosos.

Segundo Caixeta (1984) a quantidade de água a ser colocada a disposição da cultura do pimentão é fator limitante para o crescimento e desenvolvimento das plantas exercendo efeito direto sobre o comportamento da cultura.

A deficiência de água é, freqüentemente, o fator mais limitante para a obtenção de produtividade elevada e de boa qualidade, mas o excesso também pode ser prejudicial. Assim, a reposição de água através da irrigação, na quantidade e momento oportuno, é decisiva para o sucesso da olericultura (MAROUELLI et al., 1994).

Em geral as hortaliças têm seu desenvolvimento intensamente influenciado pelas condições de umidade de solo.

## **2.4 Fertirrigação**

A prática de irrigação tem alcançado, nas últimas décadas, consideráveis avanços no aprimoramento de métodos de irrigação e na melhor utilização do equipamento, que até então, era apenas empregado para aplicação de água. Hoje, no entanto, sabe-se que o sistema de irrigação é um excelente condutor e distribuidor de qualquer produto químico ou orgânico e quando o produto aplicado é fertilizante, a técnica é denominada de fertirrigação (MARCUSSEI; VILLAS BÔAS, 2003).

A fertirrigação é a prática de fertilização das culturas através da água de irrigação, sendo o melhor e mais eficiente método de adubação das culturas, pois combina a água e os nutrientes, que juntamente com a luz solar são os fatores mais importantes para o desenvolvimento e a produção das culturas (TRANI; CARRIJO, 2004).

O emprego dessa técnica tem possibilitado a otimização do uso de insumos em diferentes culturas irrigadas, tanto em aspectos relacionados à produtividade quanto à qualidade dos produtos obtidos, sendo mais notável sua adoção em culturas irrigadas por sistemas de irrigação localizada (OLIVEIRA; VILLAS BÔAS, 2008)

De acordo com Costa et al. (1986), a fertirrigação é de comprovada eficácia no aumento da produtividade e da qualidade do produto colhido, na redução da mão-de-obra para aplicação, no consumo de energia, nos gastos com equipamentos e na maior eficiência na utilização dos nutrientes, principalmente os mais móveis. Essa prática tem-se mostrado mais eficiente no fornecimento de nutrientes para diversas culturas, com uma série de vantagens sobre a forma tradicional.

Com a utilização da fertirrigação, existe relativa facilidade para se realizar alterações nas dosagens dos nutrientes aplicados, o que permite a adequação das doses de adubação de acordo com necessidades momentâneas do pimentão, evitando uma concentração excessiva de sais no solo pela aplicação de excessivas quantidades de adubos (HARTZ et al., 1993).

A fertirrigação via gotejamento ou microaspersão é a forma que mais se aproxima do ritmo de absorção de água e de nutrientes pela planta e tem sido utilizada de forma rotineira por agricultores em cultivo protegido, principalmente para culturas de pimentão, pepino e tomate (VILLAS BÔAS et al., 2000).

Cada nutriente tem sua função específica no crescimento e desenvolvimento vegetal.

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais extraídos pelas plantas de pimentão Negreiros (1995) e doses altas destes são aplicados em cobertura, parcelados em várias aplicações, visando reduzir as perdas por lixiviação e aumentar a eficiência de utilização do fertilizante.

## **2.5 Parâmetros bioquímicos**

Um aspecto importante com relação ao comportamento das plantas em condições de deficiência hídrica é a adaptação que estas podem desenvolver para suportar tais condições com menores índices de estresse. Porém, existem grandes dificuldades e escassez de mecanismos capazes de indicar alterações no nível de estresse em vegetais (JADOSKI, 1999).

Segundo Broetto et al. (2004), sob condições ambientais adversas, os vegetais podem apresentar capacidade de resposta através de alteração de seu metabolismo, principalmente quando o fator estressante induz a formação de espécies reativas de oxigênio. Dentre as formas de resposta antioxidativa, destaca-se a atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), que atuam na dismutação de agentes oxidantes e nocivos, principalmente em nível de membrana.

O estresse hídrico afeta praticamente qualquer aspecto do crescimento das plantas, inclusive a anatomia, a morfologia a fisiologia e a bioquímica; a absorção e a translocação de água e nutrientes, induzindo, nas plantas, diversas modificações bioquímicas (frequentemente em acúmulo de açúcares e aminoácidos), alterando o metabolismo celular (BENINCASA, 2004).

Segundo Subarao et al. (1995), existe uma tendência nas pesquisas mais recentes, em se substituir avaliações morfológicas e fisiológicas simples por parâmetros considerados mais sofisticados, como acumulação de prolina, glicina-betaína ou discriminação isotópica do carbono e técnicas de biologia molecular, entre outros.

Alterações na bioquímica celular têm sido amplamente reportadas como sinais de estresse hídrico nas plantas. A acumulação de prolina é uma das mais bem estudadas respostas das plantas à deficiência hídrica com o déficit hídrico em gandu (MARIN et al., 2006) e trigo (FUMIS; PEDRAS, 2002).

O acúmulo de prolina não está associado somente às plantas que se desenvolvem sob condições de estresse hídrico, mas também pode ser verificado em plantas sob condições de elevada acidez do solo; assim, os mecanismos fisiológicos envolvidos nessa resposta devem ser similares (ZAI FNEJAD et al., 1997).

A enzima superóxido dismutases (SOD, EC 1.15.1.1) são metaloproteínas que catalisam a dismutação de radicais superóxido a peróxido de hidrogênio e oxigênio. As SOD são ubíquas nos organismos aeróbicos, onde desempenham importante função na defesa contra a toxicidade causada por espécies reativas de oxigênio, sendo desta forma, consideradas importantes no mecanismo de tolerância ao estresse.

A acumulação de prolina é uma das mais bem estudadas respostas das plantas à deficiência hídrica.

A peroxidase desempenha um importante papel na biossíntese da parede celular, mas também estão envolvidas nas respostas ao estresse. Conforme Lima (1999), em geral lesões, resfriamento, seca, radiações, salinidade, aumentam a atividade de peroxidase, sendo que em condições de estresse, avaliações da atividade da enzima podem indicar alterações bioquímicas e no comportamento fisiológico das plantas.

Portanto, todos os fatores ambientais que interferem no mecanismo de absorção e assimilação de água e nutrientes terão influência negativa sobre o crescimento da planta, diminuindo o crescimento e a produtividade das culturas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e instalação do experimento

A pesquisa foi conduzida com o plantio de mudas de pimentão, cultivar Melina, em cultivo protegido, no Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu – SP. Após as coletas, o material vegetal (folhas) foi processado e analisado quanto aos parâmetros bioquímicos, no Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências - UNESP, Câmpus de Botucatu, SP.

A condução do experimento foi realizada em estufa com dimensões de 7,0 x 30 m (Figura 1), com plantio das mudas diretamente no solo de textura argilosa.



Figura 1. Vista geral da casa de vegetação, com plantio de pimentão Melina.

### 3.2 Análise de solo.

Foram coletadas 10 amostras simples numa camada de 0 a 20 cm do solo, para obter uma amostra composta para realização de análise química do solo no laboratório do Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Câmpus de Botucatu, SP, utilizando-se metodologia descrita por Raij & Quaggio (1983). As características químicas do solo, segundo Raij et al. (1997) e EMBRAPA (1999) estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo de textura argilosa.

Solo	pH	M.O.	P	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
	CaCl <sub>2</sub>	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>								
	4,7	22	3	2	33	1,3	20	10	32	64	49	15
								B	Cu	Fe	Mn	Zn
								mg/dm <sup>3</sup>				
								0,23	5,7	20	23,4	1,3

### 3.3 Adubação

Para a calagem, foi incorporado ao solo a uma profundidade de 20 cm com auxílio de uma enxada rotativa calcário dolomítico (PRNT = 96%) para elevar a V% a 80, valor recomendado para a cultura do pimentão segundo Raij et al. (1997). O tempo de incubação do solo foi de 40 dias mantendo o solo úmido para favorecer assim a reação do corretivo aplicado.

A adubação química foi realizada utilizando os adubos fosfato monoamônico purificado (MAP – NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) (11% de N e 60% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), nitrato de cálcio (Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) (15,5% de N e 20% de cálcio), sulfato de magnésio (Mg(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.7H<sub>2</sub>O) (9,5% de Mg e 12% de S) e cloreto de potássio (KCl) (60% K<sub>2</sub>O), fazendo-se o balanceamento necessário de nutrientes com aplicação toda vez que se fazia necessário realizar a irrigação por meio de fertirrigação.

As doses diárias de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e potássio seguiram as recomendações de Trani e Carrijo (2004), conforme Tabela 2.

Tabela 2. Recomendação de nutrientes para o pimentão, conforme a fase de desenvolvimento da cultura

Dias após transplatio (DAT)	Fases (dias)	Quantidades dos nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca	Mg	K <sub>2</sub> O
5	5	0,05	0,01	0,03	0,04	0,02
20	15	0,35	0,06	0,23	0,14	0,18
40	20	1,16	0,24	0,69	0,50	0,52
60	20	1,32	0,22	0,67	0,70	0,61
80	20	2,63	0,77	1,93	1,05	1,12
110	30	2,73	0,60	0,80	0,75	1,28
150	40	3,75	1,10	1,00	0,72	1,13
160	10	2,00	0,90	1,20	0,90	0,84

### 3.4 Condução dos tratamentos

Os tratamentos foram constituídos por quatro lâminas de reposição de água no solo monitorados com base nas leituras dos tensiômetros, instalados permanentemente no tratamento testemunhas (T1) correspondente a reposição de 100% do teor de água no solo a uma distância de 15 cm da planta e a uma profundidade de 20 cm do centro da cápsula porosa, sendo os demais tratamentos sob déficit hídrico, T2, T3 e T4, respectivamente com 85%, 70% e 55% da umidade no solo obtida no tratamento testemunha.

Para a definição do teor real de água no solo em relação à tensão dada pelo aparelho, foi feita uma curva de retenção de água no solo ajustada pela equação logarítmica, conforme apresentado na Figura 2.

A curva de retenção de água no solo foi realizada utilizando a câmara de pressão de Richards.

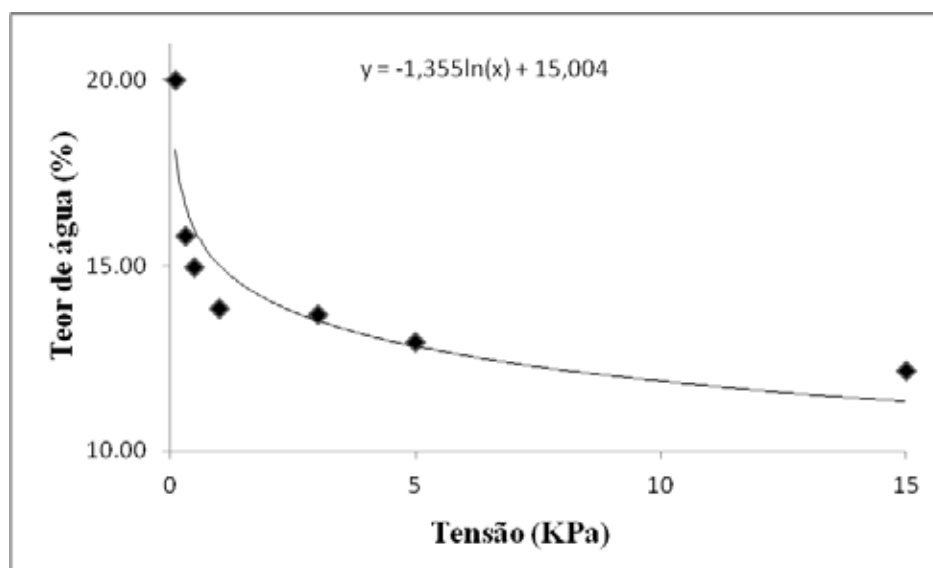


Figura 2. Curva de retenção de água de um solo argiloso e a relação entre a tensão (expressa em KPa) e o teor de água no solo (%).

### 3.5 Material vegetal e manejo da cultura

Foram utilizadas mudas de um híbrido de pimentão (*Capsicum annum*, L.), denominado comercialmente “Melina”. A semeadura foi feita em bandejas de isopor com 128 alvéolos em 02 / 05 / 2012. As mudas foram conduzidas em viveiro da Fazenda Experimental São Manuel (FCA-UNESP), localizada no município de São Manuel, SP e transplantadas 43 dias após semeadura (13 / 06 / 2012), quando a planta atingiu 7 a 8 cm de altura e 4 a 5 folhas definitivas, utilizando espaçamento de 0,4m x0,8m.

As plantas foram conduzidas livremente. A primeira flor (relativa ao primeiro internódio) foi retirada para evitar que o desenvolvimento excessivo desse primeiro fruto prejudicasse os frutos subsequentes.

A aplicação de nutrientes foi realizada por fertirrigação feita por meio de um sistema de irrigação por gotejamento, compreendendo um emissor autocompensante de fabricação Netafin por planta. A vazão unitária do emissor especificada pelo fabricante é de 4 L h<sup>-1</sup>, sendo a medida 4,2 L h<sup>-1</sup>.



A captação da água utilizada na irrigação da área experimental era procedente da rede de distribuição da FCA/UNESP, com água da SABESP, que abastecia uma caixa de 1000 litros. A solução nutritiva foi aplicada por meio de um injetor tipo Venturi no sistema de irrigação com uma bomba hidráulica de 1 CV.

Foi determinada a uniformidade da distribuição da água, utilizando o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) propostos por Bernardo et al. (2008), onde foi realizada uma coleta de volumes de água em recipientes plásticos e medidos com o auxílio de uma proveta de 100 mL, para medir a vazão nos emissores, aos 30 dias após a implantação da cultura.

Os resultados dos parâmetros de uniformidade CUC e CUD obtidos encontram-se apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) e coeficientes de uniformidade estatístico de irrigação (CUE).

Sistema	CUC (%)	CUD (%)	Vazão média L h <sup>-1</sup>	EA	CUE	CVT ASAE (1996)
Gotejamento	93,68	93,16	4,20	83,85	98,66	0,12

Durante o experimento foi realizada apenas uma colheita de fruto e estes ainda não estando em seu estado de maturação total.

Foi realizado o controle fitossanitário de forma preventiva com uso de *Decis* (inseticida piretróide) para o controle de pulgão e de *Comet* para controle de Oidiopsi (fungicida).

### 3.6 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com 6 blocos, sendo cada bloco formado por 4 parcela compostas por 16 plantas cada, por tratamento, sendo 4 plantas para avaliar produtividade e as outras 12 para avaliação de parâmetros bioquímicos.

Os tratamentos contaram de quatro níveis de água disponível (AD), definidos por:

Tratamento 1 - reposição de 100% do teor de água no solo;

Tratamento 2 - reposição de 85% do teor de água no solo;

Tratamento 3 - reposição de 70% do teor de água no solo;

Tratamento 4 - reposição de 55% do teor de água no solo.

### **3.7 Análises de parâmetros de crescimento e de produtividade**

#### **3.7.1 Altura de plantas e número de folhas**

Foi realizada determinações de altura aos 92 DAT (dias após o transplântio), medindo a planta do colo até o ápice da haste maior e quantificou as folhas existentes por planta.

#### **3.7.2 Área foliar**

Para estimativa da área foliar, ao final do ciclo aos 92 dias, foram obtidos comprimento e largura de três folhas, tomadas aleatoriamente, por planta, sendo a primeira folha tomada na parte superior, a segunda na parte mediana e a terceira na parte inferior da copa da planta, obtendo assim comprimento e largura médios.

Para estimativa da área da folha, foi utilizada a seguinte equação de regressão, obtida por Rezende et al. (2002) (Equação 1), em estudos para avaliar o efeito do aumento da concentração de CO<sup>2</sup> e do volume de água aplicado na altura, diâmetro do caule e área foliar de plantas de pimentão, híbrido Zarco.

$$\hat{Y} = 0,5979X$$

(1)

em que:

Y - área da folha,  $\text{cm}^2$ ; e

X - área correspondente ao produto do comprimento (C) pela largura (L) da folha,  $\text{cm}^2$ .

A área foliar foi obtida multiplicando-se a área da folha pelo número total de folhas, por planta. O Índice de Área Foliar (IAF) foi estimado dividindo-se a área foliar estimada pela área de solo ocupada pelas plantas (EL x EP), conforme Benincasa (2003).

### **3.7.3 Produção de frutos**

Ao final do experimento os frutos ainda não haviam atingido o amadurecimento pleno, os frutos de cada bloco de tratamento foram coletados e pesados. Também foram realizadas medidas de comprimento, diâmetro e espessura em cm, de cada fruto.

### **3.7.4 Análise da massa de matéria seca**

Todo o material da parte aérea da planta foi coletado ao final do experimento (92 DAT) sendo posteriormente pesado, seco em estufa a  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  até peso constante, com pesagem final para determinação da massa de matéria seca.

### **3.8 Análise química dos constituintes da planta.**

Ao longo do experimento foram coletados e analisados amostras de folhas, caule e frutos em quatro coletas. A análise foi conduzida conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997), no laboratório de análise foliar do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, FCA/UNESP.

### 3.9 Análises Bioquímicas

Foram realizadas 5 coletas ao longo do desenvolvimento da cultura para avaliação dos parâmetros bioquímicos.

#### 3.9.1 Coleta e armazenamento do material vegetal.

Coletou-se amostras de folhas para as análises de parâmetros bioquímicos. As folhas expandidas foram coletadas da região mediana das plantas e inseridas em envelopes de papel alumínio e acondicionadas em isopor com gelo para transporte até o laboratório, onde foram armazenadas em *Freezer* a  $-80^{\circ}\text{C}$ .

As amostras foram então moídas na presença de Nitrogênio líquido, até a obtenção de um pó fino. Após pesagem, as amostras foram armazenadas em frascos *Eppendorf*, em *Freezer* a  $-80^{\circ}\text{C}$ .

#### 3.9.2 Processamento do material vegetal para obtenção do extrato bruto.

As amostras foliares foram maceradas para obtenção de dois extratos diferentes: o primeiro para a análise do teor de L-prolina e o segundo para as análises de atividade enzimática. O primeiro extrato de amostras de tecido foliar (500 mg) foi ressuspensa em 3 mL de ácido sulfosalicílico (3 % em água destilada). Após centrifugação por 5 minutos a  $4.000 \times g$  o sobrenadante foi coletado e armazenado em *freezer* a  $-80^{\circ}\text{C}$ .

O extrato para as análises enzimáticas foi obtido pela ressuspensão do material vegetal (500 mg) em 5,0 mL de tampão fosfato de potássio 0.1 M, pH 6.8. Após centrifugação por 10 minutos a  $5.000 \times g$ , o sobrenadante foi coletado e armazenado em *freezer* a  $-80^{\circ}\text{C}$ .

### 3.9.3 Determinação do teor de proteína solúvel total.

A concentração de proteína solúvel presente nos extratos foi determinada em triplicata, utilizando-se o método descrito por Bradford (1976) com albumina de soro bovino (BSA) como proteína padrão.

### 3.9.4 Atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD; EC 1.15.1.1).

A determinação da atividade da SOD considerou a capacidade da enzima em inibir a fotoredução do NBT (Azul de nitrotetrazólio cloreto). A atividade foi determinada pela adição de 50 mL de extrato bruto a uma solução contendo 13 mM de metionina, 75 mM de NBT, 100 nM de EDTA e 2 mM de riboflavina em 3,0 ml de tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 7.8.

A reação foi iniciada pela iluminação dos tubos, em câmara composta por tubos fluorescentes (15 W), a 25° C. Após 5 minutos de incubação, o final da catálise foi determinado pela interrupção da luz (GIANNOPOLITIS; RIES, 1977). O composto azul formado (formazana) pela fotoredução do NBT, foi determinado pelo incremento na absorção a 560 nm. Os tubos considerados *branco* para a análise, receberam os mesmos reagentes, porém foram mantidos cobertos com papel alumínio, portanto, abrigados da luz. Uma unidade de SOD foi definida como a quantidade de enzima necessária para a inibição de 50 % da fotoredução do NBT. Para o cálculo da atividade específica da enzima, considerou-se a percentagem de inibição obtida, o volume da amostra e a concentração de proteína na amostra (mg / mL).

### **3.9.5 Atividade da enzima Peroxidase**

A atividade da enzima peroxidase foi determinada através da diluição (1:25) de 100  $\mu\text{L}$  de extrato bruto adicionados a 4,9 mL de solução tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 6,8 contendo 20 mM de Pyrogallol e 20 mM  $\text{H}_2\text{O}_2$  com leitura de absorvância feita a 420 nm; A atividade específica ( $\mu\text{Kat } \mu\text{g Prot}^{-1}$ ) da enzima é calculada usando-se um coeficiente de extinção molar de  $2,47 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  (PEIXOTO et al., 1999).

### **3.9.6 Determinação do teor de prolina**

O teor de L-prolina foi determinado utilizando-se o método de Bates et al. (1973). Para a realização do teste colorimétrico, pipetou-se alíquotas de 1,0 mL do extrato bruto; 1,0 mL de ninhidrina ácida; 1,0 mL de ácido acético glacial. Após banho-maria fervente por 60 minutos, resfriou-se os frascos e efetuou-se leitura a 520 nm. Como referência, utilizou-se uma reta padrão com L-prolina p.a.

### **3.10 Análise dos dados experimentais**

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias em nível de significância de 5% pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa SISVAR.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Condições climáticas no interior da estufa**

As variações de temperatura e umidade relativa do ar, observadas dentro da estufa durante a condução do experimento, são apresentadas na figura 3 e 4 respectivamente.

Considerando que o transplante das mudas foi realizado no dia 13/06/2012, grande parte do experimento transcorreu em um período de baixas temperaturas. Pode-se observar na Figura 3 que entre 32 a 92 DAT as temperaturas mínimas foram inferiores em quase todos os dias, a 15 °C, o que no caso do pimentão determinam desenvolvimento vegetativo lento e formação reduzida de flores , (SONNENBERG, 1981).

As temperaturas máximas mantiveram-se por quase todo o ciclo dentro de uma faixa adequada que é de até 35 °C, valores superiores, no caso do pimentão, pode provocar problemas no florescimento (TIVELLI, 1998), entretanto, como esses níveis de temperatura se apresentaram esporadicamente, não houve prejuízo na produção de frutos.

Durante o período de cultivo ocorreu o surgimento do fungo *Oidiopsis* e Pulgão que apesar de sucessivas pulverizações, não pôde ser controlado satisfatoriamente ao final do experimento.

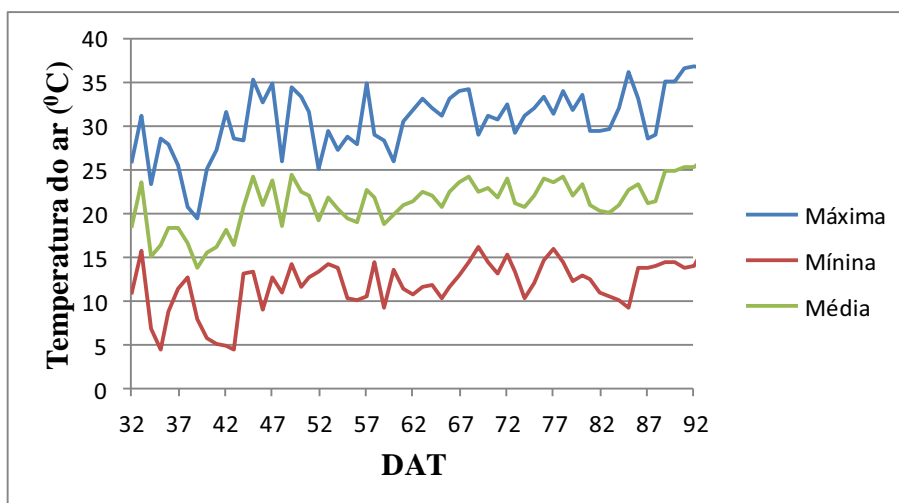


Figura 3. Temperaturas máximas, médias e mínimas no interior do ambiente protegido. FCA/Botucatu, SP, 2012.

A umidade no interior da estufa apresentou-se com valores bastante elevados associado a baixas temperaturas. Os valores mínimos situaram-se em torno de 13% a 54%, elevando-se até aproximadamente 99% entre a fase inicial e final. Os valores médios observados no interior da estufa encontravam-se ligeiramente acima da faixa considerada como ideal para o desenvolvimento da cultura, que segundo Goto e Tivelli (1998) que é de 50 a 70%.

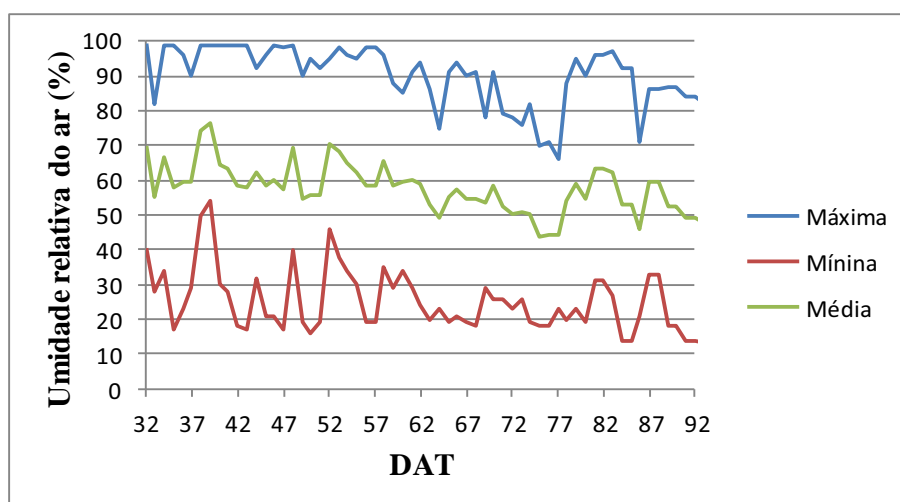


Figura 4. Umidades máximas, médias e mínimas no interior do ambiente protegido. FCA/Botucatu, SP, 2012.



#### 4.2 Volume total de água aplicado durante o experimento

Ao final do experimento foram estimados como valores totais de aplicação de água na cultura do pimentão,  $1000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $844 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $719 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  e  $563 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  para os tratamentos com 100%, 85%, 70% e 55% respectivamente (Figura 5).

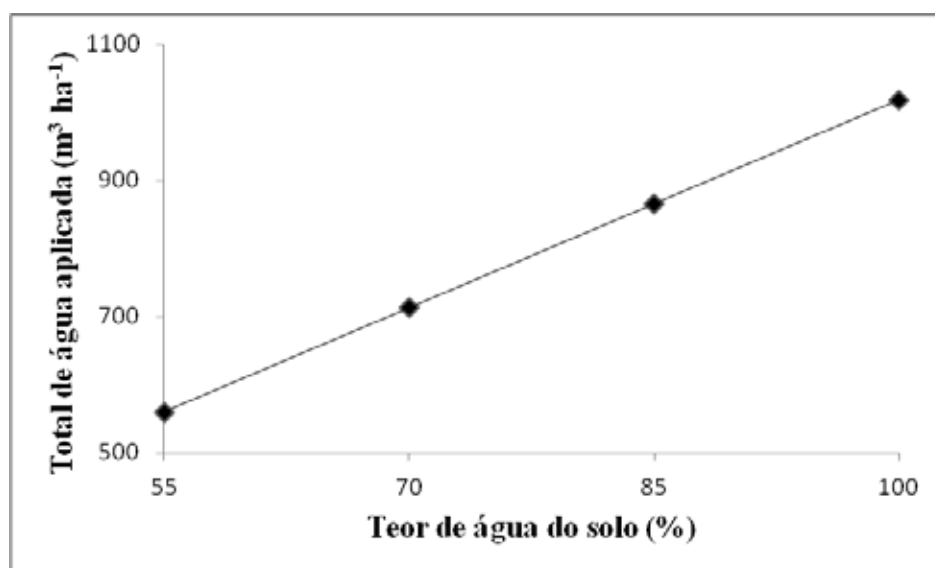


Figura 5. Volume total de água aplicada durante o ciclo da cultura do pimentão.

#### 4.3 Parâmetros de crescimento e produtividade

De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 4 para parâmetros de crescimento e produtividade, verificou-se que houve significância pelo teste de Tukey a 5% para a maioria dos parâmetros avaliados.

Tabela 4. Resumo da ANOVA para altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), índice de área foliar (IAF), comprimento de fruto (CF), diâmetro de fruto (DF), espessura de casca (EC), número de fruto por planta (NFP), peso médio de fruto (PMF) e produtividade (P) aos 92 DAT

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio								
		AP	DC	IAF	CF	DF	EC	NFP	PMF	P
Tratamento	3	24,56**	0,37	0,0091*	369,23**	58,23*	0,64**	0,65**	358,96**	0,35**
Bloco	5	5,45	0,18	0,0006	194,13*	35,09	0,02	0,02	100,57	0,10
Resíduo	15	6,27	0,19	0,0009	51,34	16,16	0,04	0,06	46,20	0,05
CV (%)		5,18	6,35	10,13	9,76	10,45	8,42	20,33	23,07	23,07

\* e \*\* Significativos a 5e 1% de probabilidade pelo teste F.

As plantas submetidas à deficiência hídrica apresentaram altura de plantas inferior àquelas que receberam 100% de reposição de água no solo (Tabela 5). No trabalho de Albuquerque (2010), testando lâminas de irrigação e doses de potássio, foram encontrados valores semelhantes de altura de planta com a cultivar Elisa, sendo o tratamento com 100% de reposição o que apresentou as melhores médias para altura de plantas. Vieira (1996) em experimento com a cultura de berinjela obteve menores valores de altura da planta quando a mesma foi submetida ao estresse hídrico.

Tabela 5. Valores médios em centímetros para altura de plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	Altura de planta
100%	50,63a
85%	49,49ab
70%	46,38b
55%	46,98ab

Na Figuras 6 está apresentado o modelo linear que se ajustou aos dados médios de altura de planta em função das lâminas de irrigação crescentes.

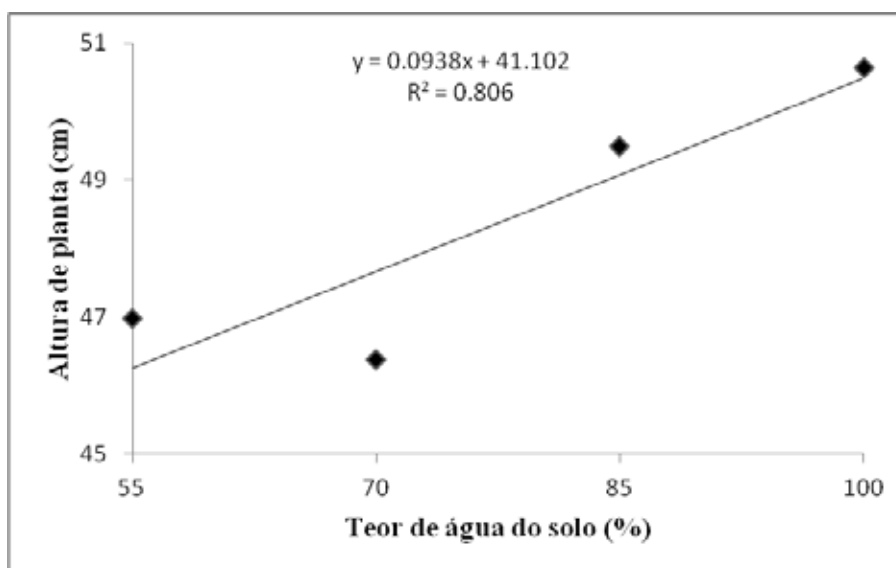


Figura 6. Altura de plantas obtida ao final do cultivo do pimentão Melina, sob efeito de déficit hídrico.

Para a variável índice de área foliar, o tratamento referente a 100% da reposição da umidade no solo foi o que apresentou maior valor observado  $0,35 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  (Tabela 6). Houve incremento de 23% ao se comparar os respectivos dados estimados pelo modelo do IAF com os obtidos na lâmina de irrigação T1 ( $0,35 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ) e na lâmina de irrigação T4 ( $0,27 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ).

Os resultados encontrados permitem inferir que, plantas em condições de déficit de água apresentam área foliar reduzida, tornando-se a primeira linha de defesa em condições de restrição de água, e conseqüentemente apresentarão IAF também reduzido.

Tabela 6. Valores médios de índice de área foliar  $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$  em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	Índice de área foliar ( $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$ )
100%	0,35a
85%	0,30ab
70%	0,27b
55%	0,27b

Na Figura 7 está apresentado o modelo linear que se ajustou aos dados médios do índice de área foliar em função das lâminas de irrigação crescentes.

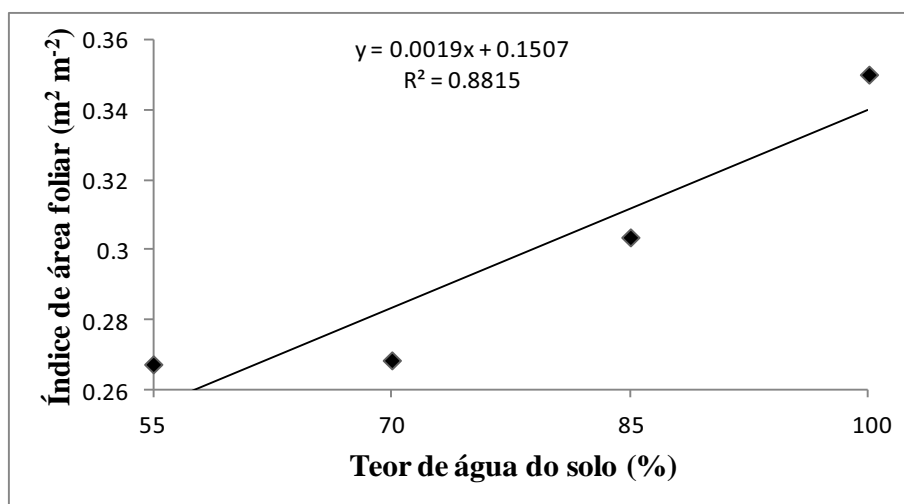


Figura 7. Dados médios observados e estimados pelo modelo linear na variável índice de área foliar em função de lâminas de irrigação.

A determinação da área foliar é de grande importância, visto que as folhas são as principais responsáveis pela captação da energia solar e pela produção de assimilados através da fotossíntese. O IAF está associado à capacidade ou à velocidade com que a parte aérea da planta (área foliar), ocupa a área de solo disponível àquele vegetal (FERRI, 1979).

É possível observar na Tabela 7 e Figura 8 que, para a variável comprimento de fruto, o tratamento com reposição de 85% da umidade no solo foi o que apresentou maior valores observados com 8,04 cm o que indicou um acréscimo de 22,8% em relação ao tratamento com reposição de 55% que apresentou o menor valor observado 6,21cm.

Tabela 7. Valores médios de comprimento de fruto em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	Comprimento de fruto (cm)
100%	7,6a
85%	8,04a
70%	7,49a
55%	6,22b

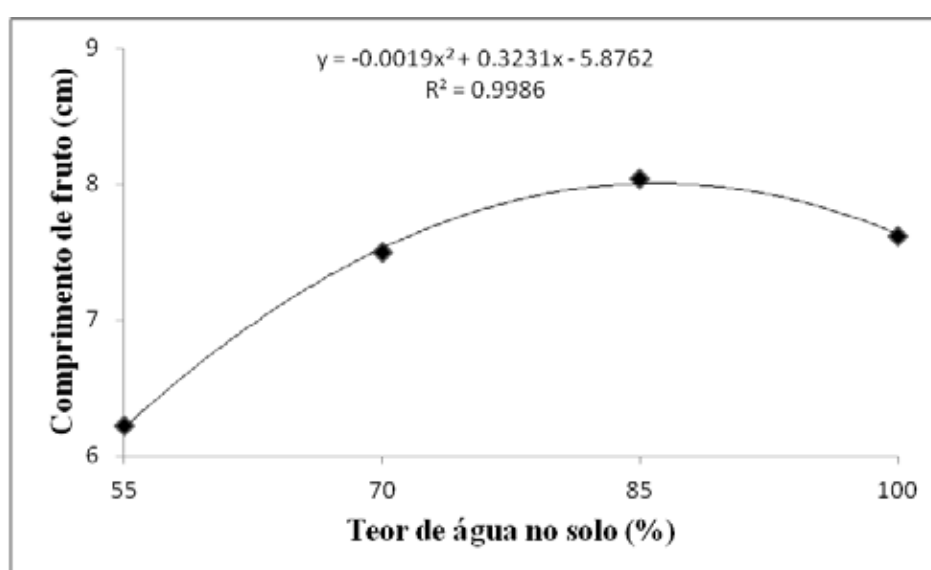


Figura 8. Dados médios observados e estimados pelo modelo quadrático na variável comprimento de fruto em função de lâminas de irrigação.

Para a variável diâmetro de fruto é possível observar na Tabela 8 e Figura 9 que o tratamento com reposição de 85% da umidade no solo foi o que apresentou maior valor observado 4,16 cm, indicando um acréscimo de 17,8% quando comparado com o tratamento com reposição de 55% que apresentou o menor valor observado 3,42cm.

Este resultado apresenta menores valores devido à diferente forma de condução e cultivar, o mesmo comportamento foi encontrado por Furlan, et al. (2002) que observou que os maiores comprimentos médios de frutos de pimentão foram obtidos com aplicação de 100 % ECAR e foram de 13,5 cm e 11,8 cm para os experimentos com e sem a aplicação de CO<sub>2</sub>, respectivamente. Já Frizzone et al. (2001) estudando diferentes potenciais

matriciais em pimentão verificaram que o  $\Psi_m = -15$  kPa e  $\Psi_m = -32$  kPa proporcionaram os maiores valores deste parâmetro.

Tabela 8. Valores médios de diâmetro de fruto em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	Diâmetro de fruto (cm)
100%	3,86ab
85%	4,16a
70%	3,94ab
55%	3,42b

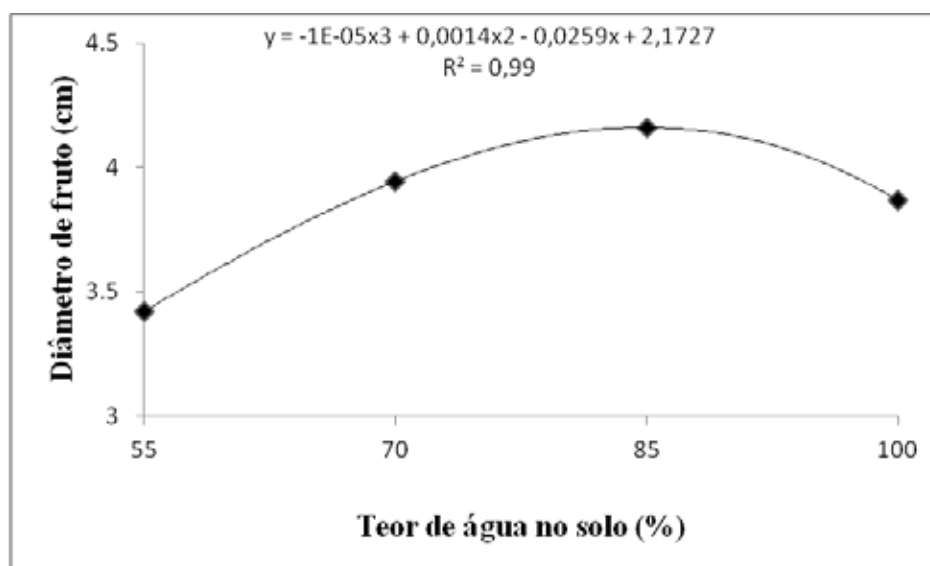


Figura 9. Dados médios observados e estimados pelo modelo quadrático na variável diâmetro de fruto em função de lâminas de irrigação.

Na tabela 9 é possível observar que para a variável espessura de casca os maiores valores observados foram no tratamento com 100% de reposição da umidade no solo com 0,26cm apresentando esse um acréscimo de 26,9% quando comparado ao tratamento com 55% de reposição que foi o que apresentou o menor valor 0,19cm.

Tabela 9. Valores médios de espessura da casca em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	Espessura de casca (cm)
100%	0,26a
85%	0,25a
70%	0,25a
55%	0,19b

Na figura 10 é possível observar o comportamento da espessura de casca para cada tratamento.

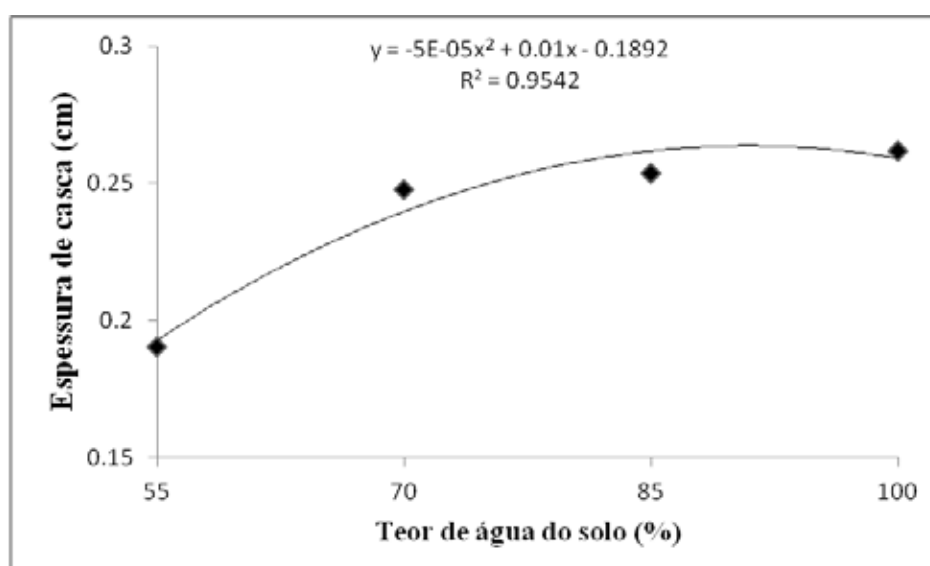


Figura 10. Dados médios observados e estimados pelo modelo quadrático na variável espessura de casca em função de lâminas de irrigação.

Na variável número de frutos por planta (NFP) observa-se um aumento com os níveis crescentes das lâminas de irrigação com comportamento linear (Figura 11), observou-se incremento de 47,05% quando se compara com os dados obtidos na lâmina de irrigação 100% da reposição da umidade no solo, que foi de 1,7 frutos por planta, enquanto na lâmina de irrigação de 55% foi de 0,9 frutos por planta (Tabela 10).

Tabela 10. Valores médios de número de frutos por planta em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	Número de frutos planta
100%	1,7a
85%	1,3ab
70%	1,2b
55%	0,9b

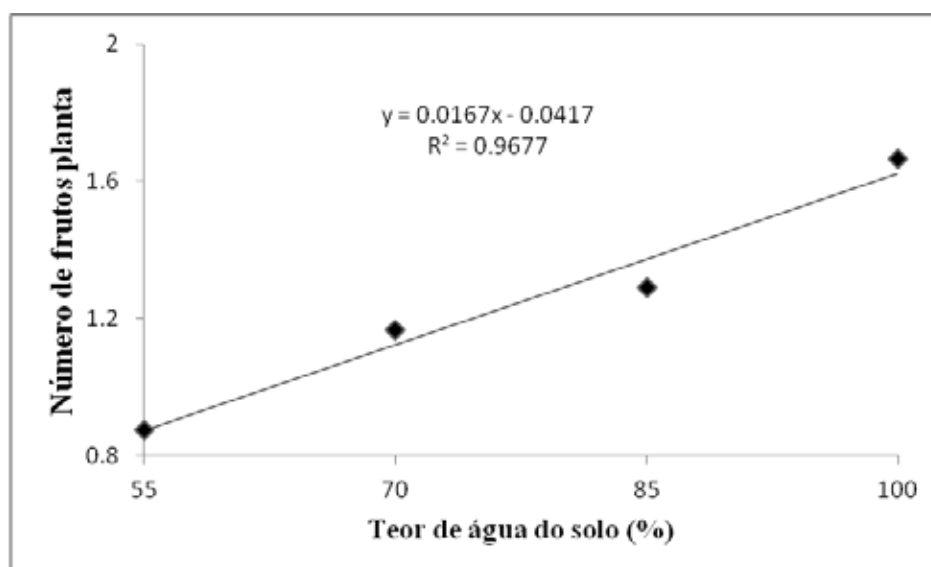


Figura 11. Dados médios observados e estimados pelo modelo linear na variável número de frutos por planta em função de lâminas de irrigação.

A variável peso médio de fruto ocorreu incremento de 48,83% ao se comparar com os dados estimados com reposição de 85% do teor de água no solo correspondente a 37,31 g fruto<sup>-1</sup> em relação à reposição de 55% da umidade no solo que foi de 19,09 g fruto<sup>-1</sup> (Tabela 11).

Analisando as figuras 11 e 12, percebe-se a ocorrência de fenômenos inversos, em que nos pontos dos tratamentos 100 e 85% do teor de água no solo, onde o número de frutos por planta foi maior, o peso médio de fruto foi menor, e vice-versa, evidenciando que alta produção de frutos resulta em frutos menores e com menor massa, pois



o tamanho que eles atingem depende do total de assimilados produzidos pela área fotossintetizante e da competição por esses assimilados.

Macêdo e Alvarenga (2005) constataram efeito linear significativo de lâminas de água sobre o peso médio de frutos e Frizzone et al. (2001) observaram que a maior frequência irrigação contribuiu para o aumento do peso médio de frutos na cultura do pimentão.

Tabela 11. Valores médios de peso médio de frutos em plantas de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação aos 92 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	Peso médio de frutos (g)
100%	32,6a
85%	37,3ab
70%	28,9b
55%	19,1b

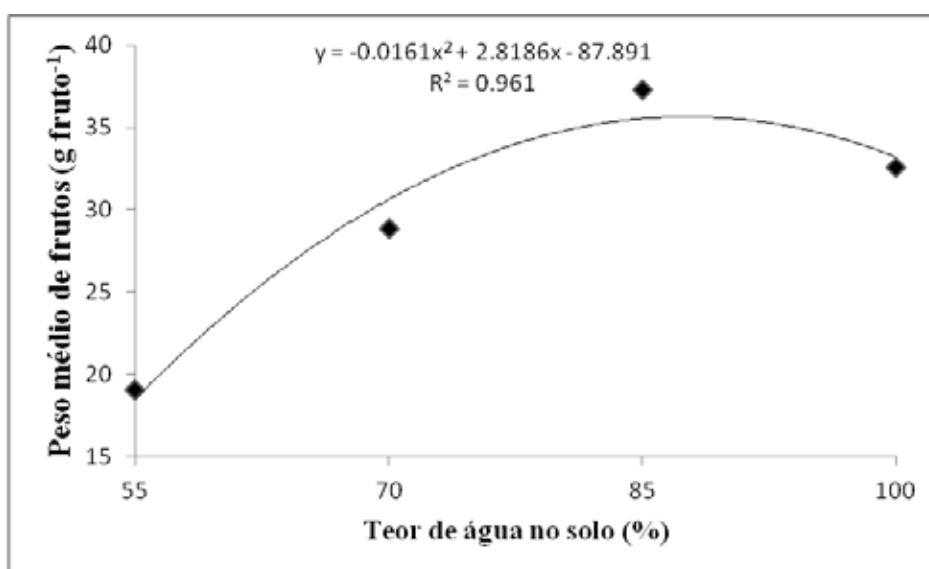


Figura 12. Dados médios observados e estimados pelo modelo quadrático na variável peso médio de fruto em função de lâminas de irrigação.

Para a variável produtividade houve incremento de 48,28% quando se compara o respectivo dado estimado de produtividade máxima com aquele obtido com a 85%

de reposição da água no solo que foi de 1,16 t ha<sup>-1</sup> e a lâmina de 55% da reposição correspondente a 0,60 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 12).

Houve um comportamento quadrático quando comparado todos os tratamentos (Figura 13).

Carvalho et al. (2001), verificaram que a maior produção de frutos comercializáveis foi alcançada quando foram aplicadas as reposições de 100% da água consumida e 100% da dose de nitrogênio recomendada.

Santana et al. (2004) observaram que as irrigações diárias onde se elevava o teor de água do solo próxima a capacidade de campo (10 kPa), a cultura apresentou maior produtividade. Em trabalho realizado por Teodoro et al. (1993) as maiores produções ocorreram nos tratamentos quando maiores percentagens de água disponível eram consumidas.

Tabela 12. Valores médios de produtividade em plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação aos 92 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )
100%	1,0a
85%	1,2a
70%	0,9ab
55%	0,6b

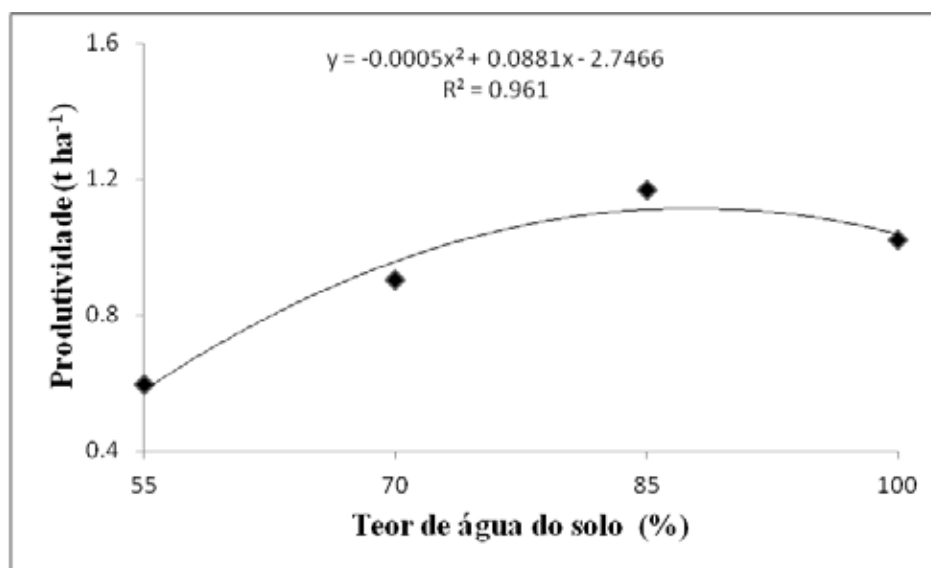


Figura 13. Dados médios observados e estimados pelo modelo quadrático na variável produtividade em função de lâminas de irrigação.

#### 4.4 Análise de massa da matéria seca da parte aérea e do fruto

A análise de variância de massa de matéria seca em (g) da parte aérea (Caule + Folhas) e fruto de pimentão Melina, apresentou diferença significativa entre os tratamentos avaliados no experimento (Tabela 13).

Tabela 13. Análise de variância para massa de matéria seca da parte aérea (folhas + caule) e fruto de plantas de pimentão Melina aos 92 DAT em função de diferentes níveis de irrigação.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	
		MMS folas+caule	MMS fruto
Tratamento	3	26,07**	65,67**
Resíduo	11	3,72	2,45
CV (%)		25,81	11,52

\* e \*\* Significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F.

A variável massa de matéria seca parte aérea (folha+caule) apresentou crescimento linear (Figura 14) com o maior valor observado no tratamento 100% da reposição

do teor de água no solo que correspondeu a 8,56g apresentando esse um acréscimo de 28,50% em relação ao tratamento com 55% de reposição de valor observado 6,12g (Tabela 14).

Tabela 14. Valores médios de MMS PA (folha+caule) em plantas de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação aos 92 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	MMS PA (g)
100%	8,56a
85%	7,93a
70%	7,28ab
55%	6,12b

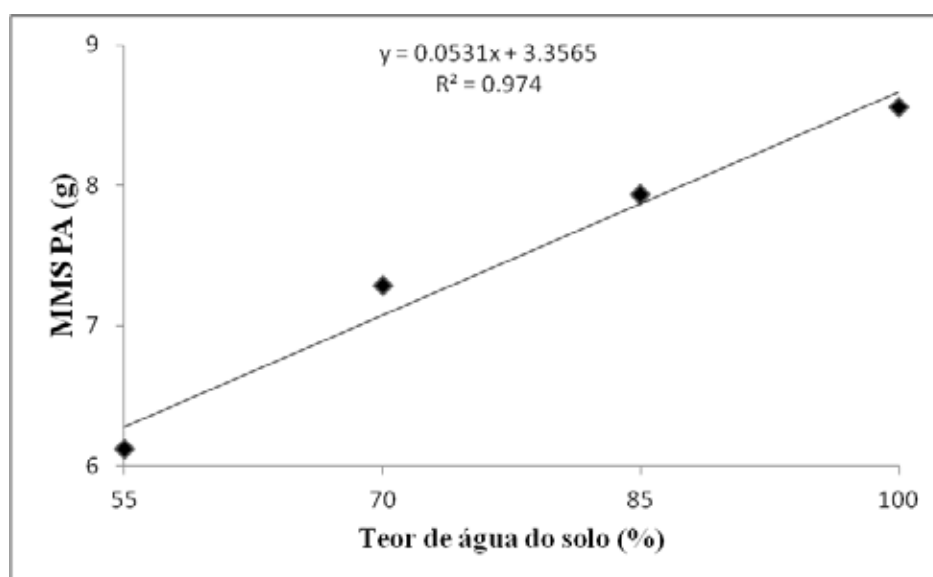


Figura 14. Dados médios observados e estimados pelo modelo linear na variável massa de matéria seca da parte aérea (MMS PA) folha+caule em função de lâminas de irrigação.

A variável massa de matéria seca fruto apresentou crescimento linear (Figura 15) com o maior valor observado no tratamento 100% do teor de água no solo do solo de valor observado 11,10g apresentando esse um acréscimo de 68,02% em relação ao tratamento com 55% de reposição do teor de água do solo correspondente a 3,55g (Tabela 15).

Tabela 15. Valores médios de massa de matéria seca de fruto MMS F em plantas de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação aos 92 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	MMS F (g)
100%	11,10a
85%	9,85a
70%	7,780b
55%	3,55c

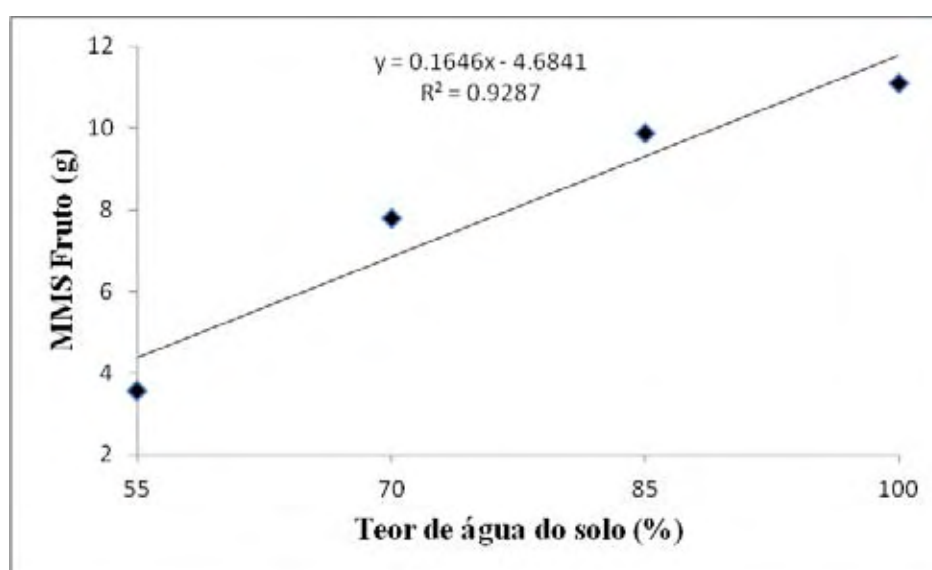


Figura 15. Dados médios observados e estimados pelo modelo linear na variável massa de matéria seca de fruto (MMS F) em função de lâminas de irrigação.

#### 4.5 Análise química dos constituintes da planta

A avaliação da concentração de nutrientes foi realizada em 4 amostragens aos 47, 62, 77 e 92 DAT para folha + caule e 1 amostragem para fruto aos 92 DAT.

O resumo da análise de variância para a concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S)  $\text{g kg}^{-1}$  e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn)  $\text{mg kg}^{-1}$

de amostras compostas por folhas+caule de pimentão Melina, amostrado aos 47, 62,77 e 92 DAT, estão apresentados nas Tabelas 16, 18, 20, 22 respectivamente.

Os valores médios da concentração em  $\text{g kg}^{-1}$  para os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e  $\text{mg kg}^{-1}$  micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) em folhas+caule de pimentão Melina amostrado aos 47, 62,77 e 92 DAT estão apresentados nas Tabelas 17, 19, 21, 23 respectivamente.

O resumo da análise de variância para a concentração de nutrientes em frutos e os valores médios da concentração em  $\text{g kg}^{-1}$  para os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e  $\text{mg kg}^{-1}$  micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) de pimentão Melina amostrado aos 92 DAT estão apresentados nas Tabelas 24 e 25.

A avaliação da concentração de nutrientes em frutos foi realizada aos 92 DAT.

Tabela 16. Análise de variância para concentração de macronutrientes e de micronutrientes em folhas+caule de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação aos 47 DAT.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamentos	3	1,00	0,04	29,44	2,75	0,13	0,02	20,11	0,97	201,22	293,86	4,53
Blocos	2	3,00	0,01	74,08	1,00	0,11	0,12	11,58	1,08	52,00	102,58	3,25
Resíduo	6	2,33	0,02	18,86	2,33	0,54	0,01	7,36	0,64	66,56	88,36	32,36
CV (%)		5,18	11,81	10,81	10,02	10,94	3,46	5,20	6,71	9,01	18,22	11,67

\* e \*\* Significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 17. Concentração de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>) e de micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>) em folhas+caule de pimentão Melina aos 47 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
100%	29,67a	1,30a	38,33a	14,67a	6,50a	3,43a	53,00a	11,67a	81,33a	43,00a	50,33a
85%	28,67a	1,40a	37,00a	16,67a	6,97a	3,37a	53,33a	12,00a	100,00a	44,00a	48,67a
70%	30,00a	1,40a	41,33a	15,00a	6,57a	3,43a	48,33a	11,33a	86,67a	63,67a	48,67a
55%	29,67a	1,17a	44,00a	14,67a	6,73a	3,27a	54,00a	12,67a	94,00a	55,67a	47,33a

Tabela 18. Análise de variância para concentração de macronutrientes e de micronutrientes em folhas+caule de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação aos 62 DAT.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamentos	3	2,08	0,01	23,67	0,11	0,13	0,38	15,33	0,31	393,86*	582,00*	4,67
Blocos	2	14,58	0,00	10,33	1,08	1,14	0,00	8,08	1,58	12,58	90,58	12,25
Resíduo	6	4,92	0,01	19,67	3,19	0,87	0,13	16,75	0,47	11,03	76,25	28,58
CV (%)		7,29	8,15	11,04	10,02	13,46	9,34	9,03	5,77	3,61	13,37	13,04

\* e \*\* Significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 19. Concentração de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>) e de micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>) em folhas+caule de pimentão Melina aos 62 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
100%	29,33a	0,90a	41,66a	18,00a	6,83a	3,83a	46,00a	12,33a	108,00a	54,33a	40,67a
85%	30,33a	0,83a	37,33a	17,67a	7,07a	4,07a	42,00a	11,67a	90,00b	54,67a	39,67a
70%	31,33a	0,93a	43,33a	18,00a	7,10a	4,03a	47,00a	11,67a	89,67b	68,67ab	41,00a
55%	30,67a	0,90a	38,33a	17,67a	6,67a	3,30a	46,33a	12,00a	80,67b	83,67b	42,67a



Tabela 20. Análise de variância para concentração de macronutrientes e de micronutrientes em folhas+caule de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação aos 77 DAT.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamentos	3	2,97	0,02	12,56	2,33	0,51	0,04	24,33	0,31	216,75	3,86	30,56
Blocos	2	13,08	0,00	24,33	0,25	0,12	0,00	8,58	0,00	26,08	6,08	56,58
Resíduo	6	4,97	0,00	17,22	1,25	0,25	0,07	14,92	1,22	45,75	4,53	12,81
CV (%)		7,33	4,88	9,69	6,78	7,70	7,60	7,31	9,41	7,83	4,67	7,33

\* e \*\* Significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 21. Concentração de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>) e de micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>) em folhas+caule de pimentão Melina aos 77 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
100%	29,33a	1,07a	43,00a	16,00a	6,47a	3,37a	54,67a	11,33a	82,00a	45,67a	44,33a
85%	30,00a	1,10a	40,33a	17,67a	7,07a	3,33a	48,67a	12,00a	84,00a	46,67a	49,00a
70%	31,67a	1,13a	42,67a	16,67a	6,50a	3,57a	54,67a	11,67a	80,67a	44,00a	50,33a
55%	30,67a	1,23a	45,33a	15,67a	6,06a	3,30a	53,33a	12,00a	99,00a	46,00a	51,67a

Tabela 22. Análise de variância para concentração de macronutrientes e de micronutrientes em folhas+caule de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação aos 92 DAT.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamentos	3	12,08	0,04	62,97	2,00	0,51	0,08	4,31	14,97*	492,78	92,89	188,75**
Blocos	2	2,25	0,05	1,75	6,33	1,57	0,11	15,08	0,08	234,25	27,25	36,75
Resíduo	6	13,58	0,04	19,64	8,33	0,18	0,25	7,97	2,31	142,03	21,81	12,42
CV (%)		10,92	16,83	9,18	14,68	6,04	13,63	6,58	11,32	9,57	6,49	7,70

\* e \*\* Significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 23. Concentração de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>) e de micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>) em folhas+caule de pimentão Melina aos 92 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
100%	33,67a	1,07a	51,33a	20,00a	7,53a	3,80a	44,7a	13,67a	105,67a	79,00a	44,00a
85%	35,67a	1,17a	44,67a	19,00a	6,70a	3,76a	42,33a	11,00ab	128,33a	73,67a	37,67a
70%	34,67a	1,27a	53,00a	19,00a	6,63a	3,47a	42,00a	16,33ab	129,67a	69,00a	56,67a
55%	31,00a	1,00a	44,00a	20,67a	7,07a	3,53a	42,67a	12,67b	134,33a	66,33a	44,67b

Tabela 24. Análise de variância para concentração de macronutrientes e de micronutrientes em frutos de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação aos 92 DAT.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamentos	3	14,94	0,10	39,60*	0,04	0,01	0,02	245,37**	6,4861*	74,15	5,15	13,61
Blocos	5	2,17	0,01	5,08	0,18	0,01	0,01	22,34	0,74	153,88	3,94	11,77
Resíduo	15	4,54	0,04	12,03	0,11	0,01	0,02	14,94	1,39	91,92	4,05	13,34
CV (%)		8,02	9,87	10,16	17,55	5,79	5,01	11,44	11,53	12,80	10,91	19,31

\* e \*\* Significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 25. Concentração de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e de micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em frutos de pimentão Melina aos 92 DAT.

Tratamentos (teor de água no solo)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
85%	25,67a	1,88a	32,83ab	1,83a	1,73a	2,55a	32,83a	9,50ab	77,00a	17,83a	17,00a
70%	26,50a	1,85a	35,17ab	2,00a	1,67a	2,58a	33,17a	10,83ab	74,67a	19,17a	18,83a
55%	28,83a	2,12a	37,17b	1,83a	1,73a	2,62a	42,33b	11,33b	70,00a	19,33a	20,67a

Na Figura 16 encontram-se os valores médios para concentração de nitrogênio em folhas+caule de plantas de pimentão Melina ao longo do experimento.

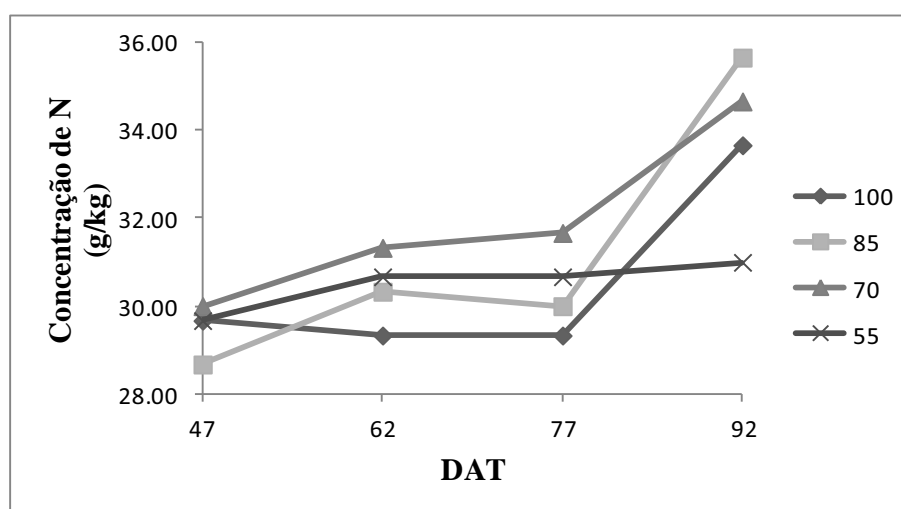


Figura 16. Valores médios para concentração de nitrogênio (N) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.

A média dos valores obtidos ficaram dentro do aceitável, com exceção do que foi verificado aos 47 DAT para as lâminas 100%, 85% e aos 62 DAT para a lâmina 100% da reposição da água no solo, que ficaram abaixo do indicado como ideal por Raij et al. (1996) que é de 30 a 60 g kg<sup>-1</sup>. Considerando que esta faixa é determinada para folhas recém maduras, e que a amostra analisada foi composta por caule e folhas em diferentes estádios de desenvolvimento, pode-se atribuir a diferença a esse fator, pois, conforme demonstrado por Villas Bôas (2001) a concentração de nitrogênio no caule é em torno de 60% menor que nas folhas. Além disso, segundo Leonardo (2003) a cultura do pimentão apresenta crescimento lento característico da cultura até a idade fisiológica de 90 dias.

Marcussi (2005) trabalhando com fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de Pimentão aos 100 dias encontrou valores de 37,3 g.kg<sup>-1</sup> em folhas, 16 g.kg<sup>-1</sup> em caule e 24,5 g.kg<sup>-1</sup> e frutos de pimentão.

Valores menores foram encontrados neste trabalho, que para o tratamento com reposição de 100% da água foi de 33,7 g.kg<sup>-1</sup> para (folhas+caule) e 25,3 g.kg<sup>-1</sup> para frutos de pimentão aos 92 DAT.

Na Figura 17 encontram-se os valores médios para concentração de fósforo em folhas+caule de plantas de pimentão Melina ao longo do experimento.

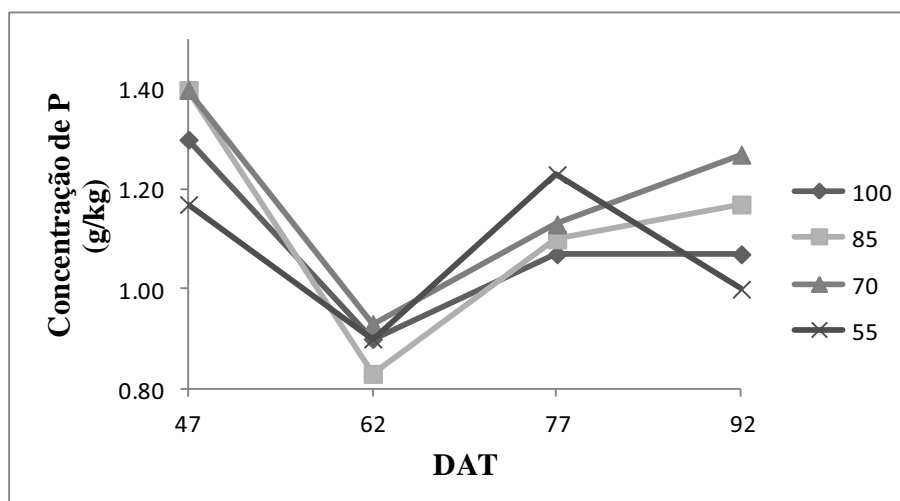


Figura 17. Valores médios para concentração de fósforo (P) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.

A concentração de fósforo, não foi significativamente diferente entre os tratamentos tanto para folhas + caule quanto para os frutos coletados aos 92DAT.

Observa-se que a concentração nos frutos foi bem maior do que aquela apresentada em folhas + caule. Foi observado maior acúmulo nos frutos para o tratamento de maior déficit hídrico.

Fontes et al. (2005) que constataram os conteúdos de P pela planta foi de 23,3 kg ha<sup>-1</sup>; destes, os frutos obtiveram 60%, Siviero e Gallerani (1992) afirmaram que 64% do P total absorvido é translocado para os frutos. As médias das concentrações de P neste trabalho foram 1,13 g kg<sup>-1</sup> em folhas+caule e 1,92 g kg<sup>-1</sup> em frutos aos 92 DAT, apresentam-se inferiores aos valores observados por Santos (2005), que trabalhando com desempenho agrônomico e marcha de absorção de nutrientes em plantas de pimentão enxertadas encontrou aos 83 DAT a média de distribuição de P correspondente a 2,6 g kg<sup>-1</sup> em folhas+caule e 4,3 g kg<sup>-1</sup> nos frutos.

Na Figura 18 encontram-se os valores médios para concentração de potássio em folhas+caule de plantas de pimentão Melina ao longo do experimento.

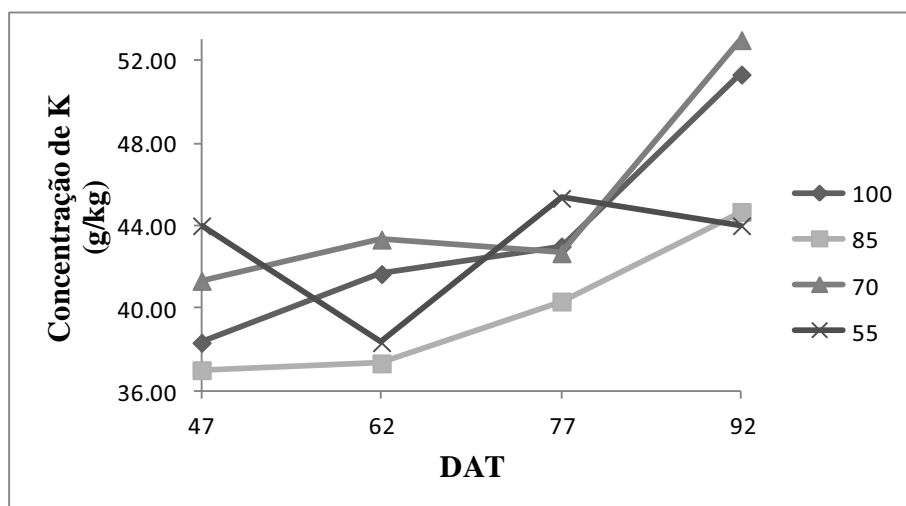


Figura 18. Valores médios para concentração de potássio (K) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.

A concentração de K em folhas + caule não apresentou na análise de variância, diferença significativa, já os frutos coletados aos 92DAT apresentaram diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Os valores de acúmulo observados apresentaram maior concentração na folha+caule em relação ao fruto. Freitas (2009) encontrou a participação da parte vegetativa e dos frutos, respectivamente, 62,61 e 37,4% de acúmulo.

Foi encontrado valores médios de  $48,25 \text{ g kg}^{-1}$  para folha+caule e  $34,12 \text{ g kg}^{-1}$  para frutos aos 92 DAT. No fruto foi possível perceber que a concentração de K foi aumentando à medida que elevou o nível de déficit hídrico.

Mello et al. (2002) avaliando a influência do boro no desenvolvimento e na composição mineral do pimentão obteve valor de K próximo ao encontrado nesse trabalho para folha+pecíolo de  $50 \text{ g kg}^{-1}$ , Marcussi (2005), encontrou  $41,5 \text{ g kg}^{-1}$  em folhas de pimentão, Sedyama et al. (2009) avaliando rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral quando se associou as doses de composto orgânicos com as de adubo mineral, os teores de K foram superiores, variando de  $49,3$  a  $57,3 \text{ g kg}^{-1}$ .

Na Figura 19 encontram-se os valores médios para concentração de cálcio em folhas+caule de plantas de pimentão Melina ao longo do experimento.

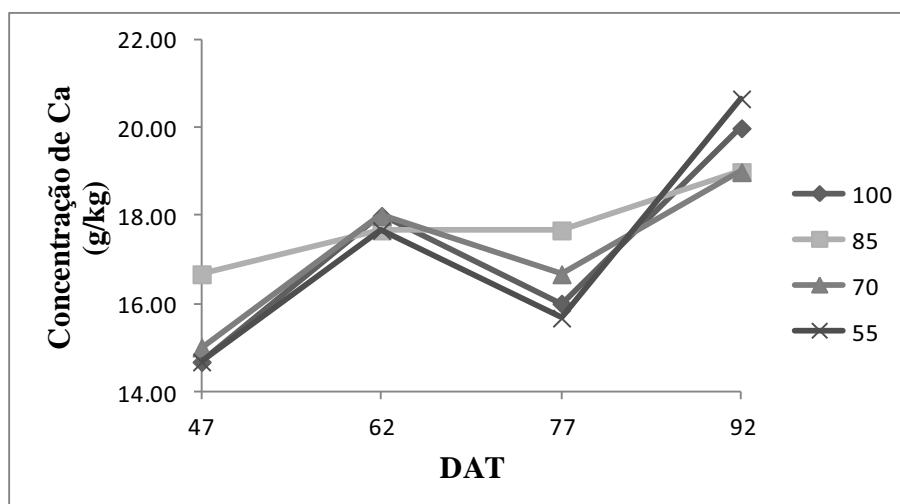


Figura 19. Valores médios para concentração de cálcio (Ca) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.

A concentração de cálcio, não foi significativamente diferente entre os tratamentos tanto para folhas + caule quanto para os frutos coletados ao longo do experimento.

Os valores médios de concentração observados foram  $16,5 \text{ g kg}^{-1}$  para folha+caule e  $19,67 \text{ g kg}^{-1}$  para fruto aos 92 DAT. Valor próximo foi encontrado por Mello et al. (2002) para os teores de nutrientes nas folhas mais pecíolos  $15,0 \text{ g kg}^{-1}$ . Santos (2005) encontrou valores de  $18 \text{ g kg}^{-1}$  para folhas+caule e de  $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  para frutos aos 83 DAT, Marcussi (2005) encontrou valores inferiores a este trabalho, foram observados valores correspondentes a  $27,5 \text{ g kg}^{-1}$  para folhas,  $7,8 \text{ g kg}^{-1}$  para caule e  $2,4 \text{ g kg}^{-1}$  para fruto aos 100 DAT.

Na Figura 20 encontram-se os valores médios para concentração de magnésio em folhas+caule de plantas de pimentão Melina ao longo do experimento.

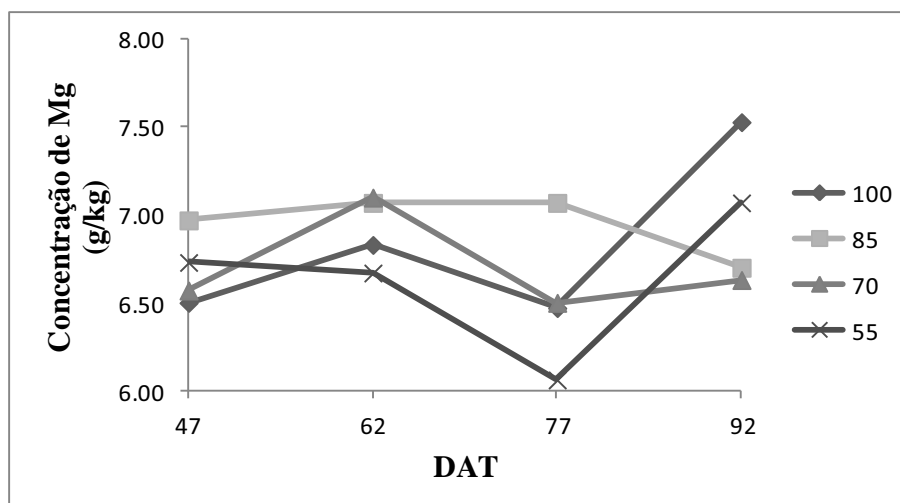


Figura 20. Valores médios para concentração de magnésio (Mg) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.

A concentração de magnésio, não foi significativamente diferente entre os tratamentos tanto para folhas + caule quanto para os frutos coletados aos 92DAT.

Os valores médios observados foram 6,98 e 1,70 g kg<sup>-1</sup> para folhas+caule e fruto respectivamente aos 92DAT.

O magnésio, em quantidades menores que o cálcio, acumula-se preferencialmente na parte vegetativa, fato semelhante foi verificado em pimentão (FONTES et al., 2005), Santos (2005) que observou 10,9 g kg<sup>-1</sup> para folhas+caule e 1,9 g kg<sup>-1</sup> para fruto na cultura do pimentão aos 83 DAT e Marcussi (2005) encontrou 11,1 g kg<sup>-1</sup> em folhas, 6,1 g kg<sup>-1</sup> em caule e 3 g kg<sup>-1</sup> nos frutos aos 100 DAT na cultura do pimentão.

Convém ressaltar que essas indicações são muito gerais, pois condições de solo, clima e cultivares poderão influenciar os teores de nutrientes nos órgãos das plantas, aumentando-os ou diminuindo-os (MALAVOLTA et al., 1997).

Na Figura 21 encontram-se os valores médios para concentração de enxofre em folhas+caule de plantas de pimentão Melina ao longo do experimento.



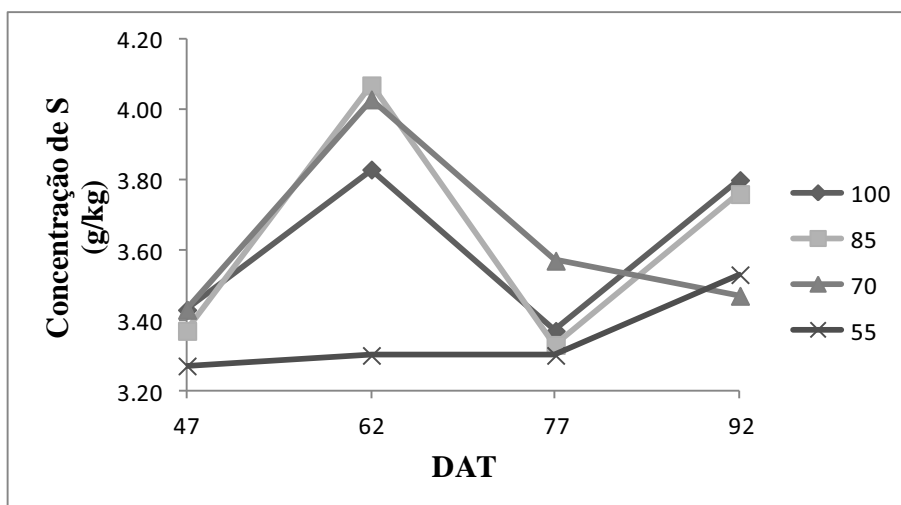


Figura 21. Valores médios para concentração de enxofre (S) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.

A concentração de enxofre, não foi significativamente diferente entre os tratamentos tanto para folhas + caule quanto para os frutos coletados ao longo do experimento. O tratamento que apresentou a menor concentração de enxofre foi o correspondente a 55% da reposição da umidade do solo, ou seja, o de maior déficit hídrico.

Os valores médios observados foram  $3,64 \text{ g kg}^{-1}$  para folha+caule e  $2,56 \text{ g kg}^{-1}$  para fruto aos 92 DAT. Valores semelhantes foram encontrados por SANTOS (2005) trabalhando com marcha de absorção de nutrientes testando dois híbridos, para folhas + caule os valores estiveram na faixa de  $3,0$  a  $3,4 \text{ g kg}^{-1}$  e nos frutos variando de  $1,95$  a  $2,59 \text{ g kg}^{-1}$  aos 83DAT.

O teor de enxofre, de acordo com Ribeiro et al. (1999) deve estar em torno de  $3,5 \text{ g kg}^{-1}$  e segundo Malavolta et al. (1997) os valores nutricionalmente equilibrados para enxofre devem apresentar-se abaixo de  $4 \text{ g kg}^{-1}$ , corroborando com o presente trabalho.

No trabalho de Marcussi e Villas Bôas (2000) plantas de pimentão ‘Elisa’ aos 140 DAT apresentaram concentração de enxofre no caule de  $4,0 \text{ g kg}^{-1}$ .

Na Figura 22 encontram-se os valores médios para concentração de boro em folhas+caule de plantas de pimentão Melina ao longo do experimento.

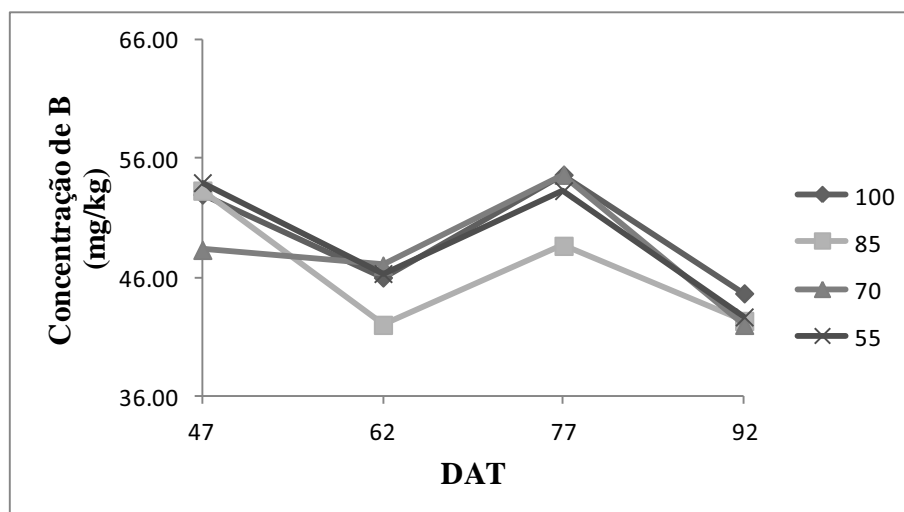


Figura 22. Valores médios para concentração de boro (B) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.

A concentração de boro em folhas + caule não apresentaram na análise de variância diferença significativa, já os frutos coletados aos 92DAT apresentaram diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Durante todo o experimento os valores observados ficaram acima da faixa indicada por Raij et al. (1996) que estabelecem como teor adequado para folhas, valores de 8-20 mg kg<sup>-1</sup>.

Os valores observados correspondente a média dos tratamentos aos 92 DAT foram 43,67 mg kg<sup>-1</sup> para folhas+caule e 33,79 mg kg<sup>-1</sup> para fruto. Os valores correspondentes a folhas+caule apresentaram-se dentro da faixa considerada adequada para o pimentão segundo Malavolta et al. (1997) que é entre 25 e 75 mg kg<sup>-1</sup>.

Valor semelhante foi encontrado 43 mg kg<sup>-1</sup> em folhas e inferior 18 mg kg<sup>-1</sup> em fruto aos 100 DAT (Marcussi; Villas Bôas, 2003).

Na figura 23 encontram-se os valores médios para concentração de cobre em folhas+caule de plantas de pimentão Melina ao longo do experimento.

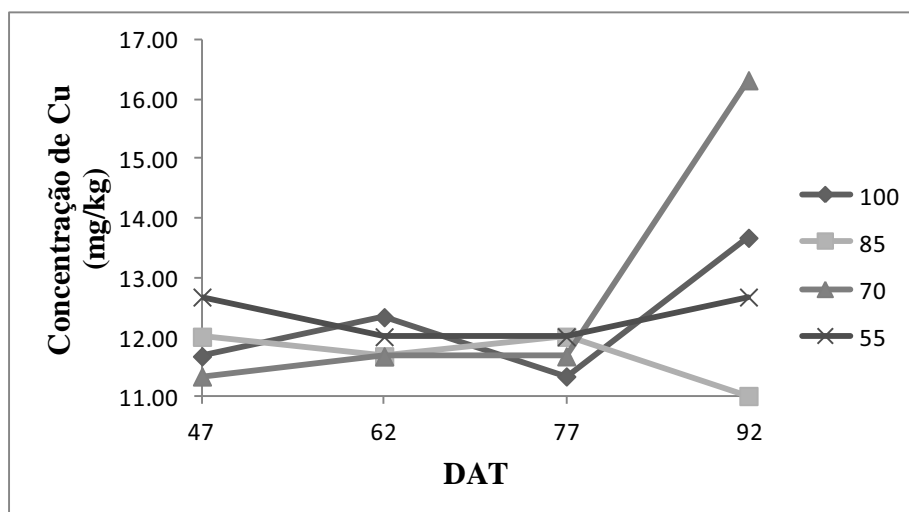


Figura 23. Valores médios para concentração de cobre (Cu) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.

A concentração de cobre apresentou na análise de variância diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey, tanto em folhas+caule quanto nos frutos coletados aos 92DAT.

Raij et al. (1996) estabelecem como teor adequado para folhas, valores de 8-20 mg kg<sup>-1</sup> e Malavolta et al. (1997) valores entre 6 e 25 mg kg<sup>-1</sup>. No presente trabalho, em todas as coletas os valores observados ficaram dentro do recomendado, sendo que a última referente a 92 DAT apresentou um acréscimo considerável desse elemento quando comparado com as coletas anteriores.

Marcussi e Villas Bôas (2003) encontraram 6 mg kg<sup>-1</sup> para folhas, 7 mg kg<sup>-1</sup> para caule e 18 mg kg<sup>-1</sup> para raiz 6 mg kg<sup>-1</sup> para fruto em plantas de pimentão coletadas aos 100 DAT.

Na Figura 24 encontram-se os valores médios para concentração de ferro em folhas+caule de plantas de pimentão Melina ao longo do experimento.

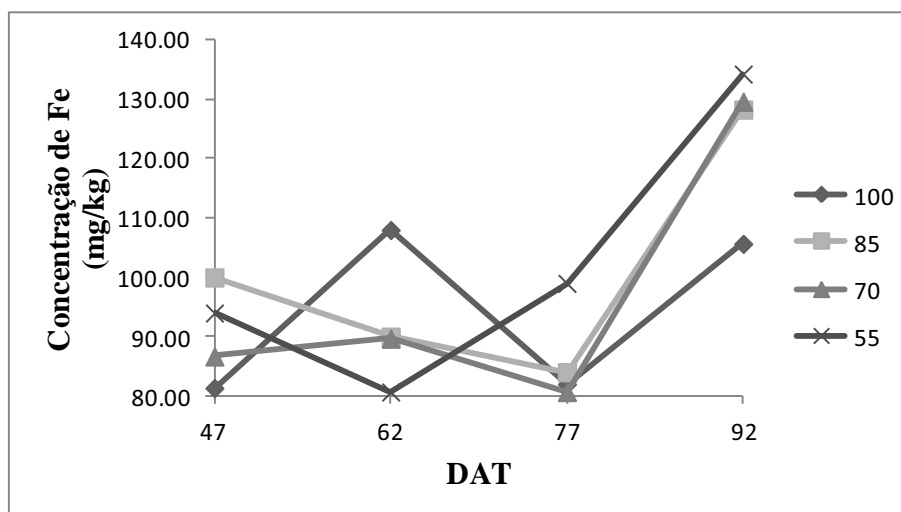


Figura 24. Valores médios para concentração de ferro (Fe) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.

A concentração de Fe ao decorrer do experimento apresentou valores de parte aérea e fruto não diferentes significativamente, com exceção para a coleta realizada aos 62 DAT na constituinte folhas+caule, que apresentou na análise de variância diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Dentre os micronutrientes o ferro é o mais absorvido por plantas de pimentão, isto já foi observado por Rodrigues (2001) e Marcussi e Villas Bõas (2003).

Os valores encontrados no presente trabalho variaram entre 80,67 e 134,33 mg kg<sup>-1</sup>, estando dentro da faixa adequada.

Malavolta et al. (1997) indica como valores considerados aceitáveis em folha para a cultura do pimentão entre 60 e 300 mg kg<sup>-1</sup>. Valores em torno de 284mg kg<sup>-1</sup> para folha+pecíolo foram obtidos por Mello et al. (2002), apresentando-se superiores aos encontrados no presente trabalho.

Na Figura 25 encontram-se os valores médios para concentração de manganês em folhas+caule de plantas de pimentão Melina ao longo do experimento.

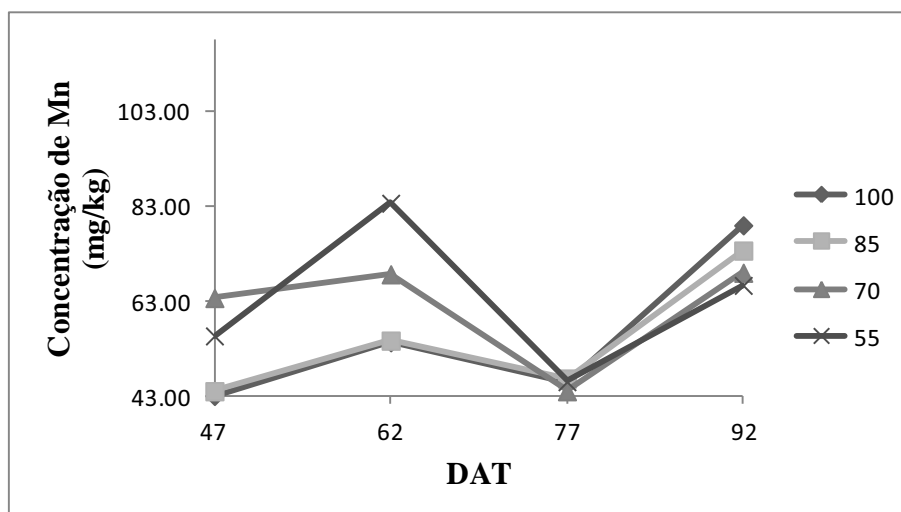


Figura 25. Valores médios para concentração de manganês (Mn) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.

A concentração de Mn no decorrer do experimento não apresentou valores diferentes significativamente para parte aérea e fruto. Os valores obtidos variaram entre 43 e 83,67 mg kg<sup>-1</sup>, encontrando-se dentro da faixa adequada que é entre 50-250 mg kg<sup>-1</sup> segundo Malavolta (1997).valor de 121 mg kg<sup>-1</sup> para folha+pecíolo em pimentão foi encontrado por Mello et al. (2002).

Marcussi & Villas Bôas (2003) estudando teores de micronutrientes no desenvolvimento da planta de pimentão sob fertirrigação encontraram valores entre 16 e 50 mg kg<sup>-1</sup> para fruto, 64 e 122 mg kg<sup>-1</sup> para folhas, 17 e 30 mg kg<sup>-1</sup> para caule e 40 e 86 mg kg<sup>-1</sup> total na planta.

Na figura 26 encontram-se os valores médios para concentração de zinco em folhas+caule de plantas de pimentão Melina ao longo do experimento.

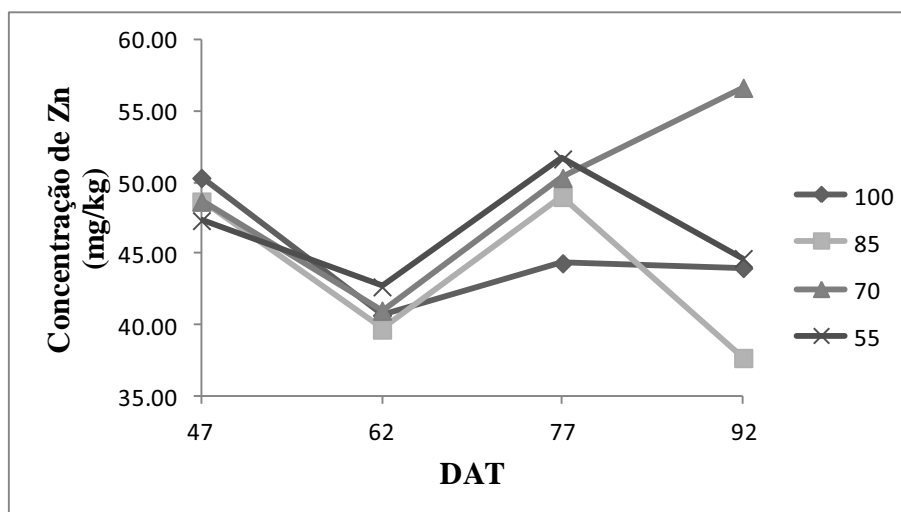


Figura 26. Valores médios para concentração de zinco (Zn) em folhas+caule de plantas de pimentão Melina amostradas aos 47, 62, 77 e 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.

A concentração de zinco apresentou na análise de variância diferença significativa a 1% pelo teste de Tukey, somente na coleta aos 92 DAT para a constituinte folhas+caule.

Os valores encontrados ao longo do experimento ficaram compreendidos entre 39,67 e 56,67 mg kg<sup>-1</sup> para folha+caule e 17 e 20,67 mg kg<sup>-1</sup> para fruto, comparando com valores considerados como adequados por Malavolta (1997) (20-200 mg kg<sup>-1</sup>) encontra-se dentro da faixa adequada. O zinco, à semelhança do manganês, possui uma faixa ampla de teores considerados adequados para folhas.

Assim como foi observado por Rodrigues (2001) e por Santos (2005) esse nutriente se acumula mais na parte vegetativa do que nos frutos.

Marcussi e Villas Bôas (2003) encontraram valores entre 21 e 60 mg kg<sup>-1</sup> para fruto, 79 e 124 mg kg<sup>-1</sup> para folhas, 13 e 42 mg kg<sup>-1</sup> para caule, 33 a 113 mg kg<sup>-1</sup> para raiz e 40 e 86 mg kg<sup>-1</sup>. Mello et al. (2000) encontrou valores entre 34 e 40 mg kg<sup>-1</sup> em folhas avaliando pimentão em diferentes adubações orgânico e mineral.

## 4.6 Análises bioquímicas

### 4.6.1 Análise da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD)

O resumo das análises de variância para a atividade da enzima SOD em folhas de pimentão Melina está apresentado na Tabela 26. Os valores médios da atividade da enzima SOD expressos em UI.  $\mu\text{g prot.}^{-1}$ , estão apresentados na Tabela 27.

Tabela 26. Análise de variância da atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD) em folhas de plantas de pimentão Melina em função de diferentes níveis de irrigação.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		32 DAT	47 DAT	62 DAT	77 DAT	92 DAT
Tratamentos	3	0,0030	0,0179	0,0031	0,0541	0,03959*
Resíduos	8	0,0231	0,0117	0,0109	0,0331	0,0085
CV (%)		11,08	7,26	6,10	10,61	5,30

\* e \*\* Significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 27. Valores médios em UI .  $\mu\text{g prot.}^{-1}$  da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em folhas de plantas de pimentão Melina até os 92 DAT em função de diferentes níveis de irrigação.

Tratamentos (teor de água no solo)	Coletas				
	32 DAT	47 DAT	62 DAT	77 DAT	92 DAT
100 %	1,3471a	1,4402a	1,6745a	1,5623a	1,6442a
85 %	1,3606a	1,4417a	1,7115a	1,7278a	1,6906ab
70 %	1,3807a	1,5146a	1,7145a	1,7291a	1,7466ab
55 %	1,3975a	1,5498a	1,7279a	1,8449a	1,8743c

A análise de variância para a atividade da SOD em folhas de pimentão Melina apresentou resultados com diferença significativa entre os tratamentos segundo teste de Tukey a 5% para a coleta realizada aos 92 DAT.

Na Tabela 26 encontra-se a diferença entre os tratamentos, sendo que, nas coletas realizadas ao longo do desenvolvimento da cultura, o tratamento com 100% da reposição da umidade no solo, sempre apresentou os menores valores de atividade específica

da enzima superóxido dismutases (SOD) apresentando-se de forma crescente com o aumento do nível de déficit hídrico, tendo seus maiores valores no tratamento mais severo, correspondente a 55% da reposição da umidade no solo.

Comportamento semelhante foi encontrado por Coscolin (2012) trabalhando com manjeriço submetido à deficiência hídrica, os tratamentos com maiores níveis de deficiência hídrica apresentaram maiores incrementos da atividade da SOD quando comparados com os tratamentos submetidos a menores níveis de deficiência hídrica.

A enzima SOD correspondeu à expectativa como marcador bioquímico do estabelecimento de reações antioxidativas típicas, agindo na dismutação de espécies reativas de oxigênio, comuns em situação de estresse ambiental. A formação destas espécies tende a se dividir de forma compartimentalizada nas células, conforme a intensidade da atividade metabólica. Assim, e de acordo com o grupo prostético metálico a SOD pode ocorrer sob diferentes formas. A isoforma CuZn-SOD, a Fe-SOD e a Mn-SOD estão presentes no citoplasma, no cloroplasto e na mitocôndria, respectivamente, tornando possível medir-se respostas específicas e do sistema de resposta antioxidativo, pelo monitoramento da atividade destas diferentes classes de SOD (MISZALSKI et al., 1998).

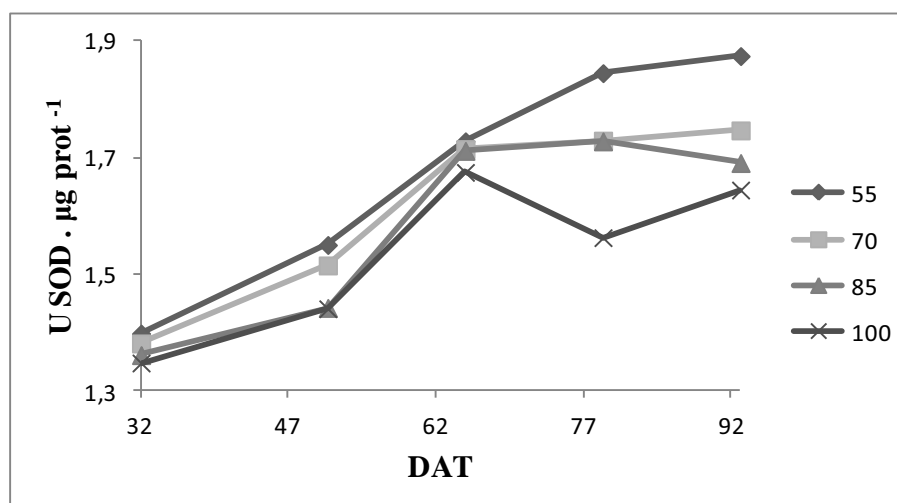


Figura 27. Valores médios da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em folhas de plantas de pimentão Melina até os 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.



A Figura 27 apresenta o comportamento da atividade da SOD, durante o desenvolvimento da cultura. Observa-se que os tratamentos apresentavam-se de forma crescente não apresentando grandes oscilações, como exceção, da aproximação da coleta realizada aos 77 DAT quando a planta entra em um período de transição entre o estágio vegetativo para o reprodutivo, a atividade da enzima apresentou um declínio no tratamento com 100% da umidade no solo, os tratamentos correspondentes a 85% e 70% comportaram-se aproximadamente de forma contínua já o tratamento de maior déficit com reposição de 55% da umidade do solo continuou a crescer.

Broetto et al. (2002) demonstraram que a enzima SOD apresenta um incremento na atividade quando as plantas são submetidas a uma condição ambiental limite, seja hídrica, térmica, salina, alta intensidade luminosa, injúrias por insetos ou fitopatogênicos.

No entanto, segundo Coscolin (2012), a atividade da enzima pode ser requerida, mesmo em situações normais, para dismutar espécies reativas de oxigênio evoluídas do metabolismo de açúcares na mitocôndria, sendo, portanto, necessário para a utilização da SOD como marcador bioquímico de parâmetros da atividade da enzima em condições ambientais normais.

Os resultados aqui apresentados sugerem que os tratamentos com redução de reposição de umidade no solo provocaram uma situação de estresse hídrico, o qual manteve a atividade da SOD em correlação direta com o aumento deste fator. Além disso, as baixas temperaturas médias observadas na estufa durante o ciclo apresentando-se na maioria do desenvolvimento da cultura abaixo dos 15° podem ter exercido efeito estressante sinérgico com as diferentes umidades do solo para os tratamentos.

#### **4.6.2 Análise da atividade da enzima Peroxidase (POD)**

O resumo das análises de variância para a atividade da enzima peroxidase (POD) em folhas de pimentão Melina está apresentado na Tabela 28. Os valores médios da atividade da enzima POD expressos em  $\mu\text{kAT } \mu\text{g Prot.}^{-1}$ , estão apresentados na Tabela 29.

Tabela 28. Análise de variância da atividade da enzima peroxidase (POD) em folhas de plantas de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		32 DAT	47 DAT	62 DAT	77 DAT	92 DAT
Tratamentos	3	$8,3 \cdot 10^{-12}$	$3,1 \cdot 10^{-11}$	$8,2 \cdot 10^{-10}$	$4,8 \cdot 10^{-10}$	$2,1 \cdot 10^{-10}$
Resíduos	8	$2,3 \cdot 10^{-10}$	$2,3 \cdot 10^{-10}$	$6,4 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$1,2 \cdot 10^{-10}$
CV (%)		12,77	8,61	10,55	9,24	7,81

\* e \*\* Significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 29. Valores médios em  $\mu\text{kAT } \mu\text{g Prot.}^{-1}$  da atividade da enzima peroxidase em folhas de plantas de pimentão Melina até os 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.

Tratamentos (teor de água no solo)	Coletas				
	32 DAT	47 DAT	62 DAT	77 DAT	92 DAT
100 %	0,000117a	0,000170a	0,000220a	0,000107a	0,000127a
85 %	0,000117a	0,000177a	0,000233a	0,000127a	0,000140a
70 %	0,000117a	0,000173a	0,000250a	0,000133a	0,000140a
55 %	0,000120a	0,000177a	0,000257a	0,000133a	0,000147a

A análise de variância para a atividade da POD em folhas de pimentão Melina não apresentou diferença significativa entre os tratamentos segundo teste de Tukey a 5% para as coletas realizadas ao longo do cultivo.

Na Tabela 29 encontram-se as medias dos valores obtidos para os diferentes tratamentos, observa-se que mesmo quando o conteúdo de água disponível às plantas foi reduzido, a atividade da POD apresentou valores similares para as plantas nos diferentes tratamentos, indicando que os fatores que estão desencadeando a produção de peróxidos ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) nas plantas estão atuando de forma similar.

Mesmo não apresentando diferença estatística é possível observar que nas coletas realizadas ao longo do desenvolvimento da cultura, o tratamento com 100% da reposição da umidade do solo, sempre apresentou os menores valores de atividade da enzima POD e tendo seus maiores valores no tratamento mais severo, correspondente a 55% da reposição da umidade no solo, podendo essa diferença na atividade da enzima ser interpretadas como efeito do fator redução da disponibilidade de água no solo.

Segundo Jadoski (2002), enfocando diretamente a peroxidase, pode-se inferir que com o aumento da concentração de radicais livres no meio celular, em função do estresse desencadeado pela deficiência de água no solo, a atividade da enzima esteja sendo aumentada como uma tentativa de defesa da planta de pimentão no intuito de manter a integridade celular.

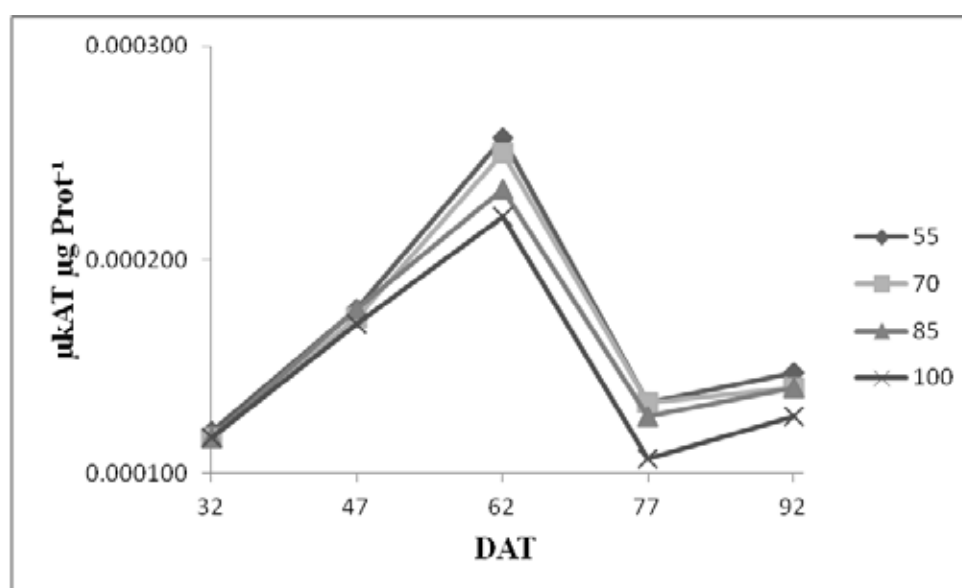


Figura 28. Valores médios da atividade da enzima peroxidase em folhas de plantas de pimentão Melina até os 92 DAT em função de diferentes lâminas de irrigação.

Considerando a POD como uma atividade metabólica de defesa das plantas a fatores abióticos (LIMA et al., 1999), estes resultados evidenciam que as plantas, entre os 47 DAT e 62 DAT apresentaram uma resposta de defesa a algum tipo de estresse podendo ser devido ao fator vento ou temperatura, pois, aumentaram os níveis de POD significativamente ao longo do tempo.

É possível perceber que os menores valores de IAF foram observados nos tratamentos com menores valores de reposição da água do solo e que também foram as plantas destes tratamentos que atingiram os níveis máximos de atividade da enzima, resposta contrária apresentaram os tratamentos com maior reposição da água do solo (Figura 28).

Resultados de correlação semelhantes foram encontrados por Jadoski (2002), onde estudando alterações morfo-fisiológicas em plantas de pimentão sob deficiência hídrica, encontrou maiores valores de IAF e POD para os tratamentos com menor tensão de água no solo e menores valores de IAF e POD para os tratamentos com maior tensão de água no solo.

Estes resultados sugerem uma possível relação entre a ocorrência dos máximos níveis de POD com a elevação da senescência da folha. As explicações fisiológicas referentes à senescência de tecidos foliares em plantas sob estresse hídrico, geralmente relacionam o processo como tentativa de defesa da planta frente às perdas de água (Taiz; Zeiger, 2009).

#### 4.6.3 Teor de prolina

O resumo da análise de variância para o teor de prolina em folhas de pimentão Melina está apresentado na Tabela 30. Os valores médios do teor de prolina em  $\mu\text{M} \cdot \text{g}^{-1}$  MF, estão apresentados na Tabela 31.

Os diferentes tratamentos apresentaram resultados com diferença significativa pelo teste Tukey a 5%.

Tabela 30. Análise de variância do teor de prolina em folhas de plantas de pimentão Melina em função de diferentes lâminas de irrigação.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		32 DAT	47 DAT	62 DAT	77 DAT	92 DAT
Tratamentos	3	0,0389**	0,1522**	0,0744	0,0657	0,2660*
Resíduo	8	0,0007	0,0005	0,0202	0,0491	0,0442
CV (%)		9,02	5,45	12,82	15,21	17,05

Tabela 31. Valores médios em  $\mu\text{M. g}^{-1}$  MF do teor de prolina em folhas de plantas de pimentão Melina até os 92 DAT em função de diferentes níveis de irrigação.

Tratamentos (teor de água no solo)	Coletas				
	32 DAT	47 DAT	62 DAT	77 DAT	92 DAT
100 %	0,1795a	0,2142a	0,9042a	1,3386 <sup>a</sup>	0,9309 <sup>a</sup>
85 %	0,2421a	0,2508a	1,1949a	1,3556 <sup>a</sup>	1,0656ab
70 %	0,3363b	0,6139b	1,2638a	1,4698 <sup>a</sup>	1,3296ab
55 %	0,4404c	0,6294b	1,0751a	1,6600 <sup>a</sup>	1,6036b

Os níveis de prolina apresentaram efeito significativo entre os tratamentos nos em três coletas durante o desenvolvimento da cultura, as realizadas aos 32, 47 e 92 DAT.

Os menores valores do teor de prolina foram observados no tratamento com maior reposição da umidade no solo correspondente a 100% e foi aumentando a mediada que o nível de reposição da umidade foi diminuindo, apresentando o tratamento com 55% da reposição da umidade no solo os maiores valores de prolina, esse comportamento ocorreu em todas as coletas.

O aumento do déficit hídrico promoveu incremento nos teores de prolina nas folhas das plantas (Tabela 31). Resultados semelhantes foram obtidos para o trigo (FUMIS, PEDRAS, 2002); feijão-caupi (SANTOS et al., 2010) e Coscolin (2012).

As plantas diminuem o seu potencial osmótico com o acúmulo de prolina e de outros solutos nos vacúolos celulares (ajustamento osmótico), ou caracterizando-se como reserva de nitrogênio, principalmente na síntese de enzimas específicas.

O ajustamento osmótico é considerado um dos mecanismos mais eficazes para manutenção da turgescência celular, permitindo principalmente a manutenção da abertura estomática e fotossíntese sob condições de baixo potencial hídrico no solo (KRAMER, 1974).

Na Figura 29, observa-se que houve um acúmulo de prolina até os 77 DAT, após esse período é considerada a fase em que a planta entra em um período de transição entre o estágio vegetativo para o reprodutivo, ocorreu uma redução no acúmulo em todos os tratamentos.

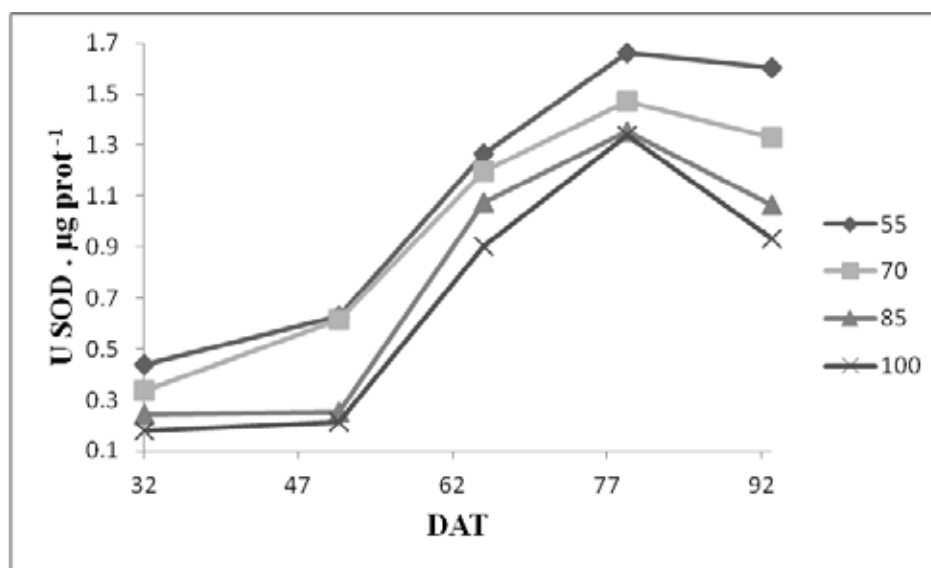


Figura 29. Valores médios do teor de prolina em folhas de plantas de pimentão Melina até os 92 DAT em função de diferentes níveis de irrigação.

A tolerância das plantas a condições desfavoráveis, principalmente em relação ao déficit hídrico, têm sido associada ao acúmulo de prolina, o que pode representar um mecanismo regulador de perda de água mediante a redução do potencial hídrico celular (Fumis; Pedras, 2002), como também ser um marcador bioquímico de alterações metabólicas geradas por diferentes tipos de estresse (LIMA et al., 2004).

## 5. CONCLUSÕES

As variáveis de crescimento e de produtividade foram afetadas pelos tratamentos, as maiores lâminas de água aplicada apresentaram melhores respostas quando comparadas com a de maior déficit.

As diferentes lâminas de reposição de água no solo não afetaram de forma negativa a absorção dos nutrientes pelas plantas, pois esses ficaram dentro dos valores considerados ideais.

Os tratamentos com menores lâminas de água aplicada no solo apresentaram os maiores valores da atividade das enzimas superóxido dismutase, peroxidase e do aminoácido prolina, como resposta de resistência à deficiência hídrica.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, F. S. **Lâminas de irrigação e doses de potássio em um cultivo de pimentão fertirrigado na região metropolitana do Recife**. 90p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

BATES, L.S. ; WALDREN, R.P., TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, v.39, p.205-207, 1973.

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

BENINCASA; M. M. P.; LEITE; I. C. **Fisiologia vegetal**. Jaboticabal: Funep, 2004. 169p.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8ª ed. Viçosa: Ed. UVF, 2008. 625p.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, v. 72, p. 248-251, 1976.

BROETTO, F.; LEONARDO, M.; VILLAS BÔAS, R. L.; ALMEIDA, R. S.; MARCHESE, J. A.; REGINA, M.; TONIN, F. B. Respostas bioquímicas durante a indução de estresse salino em plantas de pimentão cultivadas em sistema fertirrigado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, jul. 2004.



BROETTO, F.; LUTTGE, U.; RATAJCZAK, R.; Influence of light intensity and salt treatment on mode of photosynthesis and enzymes of the antioxidative response system of *mesembryanthemum crystallinum*, **Functional Plant Biology**, Victoria, v.29, , p. 13-23, 2002.

CAIXETA, T. J. Irrigação nas culturas de pimentão e pimenta. **Inf. Agropecu.** v.10, n.113, p.35-7, 1984.

CALIMAN, F. R. B., SILVA, D. J. H. , FONTES, P. C. R., STRINGHETA, P. C., MOREIRA, G. R., CARDOSO A. A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, Abril/Junho, v.23, n.2, p.255-259, 2005.

CARRIJO, O. A., OLIVEIRA, C. A. da SILVA. Irrigação de Hortaliças em Solos Cultivados sob Proteção de Plástico. **Circular Técnica da EMBRAPA Hortaliças** 10, 1997. 19p.

CARVALHO, J., et al. Efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico e de doses de nitrogênio sobre a produção de pimentão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n. 3, p. 262-9, 2001.

COSCOLIN, R.B.S. **Efeitos fisiológicos e bioquímicos induzidos por deficiência hídrica em plantas de *Ocimum basilicum* L.** 2012. 82f. Tese (Mestrado em Agronomia /Irrigação e Drenagem) - à Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, 2012.

COSTA, E.F.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 63-69, 1986.

ELOI, W. M.; SOUZA, V. F.; VIANA, T. V. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; HOLANDA, R. S. F.; ALCANTARA, R. M. C. M. Distribuição espacial do sistema radicular da gravioleira em função de doses de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação. **Irriga**, Botucatu, v.9, n.3, p.256-69, 2004.

EMBRAPA- Centro de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. A. C. DE; VILELLA JÚNIOR, V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12 n.2, p.143-149, 2008.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal** 1. São Paulo: Epu, 1979. 350 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2 ed., Viçosa: UFV, 2004. 402 p.

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

FONSECA, A.F.A. da. **Avaliação do comportamento de cultivares de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em Rondônia.** Porto Velho: EMBRAPA, 1986. 6p.

FONTES, P. C. R.; EMERSON, N. D.; DERLY, J. H. S. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.94-99, 2005.

FREITAS, K.K.C. **Produção, qualidade e acúmulo de macronutrientes em pimentão cultivado sob arranjos espaciais e espaçamentos na fileira.** 2009. 110f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do SemiÁrido, Mossoró, 2009.

FRIZZONE, J. A.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R. Produtividade do pimentão amarelo, *Capsicum annuum* L. , cultivado em ambiente protegido, em função do potencial mátrico de água no solo. Maringá: **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 5, p. 1111-1116, 2001.

FUMIS, T.F. & PEDRAS, J.F.; Variação nos níveis de prolina, diamina e poliaminas em cultivares de trigo submetidas a déficits hídricos. **Notas Científicas, Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 449-453, abr. 2002.

FURLAN, R. A.; REZENDE, F. C.; ALVES, D. R. B.; FOLEGATTI, M. V. Lâmina de irrigação e aplicação de CO<sub>2</sub> na produção de pimentão cv. Mayata, em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, 2002.

GIANNOPOLITIS, C.N. & RIES, S.K.; Superóxido dismutases. I. occurrence in Higher plants. **Plant Physiology**, 59:309-314, 1977.

GOTO, R.; TIVELLI, S. W (Org). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais.** São Paulo: UNESP, 1998. 319 p.

HARTZ, T. K.; LesTRANGE, M.; MAY, D. M. Nitrogen requirements of dripirrigated peppers. **Hortscience**, Alexandria, v.8, n.11, p.1097-1099, 1993.

JADOSKI, S. O. **Alterações morfo-fisiológicas em plantas de pimentão sob deficiência hídrica.** 2002. 126p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

JADOSKI, S.O., “**Alterações morfo-fisiológicas em plantas de Pimentão sob deficiência hídrica**”, tese apresentada a Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp - Botucatu, 1999.

KRAMER, P. J. **Tensión hídrica y crecimiento de las plantas.** In: KRAMER, P. J. elaciones hídricas de suelos y plantas una síntesis moderna. EDUTEX – México, 1974, p. 393-443.

LEONARDO, M. **Estresse salino induzido em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) fertirrigadas e seus efeitos sobre a produtividade e parâmetros bioquímicos.** 2003. 100p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

- LEONARDO, M.; BROETTO, F.; BÔAS, R.L.V.; ALMEIDA, R.S.; JOSÉ ABRAMO MARCHESE, J.A. Produção de frutos de pimentão em diferentes concentrações Salinas Teores. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 73-77, 2007.
- LIMA, G. P. P., BRASIL, O. G. OLIVEIRA, A. M. Poliaminas e atividade da peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. **Scient. Agríc.**, v.56, n.1, p.21-5, 1999.
- LIMA, M. D. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A.; MENDES, C. R. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos de prolina em folhas de arroz. **Bragantina**, v. 63, p. 335-340, 2004.
- LORENTZ, L. H.; LÚCIO, A. D.; HELDWEIN, A. B.; SOUZA, M. F.; MELLO, R. M. Estimativa da amostragem para pimentão em estufa plástica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, 2002. Suplemento 2.
- MACÊDO, L. de S.; ALVARENGA, M. A. R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.296-304, 2005.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 201p.
- MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. Jaboticabal: **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 642-650, 2005.
- MARCUSSI, F.F.N.; BÔAS, R.L.V. Teores de macronutrientes no desenvolvimento da planta de pimentão sob fertirrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 120-131, 2003.
- MARCUSSI, F. F. N.; VILLAS BÔAS, R. L. Análise de crescimento e marcha de absorção de um híbrido de pimentão sob condições de cultivo protegido e fertirrigação. **Relatório Final – FAPESP**. p.1-40, 2000.
- MARIN, A.; SANTOS, D.M.M.; BANZATTO, D.A.; CODOGNOTTO, L.M., Influência da disponibilidade hídrica e da acidez do solo no teor de prolina livre de guandu. **Notas Científicas, Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.2, p.355-358, fev. 2006.
- MARQUELLI, W.A., CARVALHO E SILVA, W. L de., SILVA, H.R da. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, Brasília, 1994. 60p.
- MELLO, S.C.; DECHEN, A.R.; MINAMI, K. Influência do boro no desenvolvimento e na composição mineral do pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 99–102, março 2002.

- MELO, A.M.T. **Análise genética de caracteres de fruto em híbridos de pimentão.** Piracicaba, 1997. 112p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo.
- MISZALSKI Z., SLESACK I., NIEWIADONSKA E., BACZEK-KWINTA R., LÜTTGE U., RATAJCZAK R. Subcellular localization and stress response of superoxide dismutase isoforms from leaves in the C3 -CAM intermediate halophyte *Mesembryanthemum crystallinum* L. **Plant, Cell and Environment** 21, 169-179, 1998.
- MONTEZANO, E. M. & PEIL, R. M. N. Sistemas de consórcio na produção de hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 129 -132, abr-jun, 2006.
- NEGREIROS, M.Z. **Crescimento, partição de matéria seca, produção e acúmulo de macronutrientes de plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em cultivo podado e com cobertura morta.** 1995. 187f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- OLIVEIRA, M. V. A. M. de; VILLAS BÔAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.95-103, 2008.
- PAPADOPOULOS, I. **Fertigation**: Present situation and future prospects. In: Folegatti, M. V. (coord.). **Fertirrigação: Citrus, flores, hortaliças.** Guaíba: Agropecuária, 1999. Cap.1, p.85-154.
- PEIXOTO, P.H.P., CAMBRAIA, J., SANT’ANNA, R., MOSQUIN, P.R., MOREIRA, M.A. Aluminium effects on lipid peroxidation and on the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, n.3, p.137-143, 1999.
- PELLITERO, M., PARDO, A., SIMÓN, A., SUSO, M.A. .L. and Cerrolaza, A. 1993. effect of irrigation regimes on yield and fruit composition of processing pepper (*Capsicum manuum* L.). **Acta Hort.** (ISHS) 335:257-264 [http://www.actahort.org/books/335/335\\_31.htm](http://www.actahort.org/books/335/335_31.htm)
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. rev. Campinas: Instituto Agrônômico, Fundação IAC, 1997. 285p. (**Boletim técnico, 100**).
- RAIJ, B. Van., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A., FURLANI, A. M. C. **Boletim Técnico nº 100.** Instituto Agrônômico, 1996. 285p.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, A. J. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônômico, 1983. 31p. (**IAC - Boletim técnico, 81**).
- REIS, N. V. B., HORINO, Y., OLIVEIRA, C. A. S. BOITEUX, L. S., LOPES, J. F. Influência da temperatura graus-dia sobre a produção do pepino sob cultivo protegido e a céu aberto. **Hortic. Bras.**, v.10, n.1, p.133-7, 1998.

- REZENDE, F. C.; FRIZZONE, J. A.; PEREIRA, A. S.; Botrel, T. A. Plantas de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO<sub>2</sub>. II. Produção de matéria seca. **Acta Scientiarum**, v.24, p.1527-1533, 2002.
- RIBEIRO AC; GUIMARÃES PTG; ALVAREZ VVH. 1999. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a aproximação**. Viçosa, MG. 359p.
- RODRIGUES, D. S. **Lâminas de água e diferentes tipos de cobertura do solo na cultura do pimentão amarelo sob ambiente protegido**. Botucatu, 2001, 106f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A.; FAQUIM, V.; QUEIROZ, T.M. Produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.) irrigado sob diferentes tensões de água no solo e doses de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.6, p.1385-1391, 2004.
- SANTOS, F.C.; LIMA, G.P.P.; MORGADO, L.B. Tolerância e caracterização bioquímica em feijão-caupi submetido a estresse hídrico na pré-floração. **Naturalia**, Rio Claro, v. 33, p. 34–44, 2010.
- SANTOS, H.S. **Desempenho agronômico e marcha de absorção de Nutrientes em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) enxertadas em porta-enxertos resistentes a Patógenos de solo**. 2005. 109f. Tese (Doutorado em Agronomia /Horticultura) - à Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, 2005.
- SEDIYAMA MAN; VIDIGAL SM; SANTOS MR; SALGADO LT. 2009. Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 294-299, 2009.
- SEGOVIA, J. F. O; ANDRIOLO, J. L.; BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e no exterior de uma estufa polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.1, p.37-41, 1997.
- SGANZERLA E. 1995. Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos. 5. ed. **Guaíba: Agropecuária**. 342p.
- SILVA, W. L. C.; CARRIJO, O. A.; MAROUELLI, W. A. Fertirrigação na Embrapa Hortaliças. In: Folegatti, M. V. (coord.) Fertirrigação: Citrus, flores, hortaliças. **Guaíba: Agropecuária**, 1999. cap.5, p.433-440.
- SIVIERO, R.; GALLERANI, M. **La coltivazione de peperone**. Verona: L'Informatore Agrario, 1992. 217p.

- SONNENBERG, P.E. Cultura do pimentão. In: **Olericultura Especial**: 2a parte. 2 ed. Goiânia: Universidade Federal de Goiás. 143.p., 1981.
- SMITTLE, D.A., DICKENS, W.L., STANSELL, J.R. Irrigation regimes affect yield and water use by bell pepper. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. v.119, n.5, p.936-9, 1994.
- SUBARAO, G. V., JOHANSEN, A. C., SLINKARD, R. C., RAO, N., SAXENA, N. P., CHAUHAN, Y. S. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. **Critic. Rev. Plant. Sci.** v.14, p. 469-529, 1995.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª ed., Porto Alegre: Artmed. 2009. 848 p.
- TEODORO, R.E.F., OLIVEIRA, A.S., MINAMI, K. Efeitos da irrigação por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em casa-de-vegetação. **Sci.Agric.**, Piracicaba, v.50, n.2, p.237-243, 1993.
- TIVELLI, S. W. A cultura do pimentão. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Org.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido**: condições subtropicais. São Paulo: UNESP, 1998. p. 225-256.
- TRANI, P. E.; CARRIJO, O. A. Fertirrigação em hortaliças. Campinas: Instituto Agronômico, 2004. 53p. (**Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 196**).
- VIEIRA, A. R. R. Efeito do estresse hídrico no solo sobre a produção da berinjela (*Solanum melongena*, L.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 29-33, 1996.
- VILLAS BÔAS, R. L. **Doses de nitrogênio para o pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação**. Botucatu, 2001. 123f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- VILLAS BÔAS, R. L. et al. Efeito de doses de nitrogênio aplicado de forma convencional através da fertirrigação na cultura do pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p. 801-802, 2000. Suplemento.
- ZAFNEJAD, M.; CLARK, R.B.; SULLIVAN, C.Y. Aluminum and water stress effects on growth and proline of sorghum. **Journal of Plant Physiology**, v.150, p.338-344, 1997.