



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

INÊZ GIFONE MAIA SALES

**CULTIVO DO TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO SOB DOSES DE
BIOFERTILIZANTE E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

FORTALEZA

2014

INÊZ GIFONE MAIA SALES

CULTIVO DO TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO SOB DOSES DE
BIOFERTILIZANTE E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós –
graduação em Engenharia Agrícola, da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial para a obtenção do título de Doutora
em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Valdemício Ferreira de
Sousa

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- S155c Sales, Inez Gifone Maia.
Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob doses de biofertilizante e lâminas de irrigação /
Inez Gifone Maia Sales. – 2014.
108 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de
Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2014.
Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.
Orientação: Prof. Dr. Valdemício Ferreira de Sousa.
Coorientação: Prof. Dr. Luis Gonzaga Pinheiro Neto.
1. Tomate. 2. Irrigação agrícola. 3. Adubos e fertilizantes orgânicos. I. Título.

INÊZ GIFONE MAIA SALES

CULTIVO DO TOMATEIRO EM AMBIENTE PROTEGIDO SOB DOSES DE
BIOFERTILIZANTE E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós –
graduação em Engenharia Agrícola, da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para a obtenção do
título de Doutora em Engenharia
Agrícola.

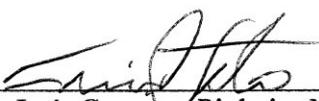
Área de concentração: Irrigação e
Drenagem.

Aprovada em 28/02/2014

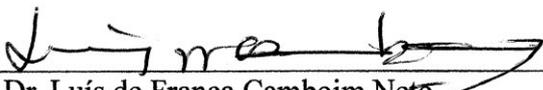
BANCA EXAMINADORA



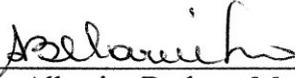
Prof. Dr. Valdemício Ferreira de Sousa (Orientador)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro de Pesquisa de Cocais e
Planícies Inundáveis – Embrapa Cocais



Prof. Dr. Luís Gonzaga Pinheiro Neto (Coorientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE/Sobral/CE)



Prof. Dr. Luís de França Camboim Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Profa. Dra. Albanise Barbosa Marinho
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Profa. Dra. Waleska Martins Eloi
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE/Fortaleza/CE)

A Deus, pela vida.
A Nossa Senhora, pela proteção.
Aos meus pais, Jesus Sales e Ivanilda Sales, pelo exemplo.
Ao meu marido Francisco Daniel Damasceno, pelo companheirismo.
Aos meus filhos Daniel, Guilherme e Inácio, pelo amor incondicional.

AGRADEÇO

A Deus,
A todos que me ajudaram a chegar até aqui.

DEDICO

AGRADECIMENTO

À CAPES pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Engenharia Agrícola pelos conhecimentos adquiridos aos longos desses anos.

Ao pesquisador Prof. Dr. Valdemício Ferreira de Sousa por sua valorosa orientação e ensinamentos.

Ao professor Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana por tornar possível a execução dos experimentos na área experimental da Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará.

Ao professor Dr. Luís Gonzaga Pinheiro Neto pela paciência e imprescindível colaboração.

À Robevania Borges pela amizade e dedicação.

Ao Wanderley Guimarães pela colaboração.

À bibliotecária Máyra Mesquita pela revisão e normalização da Tese.

Aos professores participantes da Banca examinadora Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana, Dr. Luís Gonzaga Pinheiro Neto, Dr. Luís de França Camboim Neto, Dr.^a Albanise Barbosa Marinho e Dr.^a Waleska Martins Eloi pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao secretário do PPGEA, Manoel Jacó pela amizade e apoio.

Aos colegas da Estação Meteorológica da UFC, Geocleber, Mário, Newdmar, Chris, Fábio e Bruno pela alegre convivência, pelas reflexões e sugestões.

A todos os colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PPGEA, pela harmoniosa convivência.

Aos funcionários da Estação Meteorológica, Marilac, Crisóstomo e Carlos pela amizade e atenção.

Ao senhor Calixto (*in memoriam*) pela colaboração.

“É graça divina começar bem. Graça maior é persistir na caminhada certa. Mas a graça das graças é não desistir nunca.”

(Dom Hélder Câmara)

RESUMO

SALES, Inêz Gifone Maia, Universidade Federal do Ceará. Fevereiro de 2014. **Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob doses de biofertilizante e lâminas de irrigação.** Orientador: Prof. Dr. Valdemício Ferreira de Sousa. Coorientador: Prof. Dr. Luís Gonzaga Pinheiro Neto. Conselheiros: Prof. Dr. Luís de França Camboim Neto, Prof.^a Dr.^a Albanise Barbosa Marinho, Prof.^a Dr.^a Waleska Martins Eloi.

Os dois experimentos foram realizados com o objetivo de avaliar doses de biofertilizante e lâminas de irrigação e suas interações nas variáveis de crescimento (altura e diâmetro de planta), de produção (altura e diâmetro de fruto, número de frutos, peso de fruto e produtividade) e de qualidade (teor de sólidos solúveis) do tomateiro em ambiente protegido. A condução foi realizada na área experimental da Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará, no período entre agosto e dezembro de 2010 e março e junho de 2011. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com três repetições, no total de 75 unidades experimentais. As parcelas no primeiro experimento constituíram-se das cinco doses de biofertilizante líquido: 0; 20; 40; 60 e 80 mL planta⁻¹ semana⁻¹ e no segundo de 0; 250; 500; 750 e 1000 mL planta⁻¹ semana⁻¹. As subparcelas representaram 0,33; 0,66; 1,00; 1,33 e 1,66 da evapotranspiração da cultura, com valores médios de 211, 421, 639, 850 e 1061 mm, respectivamente. As avaliações morfológicas foram realizadas aos 20, 40, 55, 75 e 90 dias após o transplantio. Para o monitoramento das variáveis climatológicas foram utilizados, uma estação convencional externa e um Datalogger no interior da estufa. Verificou-se que as médias de temperaturas máximas e mínimas e de umidade relativa do ar a campo aberto implicaram em variações nas médias registradas no ambiente protegido (correlações positivas). Como também, diferença entre as médias dessas variáveis nos dois experimentos, tendo sido o primeiro realizado na época seca e o segundo com presença de precipitação. A partir da análise de variância observaram-se efeitos individuais e simultâneos dos tratamentos das parcelas e subparcelas, com obtenção de interações significativas nas variáveis de altura de planta (cm) e diâmetro de caule (mm) em ambos os experimentos. No primeiro experimento foram obtidas interações significativas nas variáveis de diâmetro de fruto (mm) e teor de sólidos solúveis. E, no segundo experimento, as interações significativas apresentaram-se nas variáveis de número de frutos, peso de fruto (g) e produtividade (g planta⁻¹). Ao final do segundo experimento, a análise foliar apresentou deficiência de nitrogênio, de potássio e de fósforo em todos os tratamentos de doses de biofertilizante e toxidez em relação ao magnésio e enxofre, restando apenas o cálcio com teores satisfatórios. Em relação aos micronutrientes, os teores de ferro e cobre apresentaram-se elevados, enquanto que o manganês e o boro obtiveram médias adequadas para a cultura do tomateiro. Conclui-se que o incremento nas doses de biofertilizante líquido no segundo experimento associado às mudanças nos fatores climáticos influenciou para a obtenção de maiores médias nas variáveis de crescimento de planta, de produção e de qualidade de fruto; como também, o efeito causado pelas subparcelas nas parcelas através das interações significativas; E, que o maior crescimento do tomateiro observado no segundo experimento provocou nas plantas uma maior demanda nutricional, tendo sido verificados desequilíbrios nas características químicas do substrato do vaso de cultivo e no teor foliar do tomateiro em relação aos macro e micronutrientes ao final do deste experimento.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum* Mill. Adubação orgânica. Níveis de irrigação. Estufa.

ABSTRACT

SALES, Inêz Gifone Maia, Universidade Federal do Ceará. Fevereiro de 2014. **Tomato cultivation in protected environment under biofertilizer doses and levels of irrigation.** Advisor: Prof. Researcher Dr. Valdemício Ferreira de Sousa. Coorientador: Prof. Dr. Luís Gonzaga Pinheiro Neto. Committee members: Prof. Dr. Luís de França Camboim Neto, Prof.^a Dr.^a Albanise Barbosa Marinho, Prof.^a Dr.^a Waleska Martins Eloi.

Were conducted two experiments with the objective of evaluating doses of bio fertilizer and irrigation levels and their interactions on growth variables (height and diameter), production (height and diameter of fruit and yield) and quality (total soluble solids) of tomato in greenhouse. Was used the experimental area of the Meteorological Station of the Federal University of Ceará in the period between August and December 2010 (dry season) and March and June 2011 (presence of precipitation). The design was a randomized block split plot design with three replications, totaling 75 experimental units. The plots consisted of five doses of liquid bio fertilizer in the first experiment: 0; 20; 40; 60 to 80 mL plant⁻¹ week⁻¹ and the second 0; 250; 500; 750 and 1000 mL plant⁻¹ week⁻¹. The subplots represented 0.33; 0.66; 1.00; 1.33 and 1.66 of crop evapotranspiration, with average values of 211, 421, 639, 850 and 1.061 mm, respectively. The morphological evaluations were 20, 40, 55, 75 and 90 days after transplanting. To monitor the climatic variables used an automated external station and a Datalogger inside the greenhouse. Between the open field and the greenhouse was found positive correlations, since the changes in the environment was varied the other. As well, a difference between the average maximum and minimum temperatures and relative humidity in the two experiments. From the analysis of variance observed individual and simultaneous treatments of plots and subplots effects, the variables plant height (cm) and stem diameter (mm) obtained significant interactions in both experiments. In the first experiment obtained significant interactions, in the variables of fruit diameter (mm) and total soluble solids. In addition, the second experiment presented significant interactions in the variables of number of fruits; fruit weight (g) and yield (g plant⁻¹). At the end of the second experiment, leaf analysis showed deficiency of nitrogen, potassium and phosphorus in all treatments bio fertilizer doses and toxicity in relation to magnesium and sulfur, leaving only calcium with satisfactory levels. Regarding micronutrients, the levels of iron and copper were high, whereas manganese and boron obtained appropriate medium for the cultivation of tomato. In conclusion, the increase in doses of liquid biofertilizers in the second experiment associated with changes in climatic factors influenced to obtain higher average values for plant growth, production and fruit quality; as well as the effect caused by the subplots in plots through meaningful interactions. And the biggest tomato plant growth observed in the second experiment resulted in plants greater nutritional demand imbalances, have been checked on the chemical characteristics of the substrate of the pot growing and leaf content of tomato in relation to macro and micronutrients at the end of this experiment .

Keywords: *Lycopersicon esculentum* Mill. Organic fertilization. Irrigation levels. Greenhouse.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Vista externa (A) e interna (B) do ambiente protegido com PEBD e mourões	43
Figura 2 – Croqui da área experimental.....	44
Figura 3 – Vasos de cultivo preparados com brita (A) para auxiliar a drenagem e com substrato (B)	46
Figura 4 – Mudas aos 14 DAS (A) e transplantadas em vasos de 20 litros aos 23DAS (B)....	47
Figura 5 – Sustentação das plantas com fita plástica, despona (A) e desbrota do tomateiro (B)	48
Figura 6 – Casa de bomba (A); cabeçal de controle com filtro de discos e manômetro (B) e.	49
Figura 7 – Tensímetro digital (A) e tensiômetros (B)	53
Figura 8 – Composto bioativo sólido amontoado e em repouso	55
Figura 9 – Tanque de solubilização aeróbica de (A), com capacidade de 706 L (B) e centrífuga de aço (C) acionada eletricamente	57
Figura 10 – Frutos do tomateiro no período da colheita	58
Figura 11 – Datalogger (A) e Termômetro digital (B) instalados no interior da estufa	59
Figura 12 – Instrumentos digitais utilizados nas análises dos frutos de tomate, balança de precisão e paquímetro (A); refratômetro (B).....	60
Figura 13 – Correlações entre ambiente protegido (AP) e campo aberto (CA), das médias de: a) temperatura máxima (°C); b) temperatura mínima (°C) e c) umidade relativa do ar (%). Experimento I. Fortaleza, Ceará, 2010	63
Figura 14– Correlações entre ambiente protegido (AP) e campo aberto (CA), das médias de: a) temperatura máxima (°C); b) temperatura mínima (°C) e c) umidade relativa do ar (%). Experimento II. Fortaleza, Ceará, 2011.....	65
Figura 15 – Precipitação ocorrida na área do experimento durante a primeira e segunda pesquisa. Fortaleza, Ceará, 2011.....	68
Figura 16 – Altura de planta (cm) em função dos dias após o transplântio (20, 40, 55, 75 e 90 DAT) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2010.....	70
Figura 17 – Altura de planta (cm) em função das doses de biofertilizante (0, 20, 40, 60 e 80 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2010	71
Figura 18 – Altura de planta (cm) em função do número de dias após o transplântio (20, 40, 55, 75 e 90 DAT) versus doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹). Fortaleza, Ceará, 2011.....	72
Figura 19 – Altura de planta (cm) em função do número de dias após o transplântio (20, 40, 55, 75 e 90 DAT) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2011.....	73
Figura 20 – Altura das planta (cm) em função das doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2011.....	75
Figura 21 – Diâmetro de caule (mm) em função dos números de dias após o transplântio (20, 40, 55, 75 e 90 DAT) versus doses de biofertilizante (0, 20, 40, 60 e 80 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹). Fortaleza, Ceará, 2010.....	75
Figura 22 – Diâmetro de caule (mm) em função das doses de biofertilizante (0, 20, 40, 60 e 80 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2010.....	77

Figura 23 – Diâmetro de caule (mm) em função dos números de dias após o transplântio (20, 40, 55, 75 e 90 DAT) versus doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹). Fortaleza, Ceará, 2011.....	77
Figura 24 – Diâmetro do caule das plantas em função doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2011.....	79
Figura 25 – Número de frutos em função das lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm) no primeiro experimento. Fortaleza, Ceará, 2010.....	81
Figura 26 – Número de frutos em função das doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2011.....	81
Figura 27 – Peso de fruto (g) em função das doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2011.....	84
Figura 28 – Produtividade (g planta ⁻¹) em função interação entre doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 369, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2011	83
Figura 29 – Diâmetro de fruto (mm) em função das doses de biofertilizante (0, 20, 40, 60 e 80 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2010	86
Figura 30 - Sólidos solúveis totais (SS) em função das doses de biofertilizante (0, 20, 40, 60 e 80 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 850, 639 e 1061). Fortaleza, Ceará, 2010	90
Figura 31 – Teor de sólidos solúveis (°Brix) em função das lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm) para o segundo experimento realizado na área experimental. Fortaleza, Ceará, 2011	89
Figura 32 – Macronutrientes Ca, Mg, N e K (cmol _c kg ⁻¹) presentes no substrato, em função das doses de biofertilizante aos 120 DAT, nos experimentos I e II). Fortaleza, Ceará, 2010 e 2011.....	94
Figura 33 – Macronutrientes (g kg ⁻¹) no tecido vegetal do tomateiro em função das doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹) aos 120 DAT, no segundo experimento. Fortaleza, Ceará, 2011	96
Figura 34 – Micronutrientes (mg kg ⁻¹) no tecido vegetal do tomateiro, em função das doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta ⁻¹ semana ⁻¹) aos 120 DAT, no segundo experimento. Fortaleza, Ceará, 2011	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Faixas de temperaturas (°C) para cada estágio de crescimento do tomateiro	21
Tabela 2 – Necessidades de água ($L\ m^{-2}\ dia^{-1}$) para o cultivo de tomate em ambiente protegido.....	39
Tabela 3 – Análise química da mistura solo e substrato. Fortaleza, Ceará, 2010.....	45
Tabela 4 – Análise química da água de irrigação. Fortaleza, Ceará, 2010.....	50
Tabela 5 – Tolerância à salinidade do tomate e seu rendimento potencial em função da salinidade do solo ou da água.	50
Tabela 6 – Valores de Kc para cada fase de desenvolvimento da cultura do tomateiro.....	52
Tabela 7 – Tratamentos de lâminas de irrigação e seus arranjos de gotejadores	52
Tabela 8 – Número de fertirrigações para cada estágio de desenvolvimento do tomateiro	53
Tabela 9 – Análise química do composto bioativo sólido. Fortaleza, Ceará, 2010	55
Tabela 10 – Análise química do biofertilizante líquido. Fortaleza, Ceará. 2010.....	56
Tabela 11 – Médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar, a campo aberto, durante o primeiro experimento (setembro a dezembro). Fortaleza, Ceará, 2010	62
Tabela 12 – Médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar, no ambiente protegido, durante o primeiro experimento (setembro a dezembro). Fortaleza, Ceará, 2010	63
Tabela 13 – Médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar, a campo aberto, durante o segundo experimento (março a junho). Fortaleza, Ceará, 2011.....	64
Tabela 14 – Médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar, a campo aberto, durante o segundo experimento (março a junho). Fortaleza, Ceará, 2011.....	65
Tabela 15 – Resumo da análise de variância para altura da planta (AP) e diâmetro do caule (DC) do tomate cultivado em ambiente protegido e submetido a cinco dosagens de biofertilizante e cinco lâminas de irrigação, para os experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 2010 e 2011	69
Tabela 16 – Resumo da análise de variância para número de frutos (NF), peso de fruto (PF) em gramas e produtividade ($g\ planta^{-1}$) do tomate cultivado em ambiente protegido e submetido a cinco dosagens de biofertilizante e cinco lâminas de irrigação, para os experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 2010 e 2011	79
Tabela 17 – Resumo da análise de variância para altura de fruto (AF) e diâmetro de fruto (DF) do tomate cultivado em ambiente protegido e submetido a cinco dosagens de biofertilizante e cinco lâminas de irrigação, para os experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 2010 e 2011.....	87
Tabela 18 – Resumo da análise de variância para teor de sólidos solúveis (SS) do tomate cultivado em ambiente protegido e submetido a cinco dosagens de biofertilizante e cinco lâminas de irrigação, para os experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 2010 e 2011.....	89
Tabela 19 – Resultados analíticos de substrato do vaso de cultivo para a cultura do tomateiro ao final de cada ciclo aos 120 DAT. Fortaleza, Ceará, 2010 e 2011	92

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivo geral	16
1.2	Objetivos específicos	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	A cultura do tomateiro	17
2.2	Caracterização da planta	17
2.2.1	Híbridos F1	18
2.2.2	Grupo Salada	19
2.2.3	Fases de desenvolvimento do tomateiro	19
2.3	Ecofisiologia do tomateiro	19
2.4	Tratos culturais do tomateiro	22
2.5	Colheita	23
2.6	O ambiente protegido	23
2.7	Caracterização microclimática em ambiente protegido	24
2.7.1	Radiação solar	24
2.7.2	Temperatura do ar	26
2.7.3	Umidade relativa do ar	27
2.7.4	Evapotranspiração	27
2.8	Adubação orgânica	29
2.8.1	Biofertilizantes	29
2.8.2	Substratos	31
2.9	Necessidade nutricional do tomateiro	33
2.10	Irrigação	34
2.10.1	Necessidade hídrica do tomateiro	35
2.10.2	Manejo de irrigação	36
2.11	Fertirrigação	39
3	MATERIAL E MÉTODOS	42
3.1	Localização e caracterização da área experimental	42
3.2	Características do ambiente protegido	42
3.3	Características da variedade	43
3.4	Delineamento experimental	43

3.5	Preparo dos vasos	45
3.6	Suprimento com micronutrientes	46
3.7	Semeadura e transplântio	46
3.8	Sistema de condução de plantas	47
3.9	Sistemas de irrigação e fertirrigação	48
3.10	Manejos da irrigação	51
3.10.1	Irrigação	51
3.10.2	Monitoramento do potencial mátrico do solo	52
3.11	Manejo da fertirrigação	53
3.11.1	Composto bioativo sólido	54
3.11.2	Produção do biofertilizante líquido	55
3.12	Dosagens utilizadas do biofertilizante líquido	57
3.12.1	Experimento I	57
3.12.2	Experimento II	58
3.13	Colheita	58
3.14	Variáveis monitoradas	58
3.14.1	Temperatura do ar e umidade relativa do ar	59
3.15	Variáveis avaliadas	59
3.15.1	Crescimento vegetativo	60
3.15.2	Variáveis de produção	60
3.15.3	Qualidade do fruto	60
3.16	Análises estatísticas	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.1	Dados microclimáticos	62
4.1.1	Experimento I	62
4.1.2	Experimento II	64
4.2	Variáveis de crescimento de planta	69
4.3	Variáveis de produção	78
4.3.1	Experimentos I e II	79
4.4	Variável de qualidade	87
4.4.1	Experimentos I e II	87
4.5	Lâminas de irrigação	89
4.6	Alterações nas características químicas do substrato	91

4.7	Características químicas do tecido vegetal	95
4.7.1	Macronutrientes	95
4.7.2	Micronutrientes	97
5	CONCLUSÕES	98
	REFERÊNCIAS	99

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional em todo o mundo traz à tona a discussão sobre um aumento na demanda por alimentos e sua provável escassez, provocada pelo mau uso e o esgotamento dos recursos naturais. Entretanto, a preocupação não está tão somente na quantidade a ser produzida, porém em fazê-la de forma sustentável, com atenção especial para o meio ambiente, com a implementação de boas práticas agrícolas, ou agroecológicas de produção, que imponham a utilização de técnicas “limpas”, tais como, o cultivo livre de agrotóxicos e uso de matéria orgânica.

No Brasil, o tomate é considerado a hortaliça de maior comercialização, de crescimento expressivo, com destaque para os híbridos. Possui grande expressão econômica e nutricional, porém é apontada como uma das culturas de maior contaminação por uso de agrotóxicos, devido ser um cultivo exigente em tratamentos culturais, alta suscetibilidade às variações climáticas e às pragas e doenças. Neste contexto, encontrou-se na utilização do ambiente protegido uma técnica eficiente para o estudo dos efeitos e controle das condições adversas, com o objetivo de alcançar maior produtividade com melhor qualidade do produto final.

O alto potencial de uso de biofertilizante em hortaliças e fruteiras em nosso país deve-se às extensas áreas cultivadas. Apresentando-se como alternativa ecologicamente correta ao uso de fertilizantes sintéticos e de agrotóxicos, já que na sua forma líquida, contém uma complexa composição de nutrientes essenciais às plantas, agindo também como defensivo agrícola, erradicando pragas, doenças e insetos.

O sistema de irrigação por gotejamento é o mais eficiente para o cultivo do tomateiro, disponibilizando água às plantas com maior frequência, em pequenas quantidades durante todo o ano, obtendo-se colheitas na época da entressafra e possibilitando a aplicação de biofertilizante líquido na água de irrigação (fertirrigação).

O Estado do Ceará vem se destacando no uso do ambiente protegido integrado ao cultivo orgânico e à irrigação localizada, com ampliação anual em várias regiões do estado, já que se apresentam como alternativas de maior viabilidade técnica, econômica e ambiental para incrementar a produtividade do tomateiro.

1.1 Objetivo geral

Estudar e avaliar doses de biofertilizante e lâminas de irrigação, nas características de crescimento de planta, produção e qualidade de frutos do tomateiro cultivado em ambiente protegido.

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito de cinco doses de biofertilizante líquido e de cinco lâminas de irrigação, em duas épocas distintas de cultivo;
- Avaliar a produção de tomate cultivado sob condições de ambiente protegido;
- Avaliar o efeito da interação entre as doses de biofertilizante líquido versus as lâminas de irrigação na cultura do tomate, cultivado sob ambiente protegido.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do tomateiro

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tem como centro de origem a região andina, desde o Equador, passando pela Colômbia, Peru, Bolívia, até o norte do Chile. A sua domesticação ocorreu no México, tendo os espanhóis e os portugueses difundido essa cultura pelo mundo através de suas colônias (ALVARENGA, 2004).

Dentre as hortaliças, o tomate é a de maior comercialização no país, sendo muito apreciado por seu valor nutritivo e medicinal como antiescorbútico, antioxidante (licopeno), antituberculoso, depurativo do sangue, desinfetante para úlceras e chaga, emoliente, hepático, laxante, mineralizador e tônico (PENTEADO, 2004). Constituindo uma rica fonte de vitaminas (A, B1, B2, B6, C e E), minerais (fósforo, potássio, magnésio, manganês, zinco, cobre, sódio, ferro e cálcio), proteínas, fibra, ácidos fólico, tartárico, succínico e salicílico (JARAMILLO *et al.*, 2007).

Conforme Penteado (2004) o cultivo convencional demanda elevado emprego de adubos e de agrotóxico, esse último chegando a representar 17% do custo de produção. Somente há alguns anos, o cultivo orgânico tem sido favorecido com o uso de caldas bordalesa, viçosa, sulfocálcica e dos adubos orgânicos, os quais vêm apresentando excelentes rendimentos aos produtores.

2.2 Caracterização da planta

De acordo com a classificação de Linnaeus, o tomateiro integrava o gênero *Solanun*. Porém, em 1754, Miller separou os tomates das batatas, criando um novo gênero denominado *Lycopersicon* ficando a taximetria do tomateiro com a seguinte classificação: Classe – *Dicotyledoneae*; Ordem – *Tubiflorae*; Família – *Solanaceae*; Gênero – *Lycopersicon* e Subgêneros – *Eulycopersicon* e *Eriopersicon*.

O tomateiro é uma planta perene de porte arbustivo, cultivada anualmente, podendo desenvolver-se de forma rasteira, semiereta ou ereta, com crescimento limitado nas variedades de crescimento determinado e ilimitado nas de crescimento indeterminado. Esse último possui inflorescências laterais, crescimento vegetativo contínuo e os estádios de desenvolvimento de floração, de frutificação e de colheita podem se estender por longo

período (JARAMILLO *et al.*, 2007), o caule ou ramo principal cresce mais que as ramificações laterais apresentando dominância apical (ALVARENGA, 2004).

Conforme Jaramillo *et al.* (2007) o caule do tomateiro tem de 2 a 4 cm de diâmetro na base e é coberto por pelos glandulares ou não – glandulares. Desenvolvem-se sobre o ramo principal, folhas, ramos secundários e inflorescências. Estas, possuem flores hermafroditas, pequenas e amarelas que se agrupam em racimos simples. Cada racimo pode reunir de 4 a 20 flores dependendo da variedade cultivada e das condições de desenvolvimento da planta.

O sistema radicular do tomateiro é superficial e constituído pela raiz principal (curta e fraca), secundárias (numerosas e potentes) e as adventícias (JARAMILLO *et al.*, 2007), a raiz principal ou pivotante pode alcançar 1,5 m de profundidade e geralmente 70% das raízes localizam-se a menos de 0,20 m da superfície (ALVARENGA, 2004).

O fruto é uma baga, carnosa e suculenta que apresenta diferentes tamanhos, formas, cores, consistências e composições, pode ser bi, tri ou plurilocular e se desenvolve a partir de um ovário com 5-10 mg de peso e alcança, quando maduro, peso final entre 5-500 g, dependendo da cultivar e das condições de desenvolvimento. As sementes são reniformes (forma de rins), pequenas e de coloração marrom – clara. (JARAMILLO *et al.*, 2007) (ALVARENGA, 2004).

2.2.1 Híbridos F1

Segundo Jaramillo *et al.*, (2007) a produção de tomate em ambiente protegido se baseia principalmente na semeadura de variedades híbridas, com sementes desenvolvidas por melhoristas genéticos especialistas e vendidas por companhias comerciais.

Alvarenga (2004) comenta que o avanço da genética e o melhor conhecimento da herança de caracteres de interesse agrônômico têm proporcionado ao fitomelhorista a oportunidade de desenvolver cultivares na forma de híbridos F1 com as mais variadas características. O autor destaca que no Brasil, os primeiros híbridos F1 foram lançados comercialmente em 1988, a partir de então, centenas de cultivares híbridas com as mais diferentes características têm sido oferecidas aos produtores de tomate pelas várias empresas produtoras sediadas em nosso país.

2.2.2 Grupo Salada

Conforme Alvarenga (2004), o tomate do grupo Salada apresenta as seguintes características:

A planta pode apresentar hábito de crescimento indeterminado ou determinado;

Os frutos são pluriloculares, com quatro ou mais lóculos;

Apresentam formato globular achatado, com diâmetro transversal maior que o diâmetro longitudinal;

Os frutos são graúdos, com peso unitário de 250 gramas, podendo chegar a 500 gramas, com coloração vermelha ou rosada;

Quanto ao sabor, apresentam os frutos menos ácidos.

2.2.3 Fases de desenvolvimento do tomateiro

De acordo com Alvarenga (2004) o ciclo da cultura divide-se em 3 fases, iniciando-se no transplântio e terminando na última colheita. A floração é um processo afetado por vários fatores, entre os quais: cultivar, temperatura, luminosidade, nutrição mineral. A precocidade, rendimento e qualidade dos frutos de tomate são, evidentemente, influenciados pela diferenciação e desenvolvimento da flor. A iniciação floral em condições de clima quente e alta luminosidade, para algumas cultivares, é de 45 dias após a sementeira; o momento em que ocorre a fecundação dos óvulos delimita o início do crescimento do fruto.

O estágio de frutificação é o mais sensível à deficiência de água no solo, ficando o seu rendimento e a qualidade do fruto comprometidos fortemente por irrigações inadequadas (MAROUELLI; SILVA E OLIVEIRA, 1991). Marouelli e Silva (2000) sugerem reduzir a quantidade de água aplicada a partir do início da maturação e antecipar a data da última irrigação, essa manobra serviria para melhorar a qualidade de frutos, minimizando o seu apodrecimento em razão da menor intensidade de doenças.

2.3 Ecofisiologia do tomateiro

O desenvolvimento da planta depende de vários fatores, entre os quais a cultivar, a luminosidade, a temperatura, a nutrição e a disponibilidade de água. Em cultivos a campo aberto, a possibilidade de modificar alguns desses fatores é limitada, entretanto, com técnicas

modernas de cultivo em ambiente protegido ou casa de vegetação, é possível melhorias importantes (ALVARENGA, 2004).

Caliman *et al.* (2005) destacam como fatores que afetam a produtividade da cultura do tomateiro: luz, temperatura e umidade. Sendo a luz essencial para a primeira etapa da cadeia de fixação de CO₂, a fotossíntese, processo no qual é produzida energia bioquímica necessária ao crescimento e produção das culturas. A temperatura tem importante função no controle da velocidade das reações químicas celulares, responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento da planta. E, a umidade relativa do ar que pode afetar a transpiração da planta por interferir na condutância estomática e indiretamente pode afetar a turgência dos tecidos alterando processos metabólicos ligados ao crescimento da planta, como a absorção de nutrientes.

Conforme Alvarenga (2004) com um período entre 9 e 15 horas de luminosidade diárias, o tomateiro é indiferente com relação ao desenvolvimento e produção. Por outro lado, a baixa intensidade luminosa pode reduzir a produtividade. Em ambiente protegido, a cobertura plástica, por si só, pode reduzir a luminosidade em 20 a 40%. A temperatura ótima para a germinação das sementes de tomateiro situa-se na faixa de 15 a 25°C, levando-se, essas condições, cerca de 6 a 14 dias para que ocorra a emergência da plântula. Em condições de temperatura abaixo de 8°C, a maioria dos trabalhos indica que não ocorre a germinação das sementes, o mesmo ocorrendo em temperaturas superiores a 40°C. E, para desenvolvimento e produção, o tomateiro suporta ampla variação de temperatura, de 10 a 34°C.

Penteado (2004) descreve o tomateiro como uma planta exigente em clima e temperatura para produzir satisfatoriamente. Quando cultivado em ambiente protegido, o intervalo tolerável de temperatura é de 12°C e 30°C (no máximo). Em temperaturas acima de 35°C, há riscos para a produção de tomate, pois afetam a germinação do grão de pólen nessas condições, provocam a queda de flores e a má formação de frutos.

De acordo com o autor supracitado, a coloração dos frutos é influenciada pela temperatura e que para a síntese normal de licopeno, a temperatura ótima normal diária varia de 20 a 24°C, as temperaturas acima desse valor são desfavoráveis para a coloração típica dos frutos, aumentando a porcentagem de frutos com coloração amarela, em consequência da formação de carotenoides em vez de licopeno. Por outro lado, algumas cultivares lançadas recentemente no mercado são menos influenciadas pela temperatura.

Alvarenga (2004) relacionou os problemas mais comuns em cultivos com temperaturas acima de 35°C, como redução drástica na porcentagem de germinação; pequeno desenvolvimento das plantas; morte prematura das plântulas; queda de flores, abortamento e

queima de frutos; clorose das flores; prejuízo na polinização e menor aproveitamento de nutrientes. A Tabela 1 apresenta de maneira geral, as faixas ótimas de temperatura nos estádios de crescimento e desenvolvimento do tomateiro.

Tabela 1 – Faixas de temperaturas (°C) para cada estágio de crescimento do tomateiro

ESTÁDIO	FAIXA TEMPERATURA (°C)
Germinação	15 a 25
Formação das mudas	20 a 25
Florescimento	18 a 24
Pegamento de frutos	19 a 24 (dia) / 14 a 17 (noite)
Maturação	20 a 24

Fonte: Alvarenga (2004).

Jaramillo *et al.* (2007) comentam que o tomateiro é capaz de crescer e desenvolver-se em condições climáticas variadas, entretanto para o seu crescimento, a temperatura ótima deve estar entre 21 e 27°C. Para o pegamento dos frutos durante o dia deve encontra-se entre 23 e 26°C e à noite de 14 a 17°C, com umidade relativa do ar ideal entre 65 e 75%.

O crescimento vegetativo é bastante intenso e a taxa de crescimento da parte aérea da planta aumenta gradativamente, de acordo com o aumento da temperatura entre 23 - 31°C, porém acima de 32,0°C para a parte aérea e 27,0°C para as raízes, a taxa de crescimento passa a decrescer e acima de 37°C o crescimento cessa por danos fisiológicos. Desta forma, espera-se grande taxa de crescimento nos meses de primavera e verão e conseqüentemente maior consumo de água, uma vez que a evapotranspiração da cultura (ETc) depende quase que exclusivamente das condições meteorológicas, principalmente radiação, temperatura e umidade do ar, que determinam o déficit de pressão de vapor (DPV), que juntos, definem o potencial de consumo de água pelas plantas (PEREIRA *et al.*, 1997).

O efeito da umidade atmosférica sobre o desenvolvimento e produção do tomateiro é indireto. Sabe-se que em regiões com alta umidade relativa ocorre a formação de orvalho, favorecendo a multiplicação de fungos e bactérias, e contribuindo, portanto, para a disseminação de doenças, suportando bem uma faixa de umidade relativa entre 65 e 75 %, com dias ensolarados. Em ambiente protegido (casa-de-vegetação), a baixa umidade relativa do ar e a ocorrência de altas temperaturas provocam aumento da taxa de transpiração, fechamento dos estômatos, redução da taxa de polinização, abortamento de flores e, conseqüentemente, menor produção (ALVARENGA, 2004). A umidade elevada pode predispor a planta a ataque de doenças fúngicas (PENTEADO, 2004).

2.4 Tratos culturais do tomateiro

Conforme Alvarenga (2004) a condução das plantas é feita com a intenção de garantir a aeração e a luminosidade dentro do ambiente protegido. Para o tomateiro de hábito de crescimento indeterminado, sugere-se utilizar uma planta por vaso e conduzi-la com apenas uma haste. Esse sistema é também usado quando se deseja frutos graúdos e bons preços.

Dentre os tratos culturais, praticam-se a amontoa que consiste em se chegar terra junto ao colo da planta, com a intenção de aumentar o sistema radicular, favorecendo maior e melhor absorção de nutrientes; o tutoramento, necessário em função da planta a partir de determinada altura, não conseguir manter-se ereta, utilizando-se para tanto, fitilho resistente ao calor, à radiação e ao peso da planta, mesmo após a sua frutificação; a poda ou desponta do tomateiro, realizada exclusivamente nas cultivares de crescimento indeterminado, consistindo na eliminação do broto terminal da haste do tomateiro, interrompendo-se o crescimento vertical da planta, objetivando-se o controle da floração, frutificação, limitando-se o número de pencas e de frutos por planta, conseqüentemente aumentando o tamanho dos frutos (ALVARENGA, 2004).

Segundo Penteado (2004) a desbrota é indispensável para permitir maior desenvolvimento da planta e de frutos de qualidade, já que é hábito do tomateiro, a emissão de brotações nas axilas das folhas durante todo o experimento, devendo ser realizada quando a planta atingir a altura de aproximadamente 0,40 m. Para Alvarenga (2004), essa prática é muito importante em condições de ambiente protegido por diminuir o número de ramos por planta, diminuindo o número de pencas e o número de frutos por planta, possibilitando um aumento no peso médio dos frutos.

Jaramillo *et al.* (2007) sugerem a poda da folhagem quando essa se apresentar intensa, com intuito de melhorar a ventilação e a iluminação do cultivo. As folhas velhas e amareladas devem ser removidas depois de completado sua função fotossintética na planta, promovendo a entrada de luz e contribuindo na melhoria da floração e no enchimento, homogeneidade, tamanho, qualidade e maturação dos frutos.

2.5 Colheita

Geralmente, nas condições do Brasil, a colheita é feita logo ao iniciar a maturação, quando os frutos começam a mudar de cor, completando, assim, a maturação na pós-colheita, são frutos classificados como climatérios, estando o tamanho final dos frutos relacionado diretamente com o número de lóculos e com o número de sementes (ALVARENGA, 2004).

Silva *et al.* (2006) comentam que, o período necessário para a maturação dos frutos depende da cultivar, do clima da região, do estado nutricional e da quantidade de água disponível para as plantas. Quando submetidas a estresse, as plantas tendem a reduzir o experimento. A maioria das cultivares plantadas no Brasil é colhida com aproximadamente 110 a 120 dias após a germinação ou 90 a 100 dias do transplante.

2.6 O ambiente protegido

Jaramillo *et al.* (2007) caracterizam um ambiente protegido como sendo, toda aquela estrutura fechada, coberta por material transparente, dentro do qual é possível obter condições artificiais de microclima, e nele cultivar plantas em condições ótimas. As partes correspondentes às paredes e ao teto são cobertas por filmes plásticos, com a finalidade de desenvolver cultivos em um ambiente controlado de temperatura e umidade. Podem ser desenhados por agricultores e construídos de materiais simples de baixo custo. Como também, serem sofisticados, com instalações e equipamentos para melhor controle do ambiente. Segundo Mello *et al.* (1998) uma estufa pode assumir, uma forma simples e prática, de modo, inclusive, a permitir seu uso para fins comerciais, como é o caso do chamado cultivo protegido, utilizado na produção de hortaliças.

Martins *et al.* (1999) comentam que mesmo em estufas não climatizadas, os rendimentos superam os obtidos em campo e os produtos colhidos apresentaram melhor qualidade, já que: as plantas consomem menos água; diminui-se a lixiviação de nutrientes; há melhor aproveitamento da radiação solar; a temperatura interna do ar e do solo aumentam significativamente; os patógenos, nematóides e plantas daninhas, podem ser controladas por meio de solarização.

Lulu (2005) considera o uso de ambiente protegido, como estratégia para superar limitações climáticas, dada a sua eficiência na captação de energia radiante e o melhor aproveitamento, pelas plantas, da temperatura, água disponível e nutrientes, proporcionando rendimentos maiores do que no campo.

Para Raij (1991) a vantagem dos ensaios em vasos realizados em ambiente protegido está na possibilidade de controle de condições ambientais. Porém, a desvantagem está no volume limitado de solo, que impede, em geral, o desenvolvimento total da planta. Mesmo quando as plantas encerram o experimento, as produções observadas não podem ser extrapoladas para condições de campo.

2.7 Caracterização microclimática em ambiente protegido

Conforme Reis; Souza e Azevedo (2009) as vantagens promovidas pelo cultivo em ambiente protegido são inúmeras, como a redução na incidência de radiação solar e na velocidade do vento, e conseqüentemente, na redução da evapotranspiração, mesmo assim, é pouco o conhecimento sobre as interações do desenvolvimento e produção das culturas com condições microclimáticas nesse ambiente. Os mesmos autores, afirmam ser muito difícil conseguir separar a ação de cada um dos parâmetros meteorológicos, pois se sabe que agem ao mesmo tempo, podendo-se em geral, afirmar que, quanto maior a disponibilidade de energia solar e da temperatura, maior também será a taxa de evapotranspiração.

Na estufa, a elevação da temperatura do ar durante o dia, em que o balanço de energia é positivo, reduz os valores de umidade relativa do ar, tornando-os muitas vezes nas horas mais quentes do dia, inferior aos valores observados em campo. O aumento na temperatura do ar influi consideravelmente na intensidade de evaporação em virtude da maior quantidade de vapor d'água presente no mesmo volume de ar, por isso, quanto maior a umidade do ar, menor a intensidade de evaporação (MAGGI, 2006).

A utilização de ambientes protegidos por coberturas plásticas implica em diversas mudanças micrometeorológicas que, por sua vez, alteram as relações entre as plantas e o ambiente, com conseqüentes alterações, na produção, na produtividade, na qualidade e na duração do experimento da cultura (PANDORFI, 2006).

Segundo Lopes e Stripari (1998) a exposição da cultura do tomateiro às condições climáticas desfavoráveis e aliadas a outros fatores, acabou por favorecer rapidamente o seu cultivo em ambiente protegido nos últimos anos.

2.7.1 Radiação solar

A radiação solar é o principal elemento meteorológico que desencadeia todos os fenômenos meteorológicos, afetando por exemplo: a temperatura do ar e do solo; a pressão

atmosférica; a direção e a velocidade do vento; a umidade relativa do ar e a chuva. Possuindo importância decisiva em todos os processos vitais das plantas, tais como, a fotossíntese, transpiração, floração, dentre outros (PANDORFI, 2006).

Lulu (2005) explica que, dentro da estufa ocorre um interessante processo alimentado pela irradiação solar chamado efeito estufa que causa um aquecimento maior em seu interior que no exterior, mesmo durante a noite. Esse efeito é provocado pela refração da luz solar sobre o filme de cobertura, transformando suas ondas curtas (fora da estufa) para ondas longas (dentro da estufa), retendo-as em seu interior. Em ambientes protegidos, como os de estufas, as características dos materiais empregados na construção criam condições microclimáticas bastante diferentes daquelas observadas a campo aberto, que podem interferir diretamente no crescimento, desenvolvimento dos cultivos, pela interceptação de radiação solar e modificação da temperatura e umidade relativa do ar.

Sentelhas; Angelocci e Villa Nova (1997) citaram como responsáveis pela diminuição da incidência de radiação solar no interior do ambiente protegido, dois processos: a reflexão e a absorção, promovidas pela cobertura plástica, sendo essa redução variável em função da transmitância do filme plástico (depende do tipo), como também, pela cor do filme, logo interferindo nos demais elementos meteorológicos.

Conforme Pandorfi (2006) a transmitância depende também da faixa do espectro da radiação solar. Em geral, o polietileno de baixa densidade (PEBD) possui alta transmitância na faixa do ultravioleta (<300nm), sendo um pouco menor na faixa do infravermelho.

O PEBD é o material plástico mais utilizado mundialmente, na agricultura. Ele apresenta transparência à radiação solar e deixa atravessar em média 70 a 80 % da radiação solar, podendo atingir no máximo 95% (Lulu, 2005). Contudo, Reis e Carrijo (2003) ressaltam que esse material com o decorrer do tempo, devido ao acúmulo de poeira e formação de limo, reduzem a transmissividade até 5 %, colaborando para atenuar a radiação solar (SENTELHAS; ANGELOCCI E VILLA NOVA, 1997).

Segundo Robledo e Martin (1981) o PEBD transmite até 80% da radiação de onda longa. Sendo assim, o efeito estufa, ou seja, a retenção de ondas longas seria pequena, determinando temperaturas mínimas noturnas no interior da estufa não muito diferentes das obtidas no ambiente externo.

Em estudo com estufa plástica do tipo capela, Evangelista e Pereira (2001) verificaram que os valores de radiação solar global interna foram, em média, 80% inferior a observada externamente. Folegatti *et al.* (1997) com o mesmo tipo de estufa, observaram que

apenas 63% da radiação global chegou ao dossel, com perda de 37% da radiação por reflexão ou absorção.

A cobertura plástica utilizada em estufas altera significativamente o balanço da radiação, quando relacionado com o ambiente externo, devido à atenuação de incidência de radiação solar, resultando numa redução do balanço de radiação interno e conseqüentemente afetando temperatura, umidade e evapotranspiração (STAMATO JÚNIOR, 2007).

Pandorfi (2006) discorre que a utilização de ambientes protegidos por coberturas plásticas implicam em diversas alterações micrometeorológicas que, por sua vez, alteram as relações entre as plantas e o ambiente, já que a interceptação da radiação solar pela cobertura plástica reduz a incidência desta sobre as plantas, o que, conseqüentemente, irá alterar o balanço de radiação e de energia. Ocorrendo alteração também, na proporção de radiação difusa, que, sendo multidirecional, penetra melhor no dossel da cultura, com melhor aproveitamento da energia. A intensidade da radiação, concomitantemente à elevação da temperatura do ar, promove um acréscimo da carga térmica no interior do ambiente protegido, a ponto de alterar os metabolismos normais da cultura, ocasionando prejuízo na produção e na indução floral. Desta forma, uma das medidas adotadas para se minimizar o efeito do excesso da radiação no caso de algumas culturas, é o uso de malhas de sombreamento.

Assis e Escobedo (1997) estudaram a radiação global e a componente difusa em casas de vegetação com exposições leste-oeste e norte-sul, verificaram que, a orientação leste - oeste permitiu que 75% da radiação global incidente ultrapasse o plástico, enquanto que para a orientação norte-sul apresentou-se em média na faixa de 65%.

O saldo de radiação em ambiente protegido apresentou-se em geral maior que aquele obtido na condição externa (estação meteorológica). A variação da velocidade do vento na condição de ambiente protegido e o observado em estação meteorológica mostraram uma baixa taxa de renovação do ar nesse ambiente (KLOSOWSKI, 2001). Discorre o supracitado autor que, mesmo sendo o balanço de energia no interior da estufa menor do que no ambiente externo, a cobertura plástica atua como uma barreira física, retendo energia no ambiente protegido e promovendo o acúmulo de ar quente e de vapor d'água.

2.7.2 Temperatura do ar

A temperatura do ar no interior de estufas difere da externa e depende da densidade de fluxo de radiação solar incidente no interior destas e do seu manejo (LULU, 2005).

Oliveira *et al.* (1992) comentam que, nos meses mais quentes (dezembro, janeiro e fevereiro), as temperaturas podem atingir valores muito elevados durante o dia, e quando associadas a altos valores de umidade, podem favorecer o aparecimento de pragas e doenças específicas com reprodução acelerada, ausência de inimigos naturais.

Como a temperatura do ar no interior de ambientes protegidos está intimamente ligada ao seu balanço de energia, ela depende, portanto, dos processos de incidência da radiação solar, reflexão e reirradiação através dos objetos no interior da estufa, convecção e condução através da cobertura e paredes, renovação do ar, evapotranspiração e troca de calor com o solo (MARTINEZ GARCIA, 1978; PRADOS, 1986).

2.7.3 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar é muito variável e está relacionada com a temperatura do ar (LULU, 2005). Porém, de forma inversamente proporcional, durante o período diurno, com o aumento da temperatura, a umidade relativa do ar diminui, tornando-se inferior à verificada externamente. E, durante a noite, aumenta muito, chegando próximo a 100%, logo antes do nascer do sol, devido à queda acentuada da temperatura do ar e a retenção de vapor d'água pela cobertura plástica (PANDORFI, 2006).

Os valores médios de umidade relativa do ar são sempre maiores no interior da estufa, quando comparados com os valores médios de umidade relativa do ar fora da estufa. Ao longo do ano, a umidade média do ar foi de 81,6% dentro da estufa e de 72,6% fora da estufa, sendo a umidade média dentro da estufa, 12,5% superior a umidade média fora da estufa. Esta diferença de valores de umidade do ar dentro e fora da estufa ocorre tanto em função da retenção da umidade pela cobertura plástica, como também em função da redução do vento no interior da estufa, provocada pela barreira artificial formada pela tela lateral (STAMATO JÚNIOR, 2007).

2.7.4 Evapotranspiração

A evapotranspiração no interior do ambiente protegido é normalmente menor da observada no ambiente externo, o que se deve à atenuação causada pela cobertura na radiação solar incidente, provocando uma redução no saldo de radiação interno, como também, devido à menor ventilação e à maior umidade do ar no interior do ambiente (PANDORFI, 2006).

Os fatores ambientais influenciam a transpiração dos vegetais à medida que alteram o gradiente de vapor d'água entre a superfície da folha e o ar que a envolve. Assim, os principais fatores que afetam a evapotranspiração e, conseqüentemente, o consumo de água das plantas são o balanço de energia entre o solo e a folha, a umidade e a temperatura do ar, o vento e a disponibilidade hídrica (CARVALHO E OLIVEIRA, 2012). Daí que, a transpiração intensifica-se com a diminuição da umidade relativa do ar e com o aumento da temperatura do ar e a velocidade do vento (PIMENTEL, 2004).

No interior da estufa a evapotranspiração é, em geral, menor que a verificada externamente, atribuindo-se à parcial opacidade da cobertura plástica à radiação solar e à redução da ação dos ventos, que são os principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera, embora a temperatura do ar e a umidade relativa, em alguns momentos, possam ser respectivamente, maior ou menor no interior da estufa do que a campo aberto, refletindo na evapotranspiração (MAGGI *et al.*, 2006).

Farias *et al.* (1993a), verificaram que a evapotranspiração no interior da estufa foi 60 - 80% menor que a externa, variando de acordo com as condições meteorológicas. Klosowski (2001) afirma ser difícil separar a ação de cada um dos elementos meteorológicos na evapotranspiração, pois os mesmos agem simultaneamente. De maneira geral, em uma dada região, quanto maior for a disponibilidade de energia solar, temperatura do ar, velocidade do vento e quanto menor for a umidade relativa do ar, maior deverá ser a taxa de evaporação ou evapotranspiração.

Buriol *et al.* (2001) constataram que a evaporação é 52% menor no interior de uma estufa comparado ao ambiente externo, mas tende a decrescer ao longo do experimento das culturas, sofrendo influência da espécie cultivada. O mesmo autor afirma ainda que a evaporação média do tanque Classe A no interior de uma estufa plástica é menor que aquela do ambiente externo, sendo que em dias nublados e/ou com chuvas e umidade do ar elevada pode ocorrer o inverso. Os autores obtiveram resultados que mostram que, os valores médios de evaporação do tanque Classe A apresentaram tendência similar aos valores observados de temperaturas do ar. Durante os meses com valores de temperatura de ar mais elevadas e umidades relativas mais baixas, houve tendência de aumentar a evaporação, bem como nos dias de valores de temperaturas do ar menores e umidade relativa do ar elevada, ocorreram reduções. Observou-se um aumento gradativo da evaporação no período de transição do inverno para a primavera, principalmente devido à influência das temperaturas mais elevadas durante esta estação.

A diferença entre evapotranspiração interna e externa varia conforme as condições meteorológicas e, normalmente, a evapotranspiração dentro da estufa está em torno de 60 - 80% da daquela verificada externamente (STAMATO JÚNIOR, 2007).

2.8 Adubação orgânica

Kiehl (1985) discorre que, a matéria orgânica exerce importantes efeitos benéficos sobre as propriedades do solo, contribuindo substancialmente para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Malavolta; Gomes e Alcarde (2002) comentam que, a redução excessiva da matéria orgânica do solo prejudica-o física, química e biologicamente, redundando em diminuição da produção. Os autores ressaltam ainda que, certos concentrados orgânicos comportam-se de modo semelhante aos adubos químicos ou minerais, funcionando como fonte de nitrogênio, fósforo, potássio e outros elementos.

Penteado (2004) chama a atenção para a importância do material orgânico a ser empregado na fertilização não podem ser provenientes de resíduos contaminados por metais pesados e componentes químicos tóxicos. Na agricultura orgânica é proibido o uso de qualquer forma de adubo químico prontamente solúvel, tendo que consistir apenas da utilização de adubo orgânico (TANAKA *et al.*, 2003).

Para culturas altamente exigentes em nutrientes, como o tomateiro, além da aplicação de compostos orgânicos incorporados ao solo de plantio, há necessidade de adubos orgânicos de liberação rápida de nutrientes, para cobertura e complementação da adubação realizada na cova (PENTEADO, 2004).

Embora não se possa definir com precisão a quantidade de nutrientes aplicados ao solo que se disponibilizam para as plantas, a adubação orgânica é uma prática que os produtores de tomate não devem dispensar. Acredita-se que 50% do nitrogênio, 30% do fósforo e 70% do potássio adicionado como esterco estejam disponíveis para as plantas. A adubação orgânica deve ser feita de acordo com a disponibilidade desse insumo pelos produtores (ALVARENGA, 2004).

2.8.1 Biofertilizantes

Na Instrução Normativa nº 07 de maio de 1999, que trata da normatização do sistema de produção orgânica pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e

Abastecimento), vêm-se desenvolvendo produtos que sejam considerados viáveis, como excreções de animais, para a fertilização do solo e conseqüentemente, a nutrição da planta.

O Ministério da Agricultura, no decreto nº 86.955, de 18 de fevereiro de 1982, aparece na lei pela primeira vez a palavra biofertilizante, que de acordo com o Capítulo I das disposições preliminares, pode ser definido como sendo um produto que contenha princípio ativo ou agente capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou partes das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade.

Os biofertilizantes são utilizados nos sistemas de produção de base ecológica como um elemento de efeitos múltiplos, atuando como, estimulante da proteossíntese, repelente de insetos e controlador de doenças (MEIRELLES *et al.*, 1997; SANTOS, 1992).

Considerados fertilizantes protetores, os biofertilizantes são provenientes de um processo de decomposição da matéria orgânica animal ou vegetal, sendo os mais comuns produzidos através de fermentação aeróbica em meio líquido. O resultado dessa fermentação é um resíduo líquido que pode ser utilizado como adubo foliar e defensivo natural, normalmente rico em matéria orgânica e micro-organismos (GONÇALVES; SCHIEDECK; SCHWENGBER, 2009).

A possibilidade deste insumo ser produzido nas pequenas propriedades, com materiais locais e econômicos, o coloca em lugar de destaque dentre as ferramentas tecnológicas ecologicamente corretas, utilizadas nos sistemas de produção (FERNANDES *et al.*, 2000).

Tanaka (2003) comenta que não existe formulação única para o preparo do biofertilizante líquido que tem na sua composição, quase todos os elementos necessários para a nutrição vegetal, variando as concentrações, dependendo diretamente da alimentação do animal que gerou a matéria-prima a ser fermentada, sendo que, dependendo do período de fermentação, há variação na concentração de nutrientes.

Para a preparação do biofertilizante são usados três grupos de ingredientes básicos: o componente orgânico (esterços frescos, frutas e/ou plantas), o componente mineral (água não clorada, farinhas de rocha, cinzas, calcário, fosfato natural e/ou sais solúveis) e o inoculante (leite, soro de leite sem sal, material sedimentado no fundo do tanque), contendo ainda açúcar (rapadura) na formulação para agregar energia e aumentar a fermentação (GONÇALVES; SCHIEDECK; SCHWENGBER, 2009).

No mercado encontra-se disponível um concentrado com Alpha aminoácidos bioativos e quelatos de fósforo denominado PT-4-O® utilizado como acelerador na solubilização do biofertilizante líquido. Segundo o fabricante este produto possui zinco e

aminoácidos em sua composição, tendo a matéria orgânica, como vetor de bioatividade, transformando-a rapidamente e a baixo custo, em adubo orgânico utilizado em climas tropicais, conferindo-lhe maior eficiência de ação prolongada após a sua aplicação.

2.8.2 Substratos

Conforme Sousa *et al.* (2011) os substratos são muito utilizados nos dias atuais na produção de mudas e de flores, com crescente uso no cultivo de hortaliças, incluindo o tomate. Então, com intuito de oferecer um produto diferenciado, o cultivo do tomateiro em substrato se justifica pelo reduzido consumo ou total ausência de agrotóxicos ou quando da ocorrência de fatores limitantes no solo que prejudiquem o seu cultivo, como salinização e/ou patógenos de difícil controle.

Segundo Revoredo *et al.* (2008) a história oficial da utilização de substrato como adubo para as plantas no Brasil é curta e a evolução nos últimos anos tem sido muito rápida. A existência legal teve início com o Decreto Nº 4.954, de janeiro de 2004. Entretanto, seu uso se deu, na prática, bem antes do seu reconhecimento oficial, já no momento em que alguém, por qualquer razão, optou pelo plantio fora do solo *in situ*, precisou lançar mão de um recipiente como recurso para conter a planta e o seu meio de cultivo.

Os autores anteriormente citados, comentam ainda que, com o passar do tempo, após intenso uso do solo, têm-se observado vários problemas com reflexos negativos no rendimento das culturas, tais como: salinização e/ou antagonismo entre os nutrientes, surgimento de pragas e doenças, e desequilíbrio nutricional. O aparecimento dessas dificuldades, levou à busca de novas alternativas para o cultivo de espécies exigentes em tratos culturais intensivos, como é o caso do tomate e entre as alternativas, destaca-se o cultivo de plantas em substrato com fertirrigação.

Uma alternativa ao plantio direto no solo em ambiente protegido, foi a condução das plantas em sacos plásticos contendo substrato apropriado (PAPADOPOULOS, 1991). Essa técnica permite melhorar o aproveitamento dos nutrientes, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade do produto e ainda facilita a execução dos tratos culturais (CALABRETTA *et al.*, 1994).

Kampf (2000) relaciona o uso de substrato, em geral, com o cultivo em recipientes como saco plásticos, latas, vasos ou bandejas. O autor aponta como desvantagem desse tipo de cultivo, o reduzido volume de solo a ser explorado pela planta, diminuindo a drenagem e a superfície de contato com a atmosfera, fator essencial para as trocas gasosas.

Por esta razão, Sousa *et al* (2011) recomendam que a irrigação seja realizada por gotejamento ou por pulsos (pequenos jatos de água de forma intermitente), em regime de alta frequência, tornando o manejo mais complicado comparativamente à irrigação em solo.

Para Fontes *et al.* (2004) o substrato adequado deve ser facilmente disponível, ter custo compatível, não poluir e não possibilitar a introdução e o desenvolvimento de patógenos. Como também, possuir boa aeração, boa retenção de água e nutrientes, com drenagem eficiente, propiciando maior produtividade e melhor qualidade de frutos. É necessário um substrato que além de sustentar, forneça, às plantas, quantidades consideráveis de elementos nutritivos que satisfaçam as demandas de cultivo (HERNÁNDEZ *et al.*, 2008).

Um substrato agrícola deve guardar uma proporção adequada entre macro e micro poros, favorecendo assim a atividade fisiológica das raízes e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas (FERNANDES; MARTINEZ; FONTES, 2002). Os principais desafios encontrados estão relacionados à fisiologia da planta, doenças diferenciadas, nutrição, irrigação, polinização e fecundação (TAKAZAKI, 1989).

Jaramillo *et al.* (2007) citam o composto, ou seja, resíduos orgânicos de estrutura fina e decomposta, como um dos substratos mais utilizados no cultivo do tomateiro em ambiente protegido. Para o seu preparo são utilizados excrementos de animais, resíduos de plantas, etc. Fisicamente aumentam a aeração e a umidade, e em relação à parte química, melhoraram a absorção dos nutrientes evitando a sua lavagem (nitrogênio e potássio) e os liberam lentamente em forma de nutrientes.

A reutilização de substrato tem como objetivo reduzir o custo de produção e o impacto ambiental causado pelo descarte dos substratos após a sua utilização. Algumas pesquisas mostraram as alterações da concentração de nutrientes nos substratos reutilizados e nas folhas das plantas cultivadas nos mesmos (REVOREDO *et al.*, 2008).

2.9 Necessidade nutricional do tomateiro

O tomate é considerado uma das hortaliças mais exigentes em nutrientes. Os teores e acúmulos de nutrientes pela cultura variam principalmente de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, com a cultivar e a produção que se deseja obter. Outros fatores, como: temperatura, do ar e do solo, luminosidade, época de plantio, umidade relativa, sistemas de condução das plantas e o espaçamento, também podem alterar a quantidade de nutrientes absorvida. A quantidade de nutrientes extraída pela cultura varia grandemente em função do material genético, densidade de plantio, condições fitossanitárias, hábito de crescimento e, sobretudo, em função da produção obtida. Para a cultura do tomate, a extração alcança os seguintes valores, por tonelada de fruto produzida: 2,1 a 3,8 kg de N; 0,3 a 0,7 kg de P; 4,4 a 7,0 kg de K; 1,2 a 3,2 kg de Ca e 0,3 a 1,1 kg de Mg (ALVARENGA, 2004).

Jaramillo *et al.* (2007) discorrem que o tomateiro requer uma alta disponibilidade de macro nutrientes como N, P, K, Ca, Mg e S e de micro nutrientes como Fe, Mn, Cu, B e Zn. Ainda que a exigência de N seja alta, o seu excesso pode levar a planta a um exagerado crescimento vegetativo com baixa porcentagem de formação de frutos. Do transplântio até floração, a relação de fertilização de N e K deve ser de 1:1, quando começa o enchimento de fruto, se requer uma quantidade maior de K, já que este elemento contribui para a maturação e o enchimento de fruto, a relação desses nutrientes deve ser de 1:2 ou 1:3. Para o cultivo de tomate em ambiente protegido, os autores recomendam as seguintes quantidades de nitrogênio de 300-600 kg ha⁻¹, para fósforo de 400-800 kg ha⁻¹ e de potássio de 600 – 1100 kg ha⁻¹.

Silva *et al.* (2006) descreveram a importância dos principais macro nutrientes N, P e K no cultivo do tomateiro e observaram que, a exigência de nitrogênio é maior nos primeiros estádios de crescimento, em sua falta ou insuficiência, o crescimento da planta é retardado e as folhas mais velhas tornam-se verde - amareladas. Se a falta do nutriente for prolongada, toda a planta apresentará esses sintomas, em casos mais severos, ocorre redução do tamanho dos folíolos, e as nervuras principais apresentam uma coloração púrpura, contrastando com um verde - pálido das folhas, os botões florais amarelecem e caem.

A deficiência de fósforo é observada com frequência em solos de baixa fertilidade e nos que possuem elevada taxa de adsorção desse nutriente, como os solos de cerrados. A taxa de crescimento das plantas é reduzida desde os primeiros estádios de desenvolvimento. As folhas mais velhas adquirem coloração arroxeada, em razão do acúmulo do pigmento antocianina. Em estádios de desenvolvimento mais tardios, as folhas apresentam áreas roxo - amarronzadas que evoluem para necroses. Essas folhas caem prematuramente, e a planta

retarda sua frutificação. O potássio é o nutriente mais extraído pelo tomateiro, a sua torna lento o crescimento das plantas; as folhas novas afilam e as velhas apresentam amarelecimento das bordas, tornando-se amarronzadas e necrosadas. O amarelecimento geralmente progride das bordas para o centro das folhas. Ocasionalmente verifica-se o aparecimento de áreas alaranjadas e brilhantes. A falta de firmeza dos frutos, em muitos casos, é também devida à deficiência de potássio (SILVA *et al.*, 2006).

Ocorre um incremento na extração e na acumulação de nutrientes pelo tomateiro, acompanhando o crescimento da planta, principalmente nas fases de floração e frutificação, as quais produzem as trocas mais acentuadas de nutrientes. A absorção de N, P, K, S e Mg, aumenta intensamente a partir da floração (45 dias) e até o início da maturação dos frutos (90 dias), sendo o potássio, o elemento demandado em maior proporção pela planta, chegando a ser absorvido 73,8% no processo de frutificação (JARAMILLO *et al.*, 2007). Os autores discorrem ainda sobre a importância dos micronutrientes na produção de tomate, já que esses participam no processo respiratório e na fotossíntese, no caso do ferro e manganês; O zinco é indispensável na formação da clorofila e compõe várias enzimas e o Boro que age na diferenciação dos tecidos e nas sínteses de fenóis e auxinas, intervindo na germinação e na formação do tubo polínico e no transporte de amidos e açúcares da folha até a formação dos frutos.

2.10 Irrigação

A irrigação dos cultivos em substratos acondicionados em recipientes, em comparação à irrigação dos cultivos no solo, apresenta as seguintes particularidades: elevadas necessidades instantâneas de água por unidade de massa radicular; reduzido volume de substrato para a planta e existência de uma parede impermeável na base do substrato (REVOREDO *et al.*, 2008).

Carrijo e Oliveira (1997) destacam o gotejamento como o sistema de irrigação mais utilizado para a produção de tomate em cultivo protegido.

O sistema de cultivo em substratos sob irrigação por gotejamento, limita o crescimento das raízes a um volume menor, cujas condições de contorno são determinadas pelos limites físicos do contedor, disponibilidade de água e nutrientes, nível de salinidade e aeração do substrato (MARFÁ; GURI, 1999).

2.10.1 Necessidade hídrica do tomateiro

Conforme Penteado (2004) para o bom desenvolvimento das plantas, o solo deve conter um bom teor de umidade, em torno de 80%, de água útil. Teores mais elevados, como 100% deixam as plantas finas e estioladas.

Segundo Duarte *et al.* (2010) o consumo hídrico do tomateiro, sob cultivo orgânico em ambiente protegido, aumentou progressivamente, atingindo valores máximos nos últimos estádios de desenvolvimento da cultura. Para Koetz *et al.* (2010) a irrigação inadequada da cultura do tomateiro pode comprometer fortemente o rendimento e a qualidade de fruto, principalmente no estágio que compreende a sua frutificação que é o mais sensível à deficiência de água. E, Doorenbos e Pruitt (1997) apontam os estádios de florescimento e de enchimento de frutos, os períodos mais críticos com relação ao estresse hídrico no solo para a cultura do tomateiro.

Para Sousa *et al.* (2011), as principais causas da variação na quantidade total de água necessária à irrigação do tomateiro, de 350 mm a 700 mm por experimento, são as condições climáticas, o sistema de irrigação e a cultivar. Conforme Doorenbos e Kassan (1979) a necessidade de água para a cultura do tomateiro, com experimento variando de 90 a 120 dias, está compreendido entre 400 e 600 mm, dependendo do clima.

O tomateiro possui quatro estádios ou fases de desenvolvimento em relação à necessidade hídrica: inicial, vegetativo, frutificação e maturação. A duração de cada fase dependerá da cultivar utilizada e das condições edafoclimáticas predominantes, e ainda, quanto ao tomate de mesa, deverá ser levado em conta, as condições fitossanitárias na duração total do experimento da cultura (SOUSA *et al.*, 2011).

Discorre Alvarenga (2004) que, na fase de germinação, as sementes do tomateiro são pouco exigentes em umidade, bastando o teor de umidade do solo estar um pouco acima do ponto de murcha permanente para ocorrer a germinação. Entretanto, nas fases de desenvolvimento e produção, o tomateiro é bastante exigente em água.

Na primeira fase de desenvolvimento da cultura, após o transplante até o pegamento das mudas (7 a 10 DAT) recomendam-se irrigações com frequência de 1 a 3 dias, mantendo a umidade da camada superficial do solo (0 – 0,20 m) próximo à capacidade de campo. O ‘quando’ irrigar é conhecido a partir da indicação das tensões obtidas nas leituras dos tensiômetros, tomando-se como referência a textura do solo, desta forma: Textura grossa (arenoso) de 5 kPa a 10 kPa; textura média (franco-argiloso ou franco-arenoso), de 10 kPa a 15 kPa; textura fina (argiloso), de 15 kPa a 20 kPa, empregando-se o limite superior para

períodos de alta evapotranspiração (CARRIJO; MAKISHIMA, 1998) (CARRIJO; MAROUELLI, 2002).

A segunda fase ou estágio vegetativo, compreende o período de estabelecimento inicial das plantas e o início da frutificação, sendo o estágio menos crítico do tomateiro quanto ao déficit hídrico (SOUSA *et al.*, 2011). Nesta fase, a tensão de água no solo pode ser mantida em níveis mais elevados, entre 30 kPa e 70 kPa, com alargamento dos turnos de rega entre de 3 a 7 dias (MAROUELLI; SILVA E MORETTI, 2002).

Sousa *et al.* (2011) descrevem o estágio de frutificação, do início da maturação à senescência da planta, como o mais crítico quanto à deficiência de água no solo, atingindo a máxima demanda de água. Nesta terceira fase, a deficiência hídrica poderá reduzir a viabilidade de pólen e o tamanho de frutos, comprometendo a produtividade, enquanto o excesso de água promove crescimento excessivo das plantas em detrimento da produção de frutos, como também, a ocorrência de doenças do solo e da parte aérea. Com intuito de evitar a alta infestação de patógenos de solo e a propagação de doenças, Carrijo *et al.* (1999) recomendam irrigar com menor frequência, mantendo a superfície do solo mais seca, com tensões máximas de 30 kPa a 40 kPa para solos arenosos, de 40 kPa a 50 kPa para solos francos e de 50 kPa a 70 kPa para solos argilosos.

A maturação (quarta fase) é o período entre o início da maturação de frutos e a colheita, no caso do tomateiro para processamento e para o de mesa, do declínio do vigor vegetativo das plantas até a última colheita (SOUSA *et al.*, 2011). Nesse estágio há uma sensível redução do uso de água pelas plantas de 20 a 50 %, podendo a tensão de água no solo ser mantida a 40 kPa para a irrigação por gotejamento e a 70 kPa para sulcos ou aspersão (MAROUELLI; SILVA E MORETTI, 2002). Em relação ao tomateiro para processamento, a tensão deve ser mantida entre 100 kPa e 400 kPa (MAROUELLI; SILVA; OLIVEIRA, 1991).

2.10.2 Manejo de irrigação

Sousa *et al.* (2011) discorrem que o manejo da água de irrigação tem a ver com os procedimentos que servem para determinar ‘quando’ e ‘quanto’ irrigar, ou seja, a frequência de irrigação e a lâmina de água a ser aplicada por irrigação. Vários métodos são utilizados para tais finalidades, contudo os autores citam o do balanço hídrico e a da tensão de água no solo como os que permitem um controle preciso da irrigação, já que se baseiam na avaliação em tempo real de parâmetros relacionados às plantas, clima e solo. E relacionam como

equipamentos utilizados para medição do estado da água no solo: Tensiômetros, sensores capacitivos, blocos de resistência elétrica, etc; e, da evapotranspiração: Tanque Classe A, termômetros, higrômetros, radiômetros, etc.

Os autores acima citados, orientam ainda que, as irrigações devem ser reiniciadas quando a tensão da água no solo estiver nos intervalos críticos indicados para cada estágio de desenvolvimento da cultura e devem se basear nas leituras dos tensiômetros instalados na menor profundidade, já que as leituras dos tensiômetros mais profundos auxiliam na avaliação da quantidade de água aplicada. O tempo de irrigação poderá ser calculado para o manejo, utilizando-se sensores de tensão em sistemas pressurizados, neste cálculo leva-se em conta a evapotranspiração da cultura (ET_c), calculada a partir da multiplicação entre a evapotranspiração de referência (ET_0) e o coeficiente da cultura (K_c). O valor deste último varia principalmente com as características da planta, como idade, hábito de crescimento, cultivar, sanidade da cultura, sistema de irrigação e, em menor escala, com as condições climáticas.

Segundo Resende e Albuquerque (2002) dos equipamentos geralmente usados para fins de manejo de irrigação em lavouras irrigadas, recomendam-se o uso do tanque Classe A, do tensiômetro ou a combinação dos dois. Os autores afirmam que, o tensiômetro associado ao Tanque Classe A, permite estimar o momento de efetuar as irrigações, bem como a lâmina de água a se aplicar, através de medições diretas no local da cultura, variando de acordo com o estágio de desenvolvimento e necessidades da cultura.

Para Jaramillo *et al* (2007) o tensiômetro é o instrumento mais utilizado para se estimar a necessidade de aplicação de água às culturas. Figuerêdo *et al* (2003) afirma existir uma série de instrumentos utilizados na determinação da tensão de água no solo, porém a medida do potencial matricial por meio das leituras de tensiômetros tem sido uma dos mais utilizados em função da fácil aquisição dos mesmos. Gomes (1999) concorda com os autores, quando comenta que, na prática a forma mais utilizada para se conhecer a tensão com que a água está retida no solo é por meio de um tensiômetro, explicando que, quando a umidade do solo diminui, a água passa do recipiente tubular para o terreno, através da cápsula porosa, provocando uma sucção no tensiômetro, cuja tensão é medida pelo manômetro.

Carvalho e Oliveira (2012) comentam que uso do tensiômetro de punção, que mede o potencial matricial com um tensímetro digital ou analógico, tem a grande vantagem de poder ser disposto em um grande número de sensores na área irrigada, bastando apenas um dispositivo de leitura (tensímetro). Teoricamente, o tensiômetro poderia medir tensões de até 1 atm, aproximadamente 100 kPa, na prática, porém, o seu intervalo vai de tensiômetro $\Psi_m = 0$

(saturação) a $\Psi_m = 0,75$ atm (75,99 kPa) aproximadamente, atingindo somente uma parte da 'água útil do solo'. Acima desses valores, o ar penetra no instrumento através dos poros da cápsula, a água começa a passar do estado líquido para o estado de vapor e as medições perdem a precisão. Esse intervalo apesar de limitado, representa uma importante faixa de potencial e umidade do solo em práticas agrícolas.

Reichardt (1990) o potencial matricial no qual a água deverá ser aplicada para o tomateiro, cultivado em solo fertilizado e manejado para máxima produção está entre -800 a - 1500 cmH₂O, o que equivale a -78,45 e -147,10 kPa, respectivamente. O autor, discorre ainda que o tensiômetro só funciona no intervalo 0 a -1 atm (-101,32 kPa), o que parece pouco, pois o intervalo agronomicamente importante de potencial matricial é de 0 a -15 atm (-1519,87 kPa). Mesmo com essa limitação, o tensiômetro é um ótimo instrumento de campo para indicar quando irrigar. Já que, em termos de quantidade de água, para a maioria dos solos, uma maior quantidade de água é retida entre os Ψ_m de 0 a -1 atm do que entre os Ψ_m de 0 a - 15 atm.

Segundo Revoredo *et al.* (2008) as tensões – limite no substrato críticas à retirada de água pelas plantas não são padronizadas mundialmente. Os conceitos consagrados no Brasil são de De Boodt e Verdonck (1972), os quais consideram como “espaço de aeração” o espaço relativo de poros que liberam água a tensões de 1 kPa. Já, a “água facilmente disponível” é retirada a tensões de 1 a 5 kPa, e a “água tamponante”, entre 5 e 10 kPa. De 1 a 10 kPa estaria, portanto, a “água disponível”.

Jaramillo *et al.* (2007) mencionam que uma planta de tomate consome diariamente de 1,0 a 1,5 litros de água por dia, dependendo da variedade e do estado de desenvolvimento da planta. Os autores apresentam um guia para estimar as necessidades diárias de água (L m⁻² dia⁻¹) no cultivo do tomate em ambiente protegido (Tabela 2).

Tabela 2 – Necessidades de água ($L m^{-2} dia^{-1}$) para o cultivo de tomate em ambiente protegido

SEMANA DE TRANSPLANTIO	FASES DE DESENVOLVIMENTO	MÍNIMO	MÁXIMO
		L m ⁻² dia ⁻¹	
1	Eraizamento	0,6	1,25
2-5	1º a 4º ramo floral	1,5	3,0
6	5º ramo floral	3,5	3,5
7-9	6º ramo floral	3,5	4,0
10-11	7º a 8º ramo floral	4,0	4,5
12-15	Início da colheita	4,5	5,5
16-17		5,0	6,5
18-20		5,5	6,0
21-23		5,0	5,0
24-25		5,0	5,0
25		5,0	5,0
27		5,0	5,0

Fonte: Escobar e Lee (2001) citado por Jaramillo *et al.* (2007).

Koëtz *et al.* (2010) discorrem que o manejo da irrigação é importante na cultura do tomate, já que o déficit de água durante o estágio de maturação favorece o aumento do conteúdo de sólidos solúveis em frutos de tomate para o processamento. A porcentagem de sólidos solúveis (SS), que é representada pelo °Brix, inclui os açúcares e os ácidos e tem influência sobre o rendimento industrial. Quanto maior o seu teor nos frutos, menor o consumo de energia na obtenção da polpa concentrada e para cada °Brix de aumento na matéria – prima, há o acréscimo aproximando de 20% no rendimento industrial.

2.11 Fertirrigação

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação traduz o uso racional de fertilizantes na agricultura irrigada, uma vez que aumenta a eficiência de uso do fertilizante, disponibiliza nutrientes no volume de solo explorado pelo sistema radicular da cultura, reduz mão-de-obra e o custo com máquinas, além de flexibilizar a época de aplicação, podendo ser fracionada as doses recomendadas conforme a necessidade da cultura.

Sousa *et al.*, (2001) comentam que a aplicação de fertilizantes simultaneamente com a água de irrigação às culturas tem grande importância, tanto do ponto de vista técnico como econômico, denominada de fertirrigação, aplicação de fertilizantes via água de irrigação, tem uma série de vantagens, todavia, uma das maiores vantagens desta prática é a possibilidade da aplicação dos nutrientes recomendados de forma parcelada. A frequência de aplicação de nutrientes ou parcelamento de nutrientes deve ser feita de acordo com a marcha de absorção de nutrientes pela cultura nos seus diferentes estádios de desenvolvimento Sousa

e Sousa (1992) destacam que, além da seleção do fertilizante, o agricultor deve ter os devidos cuidados na determinação das doses a serem aplicadas, que são funções das necessidades nutricionais da cultura, conteúdo de nutrientes no solo, histórico da área e da produtividade esperada (Vivancos, 1993).

Dessa forma, para se efetuar um bom manejo da fertirrigação torna-se necessário conhecer como ocorre a distribuição da absorção dos nutrientes no experimento da cultura (Sousa *et al.*, (2001). Devido sua complexidade na determinação são poucas essas informações na literatura, principalmente para as fruteiras.

Na fertirrigação devem ser utilizados fertilizantes de elevada solubilidade na água de irrigação (BORGES; SILVA, 2011). Embora o princípio de aplicação da fertirrigação preconize a utilização de produtos solúveis em água, Sousa *et al.* (2011) destacam que na seleção dos fertilizantes a serem utilizados devem-se considerar além da solubilidade, os aspectos relacionados com a pureza, poder corrosivo, poder de acidificação e salinização dos solos e a compatibilidade entre produtos. Essas características são importantes no manejo operacional do sistema, na uniformidade de distribuição de fertilizantes, na eficiência de uso dos nutrientes pela cultura e na preservação ambiental.

É importante destacar que a fertirrigação não deve ser praticada de forma empírica. Sousa *et al.* (2011) reforçam que a aplicação de fertilizantes com base na experiência do produtor e em recomendações genéricas pode levar a má utilização dos nutrientes pela cultura, desequilíbrio ambiental e prejuízos econômicos para o empreendimento. Portanto, a prática correta da fertirrigação deve ter embasamento técnico científico levando em consideração todos os fatores principais que influenciam na fertilidade do solo e na nutrição da cultura.

Para Vivancos (1993) e Papadopoulos (1999) o planejamento e o manejo correto da fertirrigação devem iniciar com o conhecimento da situação do solo, permitindo a determinação da dosagem apropriada de nutrientes. Na determinação das doses de nutrientes é necessário conhecer: a) a extração pela cultura durante o experimento, ou as necessidades nutricionais para atingir uma determinada produtividade; b) a quantidade de nutriente que o solo pode fornecer para a cultura; c) quantidade de nutrientes na água de irrigação; d) eficiência da absorção de nutrientes nos diferentes métodos de irrigação.

A fertirrigação permite manter a disponibilidade de água e de nutrientes próximas dos valores considerados ótimos ao crescimento e à produtividade da cultura. Sendo assim, a quantidade de nutrientes, parcelada ou não, deve ajustar-se às necessidades da cultura ao longo das fases de desenvolvimento (REVOREDO *et al.*, 2008).

Fernandes, Martinez e Fontes (2002) ressaltam a importância da fertirrigação, pois permite manter a disponibilidade de água e nutrientes próximas dos valores considerados ótimos ao crescimento e produtividade da cultura. O manejo da água deve evitar variações bruscas do potencial matricial do substrato, especialmente nos períodos de forte demanda evaporativa da atmosfera.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

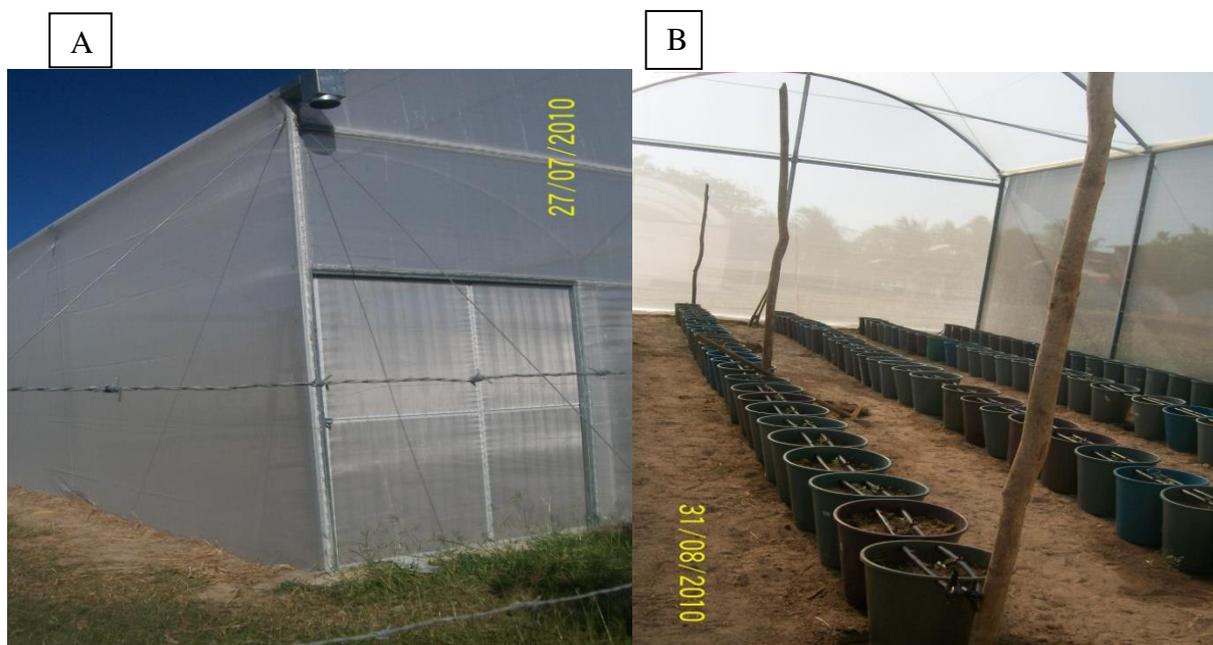
Os dois experimentos foram desenvolvidos em ambiente protegido em área experimental da Estação Meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará/UFC, nas coordenadas geográficas $3^{\circ}45'S$ e $38^{\circ}33'W$ e altitude de 19,53 metros em relação ao nível do mar. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw' caracterizado como tropical / quente e com chuvas de verão a outono. Com médias anuais (1981 – 2011) registradas de: precipitação - 1.606,3 mm; temperatura - $27,0^{\circ}C$; umidade relativa do ar - 76 %; e evapotranspiração - 1.832,7 mm.

O monitoramento das condições ambientais na área do experimento foram realizadas com auxílio de uma estação convencional e de um Datalogger instalado no interior do ambiente protegido. O primeiro experimento foi desenvolvido durante a estação seca, no período de setembro a dezembro de 2010, e o segundo experimento ocorreu na estação chuvosa compreendido no período de março a junho de 2011.

3.2 Características do ambiente protegido

O ambiente protegido era do tipo arco simples coberto por filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) e suas laterais revestidas por tela branca contra afídeos (Figura 1A) com orientação leste - oeste e dimensões: 6,4 m de largura, 12,0 m de comprimento e com pé direito de 3,5 m, totalizando uma área de $76,8\text{ m}^2$. Foram instalados mourões e arames a 1,80 m metros de altura em relação ao solo para o tutoramento da cultura durante a fase de crescimento (Figura 1B).

Figura 1 – Vista externa (A) e interna (B) do ambiente protegido com PEBD e mourões



Fonte: Autora, 2010.

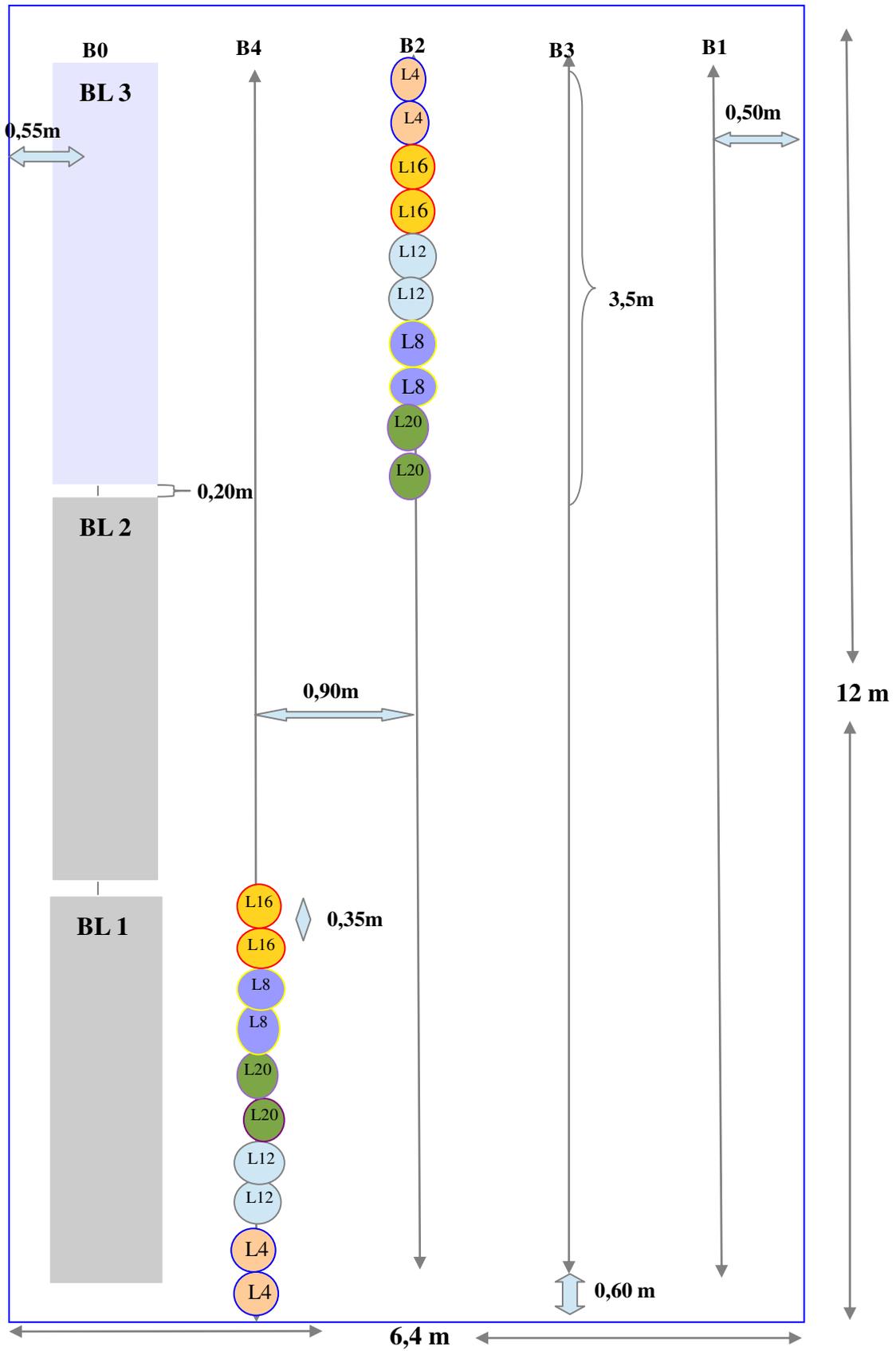
3.3 Características da variedade

Foram utilizadas sementes de tomate da variedade Dominador híbrido F1, com as seguintes características conforme informação do fabricante: tipo salada, uniforme, ciclo médio de 120 dias, peso médio de 230 g, altura média de fruto de 70 mm e diâmetro médio de fruto de 90 mm.

3.4 Delineamento experimental

Utilizou-se em ambos os experimentos, o delineamento experimental de blocos ao acaso em parcelas subdivididas com 3 repetições. As parcelas foram compostas pelas 5 doses de biofertilizantes e as subparcelas pelas 5 lâminas de irrigação, totalizando 75 unidades experimentais. O croqui da área experimental mostra as suas dimensões, os espaçamentos e as distribuição dos tratamentos nas parcelas e nas subparcelas dentro dos blocos (Figura 2).

Figura 2 – Croqui da área experimental



3.5 Preparo dos vasos

O cultivo do tomateiro foi feito em vasos de polipropileno com capacidade de 20 L, que sofreram perfurações nas laterais e no fundo, onde receberam uma camada de brita para auxiliar na drenagem do excesso de água e na aeração do solo, conforme mostra a Figura 3A. O enchimento dos vasos foi realizado com 2/3 de solo do próprio local e 1/3 de substrato (Figura 3B) e previamente irrigado, elevando-se o conteúdo de água à capacidade de campo.

Na Tabela 3 pode-se observar o resultado das características químicas da amostra dessa mistura, análise realizada pelo laboratório de solos da Universidade Federal do Ceará / Fundação Cearense de Meteorologia.

Tabela 3 – Análise química da mistura solo e substrato. Fortaleza, Ceará, 2010

ANÁLISE	cmol_c kg⁻¹	g kg⁻¹
Cálcio (Ca ²⁺)	2,70	-
Magnésio (Mg ²⁺)	2,60	-
Sódio (Na ⁺)	0,30	-
Potássio (K ⁺)	0,37	-
Alumínio (H ⁺ + Al ³⁺)	0,99	-
Alumínio (Al ³⁺)	0,10	-
Carbono (C)	-	9,06
Nitrogênio (N)	-	0,85
Matéria Orgânica (MO)	-	15,62
Fósforo - P assimilável (mg kg ⁻¹)		68,00
PST		4
C.E (dS/m)		1,03
pH (água)		6,7
Classificação textural		Franco

Fonte: Laboratório de solos (UFC/FUNCEME)

Figura 3 – Vasos de cultivo preparados com brita (A) para auxiliar a drenagem e com substrato (B)



Fonte: Autora, 2010.

3.6 Suprimento com micronutrientes

A Calda Viçosa é uma suspensão coloidal, de cor azul-celeste, composta de fertilizantes complexados com a cal hidratada. Essa calda foi desenvolvida pelo Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa. É uma calda para controle de doenças de plantas que age também como adubo foliar. A base é a calda bordalesa, acrescida de sais de cobre, zinco, magnésio e boro. Para uso na agricultura orgânica a calda é preparada sem adição de ureia, presente na composição original.

Foram realizadas três aplicações da “Calda Viçosa” que foi assim constituída: 15 litros de água, 120 g de sulfato de cobre, 30 g de sulfato de zinco, 30 g de sulfato de magnésio, 45 g de sulfato de potássio e 30 g de ácido bórico. Segundo Venzon *et al.*, (2006), a “calda viçosa” vem sendo bastante difundida como adubo foliar, fungicida e para controle de pragas.

3.7 Semeadura e transplântio

A semeadura em ambos os experimentos foi realizada em bandejas de isopor e de poliestireno preparadas com substrato e contendo uma semente por célula. Para facilitar a adaptação das futuras plantas às elevadas temperaturas, essa etapa foi conduzida dentro do ambiente protegido, sendo necessárias regas diárias, nos horários da manhã e no final da tarde.

O transplântio foi realizado quando as plântulas apresentaram de 4 a 5 folhas definitivas (Figura 4A).

No primeiro experimento da cultura, a sementeira foi realizada no dia 03/08/10 e o transplântio das mudas para os vasos ocorreu aos 23 dias após a sementeira (Figura 4B).

Figura 4 – Mudas aos 14 DAS (A) e transplantadas em vasos de 20 litros aos 23DAS (B)



Fonte: Autora, 2010.

Para o segundo experimento, a sementeira foi realizada no dia 07/02/11 e o transplântio ocorreu aos 36 DAS.

3.8 Sistema de condução de plantas

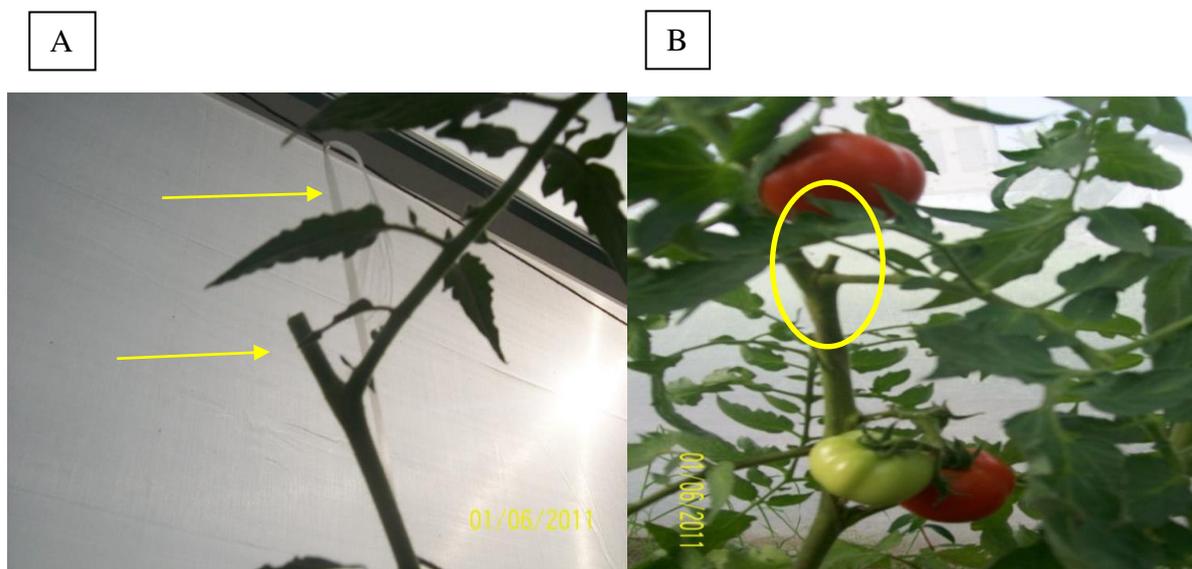
Em ambos os cultivos, o manejo da cultura foi realizada com propósito de formar frutos de tomate com qualidade comercial e maior quantidade. Desta forma, foi utilizado um sistema de condução com uma haste por planta e tutorado verticalmente, com auxílio de fita plástica amarrada ao arame suspenso entre os mourões (Figura 5A).

A poda apical ou despona foi realizada em todas as plantas quando estas se aproximavam da altura do arame, quando atingiam 1,50m de altura a partir do solo do vaso (Figura 5A).

A desbrota dos ramos axilares (Figura 5B) foi realizada diariamente de forma manual, com auxílio de tesoura de poda, sempre que surgiam os ramos nas axilas das folhas, objetivando-se canalizar os nutrientes para os ramos produtivos. Diariamente eram realizadas

assepsias nas plantas para retirada de folhas velhas e amareladas e a limpeza do ambiente protegido após as desbrotas e despontas, para evitar doenças e infestações.

Figura 5 – Sustentação das plantas com fita plástica, desponta (A) e desbrota do tomateiro (B)



Fonte: Autora, 2011.

No primeiro experimento, a floração teve início aos 24 dias após o transplântio e no segundo experimento aos 26 DAT. Os primeiros frutos surgiram 40 dias após o transplântio e aos 41 DAT, no primeiro e segundo experimentos, respectivamente.

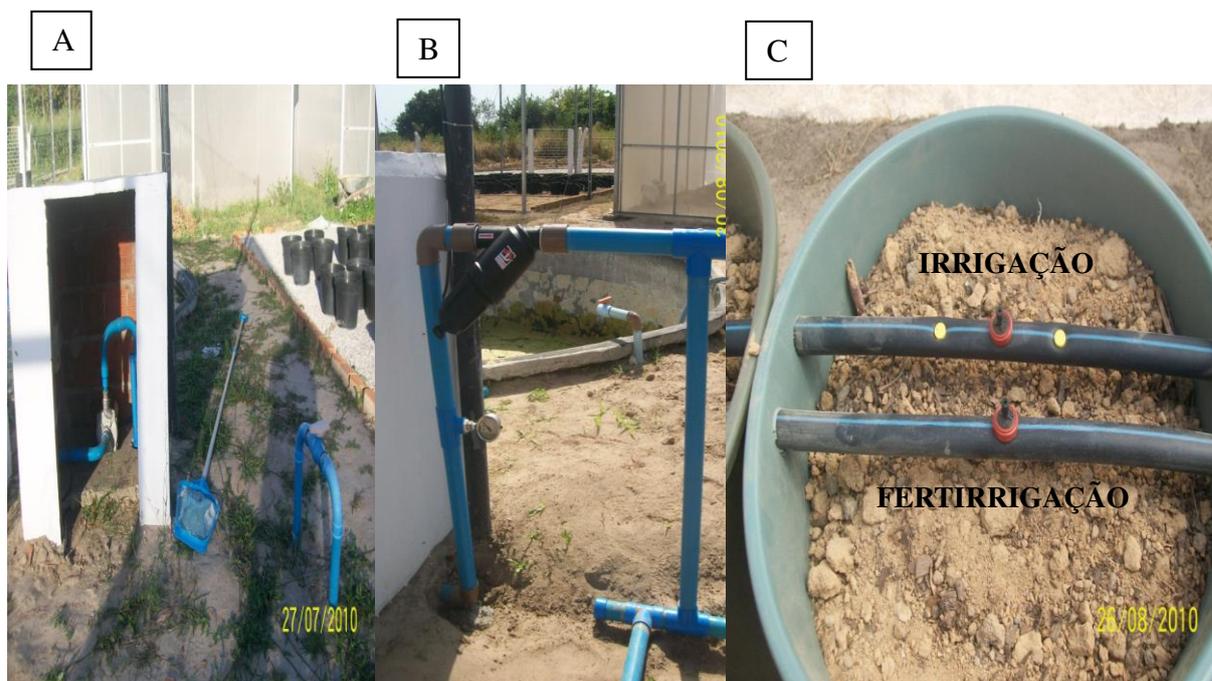
Para o controle fitossanitário e o combate à maioria das pragas da cultura, tais como, pulgões, cochonilhas, lagartas e moscas – brancas, foram realizadas aplicações quinzenais dos seguintes produtos naturais, como: farinha de trigo diluída em água; calda sulfocálcica preparada com enxofre em pó, cal virgem e água; composto preparado Floraneem, constituído por folhas, tortas de semente e óleo de Neem (*Azadirachta*), timbó (*Retenona*), piretro natural (*Crisântemo*) e extrato pirolenhoso (*Eucalipto*) e calda viçosa. As pulverizações foram realizadas com pulverizador costal no final de tarde e com itens de proteção obrigatórios.

3.9 Sistemas de irrigação e fertirrigação

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi o de gotejamento com emissores autocompensantes inseridos em tubos de polietileno de 16 mm; bomba de 1/3 cv,

3520 rpm e 60 Hz, modelo C 56/PUMPS (Figura 6A) e cabeçal de controle contendo filtro de discos e manômetro (Figura 6B).

Figura 6 – Casa de bomba (A); cabeçal de controle com filtro de discos e manômetro (B) e mangueiras independentes de irrigação e fertirrigação (C)



Fonte: Autora, 2010.

Na Figura 6C observa-se um dos tipos de arranjo de gotejadores feito nas mangueiras de irrigação, com objetivo de alcançar diferentes níveis de aplicação de água nos tratamentos das subparcelas e para as fertirrigações foram utilizados somente gotejadores de vazões de 8L h^{-1} .

A análise química da água utilizada na irrigação (Tabela 4) apresentou uma classificação C_2S_1 , de acordo com o modelo proposto pela UCCC (University of Califórnia Committee Consultants) apresentada por Ayers e Westcot (1985). A água foi classificada como C_2S_1 , onde: C_2 é uma água com salinidade média, podendo ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Sendo que plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, na maioria dos casos, sem práticas especiais de controle da salinidade; S_1 - Água com baixa concentração de sódio, podendo usada para irrigação, em quase todos os solos, com pequena possibilidade de alcançar níveis perigosos de sódio trocável.

Tabela 4 – Análise química da água de irrigação. Fortaleza, Ceará, 2010

ANÁLISE	cmol _c L ⁻¹
Cálcio (Ca ²⁺)	0,10
Magnésio (Mg ²⁺)	0,17
Sódio (Na ⁺)	0,43
Potássio (K ⁺)	0,02
HCO ₃ ⁻	0,36
CO ₃ ²⁻	-
RAS	3,81
C.E (dS m ⁻¹)	0,73
pH	7,9
Sólidos Dissolvidos (mg.L ⁻¹)	730
Classificação	C ₂ S ₁
Relação Ca/Mg	0,6

Fonte: Laboratório de solos (UFC/FUNCEME)

Ayers e Westcot (1999) apresentaram como valores normais aos parâmetros para avaliação da água de irrigação: Condutividade Elétrica (CE_a) = 0 – 3 dSm⁻¹; Boro = 0 – 2 mg L⁻¹; pH = 6- 8,5 e Relação de Adsorção de Sódio (RAS) = 0 – 15 (mmol/L)^{1/2}. E, descrevem o tomateiro como uma cultura com tolerância moderadamente sensível à salinidade.

Na Tabela 5 pode-se observar a tolerância a salinidade para a cultura do tomate, quanto a condutividade elétrica na água de irrigação (CE_a) e a condutividade elétrica no extrato de saturação do solo (CE_{es}).

A análise química da água usada na irrigação deste experimento teve uma CE_a de 0,73 dSm⁻¹, sendo inferior ao valor máximo tolerável pela cultura para um rendimento potencial de 100%, que é de 1,7 dSm⁻¹.

Tabela 5 – Tolerância à salinidade do tomate e seu rendimento potencial em função da salinidade do solo ou da água.

CULTURA	RENDIMENTO POTENCIAL									
	100%		90%		75%		50%		0%	
	CEes	CEa	CEes	CEa	CEes	CEa	CEes	CEa	CEes	CEa
	(dS m ⁻¹)									
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	13,0	8,4

Fonte: Ayres e Westcot (1985)

3.10 Manejos da irrigação

3.10.1 Irrigação

As lâminas de irrigação aplicadas diariamente constituíram os tratamentos das subparcelas para os dois experimentos de cultivo, tendo sido calculadas a partir da evaporação do Tanque Classe A e do coeficiente de cultivo do tomateiro (Equação 1). A partir das áreas do vasos e características dos gotejadores foi calculado, em horas, o tempo de irrigação (Ti) (Equação 2). Foi utilizada uma planilha do Excel para o cálculo diário das lâminas de irrigação, levando em consideração os eventos fenológicos da cultura.

$$W = ECA * Kp * Kc \quad \text{Equação (1)}$$

ECA - evaporação medida no tanque classe “A”, em mm;

Kp - coeficiente do tanque, adimensional;

Kc - coeficiente da cultura, adimensional;

$$Ti = \frac{W * Av * Fc}{Ei * q_g} \quad \text{Equação (2)}$$

W – evapotranspiração máxima da cultura;

Av – Área do vaso (m²);

Fc - fator de cobertura do solo, adimensional;

Ei - eficiência de irrigação, adimensional;

q_g - vazão do gotejador, em L h⁻¹.

As fases de desenvolvimento da planta corresponderam aos seguintes estádios:

Fase 1 – do transplantio à floração; Fase 2 – da floração à frutificação; Fase 3 – da frutificação à primeira colheita e Fase 4 – da segunda à última colheita.

Os valores de coeficientes de cultivo (Kc) para os quatro estádios de desenvolvimento da cultura do tomate, utilizados no cálculo do Ti no experimento, foram encontrados por Lima *et al.* (1994), no estado do Piauí (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores de Kc para cada fase de desenvolvimento da cultura do tomateiro

COEFICIENTE DE CULTIVO – Kc (tomate)		
1 ^a	Semeadura até 15% de desenvolvimento da cultura	0,61
2 ^a	Final do 1° período até o início da floração	0,95
3 ^a	Floração e frutificação	1,44
4 ^a	Maturação (final do 3° período até a colheita)	0,95

Fonte: Lima *et al.* (1994). Teresina/PI.

Na Tabela 7, são apresentados os arranjos de gotejadores de diferentes vazões utilizados nos dois experimentos, com objetivo de obter diferentes lâminas de irrigação nos tratamentos na subparcela.

Tabela 7 – Tratamentos de lâminas de irrigação e seus arranjos de gotejadores

TRATAMENTOS DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO	ARRANJOS DE GOTEJADORES
L4	1 gotejador de 4 L.h ⁻¹
L8	1 gotejador de 8 L.h ⁻¹ ou 2 gotejadores de 4 L.h ⁻¹
L12	1 gotejador de 4 L.h ⁻¹ + 1 gotejador de 8 L.h ⁻¹
L16	2 gotejadores de 8 L.h ⁻¹ ou de 4 L.h ⁻¹ + 1 gotejador de 8 L.h ⁻¹
L20	1 gotejador de 4 L.h ⁻¹ + 2 gotejadores de 8 L.h ⁻¹

3.10.2 Monitoramento do potencial mátrico do solo

Para o monitoramento do potencial mátrico do solo de ambos os experimentos foram instalados 2 tensiômetros para cada um dos 5 tratamentos de lâminas de irrigação, totalizando 10 aparelhos instalados a 0,15 m de profundidade e distanciados 0,10 m das plantas. As leituras foram realizadas com tensímetros de punção/digitais (Figura 7A) e o detalhe da disposição dos aparelhos na subparcela (Figura 7B).

Figura 7 – Tensímetro digital (A) e tensiômetros (B)



Fonte: Autora, 2010/2011.

Marouelli e Silva (2008) afirmaram que na literatura brasileira inexistem recomendações sobre valores extremos de tensões - limite para a irrigação por gotejamento do tomateiro. E recomendaram que, informações dessa natureza devem ser determinadas para condições específicas, pois podem ser afetados por fatores como clima, solo, cultivar e sistema de irrigação.

3.11 Manejo da fertirrigação

As fertirrigações foram realizadas 2 vezes por semana, tendo sido realizadas 22 aplicações de biofertilizantes em cada experimento avaliado. O número de fertirrigações variou para cada fase de desenvolvimento, conforme a necessidade da cultura (Tabela 8).

Tabela 8 – Número de fertirrigações para cada estágio de desenvolvimento do tomateiro

FASES DE DESENVOLVIMENTO	DURAÇÃO (dias)	NÚMERO DE FERTIRRIGAÇÕES	
		2010	2011
PRIMEIRA	20	4	4
SEGUNDA	20	4	4
TERCEIRA	40	8	10
QUARTA	40	6	4
TOTAL	120	22	22

Nos dois experimentos, a duração média das fases 1 e 2, foi de 20 dias e das fases 3 e 4, de 40 dias. O número de aplicações de biofertilizante não variou nas duas primeiras fases de desenvolvimento da cultura em relação aos dois experimentos. Porém, com intuito de melhorar a qualidade e quantidade de frutos de tomate no segundo cultivo (2011), o número de fertirrigações sofreu um acréscimo no terceiro estágio relacionado à frutificação e um decréscimo na quarta e última fase de desenvolvimento relacionada à colheita e senescência da cultura.

3.11.1 Composto bioativo sólido

O composto bioativo sólido teve na sua formulação o emprego de diversos materiais sólidos naturais, os quais atuam no enriquecimento do substrato tanto no aspecto físico como fonte de nutrientes necessários ao desenvolvimento do tomate. A formulação utilizada usou como referência a recomendação da EMBRAPA (2007).

Utilizaram-se para o preparo de 40 kg do composto bioativo sólido: 20 kg de solo, 4 kg de composto orgânico pronto, 3,2 kg de farelo de arroz, 0,8 kg de farelo de mamona, 1,6 kg de farinha de osso, 4 kg de vagens de leguminosas cortadas (fava – *Vicia faba*), 0,8 kg de cinzas (carvão), 0,16 kg de rapadura, 0,08 kg de amido de mandioca, 0,08 kg de fubá de milho, 1,4 kg de calcário dolomítico, 1,4 kg de pó de pedra e 16 litros de água. Os ingredientes foram misturados e adicionado água, semelhante à forma de confecção de argamassa para construção civil, em seguida amontoou-se em forma piramidal e deixou em descanso por dois dias (Figura 8). No terceiro dia até o décimo, molhou-se e reviraram-se todos os dias. A partir deste período o composto ficou pronto para ser aplicado. Sete dias antes do plantio, adicionaram-se ao substrato 80 gramas do composto bioativo sólido em cada vaso e mais 50 gramas aos 30 dias após o plantio. A dosagem utilizada está de acordo com Tomita *et al.* (2007), que recomenda uso em hortaliças do composto bioativo sólido por ocasião do plantio de 300 a 500 g m⁻² para solos de baixa fertilidade e 100 a 200 g m⁻² em solos de alta fertilidade e em cobertura de 150 a 400 g m⁻². Na Tabela 9, consta o resultado da análise química da amostra do composto bioativo sólido.

Figura 8 – Composto bioativo sólido amontoado e em repouso



Fonte: Autora, 2010.

Tabela 9 – Análise química do composto bioativo sólido. Fortaleza, Ceará, 2010

ANÁLISE	cmolc kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Cálcio (Ca ²⁺)	16,10	-
Magnésio (Mg ²⁺)	5,30	-
Sódio (Na ⁺)	1,24	-
Potássio (K ⁺)	2,98	-
Alumínio (H ⁺ + Al ³⁺)	0,00	-
Alumínio (Al ³⁺)	0,00	-
Carbono (C)	-	23,64
Nitrogênio (N)	-	2,51
Matéria Orgânica (MO)	-	15,62
Fósforo - P assimilável (mg kg ⁻¹)	314,00	
PST	5,00	
C.E (dS/m)	10,19	
pH (água)	7,90	
Classificação textural	Areia	

Fonte: Laboratório de solos (UFC/FUNCEME).

3.11.2 Produção do biofertilizante líquido

Para a produção de 170 litros do biofertilizante utilizou-se a formulação indicada pela a associação dos produtores orgânicos da Ibiapaba (APOI), com os seguintes ingredientes: 43 L de esterco bovino, 20 mL de PT-4-O (concentrado de radical carboxílico orgânico e composto de nitrogênio bioativo, mais fósforo orgânico fixado em molécula de microcelulose, 0,3 kg de rapadura moída, 0,5 L de leite, 5 kg de pó de pedra, 2 kg de calcário dolomítico, 5 kg de gesso, 5 kg de cana de açúcar picada, 5 kg de restos culturais, 0,3 kg de farinha de osso

e 2 kg de farelo de trigo, sendo completado com água. Na Tabela 10 pode-se observar a composição química do biofertilizante constituído.

No primeiro experimento de cultivo, o biofertilizante líquido foi preparado em dois tanques para solubilização aeróbica, construídos com anéis de concreto pré-moldado de 100 cm de diâmetro e com capacidade efetiva de 353 litros de biofertilizantes (Figura 9 A). No centro de cada tanque foi introduzido um tubo de PVC (policloreto de vinila) com 75 mm, perfurado e revestido por tela, para realizar a primeira filtragem até chegar ao registro de coleta. Após colher o biofertilizante com auxílio de um balde, o líquido era novamente peneirado e levado para ser dissolvido na água da irrigação, passando ainda pelo filtro de discos e só então, seguia para os tratamentos no interior da estufa.

Para o segundo experimento de cultivo, o biofertilizante foi produzido em tanque com capacidade para produção de 706 L (Figura 9 B), o material era agitado com auxílio de um agitador – centrífuga de aço (Figura 9 C) acionado eletricamente por um motor elétrico de 2,0cv e 1.720 rpm com propósito de acelerar a fermentação aeróbica.

Tabela 10 – Análise química do biofertilizante líquido. Fortaleza, Ceará. 2010

Características químicas								
C (%)	C/N	g L ⁻¹						
		N	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	
0,21	15	0,20	0,1	0,8	4,3	0,7	0,01	
%	d Sm ⁻¹	mg L ⁻¹						
MO	C.E.	pH	Fe	Zn	Cu	Mn	B	Na
0,37	4,10	7,23	88,2	4,0	0,01	0,7	0,62	224

Fonte: Laboratório de Solo e Água da Universidade Federal do Ceará.

Figura 9 – Tanque de solubilização aeróbica de (A), com capacidade de 706 L (B) e centrífuga de aço (C) acionada eletricamente



Fonte: Autora, 2010/2011.

3.12 Dosagens utilizadas do biofertilizante líquido

A dosagem de biofertilizante líquido usualmente adotada pelos irrigantes de hortaliças, nas áreas produtoras do Estado do Ceará é de 800 Litros ha^{-1} semana $^{-1}$ durante o experimento. Em consequência, visando-se avaliá-la, foram testadas uma dosagem abaixo deste valor e três acima, comparadas a um tratamento sem biofertilizante, isto é, 0, 400, 800, 1200 e 1600 L por hectare por semana.

3.12.1 Experimento I

As dosagens utilizadas pelos irrigantes (L hectare^{-1} semana $^{-1}$) foram transformadas em aplicações por planta por semana e permitiram os seguintes tratamentos: 0, 20 mL, 40 mL, 60 mL e 80 mL planta $^{-1}$ semana $^{-1}$.

3.12.2 Experimento II

Neste experimento as doses foram elevadas (com exceção da testemunha) com o objetivo de obter um incremento na produção, tendo sido aplicadas: 0, 250 mL, 500 mL, 750 mL e 1000 mL planta⁻¹ semana⁻¹.

3.13 Colheita

Nos experimentos I e II, a colheita era semanal e todos os frutos colhidos manualmente, porém apenas os frutos de coloração avermelhada e consistência firme (Figura 10) seguiam para o laboratório para análise quantitativa (altura e diâmetro) e qualitativa (°Brix). No primeiro experimento as colheitas foram iniciadas aos 74 DAT e no segundo aos 80 DAT. Em ambos os experimentos, o ciclo de cultivo (transplântio – última colheita) durou em média 120 dias.

Figura 10 – Frutos do tomateiro no período da colheita



Fonte: Autora, 2010.

3.14 Variáveis monitoradas

Para compreensão dos efeitos da cobertura plástica no desenvolvimento da cultura, foram comparados valores de médias, máximas e mínimas de temperatura do ar e de médias de umidade relativa do ar obtidos no interior do ambiente protegido e na estação

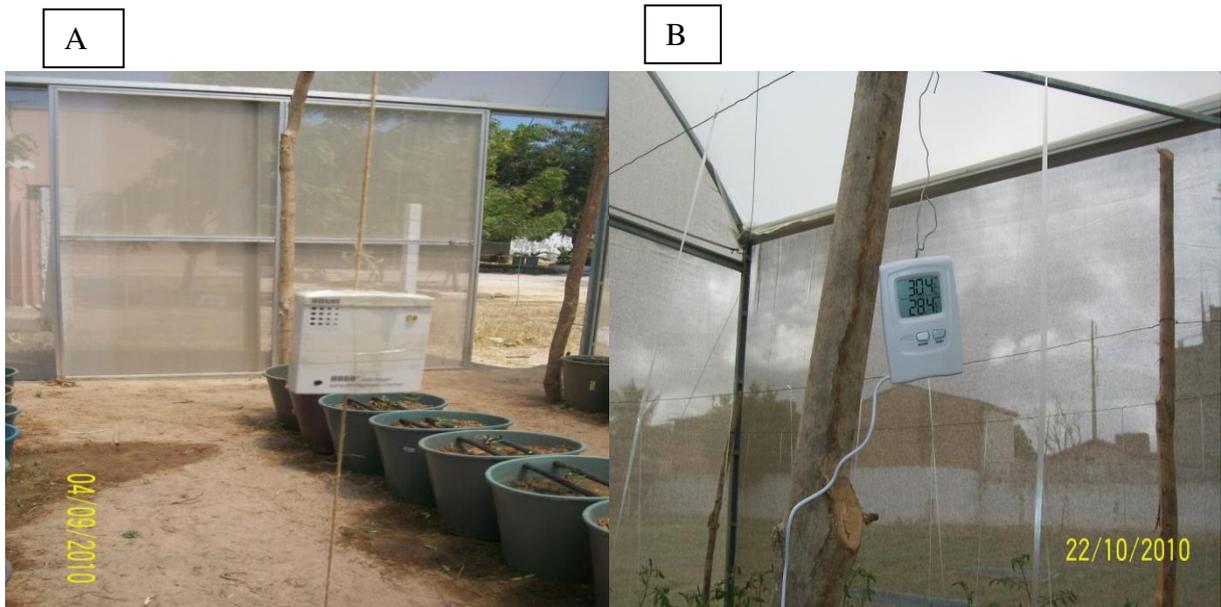
meteorológica externa da Estação Agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFC.

3.14.1 Temperatura do ar e umidade relativa do ar

Utilizou-se um sistema automático de coleta de dados (Datalogger) instalado no interior da estufa (Figura 11A), o qual coletava de forma contínua os dados meteorológicos de temperatura do ar máximas e mínimas e umidade relativa do ar.

Penteado (2004) recomendou que, para o acompanhamento da temperatura dentro da casa-de-vegetação fossem usados dois termômetros, colocados a 1,5 m do solo e sem insolação direta. Tendo sido, o primeiro instalado na parte central da estufa e seu sensor na altura da base do caule (Figura 11B) e o outro no final do ambiente protegido.

Figura 11 – Datalogger (A) e Termômetro digital (B) instalados no interior da estufa



Fonte: Autora, 2010.

3.15 Variáveis avaliadas

Foram avaliados o desenvolvimento vegetativo (altura e diâmetro de planta), a produção (número e peso de fruto e a produtividade) e a qualidade dos frutos (°Brix).

3.15.1 Crescimento vegetativo

Foram realizadas avaliações morfológicas aos 20, 40, 55, 75 e 90 DAT. A altura foi medida com o auxílio de uma trena graduada em centímetros, considerando a distância da superfície do solo no vaso até a ponteira da planta. Para a medida do diâmetro foi utilizado paquímetro digital na base do caule.

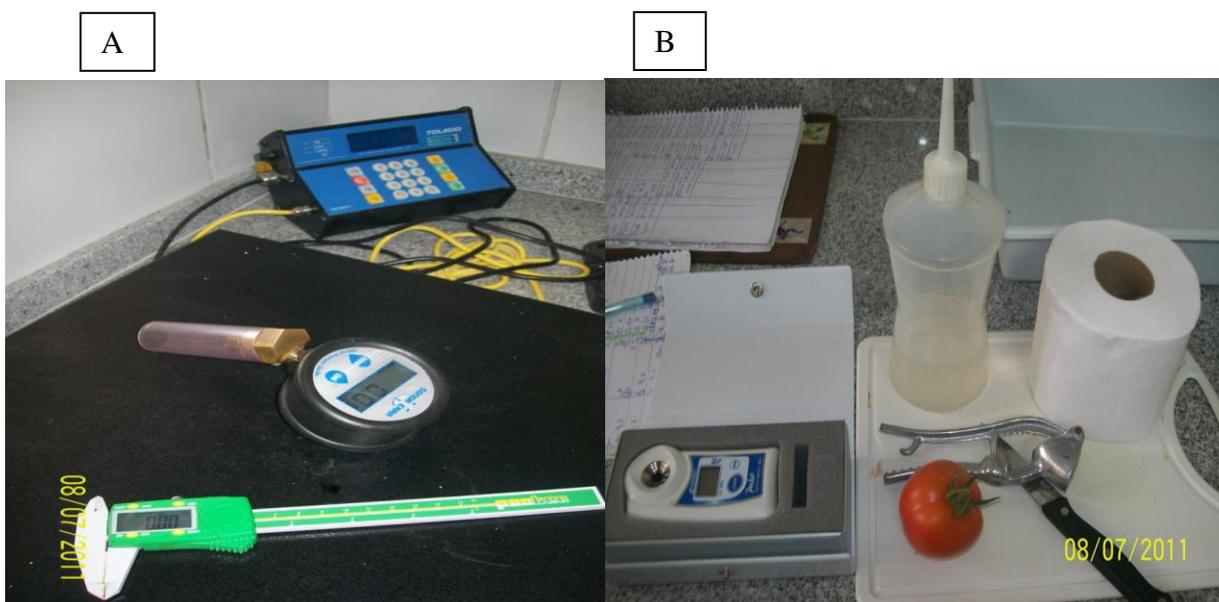
3.15.2 Variáveis de produção

Os frutos aptos para as análises em laboratório eram acondicionados em sacos de papel identificados com a data e os tratamentos utilizados na respectiva planta. Seguiam para a contagem manual e a pesagem em balança digital de precisão (Figura 12 A). Para as medidas de altura e diâmetro de fruto utilizou-se paquímetro digital. E a produtividade foi determinada pelo peso total de frutos de cada planta (g planta^{-1}) para cada tratamento avaliado.

3.15.3 Qualidade do fruto

Para conhecer o teor de sólido solúveis (SS) ou grau brix ($^{\circ}\text{Brix}$) foi utilizado um refratômetro digital (Figura 12 A e 12 B).

Figura 12 – Instrumentos digitais utilizados nas análises dos frutos de tomate, balança de precisão e paquímetro (A); refratômetro (B)



Fonte: Autora, 2011.

3.16 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o programa ASSISTAT versão 7,6 beta (2011) do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande.

Para cada variável, os dados foram submetidos à análise de variância (Anova) e realizou-se o teste F ao nível de 1% (**) e 5% (*) de significância. As doses de biofertilizante e as lâminas de irrigação foram submetidos à análise de regressão.

Na análise de regressão, as equações que melhor se ajustaram aos dados, foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão a 1% (**) e no maior coeficiente de determinação (R^2).

Foram testados os modelos linear, logarítmico, exponencial e o polinomial quadrático. Para a análise das variáveis de crescimento, altura de planta e diâmetro de caule, a Anova foi realizada em parcelas sub-sub-divididas no tempo, onde a parcela foi determinada pela época de avaliação ao longo dos dias após o transplante (DAT), a subparcela pela dose de biofertilizante (B) e a sub – subparcela pela lâmina de irrigação (L).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados microclimáticos

O acompanhamento das variáveis climatológicas se faz importante para a análise dos resultados, já que o desenvolvimento morfológico e nutricional da cultura está intrinsecamente ligado às condições do clima.

4.1.1 Experimento I

Para esse experimento, os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram registrados a campo aberto (Tabela 11) e no interior do ambiente protegido (Tabela 12), desde o transplântio até o final da colheita. Período compreendido entre as estações inverno/primavera, sendo caracterizado por elevadas temperaturas, umidade relativa do ar e precipitação baixas e elevada velocidade dos ventos.

Tabela 11 – Médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar, a campo aberto, durante o primeiro experimento (setembro a dezembro). Fortaleza, Ceará, 2010

Mês	Temperatura média do ar (°C)	Temperatura máxima média (°C)	Temperatura mínima média (°C)	Umidade Relativa (%)
Setembro	27,2	31,7	24,3	66
Outubro	27,7	31,8	24,5	69
Novembro	28,0	31,9	24,8	69
Dezembro	28,6	31,0	24,1	72
Total/Média	27,9	31,6	24,4	69

Na Tabela 11, mostra que a campo aberto foram observadas médias de temperatura do ar, de máxima, de mínima e de umidade relativa do ar, de 27,9°C, 31,6°C, 24,4°C e 69%, respectivamente.

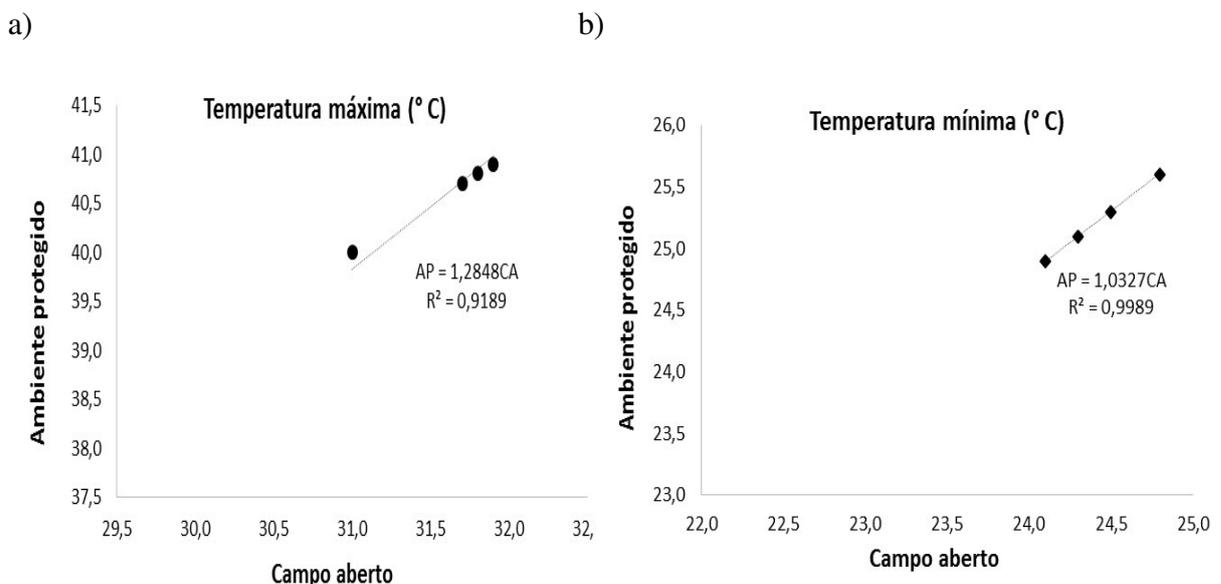
Tabela 12 – Médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar, no ambiente protegido, durante o primeiro experimento (setembro a dezembro). Fortaleza, Ceará, 2010

Mês	Temperatura média do ar (°C)	Temperatura máxima média (°C)	Temperatura mínima média (°C)	Umidade Relativa (%)
Setembro	28,6	40,7	25,1	63
Outubro	29,1	40,8	25,3	66
Novembro	29,4	40,9	25,6	66
Dezembro	30,0	40,0	24,9	69
Total/Média	29,3	40,6	25,2	66

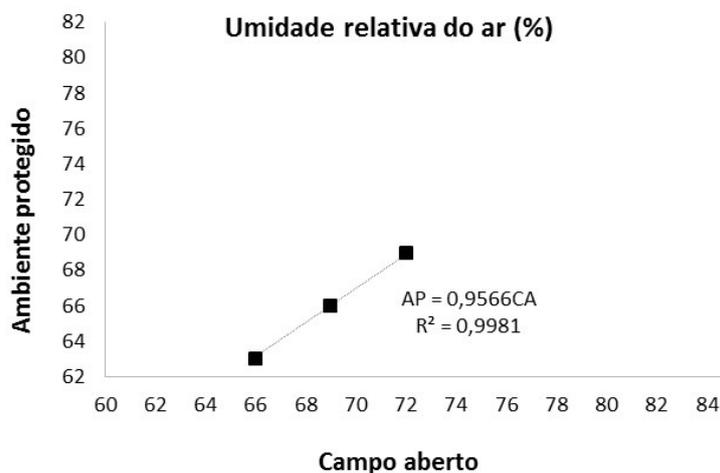
Na Tabela 12, observam-se na estufa médias de temperatura do ar, de máxima, de mínima e de umidade relativa do ar, de 29,3°C, 40,6°C, 25,2°C e 66%, respectivamente. Nesse mesmo período foram observados picos de temperatura, de 46°C no interior do ambiente protegido. Comparando-se os valores das tabelas acima, observa-se que as médias foram superiores dentro da estufa, do que fora dela.

Para comprovar estatisticamente a intensidade com que as variáveis estão correlacionadas e compreender o comportamento destas em relação aos dois ambientes (ambiente protegido e a campo aberto), a Figura 13 apresenta as correlações entre as temperaturas do ar de máxima (a), de mínima (b) e de umidade relativa do ar (c) para o primeiro experimento, de setembro a dezembro de 2010.

Figura 13 – Correlações entre ambiente protegido (AP) e campo aberto (CA), das médias de: a) temperatura máxima (°C); b) temperatura mínima (°C); c) umidade relativa do ar (%). Experimento I. Fortaleza, Ceará, 2010



c)



A partir dos gráficos, verificam-se fortes correlações positivas para as variáveis analisadas, representando que, a cada elevação nas temperaturas e na umidade relativa do ar ocorrida a campo aberto, implicará em aumento dentro da estufa. A menor média de evapotranspiração de referência, de $96,6 \text{ mm mês}^{-1}$ ocorreu no mês de setembro e a maior de $223,2 \text{ mm mês}^{-1}$ foi verificada no mês de novembro, ficando a média do primeiro experimento experimental de $144,6 \text{ mm mês}^{-1}$.

4.1.2 Experimento II

No segundo experimento, os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram registrados a campo aberto (Tabela 13) e no interior do ambiente protegido (Tabela 14), desde o transplântio até o final da colheita. O experimento de plantio compreendeu o final do verão e o todo outono (quadra chuvosa), caracterizado por temperatura mais baixa, elevada umidade do ar, presença de precipitações e velocidade do vento reduzida.

Tabela 13 – Médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar, a campo aberto, durante o segundo experimento (março a junho). Fortaleza, Ceará, 2011

Mês	Temperatura média do ar (°C)	Temperatura máxima média (°C)	Temperatura mínima média (°C)	Umidade Relativa (%)
Março	26,8	30,7	22,8	80
Abril	26,2	29,8	22,6	84
Mai	26,8	30,5	23,1	80
Junho	26,7	30,6	22,6	77
Total/Média	26,6	30,4	22,8	80

No período experimental, a temperatura média foi de 26,6°C, com máxima média de 30,4°C e mínima média de 22,7°C. A umidade relativa média do ar foi de 79%. Foram observadas em relação ao primeiro experimento, reduções de 1,3°C na temperatura média, de 1,2°C nas máximas e de 1,7°C nas mínimas. As quedas nas temperaturas, contribuíram para um maior desenvolvimento da cultura, o tomate quando cultivado em ambiente protegido, tolera um intervalo de temperatura de 12°C e 30°C (no máximo), acima de 35°C, estádios importantes de seu desenvolvimento são seriamente afetados (PENTEADO, 2004).

A presença de chuvas e conseqüentemente a elevação do vapor d'água na atmosfera, resultaram em um aumento de 10% na umidade relativa do ar em relação ao período anterior. Para Jaramillo *et al.* (2007) limitam a umidade relativa do ar ideal para o tomateiro, entre 65 e 75%.

A temperatura do ar e a umidade relativa do ar coletadas no ambiente estufa, são mostradas na Tabela 14, com temperatura média de 28,5°C, máxima média de 38,5°C e mínima média de 23,5°C, com amplitude média de 16,0°C. A umidade relativa média do ar no período foi de 76%, variando de 73% a 81%.

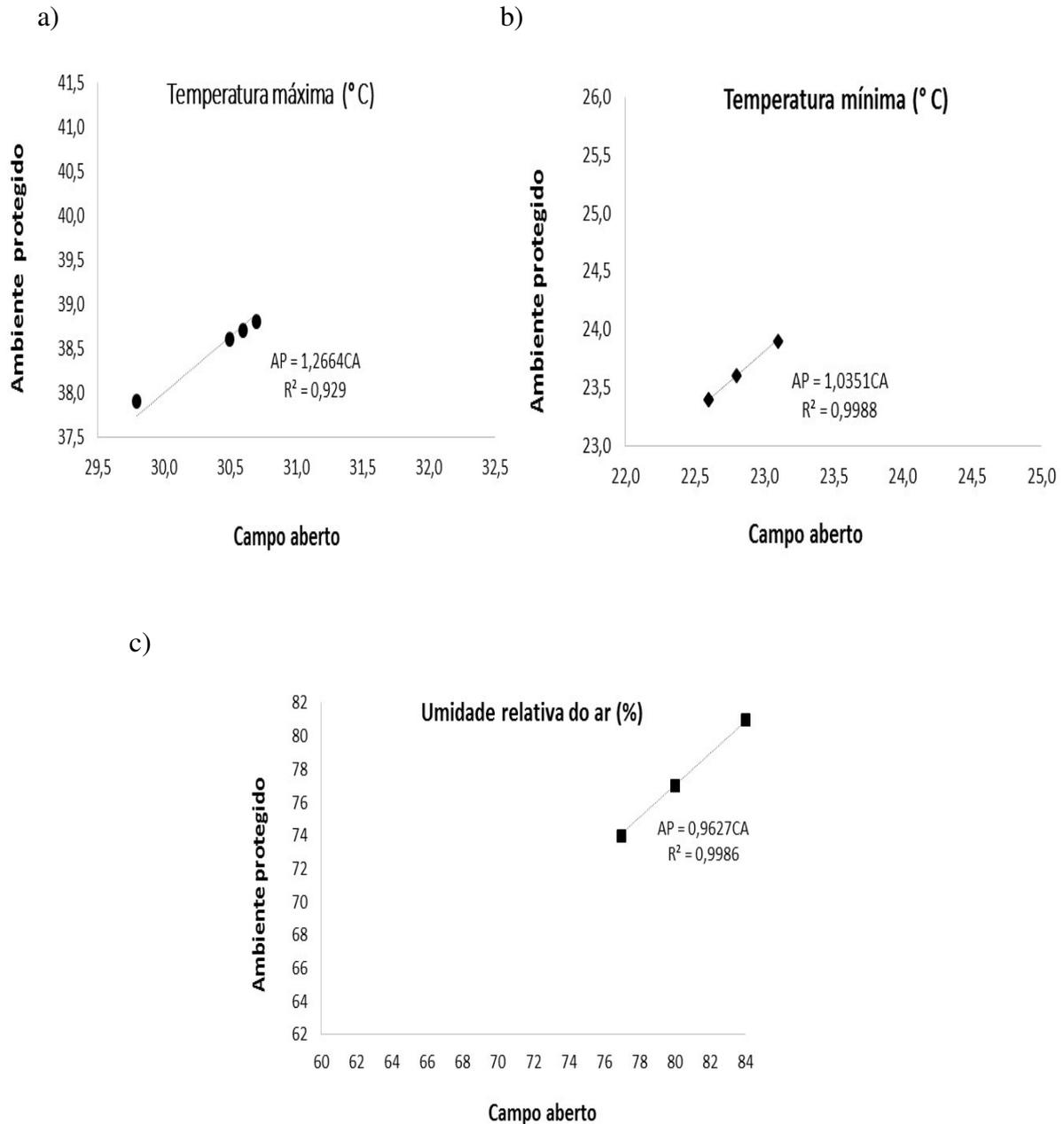
As temperaturas máximas médias sofreram uma redução de 2,1°C quando comparadas aos experimento anterior, influenciada pela menor disponibilidade de energia calorífica para o aquecimento do ar devido à maior nebulosidade (VIANA, 2001) (MOURA, 2007).

Tabela 14– Médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar, no ambiente protegido, durante o segundo experimento (março a junho). Fortaleza, Ceará, 2011

Mês	Temperatura média do ar (°C)	Temperatura máxima média (°C)	Temperatura mínima média (°C)	Umidade Relativa (%)
Março	28,7	38,8	23,6	77
Abril	28,1	37,9	23,4	81
Mai	28,7	38,6	23,9	77
Junho	28,6	38,7	23,4	74
Total/Média	28,5	38,5	23,5	76

A Figura 14 apresenta as correlações entre as temperaturas do ar de máxima e de mínima para os ambientes (estufa e a campo aberto) durante a realização do segundo experimento de março a junho de 2011.

Figura 14– Correlações entre ambiente protegido (AP) e campo aberto (CA), das médias de: a) temperatura máxima (°C); b) temperatura mínima (°C); c) umidade relativa do ar (%). Experimento II. Fortaleza, Ceará, 2011



Na Figura 14 verifica-se que, a cada elevação nas temperaturas do ar e na umidade relativa do ar ocorrida a campo aberto, implicará em aumento dentro da estufa, tendência indicada pelas fortes correlações positivas das variáveis climáticas em relação aos ambientes (campo aberto e ambiente protegido).

Camacho *et al.* (1995), em experimento realizado com estufa tipo túnel alto, verificou que, a temperatura máxima do ar interna, ao longo do ano, foi superior à externa chegando a um máximo de 38°C e um mínimo de 21°C para o ambiente interno, e de 29°C a

19°C para o ambiente externo, respectivamente. Evangelista e Pereira (2001) trabalharam em estufa do tipo 'capela' em Lavras (MG), nos meses de fevereiro a maio e verificaram diferença média de 6,1°C na temperatura do ar interna em relação à externa. Valores próximos foram encontrados neste trabalho, considerando o primeiro experimento de plantio do tomate, quando a temperatura máxima interna foi de aproximadamente 5°C acima da externa e a temperatura mínima interna ficou aproximadamente 3°C a mais que a externa.

Farias *et al.* (1993) avaliando o uso de cobertura plástica na variação das temperaturas internas máximas em relação ao uso de cobertura plástica, encontraram valor de 1,2°C e 4,0°C acima das encontradas no exterior do ambiente. Essa tendência se confirmou no segundo experimento deste trabalho com a temperatura máxima interna 2°C superior a externa, e a mínima interna 1°C a mais que a externa. Essas variações foram menores que as descritas pelos autores supracitados, principalmente no experimento conduzido no primeiro semestre de 2011, com as temperaturas mais baixas e umidades relativas mais elevadas.

Em trabalho desenvolvido por Furlan (2001) foi constatado a redução da temperatura do ar em ambiente protegido com o uso de cortinas e observou que, a distribuição horizontal da temperatura do ar no interior dos ambientes protegidos não é homogênea. Devido ao surgimento de ilhas de calor no centro do ambiente relacionado à baixa ventilação, problema que nem sempre consegue ser solucionado, mesmo com a abertura das cortinas laterais ou janelas zenitais.

Maggi (2006) avaliou variedades de alface sob diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido e observou que, na estufa, a elevação da temperatura do ar durante o dia, em que o balanço de energia é positivo, reduz os valores de umidade relativa do ar, tornando - os muitas vezes nas horas mais quentes do dia inferior aos valores observados em campo. Sendo que, a umidade relativa do ar varia exponencialmente com a variação de temperatura e para um mesmo conteúdo de vapor d'água no ar, a umidade relativa é inversamente proporcional à temperatura. Desta forma, durante o período diurno, com o aumento da temperatura, a umidade relativa diminui no interior da estufa, tornando-se inferior à verificada externamente. E, durante à noite, a umidade relativa aumenta chegando próxima a 100% devido à queda de temperatura e à retenção do vapor d'água pela cobertura plástica

Os valores médios de umidade relativa do ar são sempre maiores no interior da estufa, quando comparados com os valores médios de umidade relativa do ar fora da estufa. Ao longo do ano, a umidade média do ar foi de 81,6% dentro da estufa e de 72,6% fora da estufa, sendo a umidade média dentro da estufa, 12,5% superior a umidade média fora da estufa. Esta diferença de valores de umidade do ar dentro e fora da estufa ocorre tanto em

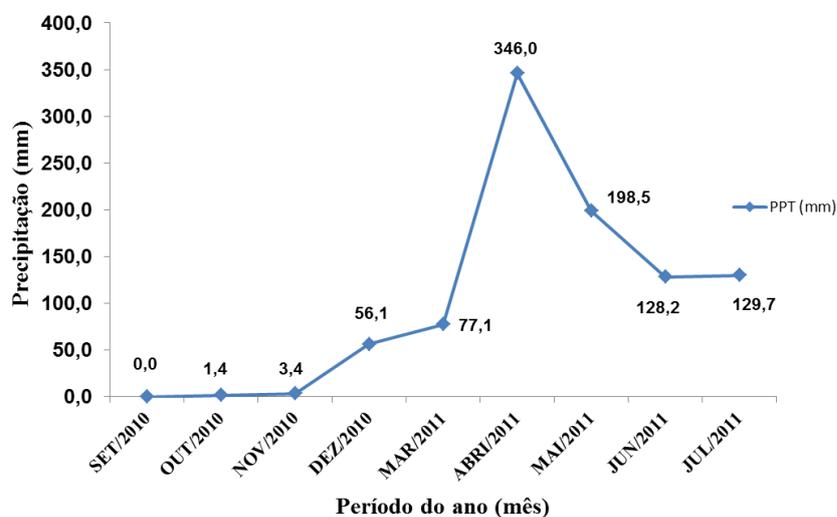
função da retenção da umidade pela cobertura plástica, como também em função da redução do vento no interior da estufa, provocada pela barreira artificial formada pela tela lateral (STAMATO JÚNIOR, 2007).

Klosowsky (2001) encontrou valores de umidade relativa do ar no interior do ambiente protegido iguais ou ligeiramente menores que os obtidos em estação meteorológica. Estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por FARIAS *et al.* (1993) que mostram ser os valores médios de umidade relativa do ar bastante semelhantes nas duas condições, entretanto, para a condição externa, os valores foram ligeiramente inferiores.

Para ambos os experimentos, a evapotranspiração mostrou declínio entre as fases 1, 2 e 3, que representam as fases entre o transplantio, seguido da floração até início da frutificação. Na última fase que corresponde à maior formação na quantidade e qualidade dos frutos até a colheita, e conseqüentemente, com o aumento da atividade metabólica das plantas observou-se que a evaporação se elevou, determinando um aumento na evapotranspiração. Comparando-se os dois experimentos, observou-se que no primeiro experimento devido às condições meteorológicas desfavoráveis, sem ocorrência de chuvas e com elevadas temperaturas de máxima e de mínima, a evapotranspiração foi mais elevada do que no segundo experimento.

Na Figura 15 são apresentadas as médias de pluviosidade para ambos os experimentos. Observa-se que a precipitação apresentou médias bastante distintas nos meses relativos aos experimentos experimentais.

Figura 15 – Precipitação ocorrida na área do experimento durante a primeira e segunda pesquisa. Fortaleza, Ceará, 2011



No primeiro experimento (2010), as chuvas ocorreram, praticamente, apenas no final desse experimento, no mês de dezembro, com 56,1 mm. No início do segundo experimento (2011), as chuvas aumentaram em frequência e em volume, tendo ocorrido seu pico no mês de abril, com 346 mm, nos meses posteriores manteve a regularidade, com média de 128,2 mm ao final do desse experimento (junho). A chuva acumulada, respectivamente, no primeiro e segundo experimento foi de 60,9 mm e de 879,5 mm.

4.2 Variáveis de crescimento de planta

Avaliações dos efeitos das doses de biofertilizante e de lâmina de irrigação sobre as variáveis de crescimento de planta do tomateiro: altura de planta (AP) e diâmetro de caule (DC).

4.2.1 Experimentos I e II

A Tabela 15 apresenta a análise de variância das variáveis altura de planta e diâmetro de caule. No experimento I, a variável AP sofreu influência do tempo (dias após o transplante), das doses de biofertilizante e das lâminas de irrigação, com interações significativas entre o tempo versus as lâminas de irrigação e entre as doses de biofertilizante versus as lâminas de irrigação. Com relação à variável DC foram obtidos resultados significativos para o tempo e doses de biofertilizantes, com interações entre tempo versus biofertilizante e entre doses de biofertilizante versus lâminas de irrigação.

Para o experimento II, a variável AP respondeu positivamente aos tratamentos aplicados e suas interações. Da mesma forma a variável DC, excetuando-se a interação T x L que não apresentou significância estatística.

Tabela 15 – Resumo da análise de variância para altura da planta (AP) e diâmetro do caule (DC) do tomate cultivado em ambiente protegido e submetido a cinco dosagens de biofertilizante e cinco lâminas de irrigação, para os experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 2010 e 2011

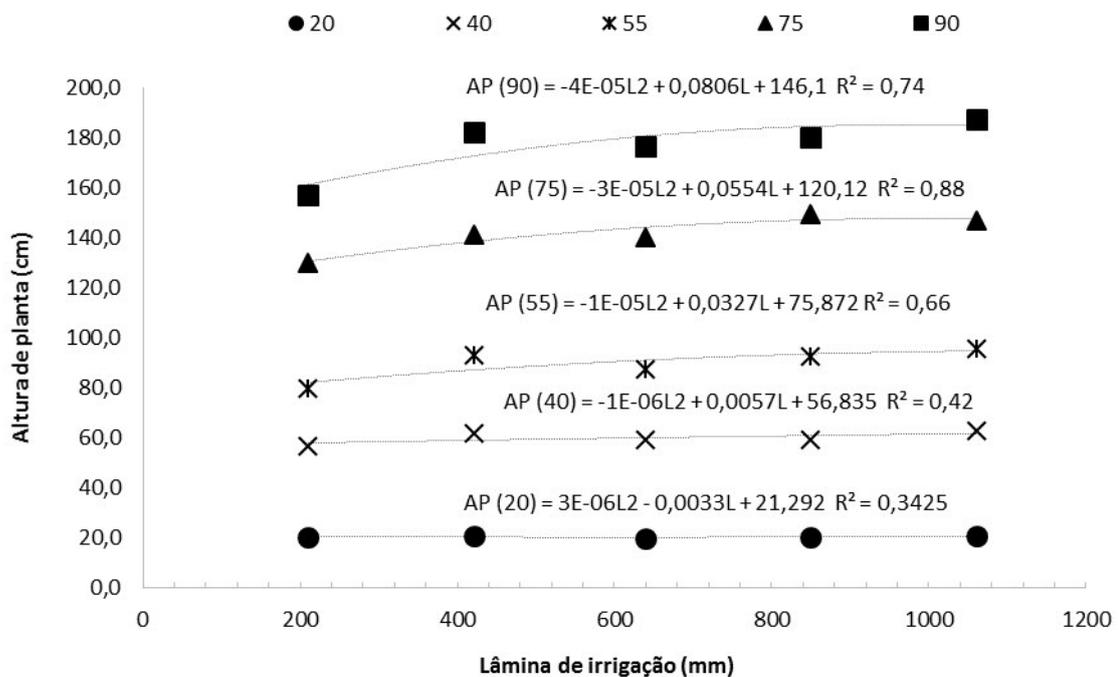
FV	GL	QM			
		AP (cm)		DC (mm)	
		Exp. I	Exp. II	Exp. I	Exp. II
TEMPO (T)	4	292.580,10**	308.802,54**	522,58**	817,89**
BIOFERTILIZANTE (B)	4	4.488,25**	3.662,78**	189,69**	46,13**
LÂMINA (L)	4	2.187,83**	2.289,20**	1,10 ^{ns}	10,54**
Interação T x B	16	484,62 ^{ns}	373,96**	2,06**	2,86*
Interação T x L	16	344,53**	265,01*	0,41 ^{ns}	0,90 ^{ns}
Interação B x L	16	432,86**	641,19**	2,33**	3,66**

Interação T x B x L	64	113,68 ^{ns}	88,98 ^{**}	0,23 ^{**}	0,47 ^{**}
CV % (T)		17,93	11,82	28,51	12,72
CV % (B)		16,84	11,08	34,97	12,12
CV % (L)		11,01	12,45	10,90	10,08
TOTAL	374	-	-	-	-

(**) significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); (ns) não significativo ($p \geq 0,05$); FV = fator de variação; GL= grau de liberdade e CV = coeficiente de variação.

Na Figura 16, pode-se observar a variação da altura de planta (cm) no tempo, aos 20, 40, 55, 75 e 90 dias após o transplântio. As linhas de tendências apresentaram disposição polinomial quadrática, com R^2 significativos nas três últimas avaliações (55, 75 e 90 DAT).

Figura 16 – Altura de planta (cm) em função dos dias após o transplântio (20, 40, 55, 75 e 90 DAT) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2010

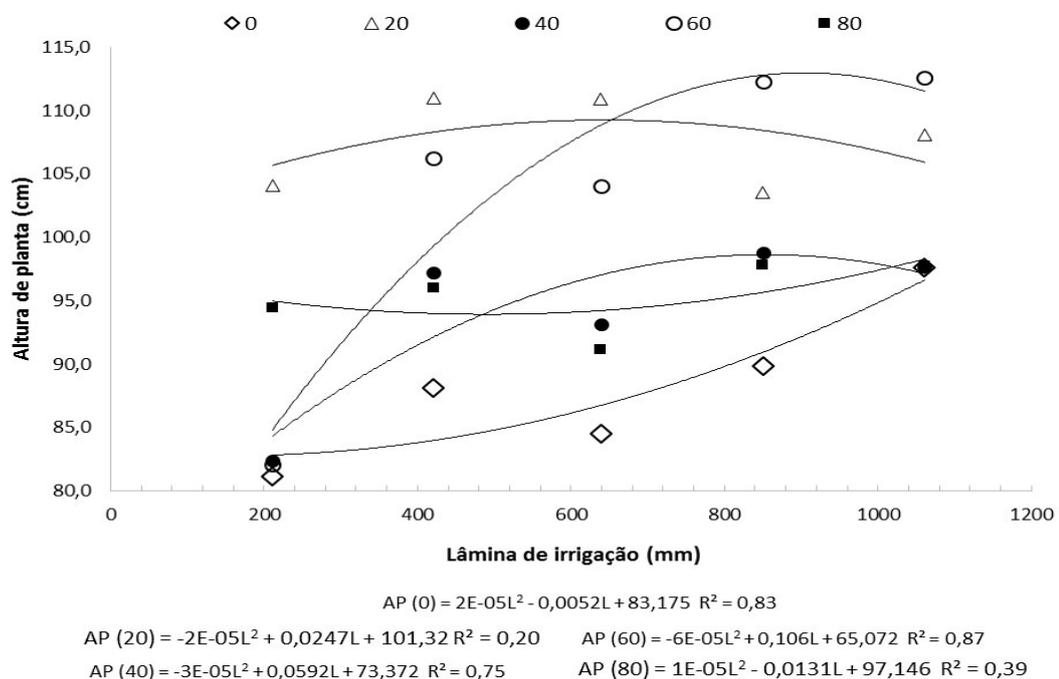


As alturas das plantas seguiram comportamento polinomial quadrático em relação às avaliações realizadas, com ganho no seu crescimento até os 90 DAT, já que após esse período eram realizadas as podas apicais e as plantas tendiam à estabilização da altura. Foram observados picos nas alturas de plantas no tratamento de lâmina de 421 mm a partir da segunda avaliação até a última. Conforme o esperado, o tratamento de lâmina de 1061 mm obteve a maior média de altura de planta com 187,42 cm e o de 211 mm, a menor média, com 157,13 cm, aos 90 DAT.

O ambiente estufa (plástico anti-UV + tela termorefletora) provoca significativa redução da entrada de radiação solar direta, porém induz aumento da radiação difusa, que apresenta maior eficiência fotossintética (FONTES *et al.*, 2004; CAIRO *et al.*, 2008). Nas estufas, não ocorre o efeito negativo da velocidade dos ventos, em consequência, propicia maior atividade fotossintética e, portanto, maior produção de fotoassimilados, resultando em maior altura das plantas. Destaca-se que o efeito maléfico das elevadas temperaturas no interior da estufa não inibiu o desenvolvimento vegetativo da cultura ATARASSI (2000); OLIVEIRA (2002).

A Figura 17 mostra a variação da altura da planta (cm) em função da interação entre as doses de biofertilizante versus lâminas de irrigação para o primeiro experimento. As linhas de tendências apresentaram disposição polinomial quadrática, com melhor ajuste ($R^2 = 0,87$) na dose de 60 mL planta⁻¹ semana⁻¹.

Figura 17 – Altura de planta (cm) em função das doses de biofertilizante (0, 20, 40, 60 e 80 mL planta⁻¹ semana⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2010

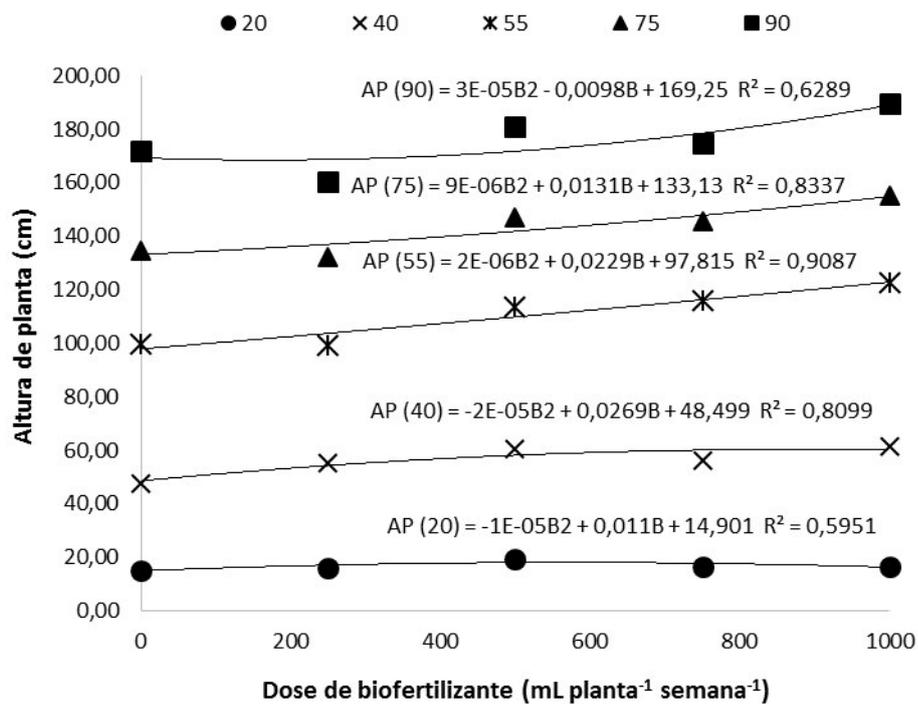


A melhor correlação entre a altura de planta e as lâminas aplicadas ocorreu no tratamento de 60 mL planta⁻¹ semana⁻¹. A maior média de altura de planta de 122,60 cm foi na interação entre a dose 60 mL versus a lâmina 1061 mm e a menor altura de planta, com 81,12 cm na interação entre 0 mL e 211 mm.

Grisa (2008) verificou que, as diferentes doses de biofertilizante exerceram efeito significativo sobre o crescimento vegetativo avaliado pela altura (cm) e pelo diâmetro caulinar (mm) das plantas de tomate (cv. Saladete) nas diferentes datas de avaliação para todos os tratamentos. A altura de planta apresentou resposta linear para o aumento das doses de biofertilizante nas quatro épocas de avaliação durante o experimento da cultura, com médias que variaram de 139,3 cm até no máximo 176,2 cm, aos 123 dias após o plantio.

Na Figura 18 apresenta-se a variação da altura das plantas (cm) em função das cinco datas de avaliação, aos 20, 40, 55, 75 e 90 DAT versus as doses de biofertilizante no segundo experimento. As linhas de tendências apresentaram disposição polinomial quadrática.

Figura 18 – Altura de planta (cm) em função do número de dias após o transplante (20, 40, 55, 75 e 90 DAT) versus doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta⁻¹ semana⁻¹). Fortaleza, Ceará, 2011

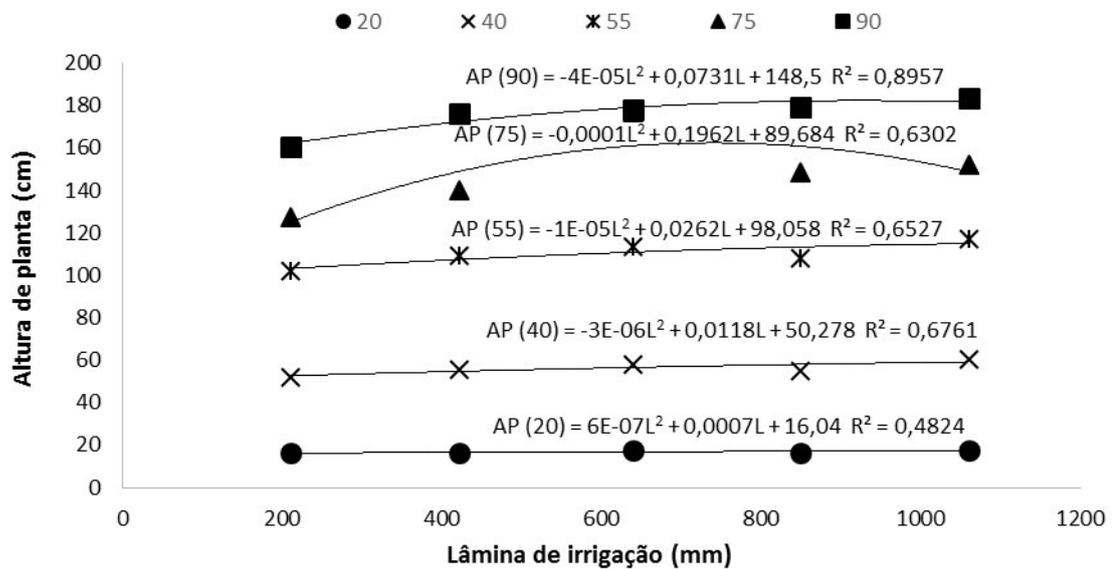


As maiores variações nas alturas das plantas foram verificadas dos 20 aos 55 DAT. Na terceira avaliação (55 DAT) as doses de biofertilizante exerceram efeito de 90% na altura de planta. Dos 55 aos 90 DAT observou-se uma desaceleração no crescimento da planta em relação à sua altura, sendo a maior média de 196,67 cm obtida no tratamento de 500 mL planta⁻¹ semana⁻¹, aos 90 DAT.

Gargantini e Blanco (1963) ao pesquisarem a marcha de absorção do tomateiro para um experimento de 120 dias, verificaram que, no primeiro mês de desenvolvimento a planta crescera apenas 12 cm, no segundo mês a altura alcançada foi de 52 cm, aos 90 dias de 115 cm e chegando a altura máxima de 135 cm aos 100 DAT.

A interação significativa entre os tratamentos de dias após o transplântio versus as lâminas de irrigação, para a variável altura de planta (cm), no segundo experimento de cultivo, são representados a Figura 19.

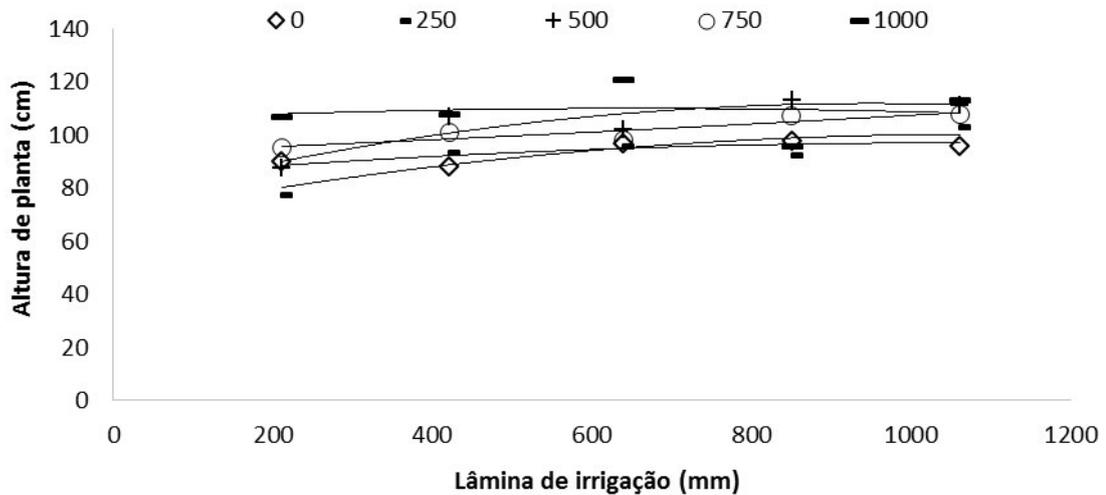
Figura 19 – Altura de planta (cm) em função do número de dias após o transplântio (20, 40, 55, 75 e 90 DAT) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2011



As linhas de tendência polinomial quadrática apontam as depressões nas médias verificadas na lâmina de 639 mm durante as avaliações realizadas. Ao final do segundo experimento, o tratamento de lâmina de 1061 mm apresentou a maior média de 183,17 cm e a menor, de 160,23 cm para o tratamento de lâmina de 211 mm.

A Figura 20 mostra a interação entre as doses de biofertilizante e as lâminas de irrigação para a variável altura de planta durante o segundo experimento de cultivo.

Figura 20 – Altura das planta (cm) em função das doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta⁻¹ semana⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2011



$$AP(0) = -1E-05L^2 + 0,0249L + 83,724 \quad R^2 = 0,6$$

$$AP(250) = -3E-05L^2 + 0,0573L + 69,258 \quad R^2 = 0,7$$

$$AP(500) = -4E-05L^2 + 0,0759L + 75,73 \quad R^2 = 0,8$$

$$AP(750) = 3E-06L^2 + 0,0117L + 93,054 \quad R^2 = 0,8$$

$$AP(1000) = -1E-05L^2 + 0,0138L + 105,39 \quad R^2 = 0,01$$

A altura de planta foi influenciada pelas lâminas aplicadas versus doses de biofertilizante, com R^2 de 0,82. A dose de 750 mL alcançou a maior média de altura de planta de 121,03 cm foi obtida da interação entre a lâmina média 639 mm versus a maior dose de biofertilizante de 1000 mL. A menor média de 87,80 cm foi obtida da interação entre a menor dose de biofertilizante de 250 mL versus a menor lâmina de irrigação de 211 mm.

As alturas de plantas obtiveram médias gerais maiores no segundo experimento de cultivo que no primeiro. Provavelmente, devido às melhores condições climáticas observadas nos meses (março - junho) os quais foi realizado o segundo experimento, com presença de precipitações, menores temperaturas e maiores umidades do ar. Resultado semelhante ao encontrando por Reisser Júnior (2002) quando avaliou o crescimento do tomateiro cultivado sob estufa plástica.

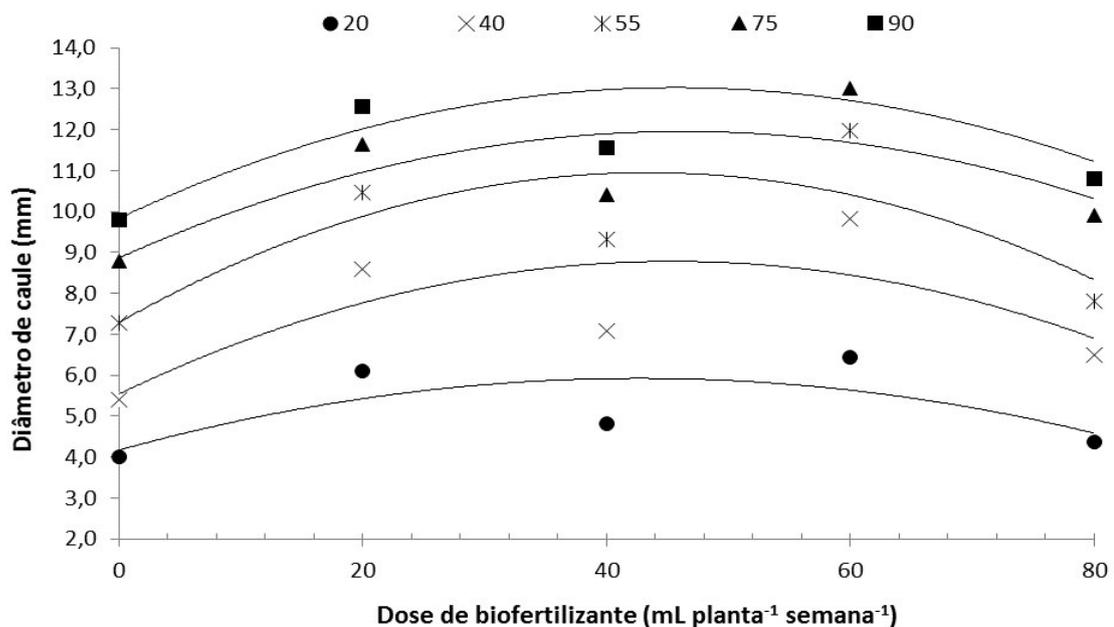
Rodrigues *et al.*, (2002) estudaram a cultura do tomateiro em ambiente protegido e não verificaram diferença na altura das plantas entre os tratamentos em nenhum período do experimento, apresentando um crescimento inicial rápido, tendo a altura dobrado a cada duas semanas, até os 35 dias e diminuído seu ritmo de crescimento, atingindo 248,8 cm aos 105 dias.

Medeiros *et al.* (2011) pesquisaram o crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino e constataram que, a altura das plantas foi prejudicada com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação nos

tratamentos sem biofertilizantes e com biofertilizante comum, embora este último tenha obtido resultados mais expressivos que o primeiro. Por outro lado, nos tratamentos com biofertilizante enriquecido, os autores observaram valores máximos em todos os níveis salinos, de 35,96 cm para o substrato com biofertilizante comum e de 46,94 cm para o enriquecido. Esses valores, corresponderam a um ganho na altura, da ordem de 486 e 587% em relação aos tratamentos sem adubação orgânica.

A Figura 21 mostra a representação gráfica da interação significativa entre o número de dias após o transplante (DAT) versus tratamentos de doses de biofertilizante (mL planta⁻¹ semana⁻¹) para a variável diâmetro de caule (DC), no primeiro experimento.

Figura 21 – Diâmetro de caule (mm) em função dos números de dias após o transplante (20, 40, 55, 75 e 90 DAT) versus doses de biofertilizante (0, 20, 40, 60 e 80 mL planta⁻¹ semana⁻¹). Fortaleza, Ceará, 2010



$$DC (20) = -0,001B^2 + 0,082B + 4,1711 \quad R^2 = 0,48$$

$$DC (40) = -0,0016B^2 + 0,1426B + 5,5423 \quad R^2 = 0,55 \quad DC (75) = -0,0014B^2 + 0,1334B + 8,8671 \quad R^2 = 0,57$$

$$DC (55) = -0,0019B^2 + 0,1688B + 7,2889 \quad R^2 = 0,62 \quad DC (90) = -0,0015B^2 + 0,1398B + 9,8357 \quad R^2 = 0,60$$

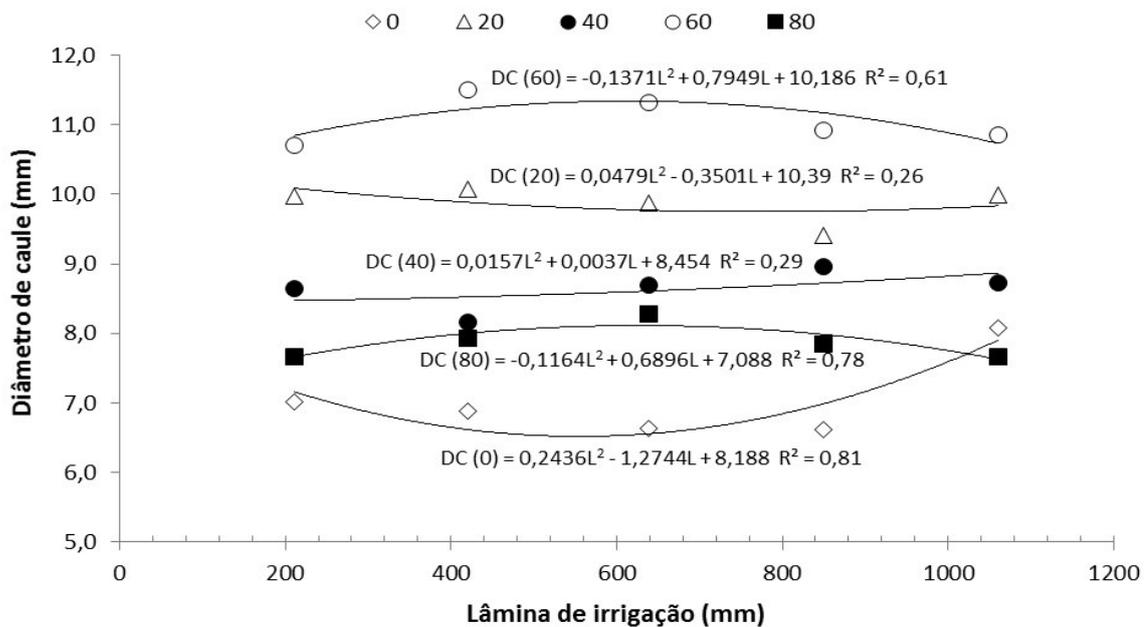
Conforme a Figura 21, as linhas de tendência quadrática demonstram que as doses de 40 e de 80 mL apresentaram médias de DC inferiores às observadas nas doses de 20 e 60 mL. O crescimento mais expressivo de diâmetro caulinar ocorreu dos 20 aos 55 DAT, período compreendido entre a fase vegetativa e de floração. As avaliações realizadas aos 75 e 90 DAT entre o estágio de frutificação e maturação de frutos, observam-se menores variações nas médias de DC em relação às doses de biofertilizante.

A avaliação realizada aos 55 DAT apresentou o maior coeficiente de determinação, de 0,62, devido este período coincidir com o ápice do desenvolvimento vegetativo da cultura.

A maior média, de 14,05 mm, aos 90 DAT foi obtida na dose de 60 mL. O tratamento sem dose de biofertilizante (0mL) obteve as menores médias para todas as avaliações.

A Figura 22 apresenta a interação significativa entre os tratamentos de doses de biofertilizante ($\text{mL planta}^{-1} \text{ semana}^{-1}$) versus lâminas de irrigação para a variável diâmetro de caule (DC), no primeiro experimento.

Figura 22 – Diâmetro de caule (mm) em função das doses de biofertilizante (0, 20, 40, 60 e 80 $\text{mL planta}^{-1} \text{ semana}^{-1}$) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2010



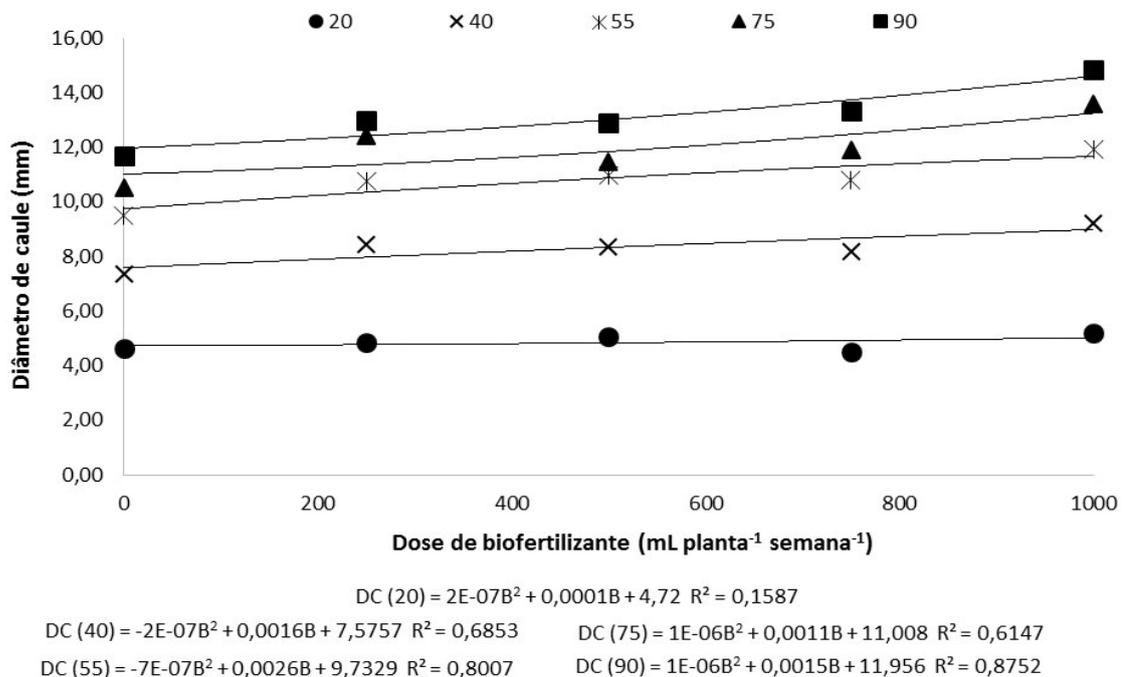
Observam-se a formação de linhas de tendência quadrática, com R^2 de 0,81 para o tratamento sem dose de biofertilizante em todas as lâminas aplicadas. As maiores médias de diâmetro de caule foram obtidas quando utilizou-se a dose de 60 mL em todas as lâminas aplicadas, com maior média de 11,5 mm na interação com a lâmina de 421 mm.

Grisa (2008) verificou que, o diâmetro caulinar do tomate também foi crescente e significativo para doses de biofertilizante, exceto para os 86 DAT. As plantas apresentaram crescimento médio de 11,64 mm e no máximo de 14,3, mm aos 123 DAT.

Pires *et al.* (2009) avaliaram o desenvolvimento e a produtividade do tomateiro sob diferentes frequências de irrigação em estufa e não observaram efeito significativo dos tratamentos em relação ao diâmetro da haste na primeira e segunda época de avaliação.

A Figura 23 apresenta as médias de DC (mm) em função da interação entre o número de dias após o transplante (20, 40, 55, 75 e 90 DAT) versus as doses de biofertilizante, para o segundo experimento.

Figura 23 – Diâmetro de caule (mm) em função dos números de dias após o transplante (20, 40, 55, 75 e 90 DAT) versus doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta⁻¹ semana⁻¹). Fortaleza, Ceará, 2011

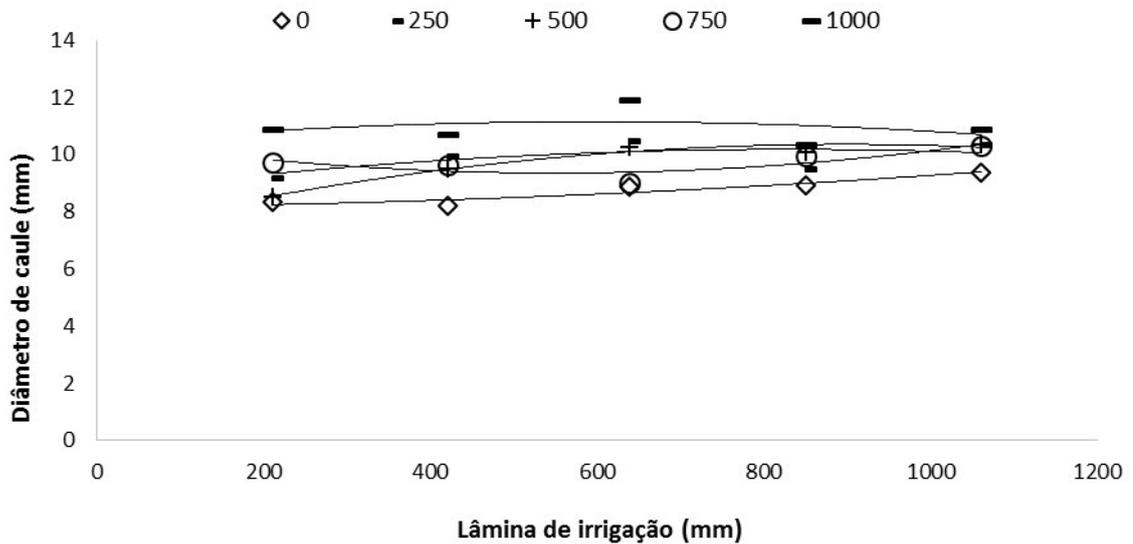


Em todos os tratamentos com aplicação de biofertilizante, observam-se linhas de tendência quadrática, com $R^2 > 0,50$, excetuando-se o tratamento sem dose de biofertilizante ($R^2 \approx 0,18$).

De acordo com a Figura 23, o diâmetro de caule foi crescente em todas as avaliações em relação às doses de biofertilizante, com maior média, de 14,8 mm para a dose de 1000 mL e a menor, de 11,69 mm para o tratamento sem aplicação de biofertilizante (0 mL).

Na Figura 24 as curvas de tendência quadrática apresentam as médias de diâmetro de caule em relação à interação entre doses de biofertilizante versus lâminas de irrigação, no segundo experimento.

Figura 24 – Diâmetro do caule das plantas em função doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta⁻¹ semana⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2011



$$DC (0) = 9E-07L^2 + 0,0002L + 8,1527 \quad R^2 = 0,89$$

$$DC (250) = -2E-06L^2 + 0,0037L + 8,643 \quad R^2 = 0,39$$

$$DC (750) = 4E-06L^2 - 0,0043L + 10,532 \quad R^2 = 0,70$$

$$DC (500) = -4E-06L^2 + 0,0069L + 7,2697 \quad R^2 = 0,94$$

$$DC (1000) = -2E-06L^2 + 0,0025L + 10,39 \quad R^2 = 0,10$$

O diâmetro de caule (mm) foi determinado em 94% pela dose de biofertilizante de 500 mL em relação às lâminas aplicadas. Contudo, a interação entre a dose de 750 mL versus a lâmina 639 mm apresentou, a maior média de DC, de 11,9 mm.

Ao final do deste ciclo, verificou-se que, as médias de diâmetro de caule foram menores nas interações entre o tratamento sem dose de biofertilizante versus todas as lâminas de irrigação aplicadas, levando a concluir que, o crescimento do tomateiro em relação ao diâmetro caulinar responde melhor quando o substrato é adubado.

4.3 Variáveis de produção

Avaliações dos efeitos das doses de biofertilizante e de lâmina de irrigação sobre as variáveis de produção do tomateiro: número de frutos (NF), peso de frutos (PF); produtividade (PF); altura de fruto (AF) e diâmetro de fruto (DF).

4.3.1 Experimentos I e II

Na Tabela 16 apresenta-se o resumo da análise de variância da avaliação do efeito de lâminas de irrigação e de doses de biofertilizantes sobre as características de produção do tomateiro, número de frutos (NF), peso de frutos (PF) e produtividade (PF).

Para o primeiro experimento (Exp. I), a análise de variância de NF mostra resultados significativos para as doses de biofertilizante e lâminas de irrigação, porém não apresentou interação entre esses tratamentos. No segundo experimento (Exp. II) somente as lâminas aplicadas causaram efeito significativo nas médias avaliadas, como também a sua interação com as doses de biofertilizante.

O peso de fruto e a produtividade no Exp. I não apresentaram resultados significativos para nenhum dos fatores de variação. No segundo experimento, as médias de PF mostraram diferença significativa em relação às doses de biofertilizante e a sua interação com as lâminas de irrigação. Neste experimento, a produtividade obteve diferença significativa entre as médias de lâminas de irrigação e a sua interação com as doses de biofertilizante.

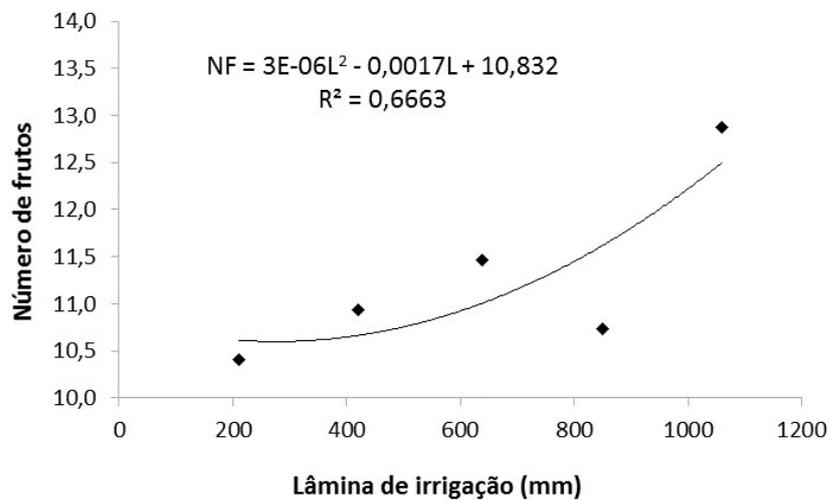
Tabela 16 – Resumo da análise de variância para número de frutos (NF), peso de fruto (PF) em gramas e produtividade (g planta⁻¹) do tomate cultivado em ambiente protegido e submetido a cinco dosagens de biofertilizante e cinco lâminas de irrigação, para os experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 2010 e 2011

FV	GL	QM			
		NF		PF (g)	
		Exp. I	Exp. II	Exp. I	Exp. II
BIOFERTILIZANTE	4	112,65*	675,58 ^{ns}	1.539,85 ^{ns}	1.100,98**
LÂMINAS	4	14,05*	105,68**	502,34 ^{ns}	135,16 ^{ns}
Interação B x L	16	5,40 ^{ns}	84,01**	603,43 ^{ns}	326,77*
CV (B)		43,23	56,10	33,45	25,85
CV (L)		18,61	20,24	40,80	29,47
TOTAL	74	-	-	-	-
FV	GL	PRODUTIVIDADE (g planta ⁻¹)			
		Exp. I	Exp. II		
		BIOFERTILIZANTE	4	901.766,53 ^{ns}	437.524.645,98 ^{ns}
LÂMINAS	4	413.406,44 ^{ns}	204.637.949,52*		
Interação B x L	16	493.680,87 ^{ns}	142.519.048,54*		
CV (B)		33,66	48,70		
CV (L)		40,46	27,76		
TOTAL	74	-	-		

(**) significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); (ns) não significativo ($p \geq 0,05$); FV = fator de variação; GL= grau de liberdade e CV = coeficiente de variação.

Para o primeiro experimento, a linha de tendência quadrática da Figura 25 mostra o efeito positivo do tratamento de lâmina de irrigação sobre as médias de número de frutos, com R² de aproximadamente 67%.

Figura 25 – Número de frutos em função das lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm) no primeiro experimento. Fortaleza, Ceará. 2010



A maior média de NF foi obtida na maior lâmina de 1061 mm, com 13 frutos, tendo apresentando uma depressão no tratamento de 850 mm, com 11 frutos e a menor média de NF, com 10 frutos na menor lâmina de 211 mm.

As médias de NF em relação às doses de biofertilizante apresentaram em todos os ajustes de reta, $R^2 < 0,60$, tendo sido obtido a melhor média, de 16 frutos por planta na dose de 40 mL.

Para o primeiro experimento, a média geral de peso de fruto e de produtividade foram, respectivamente, de 74,74 g e de 2.150,24 g planta⁻¹. A produtividade alcançada neste experimento ficou abaixo da obtida por Oliveira; Purquerio e Factor (2011) ao avaliarem o híbrido Dominador em campo aberto em área experimental em Holambra (SP), o qual apresentou média de produção de aproximadamente 9,9 kg planta⁻¹.

Feltrin *et al.* (2005) analisaram a produtividade e a qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado e observaram que, a massa média dos frutos e o número médio de frutos por planta não tiveram efeito significativo em relação às diferentes soluções nutritivas utilizadas. A cultivar Rocio, embora tenha produzido menor número médio de frutos (32,46 g) apresentou maior massa média do fruto (134,66 g), resultando assim numa maior produtividade em relação às demais cultivares. Os autores comentaram que, um dos fatores condicionantes da produtividade do tomateiro é o índice de pegamento de frutos, que é extremamente dependente da temperatura, principalmente a noturna.

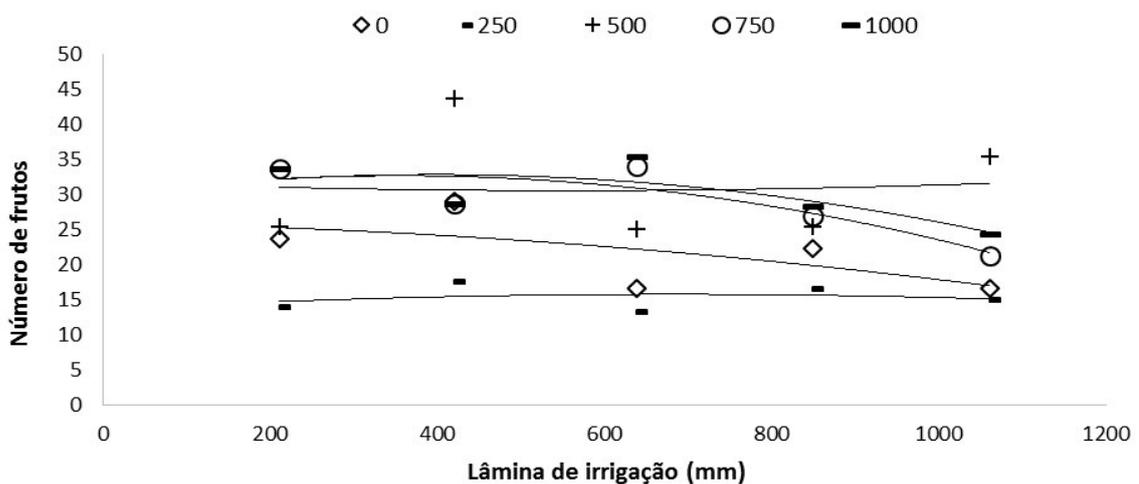
A produtividade total do tomateiro cultivado no experimento conduzido por Blanco (2004) ao avaliar a tolerância da cultura à salinidade sob fertirrigação, não apresentou

grande variação entre os tratamentos empregados, com média de 266 g planta⁻¹ e cada planta com média de 14 a 16 frutos. Estes, com peso médio de 18, 2 gramas e diâmetro de 31mm.

Os resultados obtidos por Ishimura *et al.*, (2010) indicaram que a aplicação do biofertilizante, não proporcionou incremento na produção total do tomateiro em relação à testemunha, tendo sido essa tendência mantida na produção comercial e não comercial, com produção média total de 1,82 kg planta⁻¹, a qual foi considerada baixa. Os autores concluíram ainda que, a nutrição e o desenvolvimento das plantas não foram afetados pelos tratamentos de biofertilizantes.

No segundo experimento, a Figura 26 apresenta a linha de tendência polinomial de ordem 2 (negativa) representa que o número de frutos decresce ao passo que a lâmina de irrigação aumenta. Com pico na interação entre a dose de 500 mL e a lâmina de 411 mm, com média de 43 frutos por planta. A interação 250 mL versus 211 mm obteve a menor média, com 14 frutos por planta.

Figura 26 – Número de frutos em função das doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta⁻¹ semana⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2011



$$NF(0) = -6E-06L^2 - 0,0019L + 25,948 \quad R^2 = 0,4093$$

$$NF(250) = -5E-06L^2 + 0,0064L + 13,593 \quad R^2 = 0,0536 \quad NF(750) = -2E-05L^2 + 0,0156L + 29,904 \quad R^2 = 0,7519$$

$$NF(500) = 4E-06L^2 - 0,0045L + 31,787 \quad R^2 = 0,0024 \quad NF(1000) = -2E-05L^2 + 0,0149L + 29,846 \quad R^2 = 0,581$$

Conforme a Figura 26, a melhor interação entre os tratamentos se deu entre a dose de biofertilizante de 750 mL e as lâmina de irrigação, com melhor ajuste de reta, com R² de 0,75.

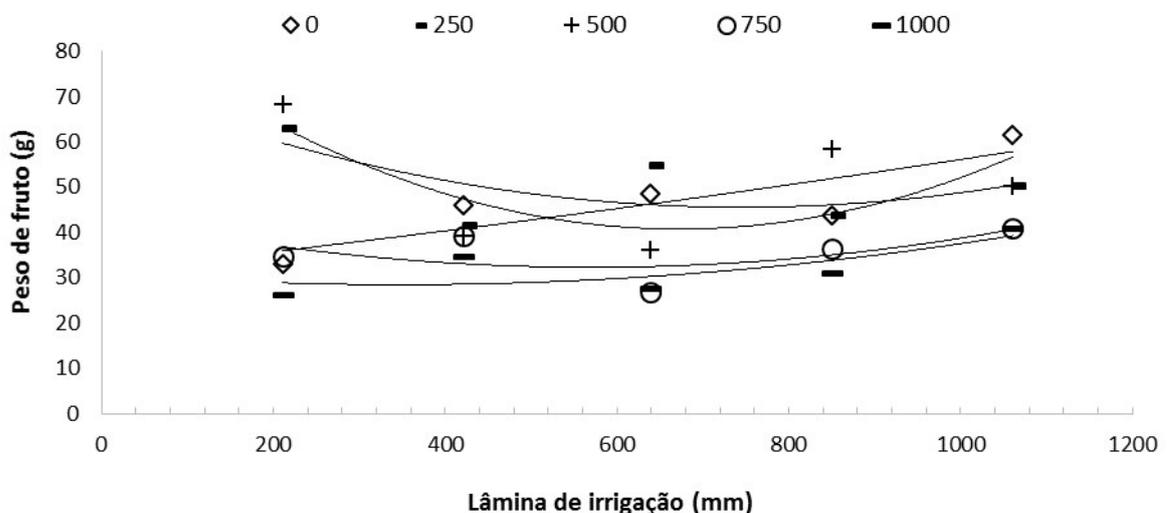
A melhor média de NF (43 frutos) alcançada neste experimento ficou acima da cultivar Raminho (38,8 frutos por planta) e abaixo da cultivar San Vito (66,8 frutos por planta) testadas por Tamiso (2005) quando avaliou o desempenho de cultivares de tomate, sob sistemas orgânicos em cultivo protegido.

Neste segundo experimento, a menor média de NF (10 frutos) mostrou-se mais satisfatória do que maior média obtida por Zuba (2007) que foi de 20 frutos planta⁻¹, com uso de adubação convencional. O autor obteve média de 9,5 frutos por planta, com a utilização de adubação alternativa, sendo esta 52,5% inferior ao tratamento com adubação convencional. A causa foi atribuída ao abortamento de flores, por uma provável deficiência nutricional das plantas no tratamento com fontes alternativas.

A média de número de frutos no segundo experimento foi maior do que a do primeiro, provavelmente devido ao incremento nas doses de biofertilizante, mesmo que as médias na análise de variância para o tratamento das parcelas (doses) não tenham apresentado resultados estatisticamente significativos neste último experimento.

A variável peso de fruto (g), no segundo experimento apresentou linha de tendência quadrática em função da interação entre as doses de biofertilizante e as lâminas de irrigação aplicadas (Figura 27).

Figura 27 – Peso de fruto (g) em função das doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta⁻¹ semana⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2011



$$PF(0) = 4E-06L^2 + 0,0206L + 31,452 \quad R^2 = 0,7112$$

$$PF(250) = 5E-05L^2 - 0,0739L + 73,119 \quad R^2 = 0,4081$$

$$PF(500) = 0,0001L^2 - 0,1421L + 88,518 \quad R^2 = 0,485$$

$$PF(750) = 3E-05L^2 - 0,0398L + 43,654 \quad R^2 = 0,3715$$

$$PF(1000) = 2E-05L^2 - 0,0148L + 31,027 \quad R^2 = 0,567$$

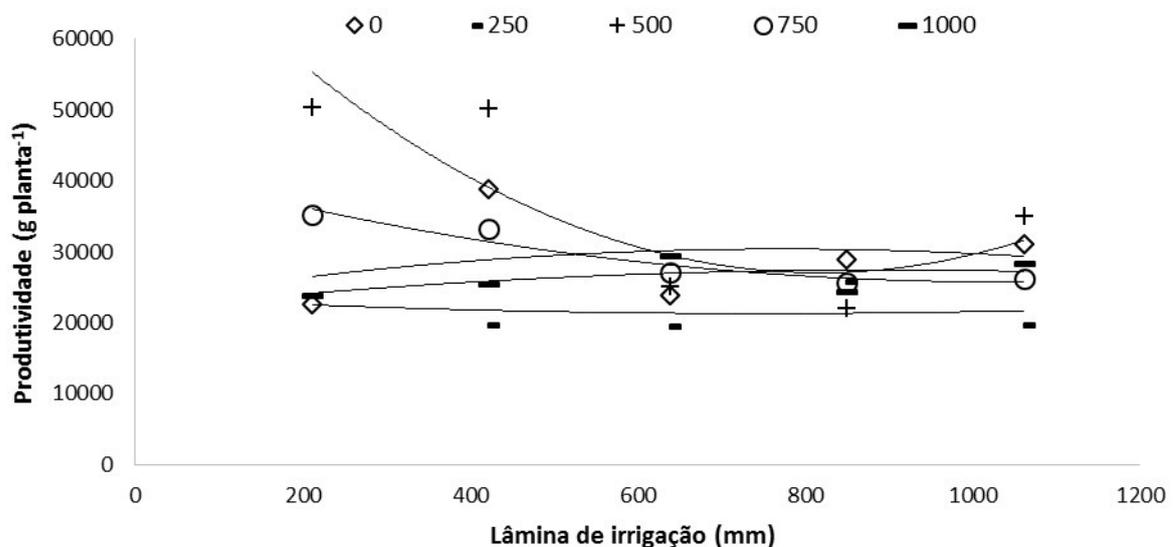
Verificou-se que não houve uma dose de biofertilizante que melhor atendesse à maioria das lâminas de irrigação, já que o maior coeficiente de determinação (R^2), de 0,71 foi obtido da interação entre o tratamento sem aplicação de biofertilizante (0 mL) versus as lâminas de irrigação.

Para a variável PF, a maior média de 68,18g foi obtida na dose de 500 mL e a menor de 26,18 g na dose de 1000 mL, resultado da interação de ambas as doses com a lâmina de 211 mm. Esse resultado demonstrou uma variação decrescente entre os tratamentos de dose de biofertilizante com equação polinomial negativa, ficando o peso médio de fruto de tomate para esse período, de 41,81 gramas.

Zuba (2007) não observou influência dos tratamentos com biofertilizante sobre o peso de fruto, tendo obtido média de 105,6 gramas. Resultado próximo do obtido por Peixoto *et al.*, (1999), que foi de 121,5 g, ambos bem superiores ao alcançado no presente trabalho.

As médias de produtividade (g planta^{-1}) em função da lâmina de irrigação obtiveram linha de tendência polinomial quadrática, porém com baixo coeficiente de determinação ($R^2 \approx 0,50$). Na Figura 28 apresenta-se a interação entre os tratamentos de doses de biofertilizante versus lâminas de irrigação, no segundo experimento.

Figura 28 – Produtividade (g planta^{-1}) em função interação entre doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 $\text{mL planta}^{-1} \text{ semana}^{-1}$) versus lâminas de irrigação (211, 421, 369, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2011



$$\text{Produtividade (0)} = -569,45L^2 + 4153L + 22847 \quad R^2 = 0,05$$

$$\text{Produtividade (250)} = 187,43L^2 - 1332,8L + 23656 \quad R^2 = 0,02 \quad \text{Produtividade (750)} = 685,31L^2 - 6675,2L + 41996 \quad R^2 = 0,92$$

$$\text{Produtividade (500)} = 3468,7L^2 - 26741L + 78610 \quad R^2 = 0,71 \quad \text{Produtividade (1000)} = -311,76L^2 + 2640,3L + 21827 \quad R^2 = 0,30$$

A Figura 28 mostra as linhas de tendência quadráticas para a variável produtividade em relação às interações entre as doses de biofertilizante e as lâminas de irrigação, com melhor R^2 de 0,92 no tratamento de dose de biofertilizante 750 mL versus lâmina de irrigação. A produtividade média obtida nesse experimento foi de 28.626,32 g planta⁻¹.

A diferença entre as médias de produtividade dos experimentos I e II, realizados em 2010 e 2011, respectivamente, ocorreu provavelmente por influência do aumento na dose de biofertilizante nos tratamentos das parcelas e o consequente acúmulo de nutrientes no vaso com o reaproveitamento do substrato do primeiro para o segundo experimento, como também pela verificação de temperaturas mais amenas durante os meses de março a junho de 2011 (Exp. II).

Oliveira; Purquerio e Factor (2011) avaliaram o híbrido de tomate Dominador, de março a agosto de 2010 em campo aberto e obtiveram média de produtividade de 141,4 t ha⁻¹. A produção de tomate de 10,2 kg m⁻² obtida por Rodrigues *et al.*, (2002), deveria segundo os autores, ser mais alta, não fossem as altas temperaturas durante todo o período de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo e o pequeno período de colheita (quatro colheitas).

Martins; Castellane e Volpe (1994) verificaram que a casa de vegetação tipo capela, quando comparada a outras casas de vegetação, proporcionou uma menor produção, provavelmente por apresentar menor radiação solar incidente neste tipo de casa de vegetação, o que reduz a taxa assimilatória e diminui consequentemente, a alocação de reservas para formação dos frutos. Reis *et al.* (2013) avaliaram o índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido e revelaram médias de 21,5 frutos por planta, peso de fruto de 158,14 gramas e produtividade de 123 t ha⁻¹.

Souza e Santos (2000) utilizaram doses de biofertilizante enriquecido no cultivo orgânico de tomate sob ambiente protegido e obtiveram resposta linear e positiva para o número total de frutos, produção total de frutos, número de frutos comerciais e produtividade comercial de frutos maiores (boca 7). Nas aplicações de 50 ml, 100 ml, 150 ml e 200 ml do biofertilizante, os pesquisadores elevaram em 9%, 16%, 21% e 40% a produtividade de frutos maiores (boca 7), em relação à testemunha. Contudo os autores afirmam que, doses mais elevadas de biofertilizante devem ser analisadas, já que, não fora obtida a estabilização da produtividade ou identificação de um ponto de máxima na curva de resposta.

Carrijo *et al.*, (2004) pesquisaram a produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação e encontraram produção média de 9,13 kg m⁻² na

casa do tipo arco, 8,99 kg m⁻² na casa tipo arco com teto convectivo e de 8,54 kg m⁻² na casa do tipo capela.

Medeiros *et al.*, (2011) utilizou biofertilizante como indicador de tolerância à salinidade pelo tomateiro-cereja e verificou que, em áreas irrigadas onde os efeitos da temperatura são favoráveis à salinização, há com maior frequência ocorrências na queda de produtividade das culturas (MANTOVANI; BERNARDO; PALARTTI, 2006), devido à permanência dos sais no solo após a evaporação da água ocasionando danos às plantas (AYERS; WESTCOT, 1999).

Zuba (2007) avaliou a produtividade e a nutrição do tomateiro com fontes alternativas de nutrientes e não verificou diferença estatística significativa para as variáveis, peso por fruto, diâmetro do fruto, pH e grau brix, enquanto que para a produtividade e número de frutos por planta os tratamentos diferiram entre si (P<0,05). Em suas considerações finais, o autor concluiu que, a produtividade do tomateiro adubado com fontes alternativas de nutrientes foi inferior e variou de 28 a 55% daquela obtida com adubos químicos. E que, quanto à classificação, o tomateiro adubado com fontes alternativas de nutrientes apresentou frutos com padrões de qualidade para comercialização, com um menor número de defeitos que aqueles que receberam adubação convencional, porém se obteve uma menor quantidade de frutos da classe grande.

A Tabela 17 apresenta a avaliação do efeito das doses de biofertilizante e de lâmina de irrigação sobre as variáveis de produção do tomateiro, altura de fruto (AF) e diâmetro de fruto (DF), para o primeiro e segundo experimento.

As médias de altura e diâmetro de fruto não apresentaram resultados estatisticamente significativos nos experimentos I e II. Com exceção do diâmetro de fruto, no primeiro experimento, que sofreu efeito positivo apenas da interação entre os tratamentos de parcela e subparcela.

Tabela 17 – Resumo da análise de variância para altura de fruto (AF) e diâmetro de fruto (DF) do tomate cultivado em ambiente protegido e submetido a cinco dosagens de biofertilizante e cinco lâminas de irrigação, para os experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 2010 e 2011

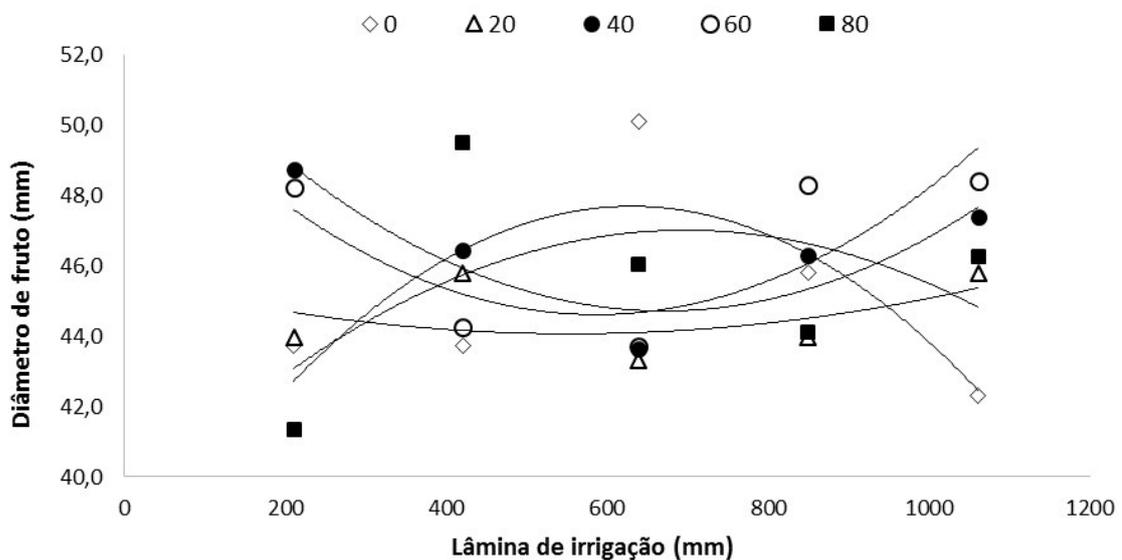
FV	GL	QM			
		AF (cm)		DF (mm)	
		Exp. I	Exp. II	Exp. I	Exp. II
BIOFERTILIZANTE	4	10,98 ^{ns}	28,85 ^{ns}	11,47 ^{ns}	44,67 ^{ns}
LÂMINAS	4	6,65 ^{ns}	17,69 ^{ns}	1,93 ^{ns}	29,79 ^{ns}
Interação B x L	16	10,74 ^{ns}	15,25 ^{ns}	21,02 ^{**}	26,03 ^{ns}
CV (B)		6,62	10,53	5,84	11,55
CV (L)		5,89	8,29	6,24	8,77

TOTAL	74	-	-	-	-
-------	----	---	---	---	---

(**) significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); (ns) não significativo ($p \geq 0,05$); FV = fator de variação; GL= grau de liberdade e CV = coeficiente de variação.

A Figura 29 representa as médias de diâmetro de fruto em função da interação entre os tratamentos com doses de biofertilizante e lâmina de irrigação, no primeiro experimento.

Figura 29 – Diâmetro de fruto (mm) em função das doses de biofertilizante (0, 20, 40, 60 e 80 mL planta⁻¹ semana⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm). Fortaleza, Ceará, 2010



$$DF(0) = -3E-05L^2 + 0,0355L + 36,485 \quad R^2 = 0,6082$$

$$DF(20) = 5E-06L^2 - 0,0057L + 45,638 \quad R^2 = 0,1979$$

$$DF(60) = 2E-05L^2 - 0,0247L + 51,869 \quad R^2 = 0,6463$$

$$DF(40) = 2E-05x^2 - 0,026x + 53,431 \quad R^2 = 0,8241$$

$$DF(80) = -2E-05L^2 + 0,0231L + 38,942 \quad R^2 = 0,2704$$

Na Figura 29 observa-se que a dose de 40 mL exerceu maior influência quando interagiu com as lâminas de irrigação. Tendo sido a maior média de 50,10 mm foi obtido na interação entre o tratamento sem dose de biofertilizante (0 mL) e lâmina de 639 mm. E a interação entre a maior dose (80 mL) e a menor lâmina (211 mm) apresentou a menor média, de 41,34 mm. Ferreira; Quadros e Freitas (2005) e Zuba (2007) encontraram maior percentual de frutos pequenos para o tratamento com adubação orgânica em relação à convencional.

4.4 Variável de qualidade

Avaliações dos efeitos das doses de biofertilizante e de lâmina de irrigação sobre a variável de qualidade do tomateiro: teor de sólidos solúveis (SS) / °Brix.

4.4.1 Experimentos I e II

A Tabela 18 apresenta a avaliação do efeito de doses de biofertilizante e de lâminas de irrigação sobre a variável de qualidade de fruto, sólidos solúveis totais (SS) ou °Brix, para os experimentos I e II. A interação entre os tratamentos aplicados apresentou resultado significativo apenas no primeiro experimento. No segundo experimento, apenas o tratamento de lâmina de irrigação apresentou significância ao nível de 1% de probabilidade.

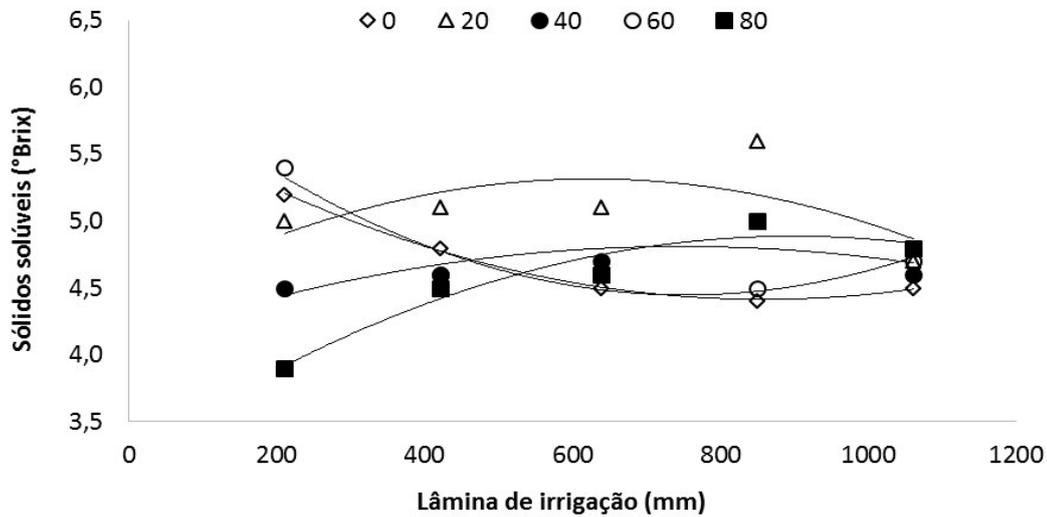
Tabela 18 – Resumo da análise de variância para teor de sólidos solúveis (SS) do tomate cultivado em ambiente protegido e submetido a cinco dosagens de biofertilizante e cinco lâminas de irrigação, para os experimentos I e II. Fortaleza, Ceará, 2010 e 2011

FV	GL	QM	
		SS	
		Exp. I	Exp. II
BIOFERTILIZANTE	4	0,68 ^{ns}	0,50 ^{ns}
LÂMINAS	4	0,17 ^{ns}	0,62**
Interação B x L	16	0,40*	0,10 ^{ns}
CV (B)		10,62	10,00
CV (L)		9,06	6,33
TOTAL	74	-	-

(**) significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); (ns) não significativo ($p \geq 0,05$); FV = fator de variação; GL= grau de liberdade e CV = coeficiente de variação.

A Figura 30 apresenta o gráfico da interação entre doses de biofertilizante e lâminas de irrigação para a variável sólidos solúveis totais (°Brix), significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 30 - Sólidos solúveis totais (SS) em função das doses de biofertilizante (0, 20, 40, 60 e 80 mL planta⁻¹ semana⁻¹) versus lâminas de irrigação (211, 421, 850, 639 e 1061). Fortaleza, Ceará, 2010



$$SS(0) = 2E-06L^2 - 0,0033L + 5,8134 \quad R^2 = 0,99$$

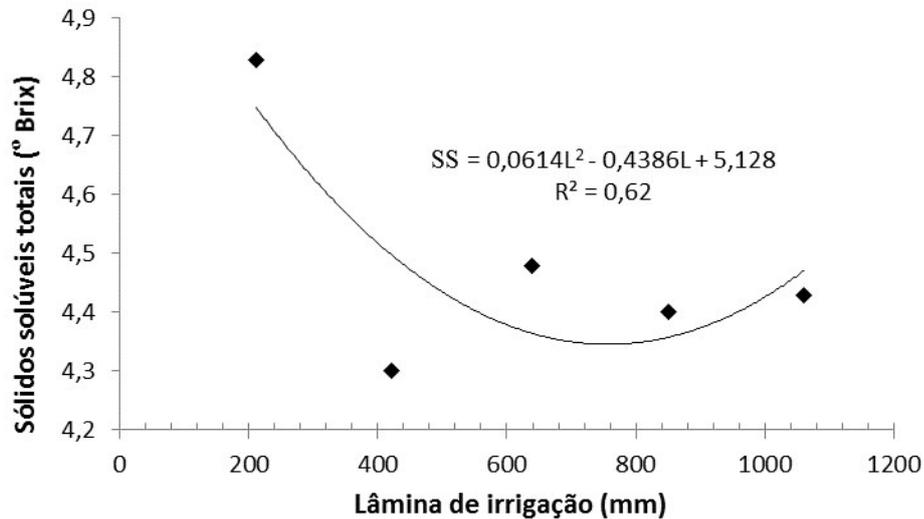
$$SS(20) = -2E-06L^2 + 0,003L + 4,3845 \quad R^2 = 0,38 \quad SS(60) = 3E-06L^2 - 0,0045L + 6,149 \quad R^2 = 0,90$$

$$SS(40) = -1E-06L^2 + 0,0019L + 4,1035 \quad R^2 = 0,55 \quad SS(80) = -2E-06L^2 + 0,0037L + 3,2307 \quad R^2 = 0,93$$

A Figura 30 mostra que o tratamento sem aplicação de dose de biofertilizante (0 mL) determinou em 99 % a resposta das médias de sólidos solúveis no primeiro experimento. Com a maior média, de 5,6 para a interação entre a menor dose, de 20 mL e a aplicação de água de 850 mm, que representa a lâmina média (100 % ETC).

O gráfico da Figura 31 representa a linha de tendência quadrática da variável SS, estatisticamente significativo para o tratamento de lâminas de irrigação, no segundo experimento.

Figura 31 – Teor de sólidos solúveis (°Brix) em função das lâminas de irrigação (211, 421, 639, 850 e 1061 mm) para o segundo experimento realizado na área experimental. Fortaleza, Ceará, 2011



A Figura 31 apresenta a linha de tendência polinomial quadrática, onde o tratamento de lâmina de irrigação causou 62% de efeito nas médias de sólidos solúveis totais, com a maior média de 4,8, para a menor lâmina de irrigação, de 211 mm. A média geral foi de 4,5, valor esse superior aos encontrados por Ferreira *et al.* (2006) que foram de 3,7 e 3,5, sem e com adubação orgânica, respectivamente. Segundo esses autores, as condições ambientais e culturais dadas às plantas de tomate não interferem no teor de sólidos solúveis totais, sendo que a maior parte das cultivares de tomate produz frutos que contêm °Brix variando de 5,0 a 7,0.

4.5 Lâminas de irrigação

A lâmina total aplicada foi crescente, conforme exigia o nível de irrigação nos tratamentos de subparcela L4, L8, L12, L16 e L20, que representavam 33, 66, 100, 133 e 166% de reposição da ETc. Os volumes de água aplicados no tomateiro ‘Dominador F1’, em cada experimento, com ciclo de cultivo de 120 dias, foram de 18,98; 37,96; 57,51; 76,49 e 95,47 L planta⁻¹, o que correspondeu a 211, 421, 639, 850 e 1061 mm, respectivamente.

Silva *et al.* (2013) avaliaram o cultivo do tomateiro sob ambiente protegido e diferentes taxas de reposição da evapotranspiração, com aplicação de volumes de água de 8,11; 16,2; 24,6; 32,7; 40,8 L planta⁻¹, os quais corresponderam, respectivamente, a 180, 342, 504, 666 e 828 mm por ciclo, para as taxas de reposição da ETc de 33, 66, 100, 133 e

166%. Estes valores mostraram-se inferiores ao do presente estudo, já que o período entre o transplântio e a última colheita foi encurtado em trinta dias, com ciclo de cultivo de 90 dias.

Duarte *et al.* (2010) cultivaram o tomateiro com adubação orgânica em ambiente protegido e totalizaram ao final do ciclo um consumo de água de 477 mm. Macêdo e Alvarenga (2005) ao testarem lâminas de água e fertirrigação potássica no tomateiro, aplicaram lâmina de irrigação de 478 mm para 100% da ETc. Marouelli *et al.* (2011) em experimento com tomateiro irrigado por gotejamento, aplicaram lâmina de 542 mm. As condições climáticas podem ter influenciado para uma menor demanda hídrica da cultura do tomateiro nos locais aonde foram conduzidos esses experimentos e levado ao encurtamento do ciclo de cultivo.

Nos experimentos 1 e 2, a máxima aplicação de água às plantas (L20) foi de 0,80 L planta⁻¹ dia⁻¹ ficando abaixo da encontrada por Kalungu (2008) em estudo por respostas do tomateiro à diferentes lâminas de irrigação sob ambiente protegido, no qual obteve a maior demanda hídrica de 1,04 L planta⁻¹ dia⁻¹. O autor verificou ainda que, o período de maior demanda hídrica ocorreu aos 76 DAT, coincidindo com o início do estágio de frutificação e de enchimento dos frutos, no mês de agosto. E o menor demanda, aos 45 DAT, devido possivelmente às baixas temperaturas nos meses de junho e julho, típicas do inverno.

Nas fases iniciais 1 e 2, que correspondiam aos estádios de transplântio à floração, não houve diferenciação entre as lâminas aplicadas. Na fase 3, correspondente à frutificação e enchimento dos frutos, ocorreu uma maior demanda hídrica pela cultura, já que segundo Larcher (2000) as paralisações no crescimento vegetativo em função da aceleração do crescimento produtivo ocorrem pela canalização da energia, de nutrientes e assimilados à floração e frutificação que, por sua vez, se originam no processo fotossintético e da mobilização de reservas para a formação e enchimentos dos frutos. E na fase 4, período após a primeira colheita, a quantidade de água oferecida à planta foi reduzida.

Para o primeiro experimento, as tensões de água no substrato mantiveram-se pouco negativas e variaram entre -20 e -5 KPa. Desta forma, a umidade no solo do vaso de cultivo, foi mantida na sua capacidade de campo, não tendo ocorrido estresse hídrico às plantas durante esse período.

Para o segundo experimento, as tensões de água no substrato tornaram-se mais negativas, variando de -50 e -20 KPa. Nesse período, houve um incremento nas doses de biofertilizante associada a redução da evaporação, com temperaturas mais baixas do que a do

período anterior. Esses fatores podem ter colaborado para obtenção de melhores resultados no crescimento vegetativo e na produção de frutos, exigindo das plantas uma maior atividade metabólica e assim, conseqüentemente uma maior demanda hídrica.

Marouelli e Silva (2008) estudaram as tensões-limite de água no solo para o cultivo do tomateiro irrigado por gotejamento e concluíram que a produtividade de frutos foi maximizada quando as irrigações foram realizadas para a tensão-limite de água no solo de 35, 12 e 15 kPa durante os estádios vegetativo, de frutificação e de maturação, respectivamente. E que, para as condições em que os estudos foram realizados, as tensões-limite que maximizaram a produtividade de frutos corresponderam a um turno de rega médio entre 4 e 5 dias durante o estágio vegetativo e de 1 dia durante os estádios de reprodução e de maturação.

Pires *et al* (2009) após experimentar diferentes frequências de irrigação no tomateiro sob estufa, verificaram que, a maior frequência de irrigação favoreceu a manutenção do status hídrico das plantas do tomateiro no sistema de cultivo protegido. E que, os valores médios de produção de frutos do tomateiro Sahel, obtidos de janeiro a abril de 2004 indicaram que, de um modo geral a irrigação efetuada numa única operação ou fracionada em duas a cinco vezes ao longo do dia favoreceu o aumento da produção, tanto em peso quanto em número de frutos, quando comparada à aplicação a cada dois dias.

4.6 Alterações nas características químicas do substrato

O solo do vaso foi classificado como franco – arenoso ou de textura média. De acordo com Medeiros; Carvalho e Ferreira (2006), esse tipo de solo apresenta certo equilíbrio entre os teores de areia, silte e argila, com boa drenagem e boa capacidade de retenção de água. Portanto, não necessitam de cuidados especiais, adequando-se a todos os métodos de irrigação.

Na Tabela 19 estão representada as características químicas do substrato contido no vaso de plantio para cada tratamento de dose de biofertilizante, aos 120 DAT, no primeiro e segundo experimento.

Tabela 19 – Resultados analíticos de substrato do vaso de cultivo para a cultura do tomateiro ao final de cada ciclo aos 120 DAT. Fortaleza, Ceará, 2010 e 2011

PRIMEIRO EXPERIMENTO									
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS									
PARCELAS (mL planta ⁻¹ semana ⁻¹)	Ca²⁺	Mg²⁺	Na⁺	K⁺	H⁺ + Al³⁺	Al³⁺	S	T	V
	cmol _c kg ⁻¹								%
B0 (0)	3,40	2,70	0,46	0,15	0,17	0,00	6,7	6,9	98
B1 (20)	2,80	2,50	0,43	0,14	0,17	0,00	5,9	6,0	97
B2 (40)	3,40	1,70	0,40	0,14	0,00	0,00	5,6	5,6	100
B3 (60)	3,80	2,20	0,40	0,14	0,00	0,00	6,5	6,5	100
B4 (80)	4,40	2,20	0,46	0,18	0,00	0,00	7,2	7,2	100
PARCELAS (mL planta ⁻¹ semana ⁻¹)	PST	pH água	CE	C	N	MO	C/N	P assimilável	
	-	-	ds m ⁻¹		g kg ⁻¹		-	mg kg ⁻¹	
B0 (0)	7	7,9	1,36	9,48	0,98	16,34	10	81	
B1 (20)	7	7,9	1,06	8,70	0,93	15,00	9	53	
B2 (40)	7	8,0	1,04	8,76	0,83	15,10	11	60	
B3 (60)	6	8,2	0,95	9,12	0,85	15,72	11	50	
B4 (80)	6	8,0	1,18	2,34	0,20	4,03	12	78	
SEGUNDO EXPERIMENTO									
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS									
PARCELAS (mL planta ⁻¹ semana ⁻¹)	Ca²⁺	Mg²⁺	Na⁺	K⁺	H⁺ + Al³⁺	Al³⁺	S	CTC	V
	cmol _c kg ⁻¹								%
B0 (0)	2,85	2,50	0,74	0,23	2,5	0,00	63,2	65,7	96
B1 (250)	3,00	2,45	0,70	0,30	0,8	0,00	64,6	65,4	99
B2 (500)	3,45	2,25	0,80	0,20	3,3	0,00	67,2	70,5	95
B3 (750)	4,30	3,00	0,80	0,40	5,8	0,00	85,0	90,8	94
B4 (1000)	3,75	2,20	1,70	0,60	5,0	0,00	82,1	87,1	94
PARCELAS (mL planta ⁻¹ semana ⁻¹)	PST	pH água	CE	C	N	MO	C/N	P assimilável	
	-	-	ds m ⁻¹		g kg ⁻¹		-	mg kg ⁻¹	
B0 (0)	11	8,2	1,41	11,83	-	20,40	-	206	
B1 (250)	11	8,2	1,68	10,29	-	17,73	-	515	
B2 (500)	12	8,1	1,61	11,72	-	20,21	-	575	
B3 (750)	9	8,0	1,88	15,15	-	26,12	-	752	
B4 (1000)	19	7,9	2,06	15,04	-	25,93	-	1019	

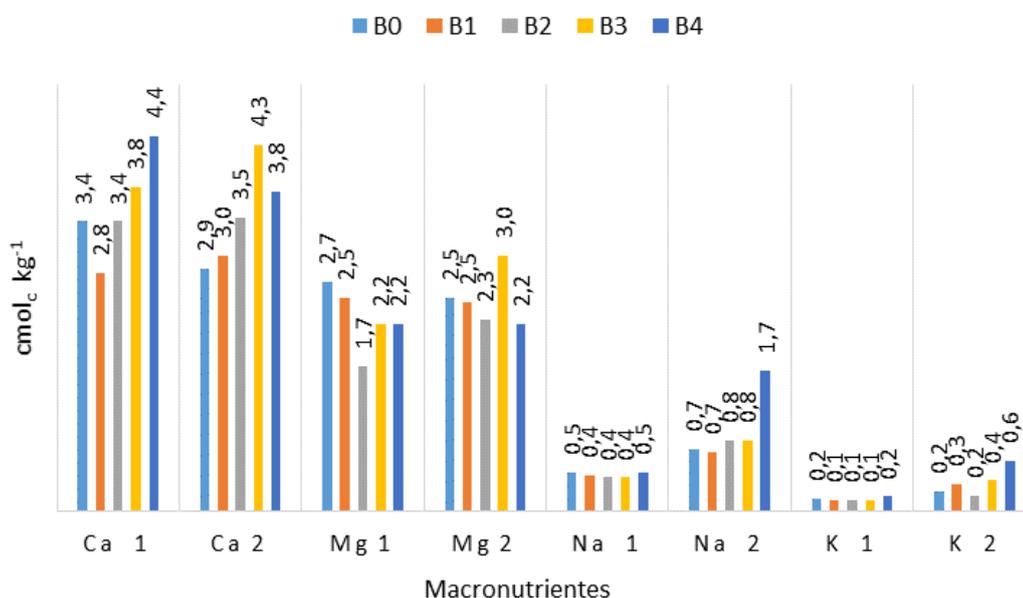
Fonte: Laboratório de Solos/IFCE-LIMOEIRO DO NORTE/CEARÁ/2010-11.

Verificam-se que os valores iniciais para fósforo (P) e potássio (K) foram considerados muito altos e a soma cálcio e magnésio alta. De acordo com Alvarenga (2004) o teor de fósforo de 58 mg dm^{-3} ficou muito próximo do máximo para a cultura do tomateiro, o potássio de 266 mg dm^{-3} mostrou-se bastante elevado, o que pode provocar má formação e rachaduras nos frutos do tomateiro. A relação entre cálcio (Ca) e magnésio (Mg) ficou desequilibrada, provavelmente devido o substrato ter recebido calcário rico em magnésio.

A partir da interpretação dos valores obtidos na Tabela 19 confirmou-se que, para cada tratamento de biofertilizante, a saturação de bases ($\geq 50\%$) e a saturação por sódio ($\leq 15\%$) caracterizaram o solo como eutrófico ou fértil, não salino, não tendo havido a necessidade de calagem. A relação C/N e o teor de matéria orgânica mostraram-se aceitáveis por se tratar de um solo de textura média.

Para Medeiros *et al.*, (2011), toda e qualquer planta sensível aos efeitos salinos, apresenta perda potencial do seu rendimento quando a concentração de sais indicar condutividade elétrica superior a $1,3 \text{ dS m}^{-1}$. Os resultados para a CE nos tratamentos B0, B1, B2, B3 e B4 variaram entre $0,95$ e $2,06 \text{ dS m}^{-1}$, não representando assim, risco para o potencial produtivo da cultura e revelaram-se inferiores ao valor de Salinidade Limiar de $3,03 \text{ dS m}^{-1}$ encontrado por Eloi *et al.* (2007). Na Figura 32, apresentam-se os níveis de macronutrientes (Ca, Mg, N e K) no substrato contido no vaso de plantio, ao final de cada experimento (120 DAT).

Figura 32 – Macronutrientes Ca, Mg, N e K ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) presentes no substrato, em função das doses de biofertilizante aos 120 DAT, nos experimentos I e II). Fortaleza, Ceará, 2010 e 2011



Os valores médios das características químicas do substrato considerando-se os dois períodos experimentais, na cultura do tomateiro irrigado, em ambiente protegido, mostraram que houve discretas alterações. Medeiros *et al.*, (2011) quando utilizou biofertilizante no cultivo do tomate-cereja, mostrou que, neste experimento, as análises para os macro nutrientes P, K, Ca e Mg foram satisfatórias, porém o valor do N de $0,3 \text{ g L}^{-1}$ ficou abaixo do mínimo exigido para o tomateiro que é de $0,76$ a $1,02 \text{ g L}^{-1}$. Em relação aos micronutrientes, todos ficaram abaixo dos níveis mínimos para esta cultura.

Mello e Vitti (2002) cultivaram plantas de tomate em estufa e em solo de textura média para avaliar a influência de três compostos orgânicos e de quatro doses de N, na nutrição da cultura e nas propriedades químicas do solo, os autores concluíram que, os materiais orgânicos aplicados não influenciaram as características químicas do solo no final do experimento, provavelmente pelas quantidades utilizadas, que não foram suficientes para alterar a fertilidade do solo. Resultados esses compatíveis com os encontrados por Anderson e Peterson (1973) e Campbell *et al.* (1986) quando não obtiveram incrementos no conteúdo de matéria orgânica do solo com a aplicação de quantidades pequenas de adubos orgânicos.

Fernandes, Martinez e Fontes (2002) avaliaram o impacto de diferentes substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate, cultivado em canaletas sob ambiente protegido e comentaram que, embora os benefícios do parcelamento de adubação em cultivos no solo, sejam conhecidos, trabalhos que tratam de parcelamento da oferta de nutrientes,

através da fertirrigação para culturas conduzidas em substrato sob ambiente protegido ainda são escassos.

Para Rodrigues *et al.*, (2002) a forma de aplicação de nutrientes precisa ser diferenciada em relação ao campo, já que o produtor, utilizando-se de uma estrutura de boa qualidade, sementes de alto valor, bom sistema de irrigação, deverá utilizar critérios técnicos específicos para que a planta receba a quantidade ideal e que não ocorra desperdício de fertilizantes, pois além de ser oneroso, nesse sistema não ocorrem chuvas, podendo ocorrer danos irreparáveis ao solo, como a salinização por exemplo.

Por se tratar de uma cultura de alto risco econômico, a qualidade do fruto de tomate e o mercado consumidor são determinantes do preço. Produtos diferenciados como o tomate orgânico têm melhor remuneração no momento da venda. Além disso, Mitchell *et al.*, (2007) verificaram que o tomate orgânico possui maiores teores de flavonóides, substâncias com propriedades antioxidantes que ajudam a proteger contra doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer, que o tomate convencional.

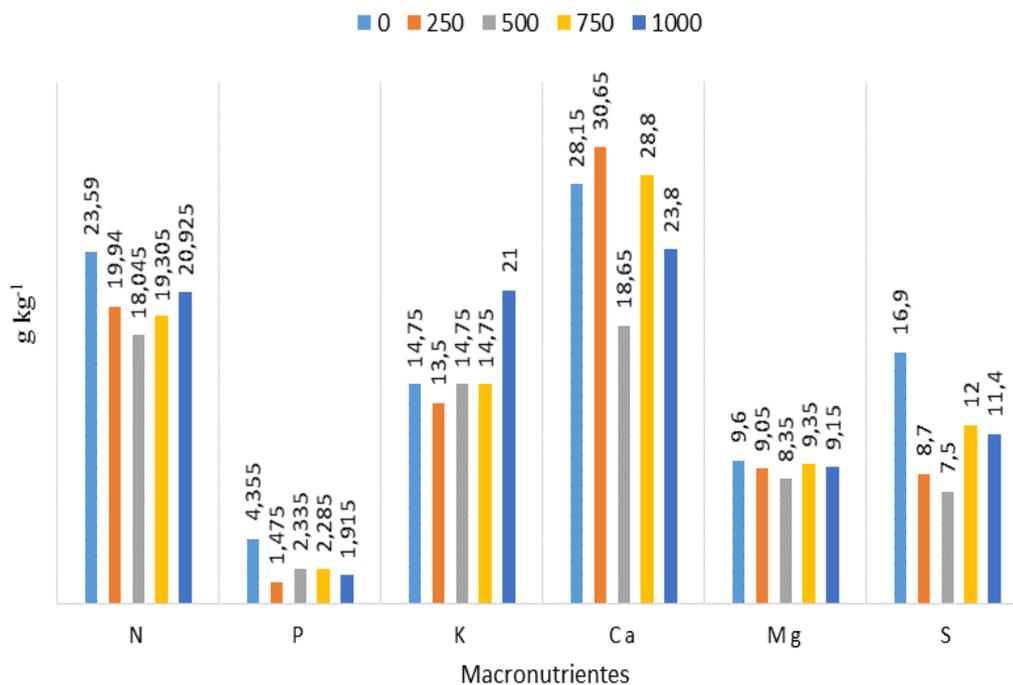
4.7 Características químicas do tecido vegetal

Importantes para determinar o teor dos elementos essenciais na planta, possibilitando a identificação de possíveis deficiências e toxidez de nutrientes.

4.7.1 Macronutrientes

A análise de teor de N, P, K, Ca e Mg (g kg^{-1}) realizada em tecidos vegetais do tomateiro, coletados no final do segundo experimento produtivo, aos 120 DAT, apresenta resultados na Figura 33.

Figura 33 – Macronutrientes (g kg^{-1}) no tecido vegetal do tomateiro em função das doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 $\text{mL planta}^{-1} \text{ semana}^{-1}$) aos 120 DAT, no segundo experimento. Fortaleza, Ceará, 2011



A faixa de teores foliares de macronutrientes do tomate, obtidos por Malavolta; Vitti e Oliveira (1989) apresentam como níveis adequados, para N ($40\text{-}60 \text{ g kg}^{-1}$), P ($4\text{-}6 \text{ g kg}^{-1}$), K ($30\text{-}50 \text{ g kg}^{-1}$), Ca ($14\text{-}40 \text{ g kg}^{-1}$), Mg ($4\text{-}8 \text{ g kg}^{-1}$) e S ($3\text{-}10 \text{ g kg}^{-1}$). Observa-se na Figura 33, deficiência de nitrogênio e de potássio em todos os tratamentos de doses de biofertilizante. Em relação ao fósforo, o maior teor de $4,35 \text{ g kg}^{-1}$ foi do tratamento sem biofertilizante (B0), ficando os demais abaixo do mínimo estipulado. Os teores foliares de magnésio excederam em todos os tratamentos de doses de biofertilizante. Para o enxofre, os tratamentos de doses de biofertilizante, B0, B3 e B4 ultrapassaram ao valor máximo de referência para o tomate. Apenas, o cálcio apresentou teores satisfatórios aos apresentados pelos citados autores, com o maior valor de $30,65 \text{ g kg}^{-1}$ para o tratamento de menor dose B2 ($250 \text{ mL semana}^{-1} \text{ planta}^{-1}$) e o menor de $18,65 \text{ g kg}^{-1}$ para o tratamento B3 ($500 \text{ mL semana}^{-1} \text{ planta}^{-1}$).

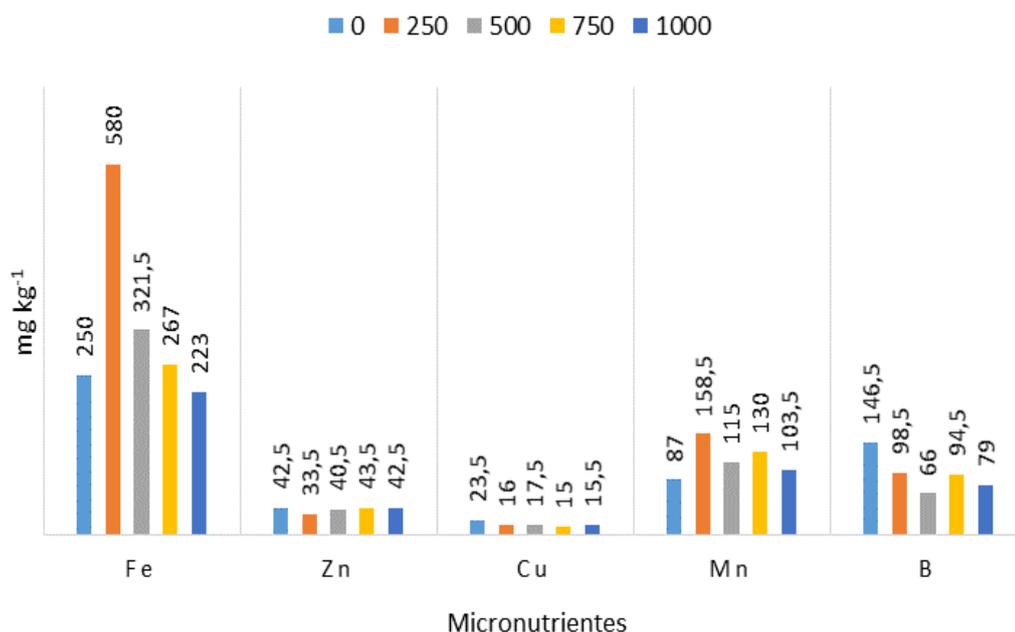
Oliveira *et al* (2011) avaliaram a absorção de macronutrientes pelo híbrido de Tomate Dominador e verificaram que, ao final do ensaio experimental, o acúmulo na parte vegetativa (folhas e caule) em ordem decrescente foram: $12,0 > 11,0 > 9,0 > 4,2 > 2,6 > 1,1 \text{ g planta}^{-1}$, respectivamente para K, Ca, N, S, Mg e P. Sendo, a quantidade total de macronutrientes acumulado pela planta do híbrido Dominador (parte aérea e frutos), aos 154

DAT, em média: K (29,2 g planta⁻¹) > N (18,8 g planta⁻¹) > Ca (12,3 g planta⁻¹) > S (5,1 g planta⁻¹) > Mg (3,2 g planta⁻¹) > P (2,4 g planta⁻¹).

4.7.2 Micronutrientes

A análise dos teores de Fe, Zn, Cu, Mn e B (mg kg⁻¹) realizada em tecidos vegetais do tomateiro, coletados no final do segundo experimento produtivo, aos 120 DAT, são apresentados na Figura 34.

Figura 34 – Micronutrientes (mg kg⁻¹) no tecido vegetal do tomateiro, em função das doses de biofertilizante (0, 250, 500, 750 e 1000 mL planta⁻¹ semana⁻¹) aos 120 DAT, no segundo experimento. Fortaleza, Ceará, 2011



A faixa de teores foliares de micronutrientes do tomate, obtidos por Malavolta *et al* (1989) apresentam como níveis adequados, para Fe (100-300 mg kg⁻¹), Zn (30-100 mg kg⁻¹), Cu (5-15 mg kg⁻¹), Mn (50-250 mg kg⁻¹) e B (30-100 mg kg⁻¹). O teor foliar de ferro encontrou no tratamento B1 (250 mL planta⁻¹ semana⁻¹) a sua maior média, com 580 mg kg⁻¹, restando os demais tratamentos com valores satisfatórios. O zinco obteve resultados em todos os tratamentos das parcelas próximos ao mínimo. Já o cobre, apresentou-se acima da faixa ideal para a cultura. Os micronutrientes manganês e boro, obtiveram médias adequadas aos referenciados pelos autores, entre 87 – 159 e 66 – 147 mg kg⁻¹, respectivamente. O boro excedeu-se no tratamento sem dose de biofertilizante (>100 mg kg⁻¹).

5 CONCLUSÕES

O incremento nas doses de biofertilizante líquido no segundo experimento associado às mudanças nos fatores climáticos externos, que implicaram em alterações no microclima da estufa, influenciou para a obtenção de maiores médias nas variáveis de crescimento de planta, de produção e de qualidade de fruto.

As interações entre os tratamentos de doses de biofertilizantes e lâminas de irrigação foram significativas: nas variáveis de crescimento de planta (altura de planta e diâmetro de caule) em ambos os experimentos; nas variáveis de produção (número e peso de frutos e produtividade) somente no segundo experimento; na variável de produção (diâmetro de fruto) e na variável de qualidade de fruto (°Brix) apenas no primeiro experimento.

O maior crescimento do tomateiro no período de março a junho de 2011 (2º Exp.) provocou nas plantas uma maior demanda nutricional, tendo sido verificados desequilíbrios nas características químicas do substrato do vaso de cultivo e no teor foliar do tomateiro em relação aos macro e micronutrientes ao final do segundo experimento.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: Produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, 2004.
- ANDERSON, F.N.; PETERSON, G.A. Effects of continuous corn (*Zea mays* L.), manuring and nitrogen fertilization on yield and protein content of the grain and on the soil nitrogen content. **Agronomy Journal**, v. 65, p. 697-700, 1973.
- ASSIS, S.V., ESCOBEDO, J.F. Influência do ângulo de elevação solar no albedo da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.) medido em estufas de polietileno, tipo túnel e externamente. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**, 10, 1997. Piracicaba. Anais..Piracicaba: SBA, 1997. p.476-78.
- ATARASSI, R.T. **Modelagem do microclima em casa-de-vegetação**. 2000. 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A. Qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (**Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29**).
- BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**, n. 98 - Autores: FIGUERÊDO, S. F.; AZEVEDO, J. A. de; ANDRADE, L. M. de; JUNQUEIRA, N. T. V. ANDRADE, L. R. M. de; GOMES, A. C. Efeito do Nível de Tensão de Água no Solo e da Fertirrigação Nitrogenada na Produtividade e na Qualidade do Maracujá-doce. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 23p - ISSN 1677-2229.
- BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**, n. 37. MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Tensões-Limite de Água no Solo para o Cultivo do Tomateiro para Processamento Irrigado por Gotejamento. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 17 p. - ISSN 1676-918X; 98.
- BORGES, A.L; SILVA. D.J. **Fertilizantes para fertirrigação**. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 255-264.
- BLANCO, F. F. **Tolerância do tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução do solo e da planta**. 2004. 115f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- BURIOL, G.A. et al. Evaporação d'água em estufas plásticas e sua relação com o ambiente externo: 1 - avaliação com o uso do tanque classe A e o evaporímetro de Piche. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.1, p.35-41, 2001.
- CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2008. 72p.

- CALABRETTA, C.; NUCIFORA, M.T.; FERRO, B.; NATALE, V. New techniques for the cultivation and defence of tomato crops in cold greenhouses in the area Ragusa (Sicily). *Acta Horticulturae*, n.361, p.530-544, 1994.
- 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*, v.23, p.255-259, 2005.
- CAMACHO, M. J.; ASSIS, F. N.; MARTINS, S. R.; MENDEZ, M. E. G. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 3, p. 19 -24, 1995.
- CAMPBELL, C.A.; SCHNITZER, M.; STEWART, J.W.B.; BIEDERBECK, V.O.; SELLES, F. Effect of manure and P fertilizer on properties of a black chernozem in southern saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science*, v.66, p. 601-613, 1986.
- CARRIJO, O. A., *et. al.* Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n.1, jan./mar., 2004.
- CARRIJO, O. A.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação na produção de hortaliças em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n.2, 2002.
Suplemento – 1 CD-ROM.
- CARRIJO, O. A.; SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. **Tendências e desafios da fertirrigação no Brasil**. In: FOLEGATTI, M. V. *Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças*. Guaíba: Agropecuária, 1999, p.155-169.
- CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. Ed. UFV. Viçosa –MG, 2012.
- CIRCULAR TÉCNICA DA EMBRAPA HORTALICAS 10**. Irrigação de hortaliças em solos cultivados sob proteção de plástico. Autores: Osmar Alves Carrijo e Carlos Alberto da Silva Oliveira. Brasília: EMBRAPA-CNPq, 1997. 19p.
- CIRCULAR TÉCNICA DA EMBRAPA HORTALIÇAS 13**. Cultivo Protegido do Tomateiro. Autores: Nozomu Makishima e Osmar Alves Carrijo. ISSN 1415-3033. Dezembro, 1998.
- CIRCULAR TÉCNICA 19**. Embrapa Milho e Sorgo. Métodos e Estratégias de Manejo de Irrigação. ISSN 1679-115. Autores: Morethson Resende; Paulo Emílio Pereira de Albuquerque. Sete Lagoas, MG. Dezembro, 2002.
- CIRCULAR TÉCNICA 32**. Embrapa Meio-Norte. Irrigação e fertirrigação do maracujazeiro. Autores: Valdemício Ferreira de Sousa... [*et al.*]. ISSN 0104-7633. Teresina, PI. Maio, 2001. 46p.
- CIRCULAR TÉCNICA 78**. Produção e uso de biofertilizante em sistemas de produção de base ecológica. ISSN 1981-5999. Autor(es): Márcio de Medeiros Gonçalves; Gustavo Schiedeck; José Ernani Schwengber. Versão on line. Maio.2009. Pelotas, RS.

DE BOODT, M., VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.26, p.37-44, 1972.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Necessidades hídricas das culturas. Trad. H. R. Gheyi, J. E. C. Metri, F. A. V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1997. 204p. (**Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 24**).

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. Yield response to water irrigation and drainage. **Rome: FAO, 1979**.

DUARTE, G. R. B.; SCHÖFFEL, E. R.; MENDEZ, M. E. G.; PAULA, V. A de. Medida e estimativas da evapotranspiração do tomateiro cultivado sob adubação orgânica em ambiente protegido. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, p.563-574, jul / set 2010.

ELOI, W. M. **Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre o cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) em ambiente protegido**. 2007. 110f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

EMBRAPA – Hortaliças. **Aprenda como faz bioativo sólido**. Brasília, Folder, 2007.

EMBRAPA - Informação Tecnológica. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças / editores técnicos, Valdemício Ferreira de Sousa ... [et al.]**. – Brasília, DF :, 2011. 771 p.: il ; 18,5 cm x 25,5 cm. ISBN 978-85-7383-511-3.

EVANGELISTA, A.W.P.; PEREIRA, G.M. Efeito da cobertura plástica de casa-de-vegetação sobre os elementos meteorológicos em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.4, p.952-957, jul./ago., 2001.

FARIAS, J.R.B. *et al.* Efeitos da cobertura plástica sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.1, n.1, p.31-36, 1993.

FELTRIN, D.M.; POTT, C. A.; FURLANI, P.R.; CARVALHO, C.R.L. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p. 17-24, 2005. ISSN 1676-9732.

FERNANDES, A. L. T. **Monitoramento da cultura do crisântemo em estufa através do uso de lisímetro e estação agrometeorológica automatizados**. 1996. 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 564-570, dezembro 2002.

FERREIRA, S. M. R.; QUADROS, D. A. de; FREITAS, R. J. S. de. Classificação do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 584-590, jul./set. 2005.

FERREIRA, M. M. M. *et al.* Qualidade de tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 2, p. 141-145, abr./jun. 2006.

FOLEGATTI, M.V. *et al.* Efeitos da cobertura plástica sobre os elementos meteorológicos e evapotranspiração da cultura do crisântemo em estufa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.2, p.155-163, 1997.

FONTES, P. C. R., *et al.* Produção e qualidade do tomate produzido em substrato, no campo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p. 614-619, jul-set 2004.

FURLAN, RAQUEL APARECIDA. **Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido**. 2001. 146f. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. **Bragantia**, Campinas, v. 56, p. 693-713, 1963

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

GRISA, S. **Cultura do tomateiro: relação entre o uso de biofertilizante e os danos causados pela traça do tomateiro**. 2008. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2008.

HERNÁNDEZ, C. M.; RÍOS, P. C.; DIMAS, N. R. Uso de substratos orgânicos para La producción de tomate em invernadero. **Agricultura Técnica em México**. v. 34, n. 1, p. 69-74, enero-abril, 2008.

ISHIMURA, I., *et. al.* Produção de tomate orgânico com doses de biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, v. 28. 2010.

JARAMILLO, J., *et. al.* **Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas**. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación “La Selva”, 2007.

KALUNGU, J. W. **Respostas do Tomateiro a Diferentes Lâminas de Irrigação, Doses de Potássio e Cobertura de Solo em Ambiente Protegido**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed.). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.139-145.

KIEHL, J.E. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica. Ceres, 1985. 492p.

KÖETZ, M.; MASCA, M. G. C. C.; CARNEIRO, L. C.; RAGAGNIN, V. A.; SENA JÚNIOR, D. G.; GOMES FILHO, R. R. **Caracterização agrônômica e °Brix em frutos de tomate**

industrial sob irrigação por gotejamento no Sudoeste de Goiás. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.4, p.14-22, 2010.

KLOSOWSKI, ELCIO SILVÉRIO. **Determinação do consumo de água em cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em ambiente protegido.** Botucatu, 2001. 82p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

LIMA, M. G. de; LEAL, F. R.; SETÚBAL, J. W. **Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura para o tomateiro em Teresina-PI.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.2, p.29-32, 1994.

LOPES M. C; STRIPARI P. C. 1998. A cultura do tomateiro. In: GOTO R; TIVELLI SW (ed). Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais. São Paulo: UNESP. p. 257-319

LULU, Jorge. **Microclima e qualidade da uva de mesa ‘Romana’ (A 1105) cultivada sob cobertura plástica. 2005.** 114 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas. 2005.

MACÊDO, L. S.; ALVARENGA, M. A. R. **Efeito de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade de frutos de tomateiro em ambiente protegido.** Ciência e Agrotecnologia, v.29, p.296-304, 2005.

MAGGI, M. F. *et al.* Produção de variedades de alface sob diferentes potenciais de água no solo em ambiente protegido. **Irriga**, v. 11, n. 3, p. 415-427, 2006.

MALAVOLTA, E; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações.** São Paulo: Nobel. 199p. 2002.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARTTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos.** Viçosa: UFV, 2006. 328 p.

MARFÁ O; GURI S. 1999. Física de substratos y oxigenación del medio radicular. In: FERNÁNDEZ MF, GOMES IMC (ed). Cultivos sin suelo II. 2.ed. Almería: Dirección General de Investigación y Formación Agraria; FIAPA; Caja Rural de Almería. p.93-106.

MAROUELLI W.A; MEDEIROS MA; SOUZA RF; RESENDE FV. Produção de tomateiro orgânico irrigado por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e consorciado com coentro. **Horticultura Brasileira** 29: 429-434. 2011.

MAROUELLI, WALDIR A.; SILVA, WASHINGTON L. C. **Tensões-Limite de Água no Solo para o Cultivo do Tomateiro para Processamento Irrigado por Gotejamento.** Embrapa Hortaliças. Brasília, DF. 2008.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L. Desenvolvimento de plantas, produção e qualidade de bulbos de alho sob condições de deficiência de água no solo. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 20, n. 3, Set. 2002.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. E OLIVEIRA, C. A da S. **Produção de tomate industrial sob diferentes regimes de umidade no solo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 26(9): 1530-1537, act. 1991.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Ed.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa, 2000. p. 60-71.

MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S.; ASSIS, F.N. de; MENDEZ, M.E.G. **Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira**. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.15-23, 1999.

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

MARTINEZ GARCIA, P.F. **Características climáticas de los invernaderos de plástico**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias – INIA, 1978. 48p. (Hoja Técnica, 19).

MEDEIROS, R. F.; CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, F. O.; RODRIGUES, R. M.; SOUSA, G. G.; DINIZ, A. A. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. v.15, n.5, p.505–511, 2011.

MEDEIROS, J. C.; CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B.; **Cultivo do algodão irrigado**. EMBRAPA ALGODÃO, Sistema de Produção, 2.ed., N. 3. set/2006.

MEIRELLES, L. Produção e comercialização de Hortaliças orgânicas. *Horticultura Brasileira*, v. 1, n. 1, p. 205-210, 1997. (suplemento).

MELO, W. J. de; MELO, G. M. P.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; MELO, V. P. **Experimentação sob condições controladas**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 82p.

MELLO, S. C.; VITTI, G. C. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 200-206, jun. 2002.

MITCHELL, A. E. *et al.* Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 15, p. 6154 -6159, 2007.

MOURA, R. G. **Estudos das radiações solar e terrestre acima e dentro de uma floresta tropical úmida**. Dissertação (mestrado em Meteorologia), INPE. São José dos Campos, 2007.

OLIVEIRA, A. H. V; PURQUERIO, L. F. V; FACTOR, T. L. Absorção de macronutrientes pelo híbrido de tomate Dominador, **Horticultura Brasileira**. 2011.

OLIVEIRA, L. E. M. de. **Análise de crescimento de plantas**. Lavras: UFL, 2002. 72p.

OLIVEIRA, M.R.V. de.; FERREIRA, D.N.M.; MIRANDA, R.G.; MESQUITA, H.R. Estufas, sua importância e ocorrência de pragas. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1992. p.7. (EMBRAPA-CENARGEN. Comunicado Técnico, 11).

PANDORFI, C.G. **Microclima na produção de gérbera em ambiente protegido com diferentes tipos de cobertura**. 2006. 96 f. Tese (Doutorado em Física da Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) **Fertirrigação: cítrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.11-169.

PAPADOPOULOS A. R. **La culture des tomates en serre sur sol et sans sol**. Station de recherches. Harrow (Ontario). ©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1991 N° de cat. A53-1865/1991F ISBN 0-662-96886-7. Impression 1991.

PEDREIRA E. M., *et. al.* **Custo de produção do abacaxi 'pérola' irrigado em condições de risco, no estado da Bahia. Cruz das Almas-BA-Brasil**. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco – Acre, 20 a 23 de julho de 2008.

PEIXOTO, N.; MENDONÇA, J. L.; SILVA, J. B. C. da; BARBEDO, A S. C. Rendimento de cultivares de tomate para processamento industrial em Goiás. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 54-57, mar. 1999.

PENTEADO, S. R. **Cultivo orgânico de tomate**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 214p. 2004.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: EDUR 2004. 192p.

PIRES, R. C. M., *et. al.* Desenvolvimento e produtividade do tomateiro sob diferentes freqüências de irrigação em estufa, **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 228-234. 2009.

PRADOS, N. C.; CAMACHO, J. I. M; CASTILLO, F. B.; GONZÁLES, M. J.; GUTIERREZ DE RAVÉ, E.; RAYA, A.M. CASTIEL, E. F. Necesidades de riego en los invernaderos de Almería. Província de Almería: Caja Rural, 1886. 12p.

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

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Editora Manole LTDA. São Paulo, Brasil. 188 p, 1990.

REIS, L. S.; AZEVEDO, C. A. V.; ALBUQUERQUE, A. W.; S. JUNIOR, J. F. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.4, p.386-391, 2013.

REIS, L. S.; SOUZA, J. L.; AZEVEDO, C. A. V. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 289-296, 2009.

REISSER JÚNIOR, C. **Alterações físicas em ambiente de estufa plástica e seus efeitos sobre as condições hídricas e o crescimento do tomateiro**. 2002. 160f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

REVOREDO, M. D., et. al. **Uso de substrato para o cultivo de hortaliças**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2008.

ROBLEDO, F.P., MARTIN, L.V. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. Madrid: Mundi-Prensa, 1981. 552 p.

RODRIGUES, D. S.; PONTES, A. L.; MINAMI, K.; DIAS, C. T. dos S. Quantidade absorvida e concentrações de micronutrientes em tomateiro sob cultivo protegido. **Scientia Agrícola**, v.59, n.1, p.137-144, jan./mar. 2002.

SANTOS, A. C. V. **Biofertilizante líquido, o defensivo da natureza**. Niterói: Emater-Rio, 1992.

SENTELHAS, P.C.; ANGELOCCI, L.R.; VILLA NOVA, N. **Efeito de diferentes tipos de cobertura em mini-estufas, na atenuação da radiação solar e da luminosidade**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10.1997, Anais... Piracicaba: Sociedade Brasileira de agrometeorologia, 1997, p.479-81.

SILVA J. M. (da) *et al.* **Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.17, n.1, p.40–46, 2013.

SILVA, E. A.; BOLIANI, A. C.; CORRÊA, L. S. Avaliação de cultivares de bananeira (Musa sp) na região de Selvíria-MT. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.101-103, 2006.

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

SOUZA, J. L.; SANTOS, R. H. S. **Produção Classificada e Incidência de Brocas do Fruto em Função de Doses de Biofertilizante Enriquecido, Aplicado Via Solo, no Cultivo Orgânico de Tomate em Estufa**. **Resumo**. Associação Brasileira de Horticultura. 2000.

STAMATO JÚNIOR, R.P. **Condições meteorológicas e consumo de água por mudas cítricas em ambiente protegido**. 2007. 68 f. Dissertação. (Mestrado em Tecnologia de Produção Agrícola). Curso de Pós-Graduação em Agricultura tropical e Sub-Tropical). Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2007.

TAKAZAKI, P. E. Manejo e análise econômica de produção de tomate em estufa. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE TOMATE, 1, 1989, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SOB, 1989. p. 77-87.

TAMISO, L. G. **Desempenho de Cultivares de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sob Sistemas Orgânicos em Cultivo Protegido**. 2005. 101 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

TANAKA, M. T., *et. al.* Efeito da aplicação foliar de biofertilizantes, bioestimulantes e micrinutrientes na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n.2, p. 315-321, 2003.

TOMITA, C.; RESENDE, F.V.; CLEMENTE, F.M.V.T.; AMARO, G.B.; SOUZA, R.B.S. **Aprenda como se faz composto bioativo sólido**. Embrapa Hortaliças, Brasília, , 2007.

VENZON M.; KRÜGER, R. F.; SOTO, A.; TUELHER, E. DE S.; BONOMO, I. S.; FADINI, M. A. M.; FONSECA, M. C. M. **Toxicity of organic farming-compatible products to the coffee leaf miner**. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.48, n.3, p.241-248, mar. 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000300001.

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

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

ZUBA, S. N. **Produtividade e nutrição do tomateiro com fontes alternativas de nutrientes**. 2007. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)-Núcleo de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2007.