

FÁBIO TEIXEIRA DELAZARI

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DO TOMATEIRO NO SISTEMA
VIÇOSA DE TUTORAMENTO EM FUNÇÃO DO ESTADO HÍDRICO-
NUTRICIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014**

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

D343p
2014

Delazari, Fábio Teixeira, 1986-

Produção e qualidade de frutos do tomateiro no sistema
Viçosa de tutoramento em função do estado hídrico-nutricional /
Fábio Teixeira Delazari. – Viçosa, MG, 2014.
ix, 57f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Everardo Chartuni Mantovani.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.50-57.

1. Tomate - Cultivo. 2. Tomate - Qualidade. 3. Tomate -
produção. 4. Plantas - Nutrição. 5. Folha - Nutrição. 6. Irrigação.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Agrícola. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola.
II. Título.

CDD 22. ed. 635.642

FÁBIO TEIXEIRA DELAZARI

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DO TOMATEIRO NO SISTEMA
VIÇOSA DE TUTORAMENTO EM FUNÇÃO DO ESTADO HÍDRICO-
NUTRICIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de julho de 2014

Luiz Fabiano Palaretti

Carlos Nick Gomes

Derly José Henriques da Silva
(Coorientador)

Everardo Chartuni Mantovani
(Orientador)

“...E nunca considerem seu estudo como uma obrigação, mas sim como uma oportunidade invejável de aprender, sobre a influência libertadora da beleza no domínio do espírito, para seu prazer pessoal e para o proveito da comunidade à qual pertencerá o seu trabalho futuro.”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por meio do Departamento de Engenharia Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (Área de Concentração em Recursos Hídricos e Ambientais), pela oportunidade em cursar o Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento de bolsa de estudo.

Ao Prof. Everardo Chartuni Mantovani, pela orientação e conhecimentos transmitidos e por acreditar e incentivar as pessoas.

Aos meus pais, José Geraldo e Maria do Rosário, aos meus irmãos, Janaína e Fabrício, pelo apoio, carinho e incentivo.

À minha família, pelo grande esforço que fizeram para que eu chegasse até aqui.

À minha noiva Carla e toda sua família pelo apoio.

Aos Professores Derly José Henriques da Silva, Silvio Bueno Pereira e Hermínia Emília Prieto Martinez, pelas orientações, ensinamentos e palavras de sabedoria.

Aos professores e funcionários do DEA, pela convivência e apoio no desenvolvimento do Mestrado, em especial aos laboratoristas Chicão e Policarpo.

Aos meus estagiários Gustavo, Luhan, Jeovane e Samuel, pelo apoio e companheirismo nas avaliações experimentais.

Aos funcionários da Horta de Pesquisa da UFV pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos amigos do GESAI (Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada) e NEO (Núcleo de Estudos em Olericultura) pelo auxílio na realização dos trabalhos.

Aos amigos e colegas Leônidas, Enoque, Gláucio, Victor, David, Luan, José Antônio, Luís Paulo, Marcio, Darlan, Silvério e Carlos Nick.

BIOGRAFIA

FÁBIO TEIXEIRA DELAZARI, filho de José Geraldo Delazari e Maria do Rosário Teixeira Delazari, nasceu no dia 10 de fevereiro de 1986, na cidade de Ubá, estado de Minas Gerais, Brasil. Em março de 2007, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, colando grau em novembro de 2012. Durante a graduação, trabalhou com manejo da irrigação em diferentes culturas agrícolas. Foi bolsista de iniciação científica no período de agosto de 2010 a julho de 2012. Participou de vários treinamentos de produtores e profissionais da área agrícola. Iniciou o programa de pós graduação em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa em novembro de 2012, concluindo em julho de 2014.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	VII
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.2. CULTURA DO TOMATEIRO.....	4
2.2. SISTEMA VIÇOSA DE TUTORAMENTO.....	5
2.3. IRRIGAÇÃO E NECESSIDADE HÍDRICA DA CULTURA DO TOMATE.....	6
2.4. ADUBAÇÃO DA CULTURA DO TOMATEIRO.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E DO ENSAIO EXPERIMENTAL.....	10
3.2. OBTENÇÕES DOS DADOS METEOROLÓGICOS.....	12
3.3. TRATAMENTOS.....	13
3.4. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	14
3.5. MANEJO DA IRRIGAÇÃO.....	14
3.6. ADUBAÇÃO.....	17
3.7. VARIÁVEIS AVALIADAS.....	17
3.7.1. Produção.....	17
3.7.2. Eficiência no uso da água (EUA).....	19
3.7.3. Qualidade de frutos.....	19
3.7.4. Estado nutricional.....	23
3.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. CLIMA.....	25
4.2. VARIÁVEIS DE PRODUÇÃO.....	32
4.2.1. Produtividade comercial (PC) e produtividade total (PT).....	32
4.2.2. Produção por planta (PP), produtividade de frutos grandes (PFG), produtividade de frutos médio (PFM) e produtividade de frutos pequenos (PFP).....	34
4.3. EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA (EUA).....	37
4.4. VARIÁVEIS DA QUALIDADE DO FRUTO.....	39
4.4.1. pH, Sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT), Sabor, Firmeza e Licopeno.....	39
4.5. ESTADO NUTRICIONAL DAS PLANTAS.....	41
4.5.1. Concentração de macro e micronutrientes na folha índice.....	41
5. CONCLUSÕES.....	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquematização do Sistema de Tutoramento Viçosa (Adaptado De Antônio, 2013). ...6	6
Figura 2. Área Experimental da Cultura do Tomateiro com o Sistema Viçosa de Tutoramento, Viçosa-MG, 2013/2014.10	10
Figura 3. Bandejas semeadas com a cultura do tomate utilizadas no experimento (a) e estufa para germinação (b).12	12
Figura 4. Produção do tomateiro (a, b), classificação utilizando a régua de classificação (c) e determinação da massa da produção (d).18	18
Figura 5. Processo para determinação da acidez titulável da polpa do fruto do tomateiro, sendo: (a) suco da polpa, (b) pesagem da amostra da polpa, (c) balão com a polpa pesada, (d) retirando 1 ml da solução do balão, (e) colocando o volume da solução em um erlenmeyer, (f) fenolftaleína 1%, (g) adição de duas gotas de fenolftaleína 1%, (h) titulação com naoh 0,005 mol l-1 e (i) solução após titulação.21	21
Figura 6. Temperaturas máxima, média, mínima, mínima crítica, ideal e máxima crítica (a) e precipitação (b) para o período de cultivo do tomate no município de Viçosa-MG.25	25
Figura 7. Radiação solar e radiação solar crítica (a) e evapotranspiração de referência (eto) (b) para o período de cultivo do tomate no município de Viçosa-MG.26	26
Figura 8. Umidade relativa (a) e velocidade do vento (b) para o período de cultivo do tomate no município de Viçosa-MG.26	26
Figura 9. Balanço hídrico para os tratamentos de lâmina de irrigação, (a) 50% e (b) 100%, e limites de armazenamento de água no solo para o manejo da cultura do tomateiro para o primeiro experimento.28	28
Figura 10. Balanço hídrico para os tratamentos de lâmina de irrigação, (a) 150% e (b) 200% e limites de armazenamento de água no solo para o manejo da cultura do tomateiro para o primeiro experimento.29	29
Figura 11. Balanço hídrico para os tratamentos de lâmina, (a) 50% e (b) 100% e limites de armazenamento de água no solo para o manejo da cultura do tomateiro para o segundo experimento.30	30
Figura 12. Balanço hídrico para os tratamentos de lâmina, (a) 150% e (b) 200% e limites de armazenamento de água no solo para o manejo da cultura do tomateiro para o segundo experimento.31	31
Figura 13. Superfície de resposta da produtividade comercial (a) e total (b) da cultura do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação.33	33
Figura 14. Superfície de resposta da produção por planta (a) e produtividade de frutos grandes (b) da cultura do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação.36	36
Figura 15. Superfície de resposta da eficiência no uso da água da cultura do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação.38	38
Figura 16. Superfície de resposta da pH (a) e licopeno (b) da cultura do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação.40	40
Figura 17. Superfície de resposta para o teor de fósforo (P) na folha do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação para o primeiro experimento.43	43
Figura 18. Superfície de resposta para o teor de potássio (K) na folha do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação para o primeiro experimento.44	44
Figura 19. Teor de enxofre (S) na folha de tomateiro em função de lâminas totais de água.46	46
Figura 20. Superfície de resposta para o teor de manganês (Mn) na folha do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação para o primeiro experimento.47	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados das análises física e química do solo da área experimental, Viçosa-MG, 2013/2013	11
Tabela 2. Características do equipamento de irrigação utilizado no experimento, com fabricante, modelo, pressão de serviço (Ps), vazão (q), espaçamento entre gotejador (E_{got}), intensidade de aplicação (Ia) e os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) para os dois experimentos.....	14
Tabela 3. Fases da cultura do tomateiro, duração de cada fase (experimento 1 e 2), coeficiente da cultura (Kc), porcentagem de área molhada (PAM) (experimento 1 e 2) e sombreada (PAS) e profundidade efetiva do sistema radicular (Z)	16
Tabela 4. Classe de tamanho usado na classificação dos frutos do tomateiro	18
Tabela 5. Resumo da análise de variância para as características produtividade comercial (PC) e total (PT), média dos dois experimentos	32
Tabela 6. Resumo da análise de variância para as características produção por planta (PP), produtividade de frutos grandes (PFG), frutos médios (PFM) e frutos pequenos (PFP).....	35
Tabela 7. Resumo da análise de variância para a característica eficiência no uso da água (eua) para os dois experimentos.....	37
Tabela 8. Resumo da análise de variância para as características pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), sabor, firmeza e licopeno.....	39
Tabela 9. Resumo da análise de variância para os macros (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Zn, Cu, B e Mn) para o primeiro experimento.....	42
Tabela 10. Valores médios das concentrações de nitrogênio (N) e fósforo (P), em folhas do tomateiro com lâminas total de água e doses de adubação.....	44
Tabela 11. Valores médios das concentrações de potássio (K) e cálcio (Ca), em folhas do tomateiro com lâminas total de água e doses de adubação.....	45
Tabela 12. Valores médios das concentrações de magnésio (Mg) e enxofre (S), em folhas do tomateiro com lâminas total de água e doses de adubação.....	45
Tabela 13. Valores médios das concentrações de ferro (Fe) e boro (B), em folhas do tomateiro com lâminas total de água e doses de adubação.	47
Tabela 14. Valores médios das concentrações de manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn), em folhas do tomateiro com lâminas total de água e doses de adubação.	48

RESUMO

DELAZARI, Fábio Teixeira, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2014. **Produção e qualidade de frutos do tomateiro no sistema viçosa de tutoramento em função do estado hídrico-nutricional.** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Coorientadores: Derly José Henriques da Silva, Silvio Bueno Pereira e Hermínia Emília Prieto Martinez.

O objetivo do trabalho foi avaliar lâminas de irrigação e doses de adubação para o tomateiro cultivado no sistema Viçosa de tutoramento visando obter a máxima produtividade de frutos comerciais, eficiência no uso de água e qualidade de frutos e a melhor concentração de nutrientes na folha. O experimento foi instalado em duas épocas julho de 2013 e janeiro de 2014 em Viçosa/MG, na área experimental do Departamento de Fitotecnia. Os tratamentos para ambos os experimentos foram quatro lâminas de irrigação L1, L2, L3 e L4 correspondendo a 50, 100, 150 e 200% da irrigação real necessária (IRN) e quatro doses de adubação D1, D2, D3 e D4 correspondendo a 50, 100, 150 e 200% da recomendação (Approach 5th). As variáveis avaliadas foram: produtividade comercial (PC), total (PT), de frutos grandes (PFG), médios (PFM) e pequenos (PFP), produção por planta (PP), eficiência no uso da água (EUA), pH, sólidos solúveis, acidez titulável, sabor, firmeza, licopeno e concentração de nutrientes na folha. Trabalhou-se com os resultados médios dos dois experimentos. Com os resultados obtidos conclui-se que: As maiores PC, PT, PFG e PP de tomate foram obtidas com lâmina de irrigação de 331 mm e adubação de 150%. A maior eficiência no uso da água foi obtida com lâmina de irrigação de 276 mm e dose de adubação de 150%. O máximo teor de licopeno ($85,32 \mu\text{g g}^{-1}$) foi obtido com a lâmina de 331 mm e dose de adubação de 200%. A concentração foliar de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Mn, Zn, Fe, Cu e B) para a máxima produtividade foram de 58,5; 5,5; 29,5; 60,6; 6,3 e 7,7 g kg^{-1} dos macronutrientes e 481,1; 39,4; 273,1; 784,6 e 61,8 mg kg^{-1} dos micronutrientes. A concentração foliar de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Mn, Zn, Fe, Cu e B) para a máxima eficiência no uso da água foram de 36,1; 4,9; 24,0; 63,7; 6,8 e 10,0 g kg^{-1} dos macronutrientes e 643,9; 42,3; 312,3; 809,8 e 56,5 mg kg^{-1} dos micronutrientes.

ABSTRACT

DELAZARI, Fábio Teixeira, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, July, 2014. **Yield and quality of the tomato fruits under Viçosa's staking system as a function of water and nutritional status of the crop.** Adviser: Everardo Chartuni Mantovani. Co-Advisers: Derly José Henriques da Silva, Silvio Bueno Pereira and Hermínia Emília Prieto Martinez.

The reason of this experiment was to evaluate the water rates irrigated and the fertilizer rates applied on the tomato plant, under the Viçosa's staking system, which aimed to obtain the highest yield for the fresh market, maximums on water use efficiency and on the quality of the fruits, and also getting better concentration on nutrients in the tomato leaves. The experiment was installed in two seasons July 2013 and January 2014, both in Viçosa/MG, on the field research center, from the Agronomy Department. The treatments for both experiments were four different water rates irrigated L1, L2, L3 and L4 regarding on 50, 100, 150 and 200% of the real irrigation required by the crop (IRN) and also, four different fertilizer rates D1, D2, D3 and D4 regarding on 50, 100, 150 and 200% from the fertilizer rate recommendation (5^a). The variables evaluated were: commercial production (PC), total yield (PT), big fruits (PFG), medium (PFM) and small fruits (PFP); productivity by the plant (PP), water use efficiency (WUE), pH, soluble solids, titratable acidic, flavor, consistence, lycopene and nutrients concentration in the leaves. It was used the average results from the two experiments. It was concluded after getting the final results, that the highest PC, PT, PFG and PP of the tomato, were obtained with 331 mm of water rate irrigated and 150% of the fertilizer rate recommendation. The highest water use efficiency was obtained with 276 mm of water rate irrigated and 150% of the fertilizer rate. The highest lycopene concentration (85,32 $\mu\text{g g}^{-1}$) was obtained with 331 mm of water rate irrigated and 200% of the fertilizer rate. The macronutrients concentration foliar (N, P, K, Ca, Mg and S) and micronutrients (Mn, Zn, Fe, Cu and B) for the highest crop yield were 58,5; 5,5; 29,5; 60,6; 6,3 e 7,7 g kg^{-1} for the macronutrients and 481,1; 39,4; 273,1; 784,6 e 61,8 mg kg^{-1} for the micronutrients. The macronutrients concentration foliar (N, P, K, Ca, Mg and S) and micronutrients (Mn, Zn, Fe, Cu and B) for the maximum water use efficiency were 36,1; 4,9; 24,0; 63,7; 6,8 e 10,0 g kg^{-1} for the macronutrients and 643,9; 42,3; 312,3; 809,8 e 56,5 mg kg^{-1} for the micronutrients.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é originária da América do Sul, e está amplamente distribuída pelo mundo inteiro. O tomateiro caracteriza-se como uma das principais espécies oleráceas, sendo consumido na forma “*in natura*” ou industrializado. O tomateiro é a segunda hortaliça mais consumida em todo o mundo. Em 2012, a produção mundial de tomate foi de 161,8 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2014).

O consumidor brasileiro prioriza na compra dos produtos hortícolas, a qualidade e aparência do produto. No caso do tomate, aspectos como cor, brilho e, principalmente, tamanho do fruto são relevantes. Tal fato é confirmado pelo acréscimo no preço pago a frutos de maior tamanho e brilho nas Centrais de Abastecimento (CEASAs). Por isso, os agricultores têm buscado alternativas de manejo cultural que contribuam efetivamente, não apenas para o incremento de produtividade, mas também para melhoria da qualidade do produto final.

Uma das formas adotadas pelos produtores para aumentar a produção e qualidade dos frutos, é a mudança no sistema de condução e tutoramento das plantas em campo (GUIMARÃES et al., 2008).

O tutoramento oferece condições de suporte para o desenvolvimento da planta e evita o contado do fruto com o solo, uma vez que a planta não se mantém ereta a partir de determinada altura (SILVA e VALE, 2007).

O tipo de tutoramento utilizado pode alterar a distribuição da radiação solar e a ventilação em torno das plantas (ANDRIOLO, 1999), influenciando a umidade relativa e a concentração de CO₂ entre e dentro das fileiras (GEISENBERG e STEWART, 1986). Ainda, pode influenciar na eficiência de controle de pragas (PICANÇO et al., 1998) e doenças (BOFF et al., 1992).

No Brasil, um dos métodos de tutoramento mais utilizados é o cerca cruzada ou “V” invertido (FONTES e SILVA, 2002). A disposição desse método possui o inconveniente de formar uma câmara úmida sob o “V” invertido. Esta câmara é um

ambiente favorável ao crescimento de patógenos, que estão protegidos da ação dos agrotóxicos, uma vez que estes não penetram adequadamente no interior dessa câmara, aumentando a pressão de inóculo de pragas e doenças (REBELO, 1993).

No tutoramento vertical com fitilho (FONTES et al., 1987) ocorre a otimização da distribuição da radiação solar e ventilação, redução do período de molhamento foliar, aumento da eficiência de aplicação de defensivos e redução dos problemas com pragas e doenças (WAMSER et al., 2008).

Almeida (2012) trabalhando com os sistemas de tutoramento vertical e cerca cruzada propôs um novo sistema para o tutoramento do tomate denominado de sistema Viçosa. Nesse trabalho comparou a produção e a economia, concluindo que o sistema Viçosa foi mais produtivo e mais econômico, em relação aos sistemas tradicionais.

No sistema Viçosa de tutoramento, as plantas são conduzidas com fitilho em uma inclinação de, aproximadamente, 75° em relação ao solo. Os fitilhos são fixados em arames de forma alternada, formando um “V”. Isso se deve a maior densidade de plantas por área, garantida pela arquitetura do sistema e também pela otimização da distribuição da radiação solar e ventilação (ALMEIDA, 2012).

Segundo Ferreira et al. (2003), o crescimento e a produção do tomateiro dependem, também, de adequado suprimento de nutrientes no solo. Sendo assim, para se obter alta produção de frutos comercializáveis é necessário conhecer os seus requerimentos nutricionais (FERREIRA et al., 2003).

Diversos modelos têm sido propostos para prever a resposta das plantas à aplicação de nutrientes e estabelecer as exigências de fertilizantes (GREENWOOD, 2001). No entanto, os modelos necessitam de vários parâmetros fisiológicos e edáficos, nem sempre disponíveis.

A irrigação é um dos fatores mais importantes para produção agrícola de tomate, sendo que o melhor manejo da irrigação reduz a percolação da água, melhora a eficiência e resulta em melhor produção e maior eficiência no uso da água disponível na agricultura irrigada (DENG et al., 2006).

A cultura tem um consumo hídrico acumulado de 400 a 600 mm por ciclo (DOORENBOS e KASSAM, 1979), dependendo da duração do ciclo, demanda evapotranspirométrica da região e da época de plantio. Palaretti (2003) conclui que a lâmina de 696 mm proporcionou maior produtividade e menor incidência de podridão apical para a região de Para de Minas-MG.

Nos cultivos convencionais o sistema de irrigação por gotejamento tende a substituir os outros métodos utilizados. Este sistema é mais operacional, potencial

lucrativo e maior eficiência no uso da água, bem como, adquire uma dimensão ainda maior devido aos conflitos pelo uso de recursos hídricos, cada vez mais frequentes e intensos (SGANZERLA, 1995), necessitando otimização do uso de água e energia.

Marouelli et al. (2001) concluíram que a irrigação por gotejamento aumentou a produtividade e reduziu a percentagem de frutos podres quando comparada com aspersão. Além disso, o gotejamento facilitou o manejo integrado de pragas e doenças e otimizou a aplicação de fertilizantes através da água de irrigação.

Uma boa estratégia de manejo da irrigação é fundamental para economizar água sem, no entanto, pôr em risco o rendimento das culturas (JALOTA et al., 2006; PEREIRA et al., 2009).

O manejo adequado e estratégico da água pode ser feito utilizando-se o índice de eficiência de uso da água para o planejamento e a tomada de decisão da irrigação, aumentando-se, assim, a produtividade das culturas (KARATAS et al., 2009). O uso de informações relacionadas à produtividade e à eficiência do uso da água são importantes para a análise econômica do sistema produtivo, além de auxiliar na economia do uso da água (SANDRI et al., 2007).

A eficiência do uso da água (EUA) relaciona a produção de biomassa e a quantidade de água consumida. Em agricultura irrigada, a elevação e a determinação dos níveis dessa eficiência são bastante complexos e requerem conhecimentos e considerações interdisciplinares; todavia, Dinar (1993) menciona que existem meios para se elevar os valores da eficiência do uso da água, destacando-se, entre esses, o manejo adequado da irrigação. Assim, as pesquisas procuram objetivar altos valores da EUA, mantendo-se altas produtividades (BUZETTI et al., 1993).

O trabalho tem como objetivo avaliar a influência de diferentes lâminas de água e doses de adubação sobre a produção da cultura do tomate no sistema Viçosa de tutoramento. E também avaliar o estado nutricional da cultura do tomateiro, por meio dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) nas folhas da planta.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.2. Cultura do tomateiro

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) pertence à família Solanaceae, tem como centro de diversidade o estreito território limitado, ao norte, pelo Equador, ao sul, pelo norte do Chile, a oeste, pelo Oceano Pacífico e a leste, pela Cordilheira dos Andes (ANDRADE et al., 2009). No México, segundo centro de origem, o tomate passou a ser cultivado e “melhorado”. Na Europa, foi introduzido pelos espanhóis entre os anos de 1523 a 1554, sendo utilizado como planta ornamental.

Os frutos, pelo temor de toxicidade da época, só vieram a ser utilizados na culinária décadas depois (FILGUEIRA, 2003). No Brasil, a introdução do tomate foi feita por imigrantes europeus no final do século XIX (ALVARENGA, 2004).

O tomateiro situa-se entre as hortaliças mais cultivadas no mundo, apresentando área plantada de 4,41 milhões de hectares, com uma produtividade média aproximada de 34,5 toneladas por hectare, atingindo uma produção de 151,69 milhões de toneladas colhidas. O Brasil é o 8º maior produtor mundial dessa hortaliça e o 1º da América Latina, com produção de 4,1 milhões de toneladas em 63,2 mil hectares (AGRIANUAL, 2013).

A produção de tomate vem crescendo ao longo dos anos, sendo esse crescimento impulsionado pelas redes “fast food” e a necessidade de maior rapidez no preparo dos alimentos, que elevaram a demanda por alimentos industrializados ou semiprontos. Recentemente, a demanda por tomate foi reforçada pela busca de alimentos mais saudáveis, favorecendo também o crescimento da venda do produto fresco (CARVALHO e PAGLIUCA, 2007).

O consumo de produtos de tomate fresco ou processado está associado com a diminuição do risco de ocorrência de alguns tipos de câncer e com menor incidência de doenças cardíacas (ELLINGER et al., 2006; WILLCOX et al., 2003). Esses efeitos benéficos foram principalmente atribuídos à atividade antioxidante de produtos à base de tomate, uma vez que o aumento do estresse oxidativo é um fator patogênico comum para

muitas doenças (VISCONTI e GRIECO, 2009). Tomates contem grande variedade de compostos antioxidantes, incluindo a vitamina E, ácido ascórbico, carotenoides, flavonoides e compostos fenólicos (BORGUINI e TORRES, 2009). Entre eles, o licopeno (carotenoide responsável pela cor vermelha de tomates maduros) tem atraído considerável atenção nos últimos anos por seu papel na prevenção de doenças (OMONI e ALUKO, 2005).

2.2. Sistema Viçosa de Tutoramento

Uma das formas de melhoria da qualidade e aparência do tomate produzido é a adoção de técnicas adequadas de manejo da cultura. A principal forma de manejo empregada na cultura do tomateiro é o tipo de tutoramento, que pode alterar a distribuição da radiação solar e a ventilação em torno das plantas (ANDRIOLO, 1999), influenciando a umidade relativa e a concentração de CO₂ entre e dentro das fileiras (GEISENBERG e STEWART, 1986). O tipo de tratamento também pode influenciar na maior ou menor eficiência de controle de pragas (PICANÇO et al., 1998) e doenças (BOFF et al., 1992).

Durante a última década estudos como o trabalho de Marim et al. (2005) foram realizados para associar práticas culturais que, em conjunto, proporcionassem aumento da produtividade e reduzissem os custos de produção do tomateiro. Em conjunto, esses estudos deram origem a um novo sistema de cultivo denominado Sistema Viçosa de tutoramento (ALMEIDA, 2012) (Figura 1). Nesse sistema, as plantas são conduzidas em espaçamento reduzido (0,2 x 2,0 m), tutoradas alternadamente com fitilho, com inclinação de aproximadamente 75° com o solo, sendo necessárias duas fileiras paralelas de arames. Além disso, as plantas são conduzidas com apenas uma haste, retirando-se as inflorescências acima do 8° racemo e removendo a gema apical acima da 12ª inflorescência. O raleio de frutos é feito assim que frutos desuniformes, defeituosos ou com problemas fitossanitários são observados. Ademais, antes da colheita, as folhas abaixo do terceiro cacho são retiradas para reduzir fonte de inóculo de pragas e doenças e melhorar a incidência de luz e aeração ao longo do dossel (ALMEIDA, 2012).

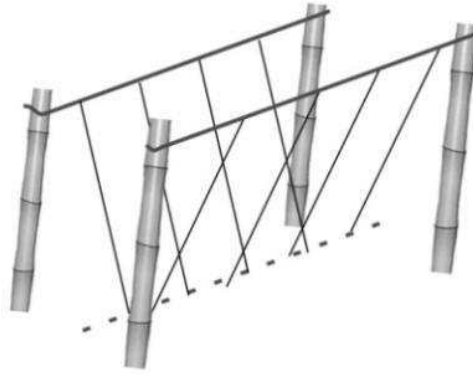


Figura 1. Esquemática do sistema de tutoramento Viçosa (Adaptado de Antônio, 2013).

Almeida (2012) em pesquisas recentes com o sistema Viçosa mostrou a eficiência produtiva e econômica comparativamente aos sistemas. O autor observou-se que o sistema Viçosa proporcionou incrementos de até 61% na produtividade e de 131% produção de frutos grandes, sem afetar o sabor dos frutos.

2.3. Irrigação e necessidade hídrica da cultura do tomate

A necessidade hídrica do tomateiro depende de vários fatores, como as condições climáticas, o sistema de irrigação e a cultivar adotados estão entre 400 a 600 mm (DOORENBOS e KASSAM, 1979). Considerando o sistema de cultivo que adota transplante de mudas, o ciclo de desenvolvimento do tomateiro pode ser dividido em cinco estádios com relação às necessidades hídricas da cultura: I-formação de mudas, II-inicial, III-vegetativo, IV-frutificação, V-maturação. A duração de cada estágio do desenvolvimento depende principalmente do cultivar e das condições climáticas. Para irrigação por gotejamento consideram-se tensões críticas do solo variando entre 30 e 70 kPa (MAROUELLI et al., 2012). Segundo Alvarenga (2000), a demanda máxima de água exigida pelo tomateiro ocorre durante a floração e o crescimento dos frutos.

Dos fatores de produção, a água e os nutrientes são aqueles que limitam a produtividade das culturas com maior intensidade. Desse modo, o controle da irrigação e da fertilidade do solo constitui-se o critério preponderante para garantir altas produtividades. A utilização das funções de resposta permite encontrar soluções úteis na otimização do uso da água e dos fertilizantes na agricultura ou na previsão da produtividade das culturas (FRIZZONE, 1998).

Cultivos de tomateiro submetidos a condições de falta ou excesso de água têm a produtividade e a qualidade de frutos comprometidas (MAROUELLI e SILVA, 2007) e são mais suscetíveis à incidência de doenças e ao ataque de insetos-pragas (LOPES et al., 2006). Existe uma estreita relação entre o aparecimento e o desenvolvimento de algumas doenças no tomateiro e a forma com que a água é aplicada às plantas. As condições que favorecem a maioria das doenças das plantas são a existência de água livre na folha e o alta umidade no solo (ROTEM e PALTÍ, 1969; MAROUELLI et al., 2005). Assim, a irrigação por aspersão pode acentuar a sobrevivência e a dispersão de vários patógenos em razão da água ser aplicada sobre a parte aérea das plantas. Por outro lado, o impacto das gotas de água pode agir na remoção de propágulos de alguns patógenos, como o oídio *Oidium lycopersici* e o *Oidiopsis sicula* (Erysiphaceae), e no desalojamento de esporos fúngicos e de células bacterianas (LOPES et al., 2006).

Os sistemas de irrigação por sulco e por gotejamento minimizam a incidência de várias doenças bacterianas foliares em tomateiro, por não molharem a parte aérea das plantas, mas favorecem as doenças causadas por patógenos de solo, especialmente em condições de drenagem deficiente (MAROUELLI et al., 2005; LOPES et al., 2006). Apesar do sistema de gotejamento ser destacadamente o que possibilita maiores produtividades de frutos, o sistema por sulco é ainda um dos mais adotados no Brasil na produção convencional de tomate de mesa, principalmente devido ao seu baixo custo de implantação (COLETTI e TESTEZLAF, 2003).

2.4. Adubação da cultura do tomateiro

Aplicações de fertilizantes na produção geralmente garantem suprimentos adequados de nutrientes, resultando em boa qualidade e grandes rendimentos agrícolas. São práticas essenciais na produção do tomateiro, dentre outras práticas, um acurado manejo nutricional (MENGEL, 1997).

O tomate é considerado uma das plantas hortícolas com maior demanda de nutrientes, sendo a absorção lenta durante os primeiros estádios de desenvolvimento e mais acentuada durante o estabelecimento e preenchimento do fruto, diminuindo com o processo de maturação.

A quantidade e tipo de nutriente fornecido podem influenciar não apenas na produtividade, mas também na qualidade nutricional, sabor e até mesmo no manejo pós-colheita (MARSCHNER, 1995; PIMENTEL, 2004).

O fornecimento adequado de potássio é importante para o processo de ativação enzimática, fotossíntese e transporte no floema (MARSCHNER, 1995). Esse nutriente não participa da constituição estrutural da planta, mas regula o equilíbrio hídrico, a mobilidade de nutrientes e açúcares nos tecidos das plantas, e participa na síntese de proteínas (MARSCHNER, 1995).

Pode-se destacar, entre os sintomas da deficiência de potássio, a podridão dos frutos e o ataque pelo vírus do mosaico. Uma carência moderada de potássio pode não levar a detecção de sintomas, mas a uma redução no crescimento e na produtividade (COWELL, 2000).

Uma estratégia razoável para o suprimento de Nitrogênio (N) via fertirrigação, seria aplicar um total de 100-180 kg de N por hectare em múltiplas aplicações, concentradas previamente à rápida absorção na fase de produção (HARTZ, 2005). Já o manejo do potássio (K) é uma questão mais complexa. Experimentos em campos convencionais de irrigação têm mostrado uma reposta ineficiente à adubação potássica, quando os níveis de concentração no solo foram superiores a 130 mg kg⁻¹.

Baseados em dados de pesquisa, a resposta em termos de produtividade à adubação potássica pode ser obtida com até 300 mg kg⁻¹ de potássio extraível ou quando este representar menos de 2,5% da capacidade de troca de cátions do solo.

A época mais adequada para aplicação de potássio é durante a formação dos frutos (HARTZ, 2005). Produtividades totais e comerciais de tomate foram encontradas de 86,4 e 73,4 t ha⁻¹ com suprimentos de K de 198 e 194 kg ha⁻¹, respectivamente (FONTES et al., 2000).

O nitrogênio é outro elemento muito requerido pelo tomateiro. No entanto, quando a dose de nitrogênio aplicada é subestimada, terá uma redução na produtividade e, quando a dose é superestimada, ocorrerá aumento nos custos, alterações fisiológicas na planta e impactos ambientais, devido às perdas deste nutriente no ambiente (FONTES e ARAÚJO, 2007).

O crescimento e a produção em resposta ao nitrogênio têm sido muito pesquisados em muitas espécies vegetais cultivadas e algumas silvestres. No tomateiro, a elevação no nível de nitrogênio fornecido às plantas aumenta a massa seca das raízes, do caule, das folhas e dos frutos, a altura da planta, o número de folhas, a área foliar, o florescimento, a frutificação e a produtividade (ANDRIOLO et al., 2004).

De acordo com Huett e Dettmann (1988), sob condições de campo, a nutrição ótima dessa cultura pode ser alcançada quando a quantidade aplicada de fertilizantes

nitrogenados é igual à alta demanda que ocorre durante o período de crescimento dos frutos.

Segundo Zambolin (2001), quando aplicada doses de nitrogênio em abundância no solo, ocorrerá produção de tecidos suculentos e novos, podendo prolongar o estágio vegetativo e retardar a maturidade da planta, criando condições favoráveis ao ataque de patógenos.

Há na literatura trabalhos relacionados ao efeito da disponibilidade de nitrogênio sobre a qualidade do fruto do tomateiro. As principais características a serem consideradas na determinação da qualidade dos frutos são: pH, dose de sólidos solúveis, acidez total titulável, teores de vitamina C e de nitrato, coloração e massa fresca (ANAÇ et al., 1994).

De acordo com Valencia et al. (2003), essas características podem ser alteradas pela fertilização nitrogenada. Estes autores encontraram aumento constante da dose de sólidos solúveis em frutos de tomate com o aumento da quantidade de fertilizante nitrogenado. May e Gonzalez (1994) verificaram que altas doses de fertilizantes nitrogenados proporcionaram baixos valores de pH dos frutos de tomate em relação às doses baixas. Já e Ravinder et al. (2001) constataram ainda que a fertilização nitrogenada pode alterar a acidez titulável dos frutos de tomate e a dose de sólidos solúveis.

Contudo, as dosagens de nitrogênio, empregadas na agricultura em diversos países para o cultivo de hortaliças, poderiam ser reduzidas, sem afetar a produtividade, aproveitando ao máximo a qualidade adquirida no produto final (LE BOT et al., 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área e do ensaio experimental

Os experimentos foram conduzidos na Horta de Pesquisa do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, situada na latitude de 20° 45' S, longitude de 42° 52' W e altitude de 648 m, nos períodos de junho a novembro de 2013 e de janeiro a maio de 2014 (Figura 2).



Figura 2. Área experimental da cultura do tomateiro com o sistema Viçosa de tutoramento, Viçosa-MG, 2013/2014.

A classificação textural dos solos segundo Lemos e Santos, (1996), foram Argila (0-40 cm) para a área do primeiro experimento e Franco-argilo-arenosa (0-20 cm) e Argila-arenosa (20-40 cm) para a área do segundo experimento. As características físico-hídricas e química desses solos são estão na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados das análises física e química do solo da área experimental, Viçosa-MG, 2013/2014

Propriedades físicas do solo																	
Exp	Prof.	CC¹	PMP²	Ds³	Argila	Silte	Areia	Classificação Textural									
-	cm	-----% em peso-----		-- g cm ⁻³ --	-----% -----			-									
1	0-20	45,39	30,91	1,10	41	20	39	Argila									
1	20-40	46,11	33,69	1,16	42	19	39	Argila									
2	0-20	36,08	21,42	1,24	32	5	63	Franco-argilo-arenosa									
2	20-40	35,29	21,57	1,27	37	12	51	Argilo-arenosa									
Propriedades químicas do solo																	
Exp	Prof.	pH H₂O	P	K	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H+Al	T	V	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B
-	cm	-	- mg dm ⁻³ -		----- cmol _c dm ⁻³ -----			%			dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	----- mg dm ⁻³ -----				
1	0-20	5,3	24,6	120	3,1	0,8	0,0	3,96	8,17	52	3,10	34,5	3,4	48,4	46,8	2,3	0,2
1	20-40	5,3	35,8	89	2,9	0,7	0,0	3,47	7,30	52	2,86	34,5	3,3	70,6	56,7	3,2	0,1
2	0-20	5,3	35,1	186	2,3	0,7	0,0	3,80	7,28	48	2,63	35,1	7,0	145,5	71,3	5,0	0,4
2	20-40	5,3	35,1	123	2,6	0,6	0,0	4,13	7,64	46	2,75	33,8	7,2	159,8	73,2	4,8	0,3

¹Umidade na capacidade de campo pelo método padrão da bacia (Bernardo, 2006); ²Umidade no ponto de murcha permanente (tensão de -15 bar); ³Densidade do solo.

P, K, Fe, Zn, Mn e Cu disponíveis extraídos com Mehlich I; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; Acidez potencial a pH 7,0 extraída com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹; B extraído com água quente. Classificação textural segundo a Sociedade Brasileira de Ciências dos Solos (LEMOS e SANTOS, 1996).

As mudas foram produzidas em viveiro local em bandejas de isopor com 128 células preenchidas com substrato comercial de fibra de coco Golden Mix (Amafibra). As mudas foram transplantadas quando possuíam 3 a 4 folhas definitivas (Figura 3). Foi utilizado o híbrido comercial Carina TY (Sakata Seed do Brasil Ltda), de crescimento indeterminado que produz frutos do tipo Santa Cruz. O espaçamento utilizado foi de 0,2 m entre plantas e de 2,0 m entre linhas, com população de 25.000 pl ha⁻¹. Os tratos culturais, tais como, capinas, desbrotas e amarrios foram feitas semanas, bem como o controle de pragas e doenças com aplicação dos inseticidas e fungicidas.



Figura 3. Bandejas semeadas com a cultura do tomate utilizadas no experimento (a) e estufa para germinação (b).

Na área experimental foram instaladas quatorze linhas de cultivo de 14 m de comprimento e área total de 392 m², considerando as linhas das extremidades como bordaduras e as centrais utilizadas para imposição dos tratamentos. As parcelas experimentais possuíam 3 m, sendo compostas por 15 plantas com área total de 6 m², as quatro plantas centrais usadas para as avaliações com área útil de 1,6 m². Foram utilizadas três repetições por tratamento.

3.2. Obtenções dos dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos por meio de uma estação meteorológica automática da marca DAVIS, modelo VANTAGE PRO II, previamente instalada na área experimental (Figura 3). A mesma possui sensores que fornecem dados horários de temperatura (°C), umidade relativa (%), velocidade do vento (m s⁻¹), radiação solar (W

m⁻² dia⁻¹) e precipitação (mm). As informações foram utilizadas no manejo da irrigação da cultura do tomateiro.

3.3. Tratamentos

Foi avaliado o efeito de lâminas de irrigação e doses de adubação na produção e na qualidade do fruto do tomateiro no sistema Viçosa de tutoramento. Os tratamentos estão descritos a seguir:

- ✓ **Lâmina 1 (L1)** – Aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 50% da irrigação real necessária (IRN) pela cultura;
- ✓ **Lâmina 2 (L2)** – Aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 100% da irrigação real necessária (IRN) pela cultura;
- ✓ **Lâmina 3 (L3)** – Aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 150% da irrigação real necessária (IRN) pela cultura;
- ✓ **Lâmina 4 (L4)** – Aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 200% da irrigação real necessária (IRN) pela cultura.

Para a aplicação das diferentes lâminas de irrigação requeridas, utilizou-se variação no número de linhas de irrigação por linha de plantas.

- ✓ **Adubação 1 (D1)** – Aplicação da dose de adubação correspondentes a 50% da recomendação da 5^a Aproximação analisando o solo (RIBEIRO et al., 1999);
- ✓ **Adubação 2 (D2)** – Aplicação da dose de adubação correspondentes a 100% da recomendação da 5^a Aproximação analisando o solo (RIBEIRO et al., 1999);
- ✓ **Adubação 3 (D3)** – Aplicação da dose de adubação correspondentes a 150% da recomendação da 5^a Aproximação analisando o solo (RIBEIRO et al., 1999);
- ✓ **Adubação 4 (D4)** – Aplicação da dose de adubação correspondentes a 200% da recomendação da 5^a Aproximação analisando o solo (RIBEIRO et al., 1999);

Para a aplicação das doses de adubação para cada tratamento foi utilizado a fertirrigação. A linha de fertirrigação foi instalada independente das linhas de irrigação.

3.4. Sistema de irrigação

A cultura foi irrigada por gotejamento (Tabela 2). Para a avaliação da eficiência de aplicação do sistema de irrigação, foram realizadas amostragens segundo o método proposto por Keller e Karmeli (1975), que consiste na estimativa das vazões de quatro emissores ao longo da linha gotejadora (início, 1/3, 2/3 e final) em quatro linhas (início, 1/3, 2/3 e final). Os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e o de distribuição (CUD) foram calculados conforme descritos por Bernardo et al. (2006).

Tabela 2. Características do equipamento de irrigação utilizado no experimento, com Fabricante, modelo, pressão de serviço (PS), vazão (Q), espaçamento entre gotejador (E_{got}), intensidade de aplicação (Ia) e os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) para os dois experimentos

Exp.	Fabricante/Modelo	PS ¹	Q ²	E_{got} ³	E_{LL}	Ia ⁴	CUC	CUD
(-)	(-)	(mca)	(L h ⁻¹)	(m)	(m)	(mm h ⁻¹)	(%)	(%)
1	NaanDanJain/TalDrip	9	1,39	0,30	2,00	2,32	96,1	93,8
2	NaanDanJain/TalDrip	9	1,10	0,30	2,00	1,83	97,8	96,0

¹pressão de serviço, ²vazão do gotejador, ³espaçamento entre gotejador, ⁴intensidade de aplicação.

3.5. Manejo da irrigação

Os tratamentos de lâmina de irrigação foram utilizados a irrigação real necessária (IRN), que é definido pela equação (1).

$$IRN = \left(\frac{CC - PMP}{10} \right) \times D_s \times f \times Z \times \frac{PAM}{100} \quad \text{Eq.1}$$

em que, IRN é irrigação real necessária, em mm; CC, capacidade de campo, em %; PMP, ponto de murcha permanente, em %; D_s , densidade do solo, em g cm⁻³; f , fator de disponibilidade hídrica, adimensional; Z , profundidade radicular efetivo; PAM, porcentagem de área molhada, em %.

No manejo da lâmina de irrigação utilizou-se a frequência de molhamento de 2 a 3 dias, sendo que a demanda foi calculada pela estimativa da Evapotranspiração da cultura (ETc) e com as respectivas checagens em campo da umidade do solo.

A partir dos dados climáticos obtidos pela estação meteorológica, o manejo da irrigação foi gerenciado pelo programa computacional IRRIPLUS (2008). O programa consiste num sistema de apoio e tomada de decisão para culturas irrigadas, o qual é dividido em módulos voltados para o manejo de diversos tipos de lavouras. O programa determina em tempo real o balanço hídrico através da integração dos dados de solo, água, planta, equipamento e clima, gerando as necessidades hídricas das culturas (lâmina de irrigação).

Determinou-se a demanda hídrica do tomateiro utilizando-se coeficientes de ajuste sobre a evapotranspiração de referencia (ETo). A lâmina bruta de irrigação foi calculada por meio de um balanço hídrico, em que as entradas de água foram a irrigação e precipitação pluvial efetiva e as saídas, a ETc e percolação além da profundidade considerada para o sistema radicular. Utilizou-se a equação (2), proposta por Doorenbos e Pruitt (1977), modificada por Mantovani e Costa (1998), para se estimar a evapotranspiração da cultura.

$$ETc = ETo \times Kc \times Ks \times Kl \quad \text{Eq.2}$$

em que, ETc é evapotranspiração da cultura, em mm d⁻¹; ETo, evapotranspiração de referência, em mm d⁻¹; Kc, coeficiente de cultura, adimensional; Ks, coeficiente de estresse hídrico, adimensional; Kl, coeficiente de localização, adimensional.

O método de estimativa da ETo utilizado pelo software IRRIPLUS, de acordo com os elementos meteorológicos disponíveis, foi o modelo de Penman-Monteith-FAO 56 (ALLEN et al., 1998).

O valor do coeficiente de estresse (Ks) foi calculado utilizando-se o modelo logarítmico proposto por Bernardo et al. (2006), empregando-se a equação (3).

$$Ks = \frac{\ln(LAA + 1)}{\ln(CTA + 1)} \quad \text{Eq. 3}$$

em que, Ks é coeficiente de estresse; LAA, lâmina atual de água no solo, em mm; CTA, capacidade total de água no solo, em mm.

O valor do coeficiente de localização de irrigação (KI) foi calculado em função da porcentagem de área molhada ou sombreada. Foi utilizado o modelo proposto por Keller e Bliesner (1990), conforme a equação (4).

$$KI = 0,1\sqrt{P} \quad \text{Eq.4}$$

em que, KI é coeficiente de localização de irrigação, adimensional; P, porcentagem de área molhada ou sombreada (%). Utiliza-se sempre o maior valor de P.

A primeira fase iniciou-se logo após o transplante de mudas estendendo-se até próximo de 10% de área sombreada, o que correspondeu a um período de 19 e 9 dias para o primeiro e o segundo experimento, respectivamente. A segunda fase, teve duração de 31 e 15 dias, e foi finalizada quando cerca de 75% da área estava coberta pela cultura. A terceira fase da cultura iniciou-se quando 75% da área se encontrava sombreada (ALLEN et al., 2006) e estendeu-se até o início da colheita dos frutos, tendo duração de 45 e 30 dias, respectivamente. A última fase correspondeu a um período de 57 e 62 dias, até o fim da colheita da cultura.

Na Tabela 3 são apresentadas as fases da cultura, a duração em dias, os valores dos coeficientes de cultura (Kc), porcentagem de área molhada (PAM) e sombreada (PAS) e profundidade efetiva do sistema radicular (Z).

Tabela 3. Fases da cultura do tomateiro, duração de cada fase (experimento 1 e 2), coeficiente da cultura (Kc), porcentagem de área molhada (PAM) (experimento 1 e 2) e sombreada (PAS) e profundidade efetiva do sistema radicular (Z)

Fase	Duração (Dias)	Kc (-)	PAM (%)	PAS (%)	Z (m)
Pegamento	19 (9) ¹	0,60	30 (46,8) ²	05	0,15
Desenvolvimento	31 (15) ¹	0,90	30 (46,8) ²	25	0,20
Produção	45 (30) ¹	1,20	30 (46,8) ²	65	0,40
Colheita	57 (65) ¹	0,90	30 (46,8) ²	60	0,40

¹Duração de cada fase para o segundo experimento; ²porcentagem de área molhada (PAM) do segundo experimento. Os demais valores das variáveis são iguais para ambos os experimentos.

3.6. Adubação

A correção da acidez do solo e adubação foi executada com base na 5ª Aproximação para recomendação de uso de fertilizantes para o Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al.,1999). Não foi colocado adubo de plantio e a correção do pH foi feita uma semana antes do transplântio das mudas, foi aplicado o equivalente a 410 e 395 kg ha⁻¹ do calcário dolomítico (PRNT=85%), incorporado na profundidade de 20 cm para o primeiro e segundo experimento, respectivamente. Todo adubo foi colocado em aplicação gradativa via fertirrigação desde a primeira semana de transplântio através de um injetor de fertilizantes do tipo venturi instalado na tubulação de irrigação. Para o primeiro experimento a dose total de fertilizantes foi parcelada em 16 adubações que se iniciaram no dia 28 de junho e terminaram no dia 11 de outubro. Empregaram-se 226 kg ha⁻¹ de N (MAP e Nitrato de cálcio), 463 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (MAP) e 470 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl). Para o segundo experimento procedeu-se da mesma forma, com início no dia 28 de fevereiro e final no dia 13 de maio, Neste segundo experimento a dose foi de 252 kg ha⁻¹ de N (MAP e Nitrato de cálcio), 600 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (MAP) e 514 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl).

3.7. Variáveis avaliadas

A avaliação quantitativa da produtividade foi realizada por meio de colheitas semanais com duração de aproximadamente 60 dias, visando analisar o efeito dos tratamentos foram avaliadas as seguintes características agrônômicas: produtividade comercial (PC), total (PT), produção por planta (P/P), produtividade frutos grandes (PFG), médio (PFM) e pequeno (PFP). Para a qualidade de frutos foram avaliados nos frutos do quinto racemo (cacho): Acidez total dos frutos (pH), sólidos solúveis dos frutos (°BRIX), acidez titulável dos frutos (ATT), qualidade organoléptica dos frutos (SABOR), resistência ao amassamento (FIRMEZA) e licopeno.

3.7.1. Produção

Foram utilizadas as quatro plantas centrais de cada repetição para a realização da colheita dos frutos. Os frutos foram colhidos semanalmente, pesados e classificados

segundo normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA (2002) como na Figura 4.

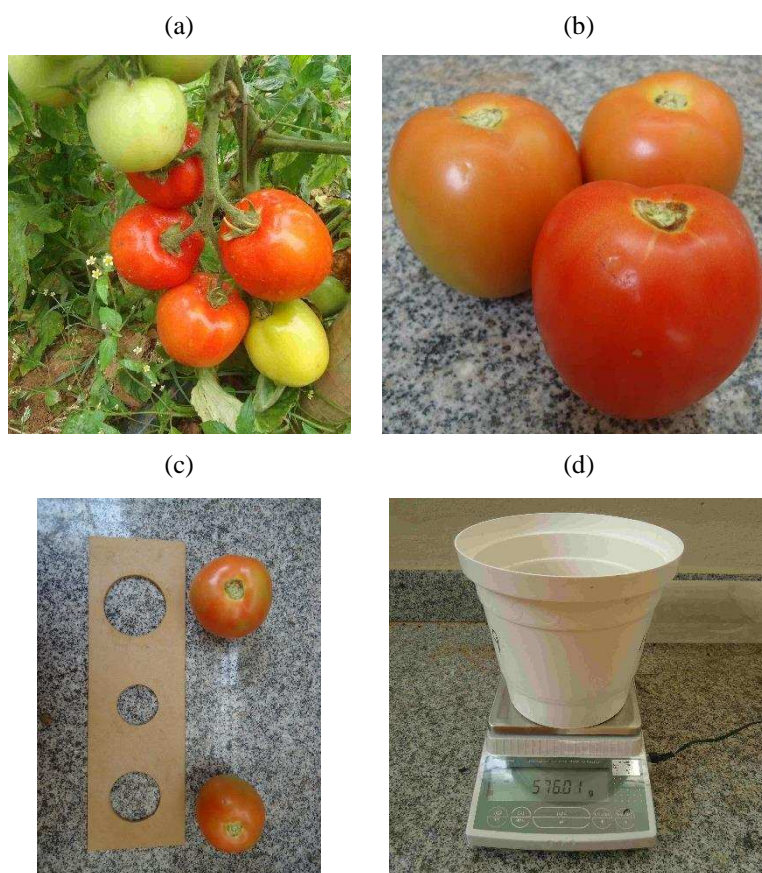


Figura 4. Produção do tomateiro (a, b), classificação utilizando a régua de classificação (c) e determinação da massa da produção (d).

a) Produção de frutos grandes (PFG), médios (PFM) e pequenos (PFP).

A Tabela 4 foi utilizada para classificação da produção de frutos grandes, médio e pequeno em $t\ ha^{-1}$.

Tabela 4. Classe de tamanho usado na classificação dos frutos do tomateiro

Classe do fruto	MDT¹ (mm)
Grande	> 60
Médio	50 e 60
Pequeno	40 e 50

¹Maior diâmetro transversal (MDT).

b) Produção comercial (PC)

A produção comercial ($t\ ha^{-1}$) é a soma da produção de frutos grandes, médios e pequenos expresso em $t\ ha^{-1}$.

c) Produção total (PT)

A produção total ($t\ ha^{-1}$) é a soma da produção comercial (PC) e a produção de frutos com defeitos (PFD).

d) Produção por planta (P/P)

A produção por planta ($kg\ planta^{-1}$) é a produção de frutos comerciais por planta, obtida por meio da razão entre a produtividade de frutos comerciais ($t\ ha^{-1}$) e a população de plantas ($25.000\ plantas\ ha^{-1}$)

3.7.2. Eficiência no uso da água (EUA)

A eficiência no uso da água (EUA) foi definida pela relação entre a produção comercial (PC) e a quantidade de água aplicada (L), expressa em $kg\ m^{-3}$ (Equação 5).

$$EUA = \frac{PC}{L} \quad \text{Eq.5}$$

em que, EUA é a eficiência no uso da água, $kg\ m^{-3}$; PC, produção comercial, kg e L lâmina total aplicada (Irrigação + Precipitação efetiva).

3.7.3. Qualidade de frutos

Para avaliar a qualidade de frutos foram coletados frutos completamente maduros do quinto racemo (cacho). Foram retiradas partes de quatro frutos e levadas ao

liquidificador para ser trituradas. O suco da polpa foi utilizado para determinar o pH, acidez Titulável (AT), Sólidos Solúveis (SS) e Licopeno.

a) Acidez total dos frutos (pH)

O pH da polpa foi avaliado com o auxílio de pHmetro da marca Hanna Instruments e modelo pH 21.

b) Sólidos solúveis dos frutos (SS)

Os sólidos solúveis (SS) foram avaliados sem diluição, através de um refratrômetro digital da marca Hanna Instruments modelo HI 96801.

c) Acidez titulável dos frutos (AT)

Para quantificar acidez titulável, expressa em % de ácido cítrico, colocaram-se aproximadamente 5 g da polpa de tomate triturado em um balão volumétrico de 100 mL e completou-se com água destilada. Desta solução pipetaram-se 10 mL em um Erlenmeyer e adicionaram-se duas gotas do indicador fenolftaleína 1% e fizeram-se a titulação utilizando NaOH 0,005 mol L⁻¹ (Figura 5).

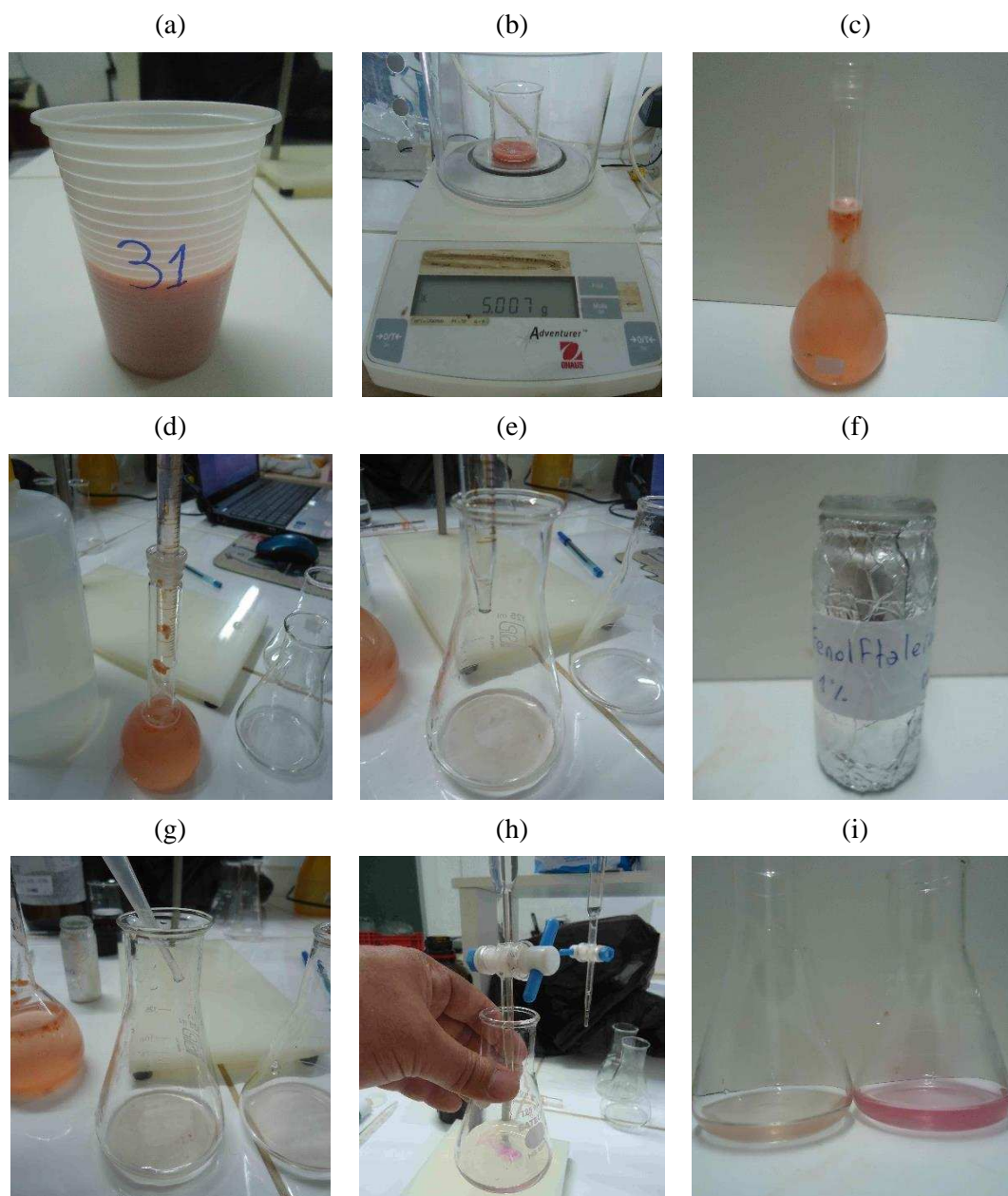


Figura 5. Processo para determinação da acidez titulável da polpa do fruto do tomateiro, sendo: (a) suco da polpa, (b) pesagem da amostra da polpa, (c) Balão com a polpa pesada, (d) retirando 1 mL da solução do balão, (e) colocando o volume da solução em um Erlenmeyer, (f) fenolftaleína 1%, (g) adição de duas gotas de fenolftaleína 1%, (h) titulação com NaOH 0,005 mol L⁻¹ e (i) Solução após titulação.

d) Qualidade organoléptica dos frutos (SABOR)

Para a determinação do sabor utilizou-se a relação sólidos solúveis (SS)/acidez titulável (AT) (KADER et al., 1978).

e) Resistência ao amassamento (FIRMEZA)

Foi determinada utilizando penetrômetro de bancada Soilcontrol/USA, modelo PDF-200, com ponteira de 8 mm. Foram feitas duas leituras em pólos opostos na região equatorial do fruto no total de quatro frutos maduros, com coloração vermelha em toda a superfície, avaliada por parcela, após a remoção do epicarpo, sendo os resultados expressos em Newton (N).

f) Licopeno

A concentração de licopeno nos frutos foi obtida por análise espectrofotométrica. Após o descongelamento da polpa, foram tomadas amostras de 5,0 g. Em almofariz de porcelana macerou-se a amostra com 15 ml de acetona por cinco (05) minutos e filtrou-se em funil de Buchner a vácuo. Repetiu-se essa operação mais quatro vezes, até que todo o resíduo se tornasse incolor. No funil de separação foram adicionados 25 ml de éter de petróleo. Os pigmentos foram então transferidos, em pequenas frações, seguidas de água destilada, para o funil de separação, descartando-se a fase inferior. As amostras foram lavadas por mais quatro a cinco vezes para remoção total da acetona. A solução dos pigmentos em éter de petróleo foi transferida para um balão volumétrico completando-se o volume para 25 ml com éter de petróleo. A leitura no espectrofotômetro (BEL PHOTONICS, SP1105) foi feita no comprimento de onda de 470 nm (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). Para fazer a leitura no espectrofotômetro a absorvância foi ajustada no intervalo de 0,2 a 0,8 como para o tomate onde a concentração de licopeno contido no balão de 25 mL ultrapassaria o limite superior teve a necessidade de diluição, pipetando aproximadamente 0,5 mL para um balão menor de 5 ou 10 mL e completando o volume com éter de petróleo e assim feito a leitura. O teor de licopeno foi obtido pela equação 6.

$$\mu\text{g} / \text{g} = \frac{A \times V \times 10.000 \times D}{m \times E_{1\text{cm}}^{1\%}} \quad \text{Eq. 6}$$

em que, A é absorvância da solução no comprimento de onda de 470 nm; V , volume final da amostra; D , diluição da amostra; m , massa da amostra, em g; $E_{1\text{cm}}^{1\%}$, coeficiente de absorvância molar específico, que para licopeno em éter de petróleo utiliza-se o valor de 3450 (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

3.7.4. Estado nutricional

Estabeleceu-se como folha índice neste trabalho a folha imediatamente abaixo do cacho, por ocasião da colheita do primeiro fruto maduro Cardoso (2007).

O material amostrado foi lavado em água deionizada e seco em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, até peso constante. Em seguida, o material foi moído em moinho tipo Wiley equipado com peneira de 20 mesh. O nitrogênio foi dosado nas formas nítrica e amoniacal. Para a determinação do nitrato utilizou 0,1 g de matéria seca e 10 mL de água destilada. A mistura foi levada a banho-maria a 45 °C por uma hora para a extração. Após a extração, foi adicionado, por meio de medida calibrada, 0,5 g de carvão ativado por amostra para a obtenção de extratos incolores. Após agitação e repouso de 10 minutos, o material foi filtrado em papel-filtro quantitativo de filtragem lenta. Alíquotas de 0,2 mL de extrato receberam 0,8 mL de solução de ácido salicílico ($\text{HC}_7\text{H}_5\text{O}_3$) 50 g L⁻¹ em H_2SO_4 concentrado e 19 mL de NaOH 2 mol L⁻¹ e em seguida foi feita a leitura da absorvância a 410 nm. Os resultados foram convertidos em teores de N – NO_3 na matéria seca das plantas, com o auxílio de uma curva de calibração preparada a partir de soluções diluídas de NaNO_3 , que receberam o mesmo tratamento dado às amostras (CATALDO et al., 1975).

Para a determinação do amônio ($\text{N} - \text{NH}_4^+$) utilizou-se 0,1 g de matéria seca e 1 mL de ácido sulfúrico (digestão sulfúrica). A dosagem foi feita em um tubo adicionando 1 mL do extrato (Digestão Sulfúrica) mais 19 mL de água destilada, mais 2,5 mL de Tartarato de Sódio 10%, mais 2,5 mL de Reagente de Nessler. E por último as leituras foram feitas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 480 nm (TEDESCO et al., 1995). Os elementos P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn e Cu foram analisados após a mineralização pela digestão nítrico-perclórica. O P foi dosado colorimetricamente, pelo

método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C conforme Braga & Defelipo (1974); o K, determinado em fotômetro de emissão de chama; o Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu, por espectrofotometria de absorção atômica e o S, determinado por turbidimetria do sulfato (BLANCHAR et al., 1965). O B foi determinado colorimetricamente pelo método da Azometina H (WOLF, 1974), após a mineralização por via seca em mufla a 550 °C. O P, S e B foram determinados em espectrofotômetro. O Ca, Mg e micronutrientes determinados em espectrofotômetro de absorção atômica.

3.8. Análise estatística

O experimento foi delineado em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas a lâminas de irrigação (L1, L2, L3 e L4) e as subparcelas as doses de adubação (D1, D2, D3 e D4), no delineamento em blocos casualizado (DBC), com três blocos. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. Para a lâmina de irrigação e dose de adubação os modelos de regressão foram escolhidos pela significância da regressão utilizando o teste t a 1 a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Clima

Durante os ciclos da cultura as médias das temperaturas máxima, média e mínima foram, 26,9; 20,0 e 14,7 °C (Figura 5). A precipitação pluvial total para os dois experimentos foram 257,4 e 315,4 mm, respectivamente (Figura 6). Giordano e Silva (2000) citam que, embora o tomateiro seja uma planta muito exigente em água, excessos de chuva podem limitar o cultivo desta hortaliça, principalmente pelo favorecimento de doenças.

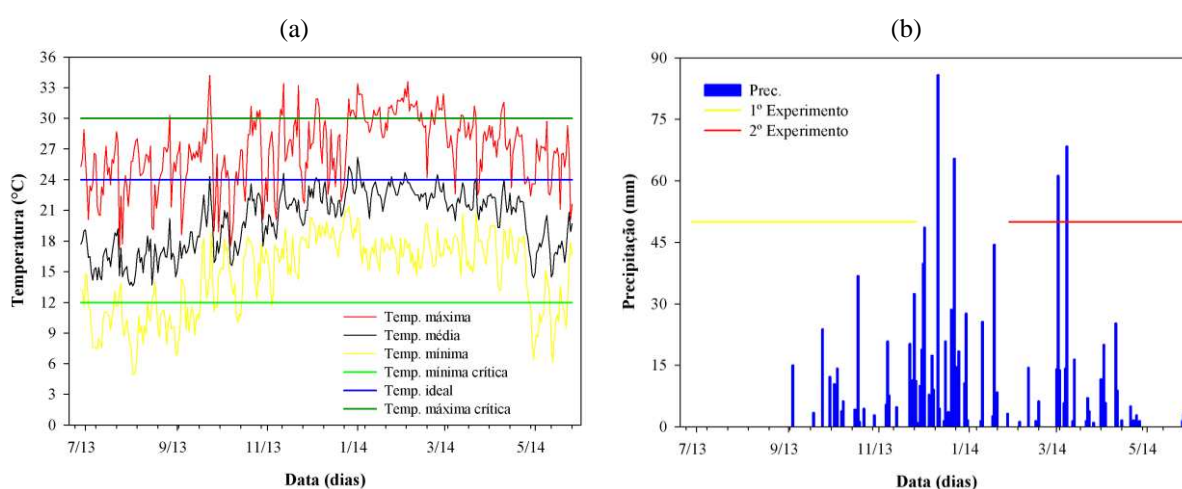


Figura 6. Temperaturas máxima, média, mínima, mínima crítica, ideal e máxima crítica (a) e precipitação (b) para o período de cultivo do tomate no município de Viçosa-MG.

Segundo Marouelli e Silva (2000), a temperatura média ideal de cultivo do tomateiro deve ser entre 21 e 24 °C, mas a cultura tolera amplitude de 10 a 34 °C. Contudo, quando o tomateiro é submetido a temperaturas médias inferiores a 12 °C, o seu crescimento é reduzido expressivamente, sendo que com temperaturas médias superiores a 30 °C podem ocorrer problemas com abortamento de flores e produção de frutos com problemas de escaldadura. As condições térmicas, temperaturas máximas, médias e

mínimas, ao longo do cultivo do tomateiro neste experimento se mantiveram dentro das consideradas ideais para a cultura (MAROUELLI e SILVA, 2000).

As médias da radiação solar e evapotranspiração de referência no período foram de $16,8 \text{ MJ m}^{-2}$ e $3,1 \text{ mm}$, respectivamente (Figura 7). Segundo Andriolo (2000), para a cultura do tomateiro, o nível de radiação solar em que a planta produz o mínimo de fotoassimilados necessários à sua manutenção é de aproximadamente $8,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, e como é visualizado na Figura 7 somente em alguns dias a radiação ficou a baixo da radiação crítica.

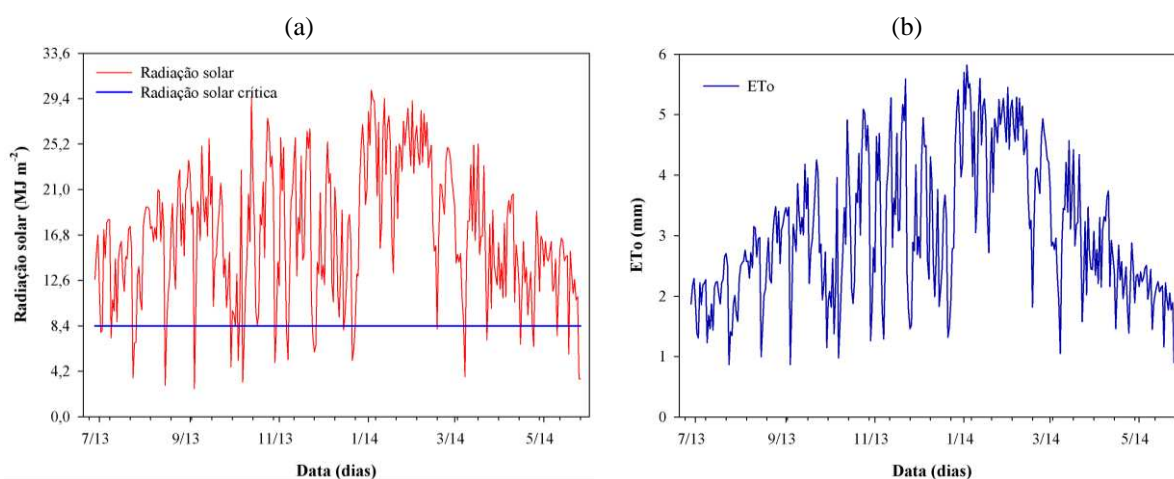


Figura 7. Radiação solar e radiação solar crítica (a) e evapotranspiração de referência (ETo) (b) para o período de cultivo do tomate no município de Viçosa-MG.

As médias de umidade relativa do ar e velocidade do vento no período foram de 84% e $0,44 \text{ m s}^{-1}$, respectivamente (Figura 8).

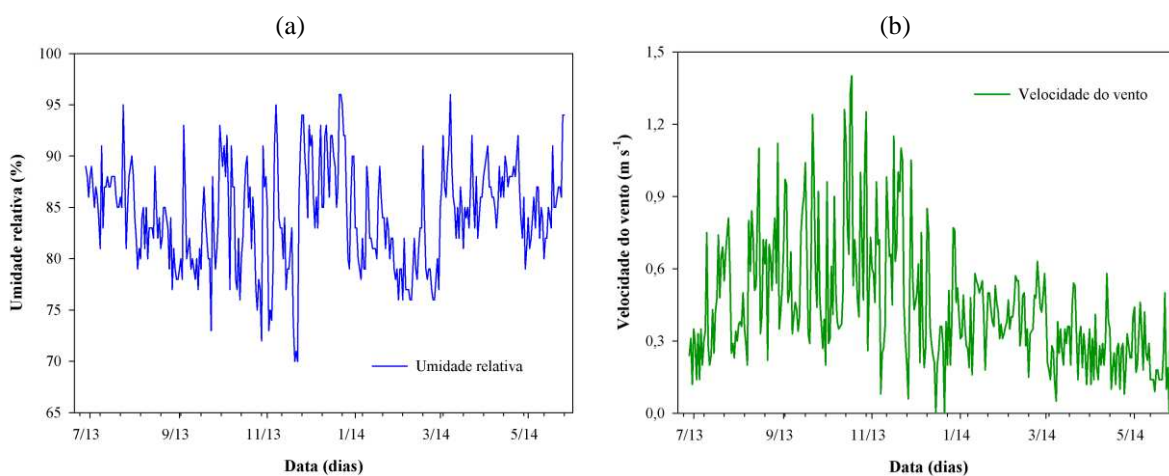


Figura 8. Umidade relativa (a) e velocidade do vento (b) para o período de cultivo do tomate no município de Viçosa-MG.

A soma térmica acumulada para cultura do tomateiro (GDA) foram calculados de acordo com a metodologia proposta por Arnold (1959), onde foi acumulada a diferença entre temperatura média diária e temperatura basal do tomateiro. A temperatura basal considerada foi de 10 °C (INFELD et al., 1998). A utilização de graus dias em olerícolas é de fundamental importância para minimizar os erros associados à variabilidade na duração dos estádios de desenvolvimentos (PALARETTI, 2003).

Os tratamentos com lâminas de irrigação foram iniciadas 19 dias após o transplante (DAT), após o termino da fase de pegamento e com GDA de 119 °C. Para a segunda (desenvolvimento), terceira (produção) e quarta (colheita) fases os GDA foram de 187, 355 e 585 graus dias.

A duração dos estádios fenológicos e as necessidades hídricas das culturas são variáveis, dependendo principalmente das condições climáticas do local e da duração do ciclo da cultura (DOORENBOS e KASSAM, 2000; DUARTE, 1989). No presente trabalho, adotaram-se quatro estádios no estudo fenológico da cultura, iguais aos encontrados em Marouelli e Silva (2000).

Nas Figuras 9, 10, 11 e 12 são apresentados os balanços hídricos, os limites superior (capacidade de campo) e inferior (ponto de murcha permanente), a precipitação, a irrigação, excesso de irrigação, fator de disponibilidade hídrica (f) (40%) e a umidade do solo para os tratamentos no primeiro e segundo experimentos.

O resultado do manejo da irrigação foi satisfatório para o segundo experimento (Figura 8), uma vez que a lâmina de 100% manteve a umidade próxima à capacidade de campo. Já para o primeiro experimento houve alguns pontos em que a umidade ficou abaixo da umidade de segurança, devido a necessidade de ajuste dos graus dias para cada fase da cultivar. A correção foi feita com coletas de solo, determinando-se a umidade pelo método padrão de estufa em que se o solo coletado é pesado e levado a estufa a 105 °C por 24 horas.

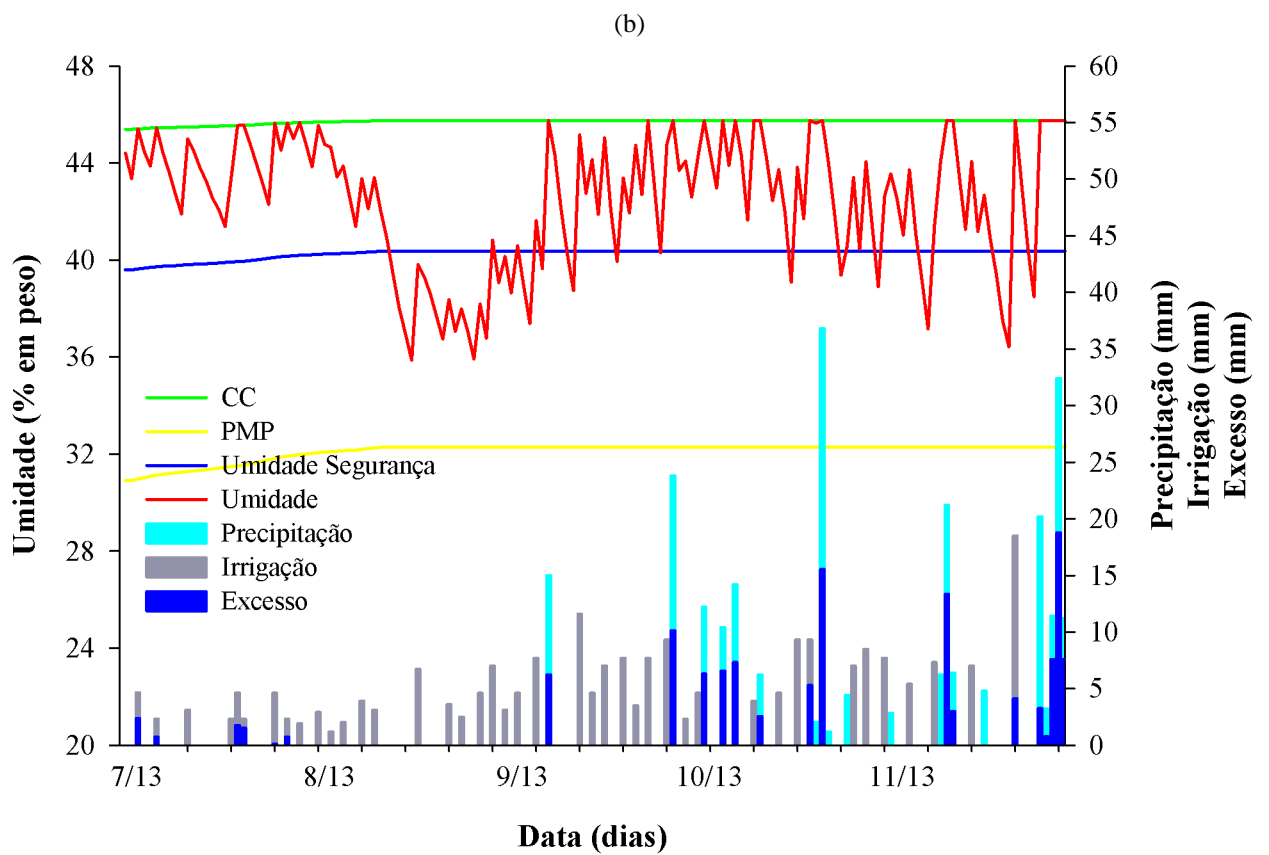
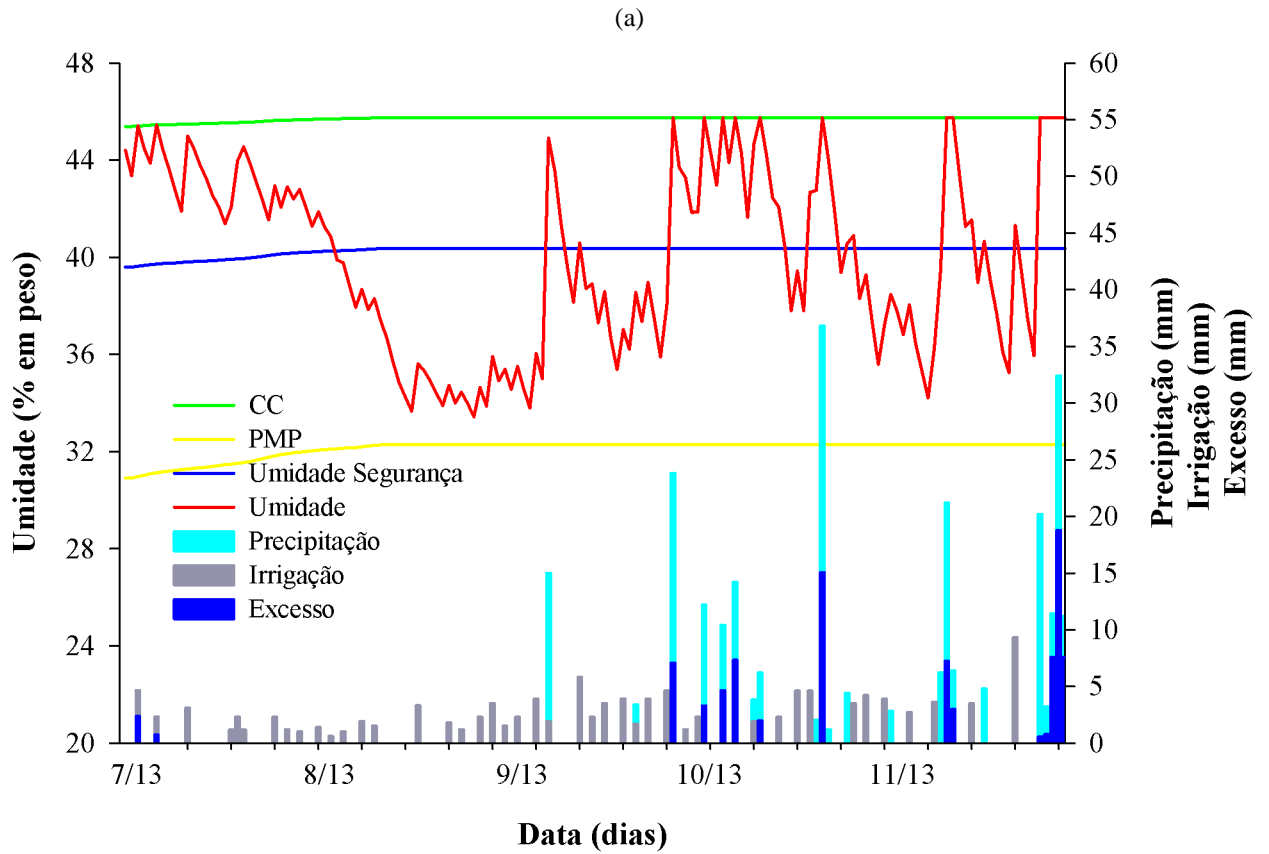


Figura 9. Balanço hídrico para os tratamentos de lâmina de irrigação, (a) 50% e (b) 100%, e limites de armazenamento de água no solo para o manejo da cultura do tomateiro para o primeiro experimento.

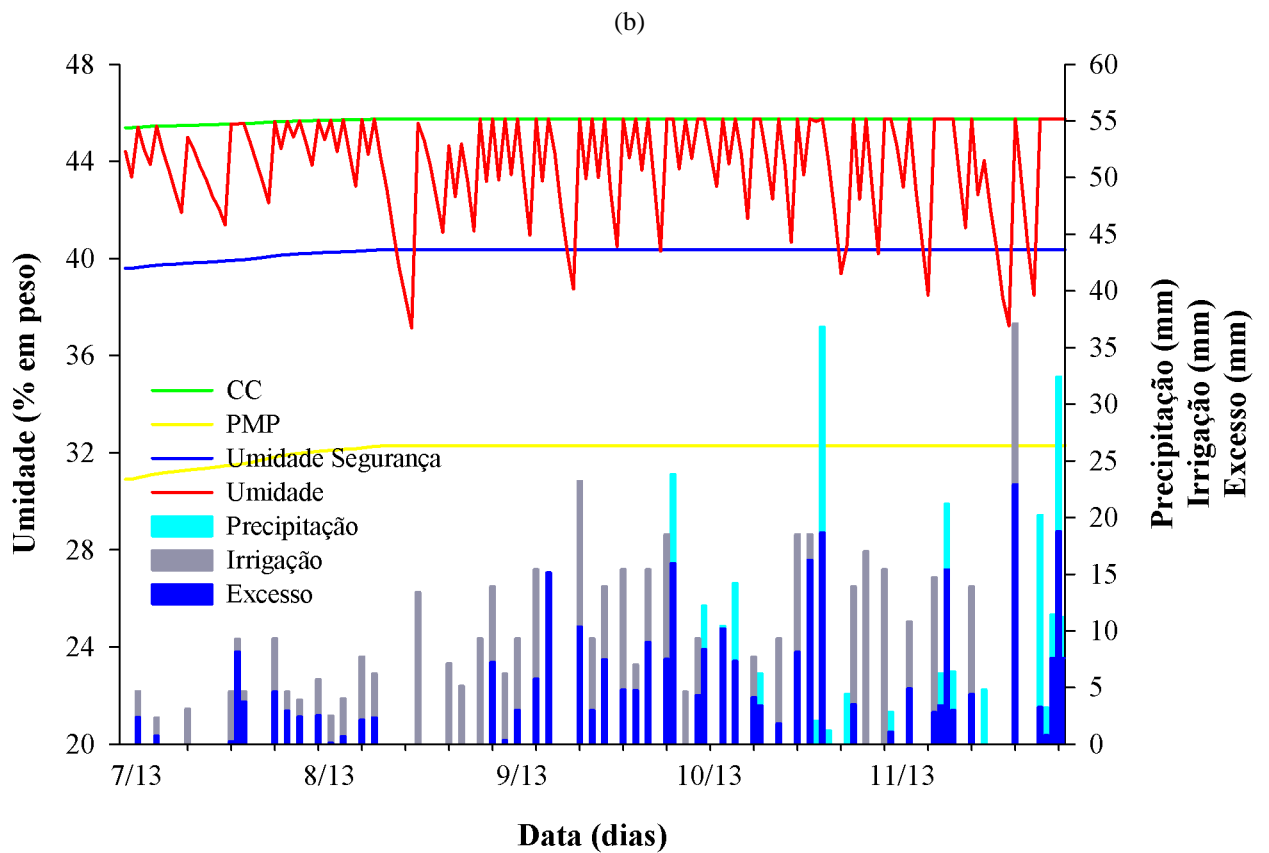
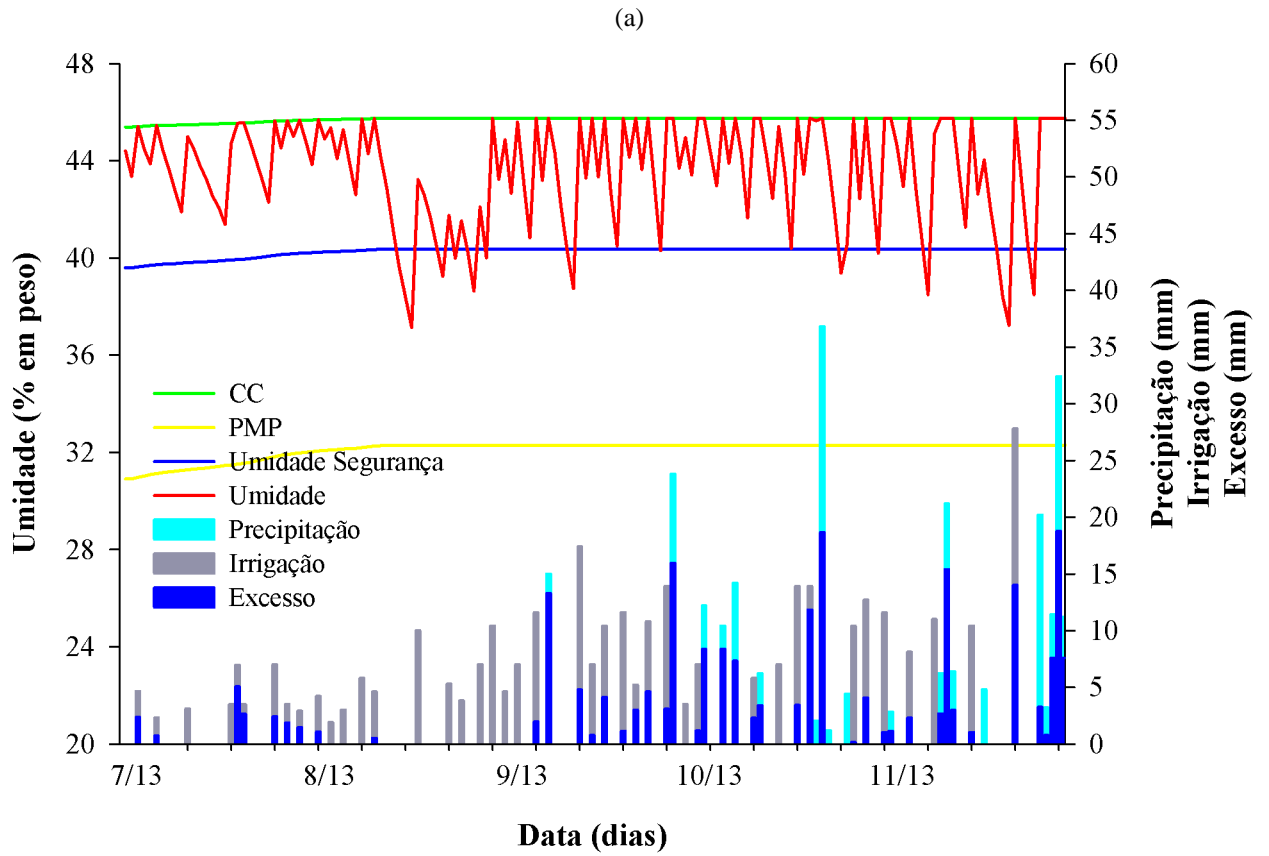


Figura 10. Balanço hídrico para os tratamentos de lâmina de irrigação, (a) 150% e (b) 200% e limites de armazenamento de água no solo para o manejo da cultura do tomateiro para o primeiro experimento.

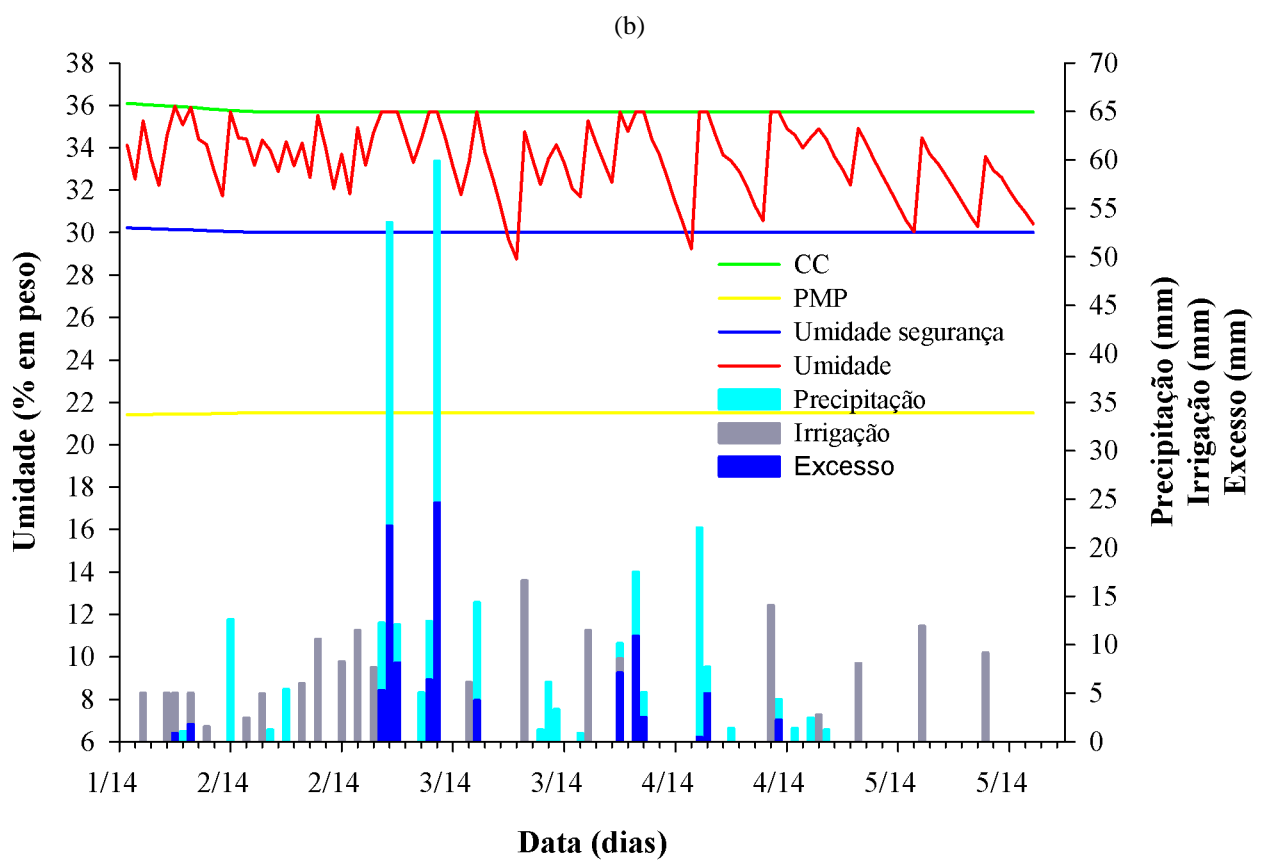
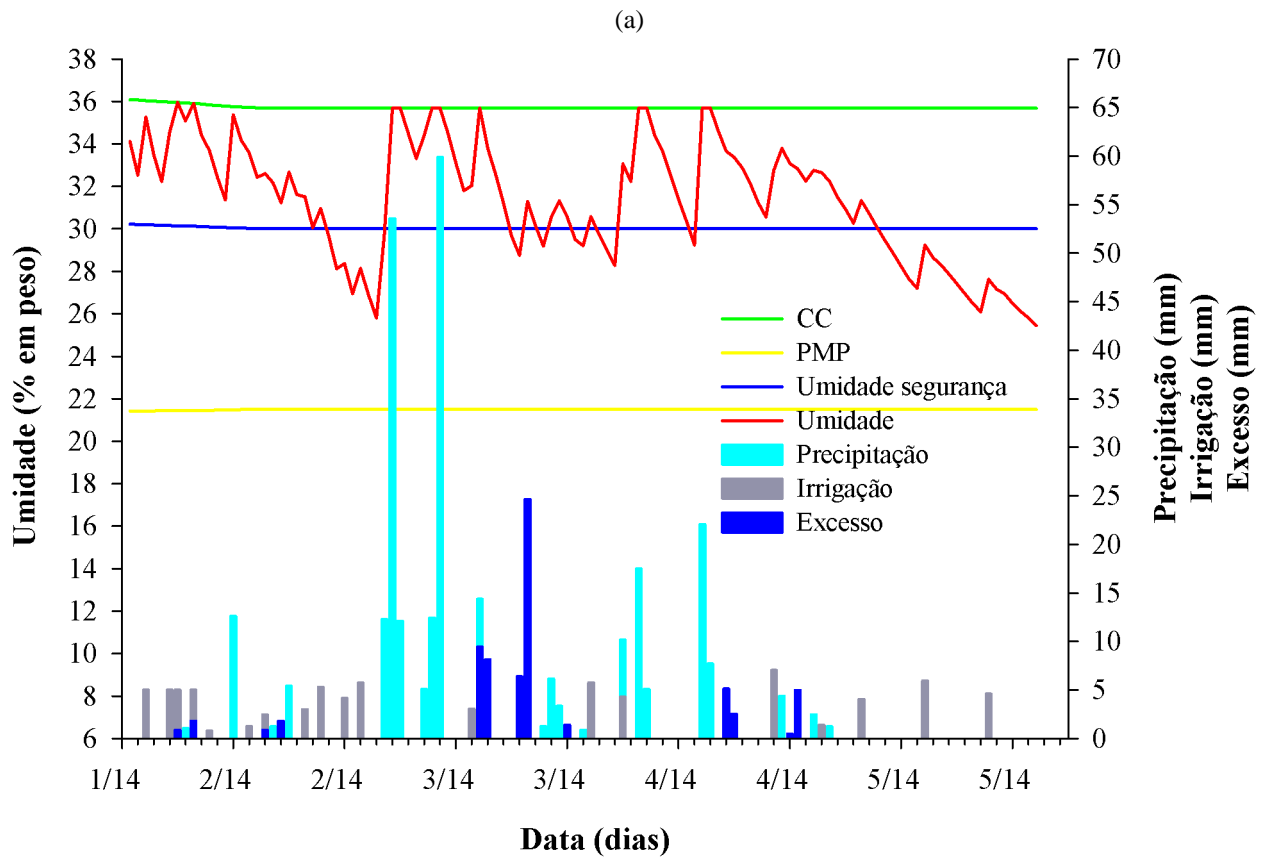


Figura 11. Balanço hídrico para os tratamentos de lâmina, (a) 50% e (b) 100% e limites de armazenamento de água no solo para o manejo da cultura do tomateiro para o segundo experimento.

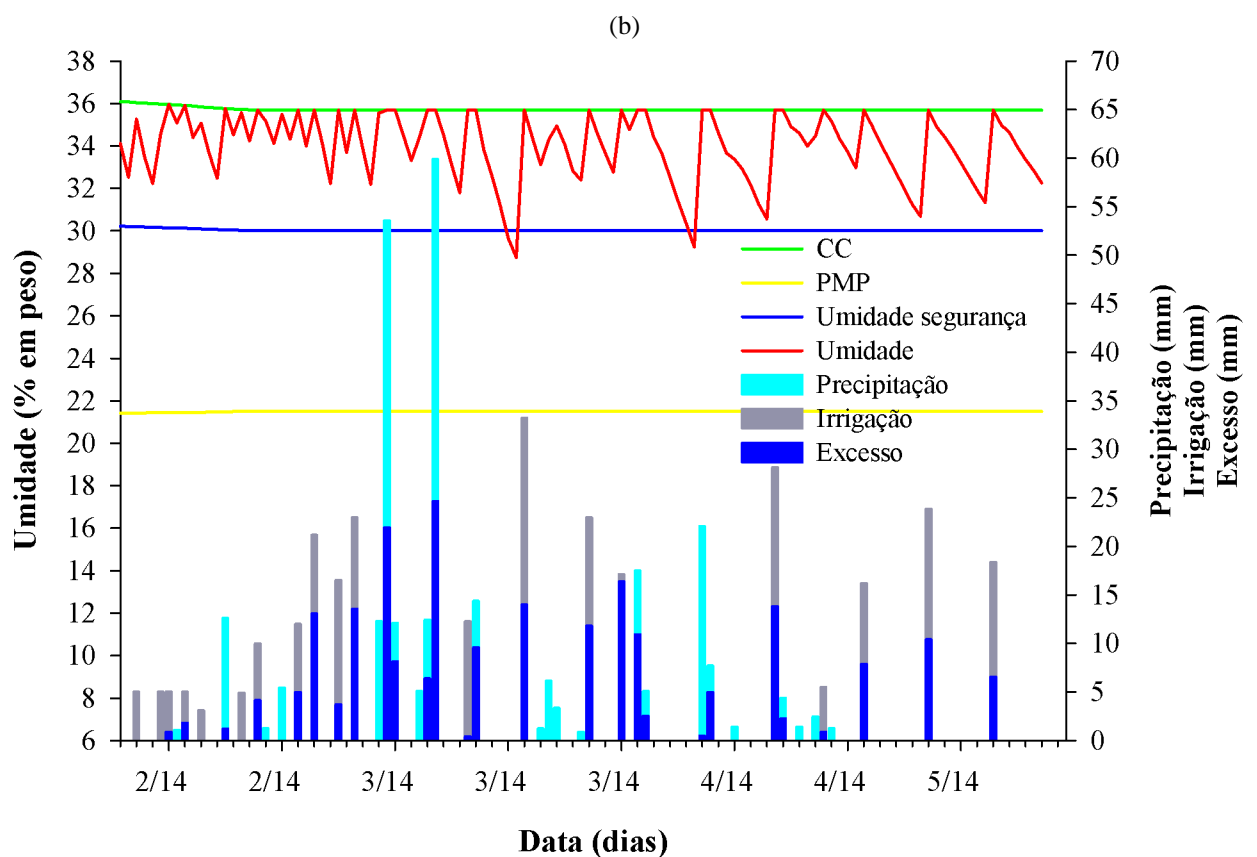
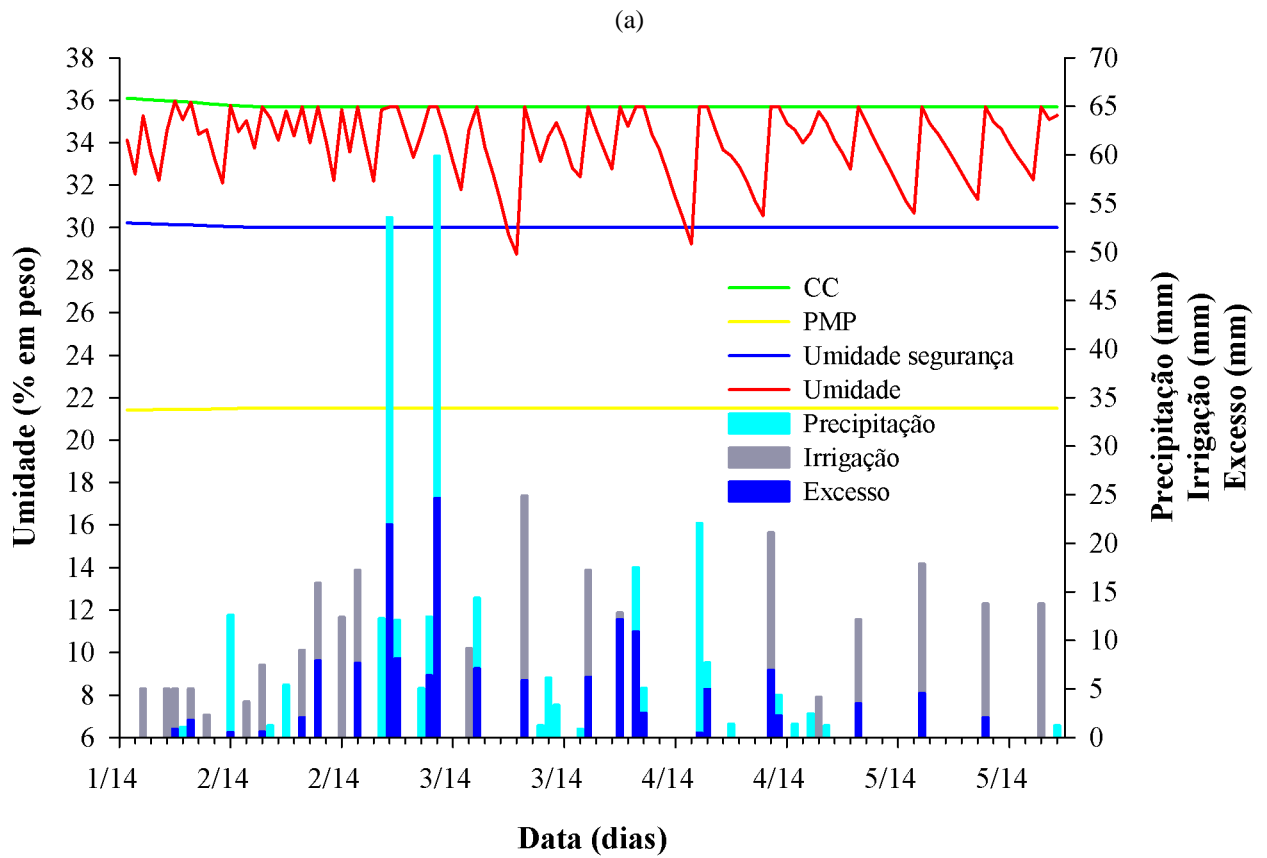


Figura 12. Balanço hídrico para os tratamentos de lâmina, (a) 150% e (b) 200% e limites de armazenamento de água no solo para o manejo da cultura do tomateiro para o segundo experimento.

4.2. Variáveis de produção

4.2.1. Produtividade comercial (PC) e produtividade total (PT)

Na Tabela 5, apresenta-se a análise de variância características PC e PT. Ocorreu efeito significativo da lâmina, adubação e sua interação para as duas características avaliadas.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para as características produtividade comercial (PC) e total (PT), média dos dois experimentos

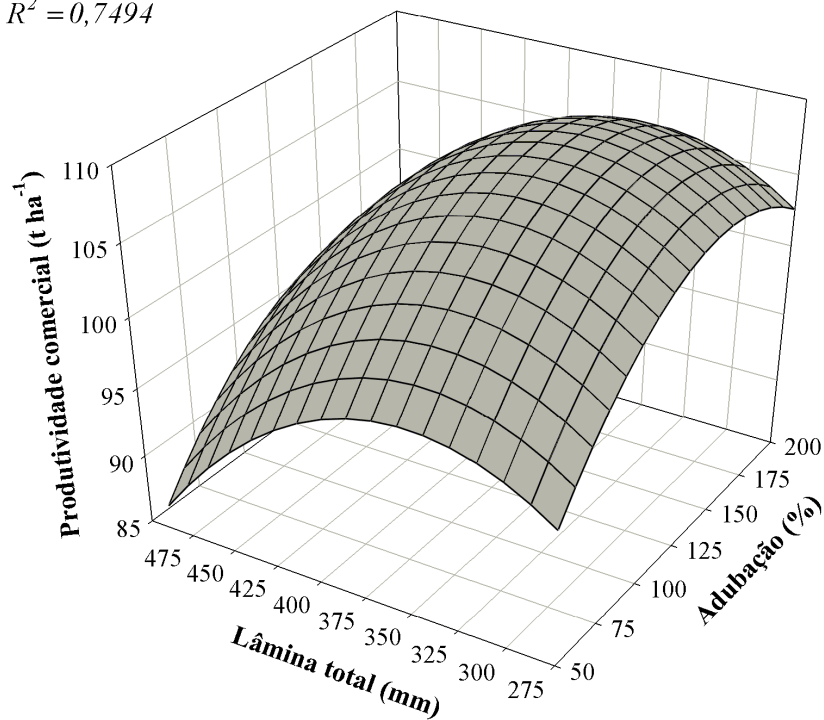
FV	GL	Quadrados médios	
		PC	PT
Blocos	2	3,143	12,03
Lâmina (L)	3	353,336**	362,66**
Resíduo (a)	6	3,488	6,20
Parcelas	11	98,839	104,48
Adubação (A)	3	265,376**	723,80**
LxA	9	39,303**	57,69**
Resíduo (b)	24	9,806	7,85
Total	47		

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Na Figura 13 é apresentada a superfície de resposta da PC e PT de tomate em função das lâminas de água e das doses de adubação.

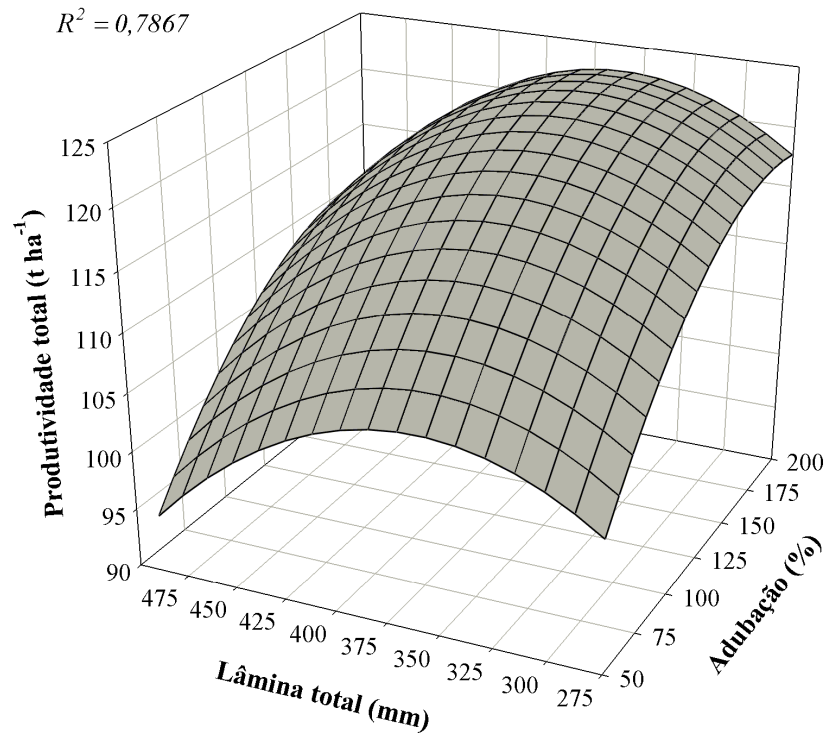
(a)

$$\hat{P}_C = 9,5514 + 0,3135^{***} A + 0,4309^{***} L - 0,0010^{***} A^2 - 0,0006^{***} L^2$$
$$R^2 = 0,7494$$



(b)

$$\hat{P}_T = -0,7423 + 0,3494^{***} A + 0,5107^{***} L - 0,0010^{***} A^2 - 0,0007^{***} L^2$$
$$R^2 = 0,7867$$



***Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t”.

Figura 13. Superfície de resposta da produtividade comercial (a) e total (b) da cultura do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação.

Foi considerado o modelo de segundo grau, por causa do maior coeficiente de determinação e por representar, com maior fidelidade, ao desenvolvimento das plantas de tomate quando submetidas às lâminas total de água e doses de adubação.

A lâmina total que resultou em máxima PC e PT foi obtida a partir da primeira derivada do modelo ajustado, correspondendo a 359 e 365 mm. As doses de adubação que resultaram na máxima PC e PT também foram obtidas a partir da primeira derivada do modelo ajustado, correspondendo a 156,8 e 174,7%. Palaretti (2003) trabalhando com diferentes lâminas de irrigação para duas cultivares de tomate na cidade de Pará de Minas utilizou lâminas que variaram de 467 a 770 mm. A lâmina de 696 mm proporcionou maior produtividade e menor incidência de podridão apical (fundo preto). Já para Moreira (2002), trabalhando com diferentes métodos de estimativas da ETc, a lâmina acumulada variou de 218,2 a 301,6 mm, sendo o melhor resultado obtido com a lâmina de 301,6 mm.

Considerando-se a população de plantas e as lâminas e doses de adubação que permitiram máxima produtividade foi possível obter PC e PT de 111,5 e 122,9 t ha⁻¹ de frutos de tomate. De acordo com Almeida (2012), no primeiro trabalho utilizando o Sistema Viçosa a PC foi de 109,6 t ha⁻¹ enquanto que a média nacional está entre 55 a 64 t ha⁻¹ nos últimos sete anos (AGRIANUAL, 2013). Matos et al (2012), trabalhando com três diferentes sistemas condução e com cinco híbridos diferentes, obteve a produtividade máxima de 100,8 e 103,3 t ha⁻¹ para PC e PT, respectivamente.

4.2.2. Produção por planta (PP), produtividade de frutos grandes (PFG), produtividade de frutos médio (PFM) e produtividade de frutos pequenos (PFP)

Na Tabela 6, encontram-se os valores dos quadrados médios desses resultados relativos à média de dos dois experimentos realizados. Ocorreu efeito significativo da lâmina, adubação e sua para as características PP e PFG e não ocorreu efeito significativo para a variável PFM e PFP.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para as características produção por planta (PP), produtividade de frutos grandes (PFG), frutos médios (PFM) e frutos pequenos (PFP)

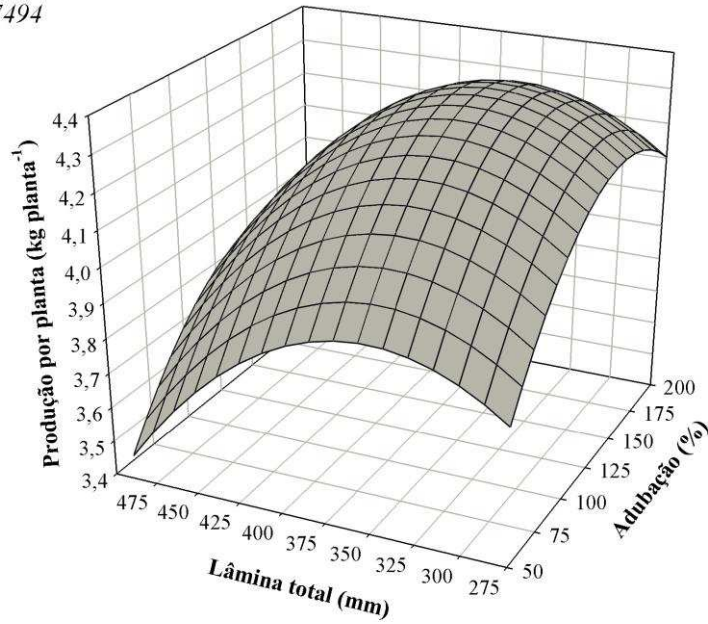
FV	GL	Quadrados médios			
		PP	PFG	PFM	PFP
Blocos	2	0,005	92,00	372,16	2,94
Lâmina (L)	3	0,565**	340,01**	45,27 ^{ns}	0,42 ^{ns}
Resíduo (a)	6	0,006	21,96	91,72	0,77
Parcelas	11	0,158	121,44	130,04	1,07
Adubação (A)	3	0,425**	281,60**	62,34 ^{ns}	0,55 ^{ns}
LxA	9	0,063**	48,38*	83,12 ^{ns}	2,83 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,016	20,29	47,61	1,28
Total	47				

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **Significativo ao nível de 1% de probabilidade e ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Na Figura 14 é apresentada a superfície de resposta da produção por planta e produtividade de frutos grandes de tomate em função das lâminas totais de água e das doses de adubação. Também foi possível determinar o ponto de inflexão de máxima produção por planta e produtividade de frutos grandes.

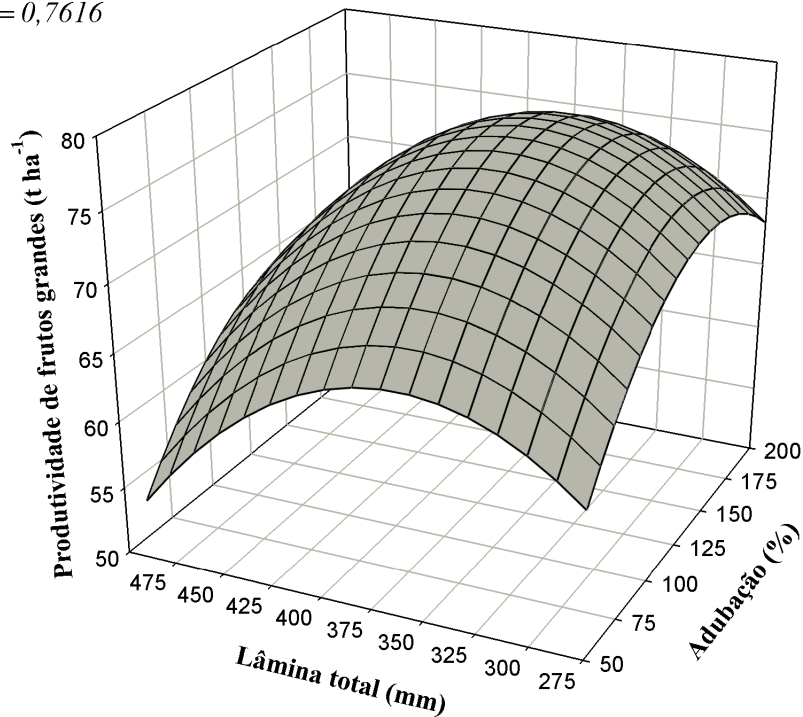
(a)

$$\hat{PP} = 0,3821 + 0,0125^{***} A + 0,0172^{***} L - 4,1788 \cdot 10^{-5} A^2 - 2,4541 \cdot 10^{-5} L^2$$
$$R^2 = 0,7494$$



(b)

$$\hat{PFG} = -44,6179 + 0,3491^{***} A + 0,5336^{***} L - 0,0012^{***} A^2 - 0,0007^{***} L^2$$
$$R^2 = 0,7616$$



***Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "t".

Figura 14. Superfície de resposta da produção por planta (a) e produtividade de frutos grandes (b) da cultura do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação.

A lâmina total que resultou em máxima PP e PFG foi de 350 e 381 mm, respectivamente. A dose de adubação que resultou na máxima PP e PFG, foi de 147 e 145%, respectivamente.

Considerando-se as lâminas e doses de adubação apresentada obteve-se 4,33 kg/planta. A PP no sistema Viçosa foi semelhante encontrado em sistemas tradicionais, pois como o Viçosa é mais adensado ocorre uma maior competição por nutrientes, luz e água, e portanto a produção por planta diminui. Isso foi relatado por Charlo et al (2009) onde a produção por planta foi de 4,02 a 6,61 kg/planta utilizando uma e duas plantas por cova, respectivamente. A PFG, foi de 82,46 t ha⁻¹. De acordo com Antônio (2013) e Almeida (2012), no sistema Viçosa a PFG é maior que a PFM e PFP, como observado neste experimento. Este fato é muito importante, pois os frutos maiores têm um preço melhor no mercado. Almeida (2012) encontrou uma produtividade de frutos grandes de 76,90 t ha⁻¹ e Antônio (2013) de 43,18 t ha⁻¹.

4.3. Eficiência no uso da água (EUA)

Na Tabela 7, encontram-se os valores dos quadrados médios da característica eficiência no uso da água. Os resultados mostraram efeito significativo da lâmina, adubação e sua interação.

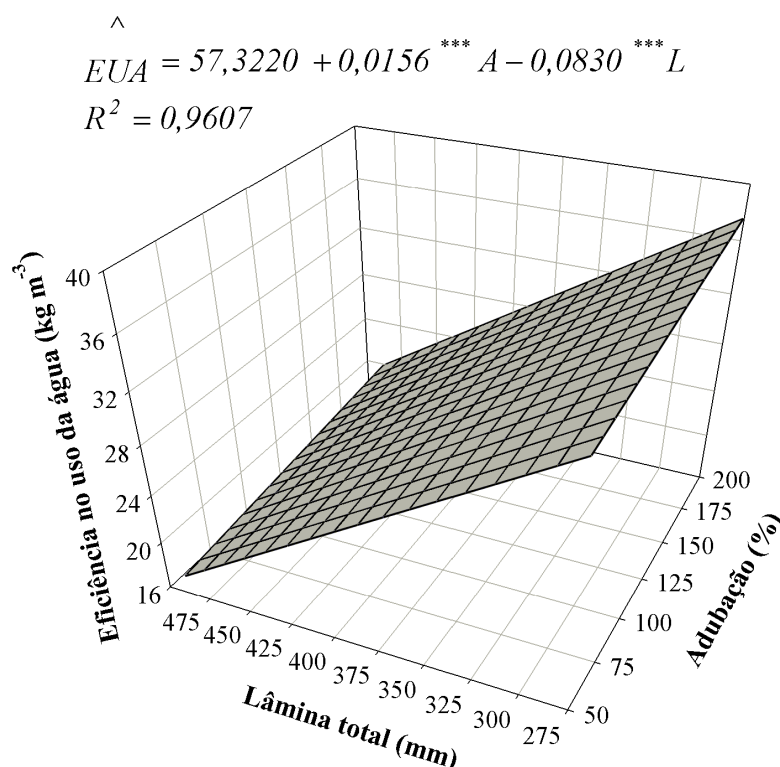
Tabela 7. Resumo da análise de variância para a característica eficiência no uso da água (EUA) para os dois experimentos

FV	GL	Quadrados médios
		EUA
Blocos	2	0,426
Lâmina (L)	3	708,239**
Resíduo (a)	6	0,381
Parcelas	11	193,441
Adubação (A)	3	23,466**
LxA	9	4,608**
Resíduo (b)	24	0,991
Total	47	

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Na Figura 15 é apresentada a superfície de resposta da eficiência no uso da água (EUA) do tomateiro em função das lâminas totais de água e das doses de adubação. A

eficiência no uso da água para o experimento seguiu a tendência de equação polinomial do segundo grau na qual com o aumento no consumo de água ocorreu redução na eficiência em utilizar água, mas sem encontrar o ponto de inflexão. Já para a adubação foi possível encontrar o ponto de inflexão. Isso se deve ao fato da produtividade comercial da cultura não ter uma redução significativa com a redução de água, enquanto que a produção aumenta consideravelmente com o aumento da adubação.



*** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t”.

Figura 15. Superfície de resposta da eficiência no uso da água da cultura do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação.

A lâmina total e a dose de adubação que resultou em máxima eficiência no uso da água (EUA) foram 275,5 mm e 100% obtendo EUA máxima de 36,02 kg m⁻³. Lei et al. (2009) encontrou EUA máxima de 15,33 kg m⁻³, quando a irrigação foi feita por déficit de 50%. No trabalho de Reina-Sánchez et al. (2005), onde foram testadas quatro cultivares de tomate e diferentes doses de cloreto de sódio o valor da EUA foi de 31 kg m⁻³ para o tratamento sem o cloreto de sódio. Silva et al. (2013), aplicaram lâminas de água diferentes em ambiente protegido e obtiveram uma EUA de 6,75 kg m⁻³. Marouelli e Silva (2006) não observaram influência dos regimes de irrigação nos valores da eficiência no uso da água pelo tomateiro ‘Heinz 9992’, constatando valor médio de 39,4 kg m⁻³.

4.4. Variáveis da qualidade do fruto

4.4.1. pH, Sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT), Sabor, Firmeza e Licopeno

Na Tabela 8 encontram-se os valores dos quadrados médios das características pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável, sabor, firmeza e licopeno para a média dos dois experimentos. Houve efeito significativo da lâmina para o licopeno, para adubação houve efeito significativo para o pH e o licopeno e para a interação para as características pH e licopeno e para as demais características de qualidade do fruto não houve nenhum efeito significativo.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para as características pH, Sólidos solúveis totais (SST), Acidez titulável (AT), Sabor, Firmeza e Licopeno

FV	GL	Quadrados médios					
		pH	SST	AT	Sabor	Firmeza	Licopeno
Blocos	2	0,0032	0,301	0,0003	5,99	306,69	112,87
Lâmina (L)	3	0,0036 ^{ns}	0,039 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,43 ^{ns}	18,68 ^{ns}	417,11 [*]
Resíduo (a)	6	0,0014	0,037	0,0005	1,00	5,08	73,63
Parcelas	11	0,0023	0,086	0,0004	1,75	63,63	174,44
Adubação (A)	3	0,0028 ^{**}	0,045 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	3,86 ^{ns}	2,95 ^{ns}	862,88 ^{**}
LxA	9	0,0018 ^{**}	0,060 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	2,16 ^{ns}	8,76 ^{ns}	243,71 ^{**}
Resíduo (b)	24	0,0004	0,032	0,0010	1,47	10,15	40,55
Total	47						

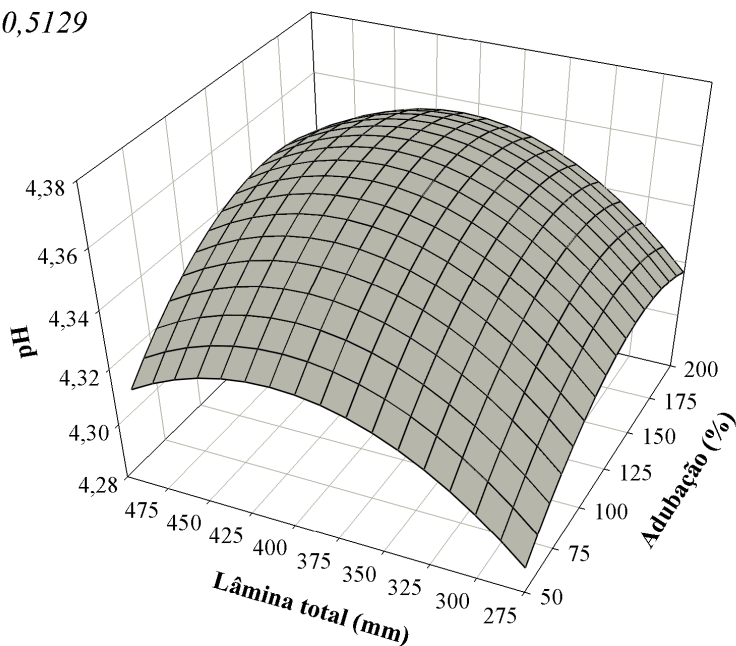
*Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **Significativo ao nível de 1% de probabilidade e ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Na Figura 16 é apresentada a superfície de resposta para o pH e o licopeno em função das lâminas totais de água e das doses de adubação. A característica da qualidade do fruto pH e licopeno seguiram a tendência de equação polinomial do segundo grau.

O pH variou na faixa de 4,24 a 4,39. Apesar destas diferenças entre os tratamentos, a amplitude de variação está dentro da faixa de pH de 4,0 a 4,5, considerada ideal para tomates de qualidade, segundo Sapers et al. (1978), Gul & Sevgican (1992), Jones Junior (1999), Fontes et al. (2004) e Bernardi et al. (2007).

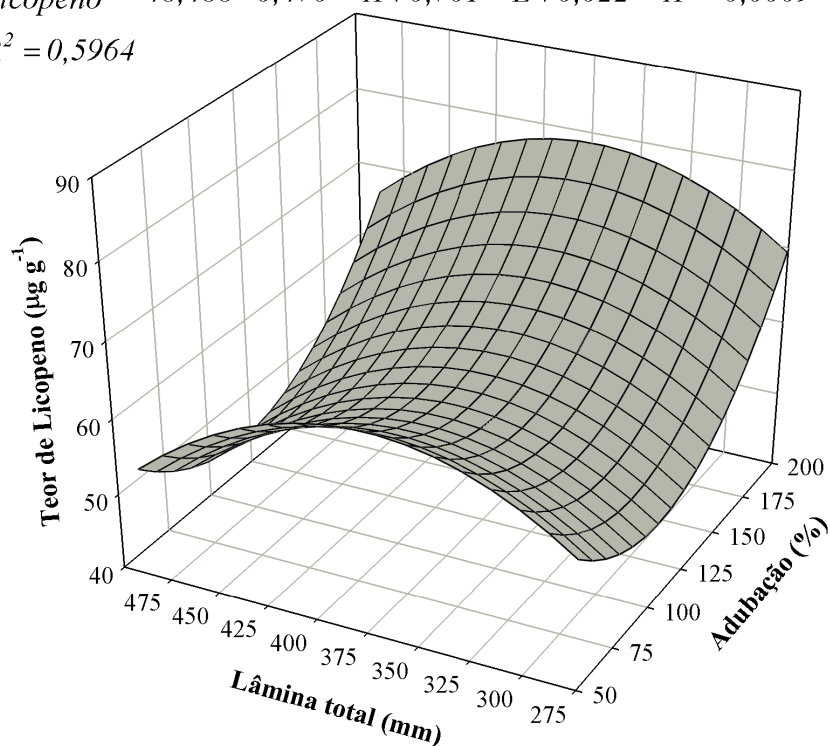
(a)

$$\hat{pH} = 3,914 + 0,0010^{**} A + 0,0018^{**} L - 3,42 \cdot 10^{-6} A^2 - 2,22 \cdot 10^{-6} L^2$$
$$R^2 = 0,5129$$



(b)

$$\hat{Lycopeno} = -48,488 - 0,470^{***} A + 0,701^{***} L + 0,022^{***} A^2 - 0,0009^{***} L^2$$
$$R^2 = 0,5964$$



***Significativo ao nível de 1%; **Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste "t".

Figura 16. Superfície de resposta da pH (a) e Licopeno (b) da cultura do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação.

O licopeno também foi influenciado pelos tratamentos obtendo-se valores na faixa de 53,66 a 85,32 $\mu\text{g g}^{-1}$. O aumento do licopeno ocorreu até a lâmina de 394 mm e a partir desse valor de lâmina diminuiu. Com relação à adubação o teor de licopeno foi máximo com a dose máxima de adubação 200% do recomendado obtendo-se o teor de licopeno de 85,32 $\mu\text{g g}^{-1}$. Knee, (2002) cita em seu trabalho que o aumento no teor de licopeno está diretamente relacionado com a adubação bem balanceada principalmente adubação potássica e cálcica.

Marodin et al. (2011) em seu trabalho no qual variou a dose e a fonte de adubação com silício encontrou que o teor de licopeno variou com o aumento e também com as diferentes fontes de silício utilizadas, concluindo que os teores de cálcio e sódio, muito encontrado nas fontes que ele utilizou, foram os principais contribuintes para a variação do licopeno. Petersen et al. (1998); e De Pascale et al. (2001) afirmam que o aumento da salinidade está relacionado à melhoria de características qualitativas em frutos de tomate, pela redução do teor de água no fruto, podendo também melhorar o teor de carotenoides no fruto. Marodin et al. (2011) encontrou teor de licopeno de e 30,13 $\mu\text{g g}^{-1}$ em seu melhor tratamento, valor inferior a encontrado neste trabalho.

4.5. Estado nutricional das plantas

4.5.1. Concentração de macro e micronutrientes na folha índice

Para os macronutrientes e micronutrientes nas folhas foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para fósforo, potássio, enxofre e manganês, (Tabela 9).

Tabela 9. Resumo da análise de variância para os macros (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Zn, Cu, B e Mn) para o primeiro experimento

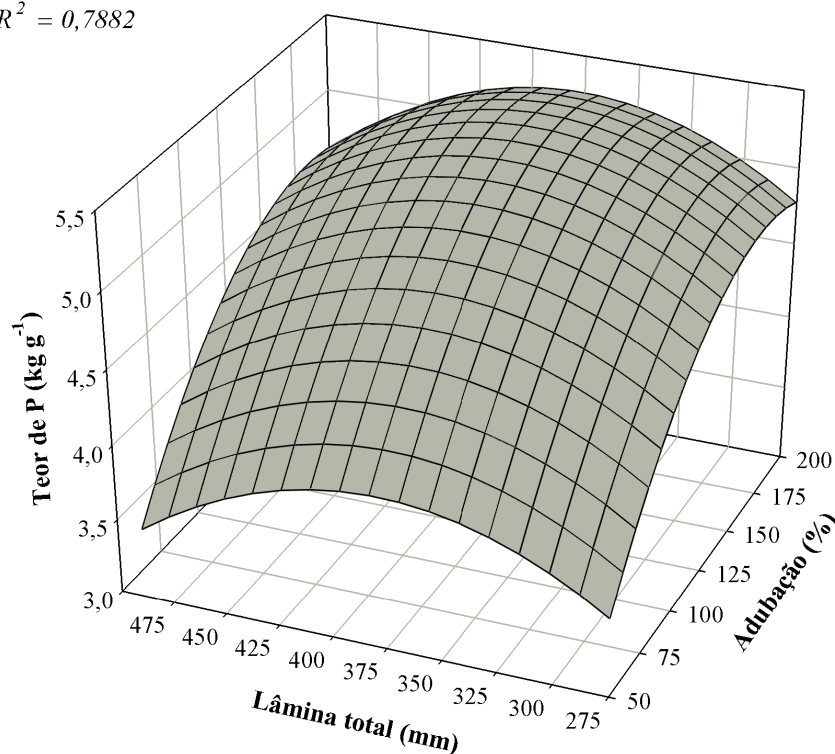
FV	GL	Quadrados médios										
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	B	Mn
Blocos	2	321,82	0,023	5,62	13,39	4,09	0,69	1548,80	59,76	24223,23	488,43	907,85
Lâmina (L)	3	174,19 ^{ns}	0,875*	179,55**	57,85 ^{ns}	1,11 ^{ns}	45,17*	2124,14 ^{ns}	19,32 ^{ns}	22734,92 ^{ns}	181,26 ^{ns}	20784,37*
Resíduo (a)	6	226,64	0,144	6,04	166,26	3,50	6,16	3683,50	49,04	6336,40	278,14	2352,11
Parcelas	11	229,64	0,321	53,28	108,90	2,96	15,80	2870,09	42,89	14060,87	289,95	7116,50
Adubação (A)	3	143,77 ^{ns}	4,287**	52,63**	45,90 ^{ns}	5,15 ^{ns}	10,25 ^{ns}	19268,71 ^{ns}	2,76 ^{ns}	10879,45 ^{ns}	332,37 ^{ns}	81541,71**
LxA	9	172,23 ^{ns}	0,447*	11,06*	12,47 ^{ns}	0,60 ^{ns}	5,08 ^{ns}	2117,12 ^{ns}	30,70 ^{ns}	7281,58 ^{ns}	303,41 ^{ns}	22037,04**
Resíduo (b)	24	222,72	0,169	4,59	55,40	2,50	8,36	9179,10	69,87	10353,79	200,91	2164,31
Total	47											

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **Significativo ao nível de 1% de probabilidade e ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Considerando-se o teor de nutrientes nas folhas, verificou-se diferença significativa no teor de fósforo nas folhas do tomateiro para as diferentes lâminas de água e adubação. A equação ajustada pela análise de regressão (Figura 17) mostra que o teor de fósforo na folha aumentou com o incremento da lâmina de água aplicada e da dose de adubação, havendo queda subsequente. O teor de fósforo variou de 3,44 a 5,71 g kg⁻¹ (Tabela 10), ficando dentro da faixa de 3,0 a 9,0 g kg⁻¹, considerada ideal por Jones Junior (1999).

$$\hat{P} = -3,885 + 0,0316^{***} A + 0,0346^{***} L - 9,318 \cdot 10^{-5} A^2 - 4,576 \cdot 10^{-5} L^2$$

$$R^2 = 0,7882$$



***Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "t".

Figura 17. Superfície de resposta para o teor de fósforo (P) na folha do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação para o primeiro experimento.

Em relação ao teor de N-total nas folhas, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. O teor de N-total variou de 36,1 a 61,9 g kg⁻¹ (Tabela 10), ficando quase todos os tratamentos dentro da faixa de 28,0 a 60,0 g kg⁻¹, considerada ideal por Jones Junior (1999). Somente o tratamento de menor lâmina e com adubação de 200% ficou acima da faixa considerada ideal.

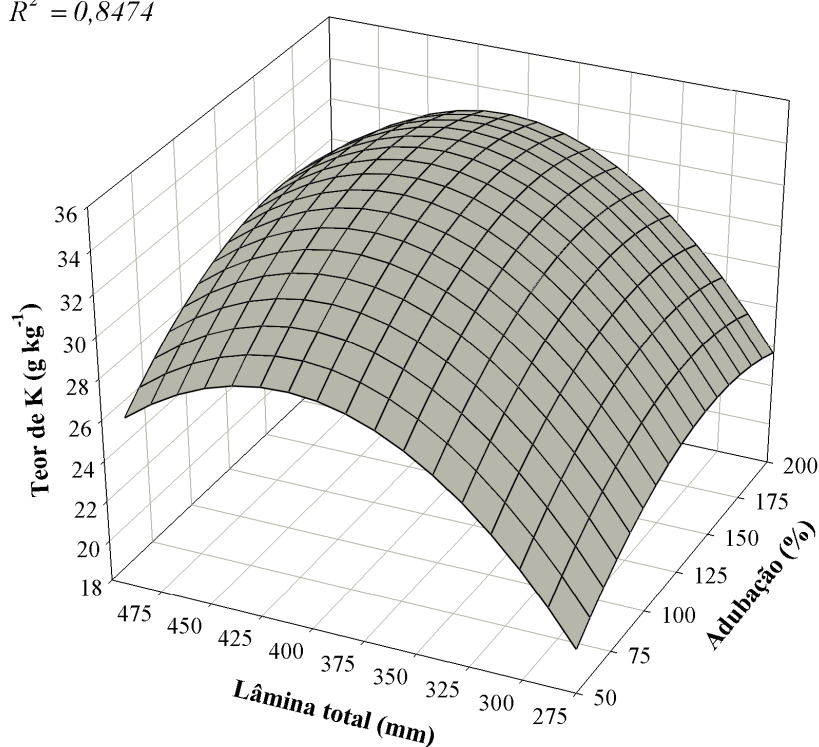
Tabela 10. Valores médios das concentrações de nitrogênio (N) e fósforo (P), em folhas do tomateiro com lâminas total de água e doses de adubação.

Lâmina (mm)	Concentrações foliares							
	N (g kg ⁻¹)				P (g kg ⁻¹)			
	Adubação (%)							
	50	100	150	200	50	100	150	200
275	44,3	36,2	36,1	61,9	3,4	4,9	4,9	4,5
331	42,7	53,7	58,5	58,8	3,7	4,9	5,5	4,7
404	45,9	50,2	50,3	46,0	4,0	4,6	5,3	5,7
488	54,1	52,1	46,7	50,8	3,7	4,1	4,4	5,0

Para os teores de potássio na folha, houve diferença significativa entre os tratamentos. A equação ajustada pela análise de regressão para essa variável, que apresentou significância (Figura 18), mostrou que o teor de potássio na folha aumentou com o aumento da lâmina aplicada de água e da dose de adubação, havendo queda subsequente. A variação observada foi 18,2 a 33,8 g kg⁻¹ (Tabela 11), e se encontra dentro da faixa de 25,0 a 60,0 g kg⁻¹ considerada adequada por Jones Junior (1999), para quase todos os tratamentos. Os tratamentos em que a concentração ficou abaixo da faixa ideal foram a menor lâmina e a adubação de 50, 100 e 150% do recomendado.

$$\hat{K} = -60,914 + 0,134^{***} A + 0,412^{***} L - 0,0004^{***} A^2 - 0,0005^{***} L^2$$

$$R^2 = 0,8474$$



***Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "t".

Figura 18. Superfície de resposta para o teor de potássio (K) na folha do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação para o primeiro experimento.

Em relação ao teor de cálcio nas folhas, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Foram observados valores entre 56,7 e 66,4 g kg⁻¹ (Tabela 11). Jones Junior (1999) considera adequados valores de concentração de cálcio nas folhas de tomateiro entre 9,0 e 72,0 g kg⁻¹. Valores menores foram obtidos por Camargos (1998), que observou variação entre 26,5 e 31,6 g kg⁻¹ e Fernandes et al. (2007), que observaram valores entre 27,26 e 37,9 g kg⁻¹. A faixa encontrada para o teor de cálcio nas folhas do tomateiro acima do máximo considerado adequado por Marschner (1995) e próximo do considerado adequado por Jones Junior (1999). Maia (2012) trabalhando com tomate hidropônico e diferentes doses de potássio encontrou variação de cálcio de 13 a 38 g kg⁻¹.

Tabela 11. Valores médios das concentrações de potássio (K) e cálcio (Ca), em folhas do tomateiro com lâminas total de água e doses de adubação.

Lâmina (mm)	Concentrações foliares							
	K (g kg ⁻¹)				Ca (g kg ⁻¹)			
	Adubação (%)							
	50	100	150	200	50	100	150	200
275	18,2	22,3	24,0	26,9	66,4	65,2	63,7	60,6
331	25,3	32,6	29,5	30,6	65,9	58,5	60,6	62,3
404	29,1	32,9	33,8	31,7	62,6	57,2	56,7	58,5
488	28,4	31,1	29,8	28,1	63,4	61,5	60,2	65,0

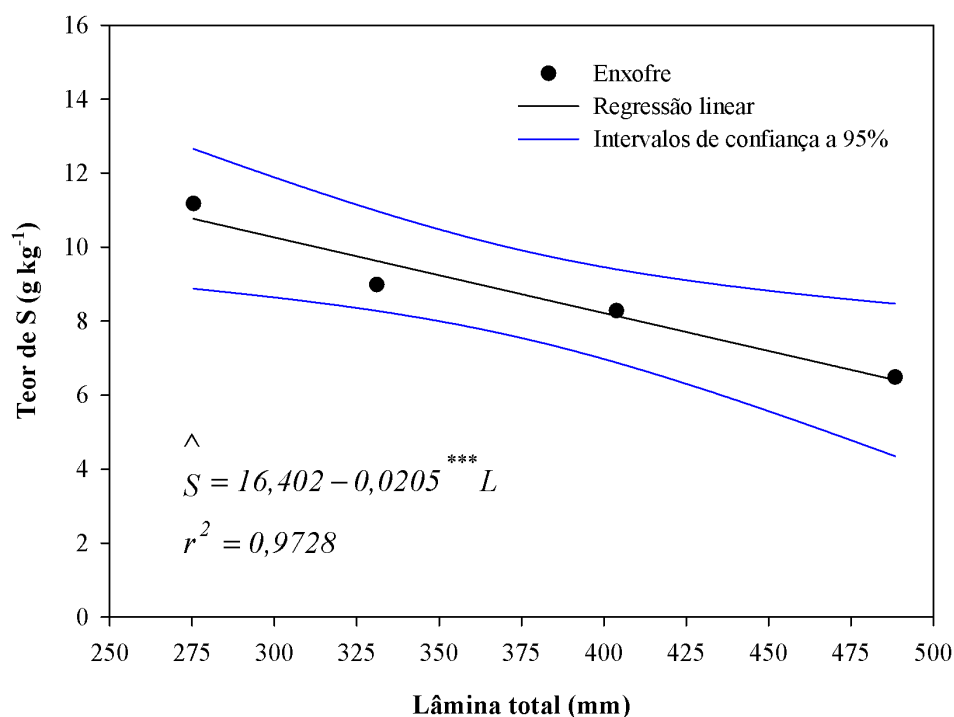
Em relação ao teor de magnésio nas folhas não houve diferença entre os tratamentos. Os valores observados ficaram entre 5,8 e 8,4 g kg⁻¹ (Tabela 12), enquanto que Jones Junior, (1999) considera ideal teores de magnésio nas folhas entre 4,0 e 13,0 g kg⁻¹. Esses valores estão próximos à faixa de 4,2 a 5,8 g kg⁻¹ observada por Maia (2012).

Os valores de S observados nas folhas ficaram entre 5,4 e 12,4 g kg⁻¹ (Tabela 12). Fernandes et al. (2007) observou valores próximos do presente trabalho, que variou entre 7,2 a 11,9 g kg⁻¹. Teores de enxofre entre 3,0 e 42,0 g kg⁻¹ nas folhas de tomateiro são consideradas adequadas segundo Jones Junior (1999).

Tabela 12. Valores médios das concentrações de magnésio (Mg) e enxofre (S), em folhas do tomateiro com lâminas total de água e doses de adubação.

Lâmina (mm)	Concentrações foliares							
	Mg (g kg ⁻¹)				S (g kg ⁻¹)			
	Adubação (%)							
	50	100	150	200	50	100	150	200
275	8,3	6,8	6,8	7,0	11,6	10,7	10,0	12,4
331	8,1	7,5	6,3	6,6	12,4	8,0	7,7	7,8
404	6,9	6,7	6,8	5,8	8,0	8,4	6,9	9,8
488	8,4	7,0	6,2	6,7	6,8	7,4	5,4	6,4

Em relação ao teor de enxofre nas folhas foi observada diferença estatística entre os tratamentos de lâmina de água. A equação estimada pela análise de regressão para essa variável que apresentou significância (Figura 19) mostra que o teor de enxofre na folha caiu linearmente com o aumento da lâmina aplicada de água.



***Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “t”.

Figura 19. Teor de enxofre (S) na folha de tomateiro em função de lâminas totais de água.

Em relação aos teores de micronutrientes nas folhas não foram observadas diferença significativa na concentração de ferro entre os tratamentos. Os valores observados na folha ficaram entre 254,8 a 389,0 mg kg⁻¹ (Tabela 13). Cecon Novo (2002), obteve valores entre 150,0 e 323,0 mg kg⁻¹. Ainda, de acordo com Jones Junior (1999), valores adequados de concentração de ferro em folhas de tomateiro estão entre 40,0 e 300,0 mg kg⁻¹.

Para o teor de boro nas folhas, não foi observada diferença significativa entre as lâminas total de água e doses de adubação (Tabela 13). A faixa de concentração obtida foi de 49,4 a 84,0 mg kg⁻¹. De acordo com Jones Junior (1999), os valores adequados para concentração de Boro devem estar entre 25,0 a 100,0 mg kg⁻¹.

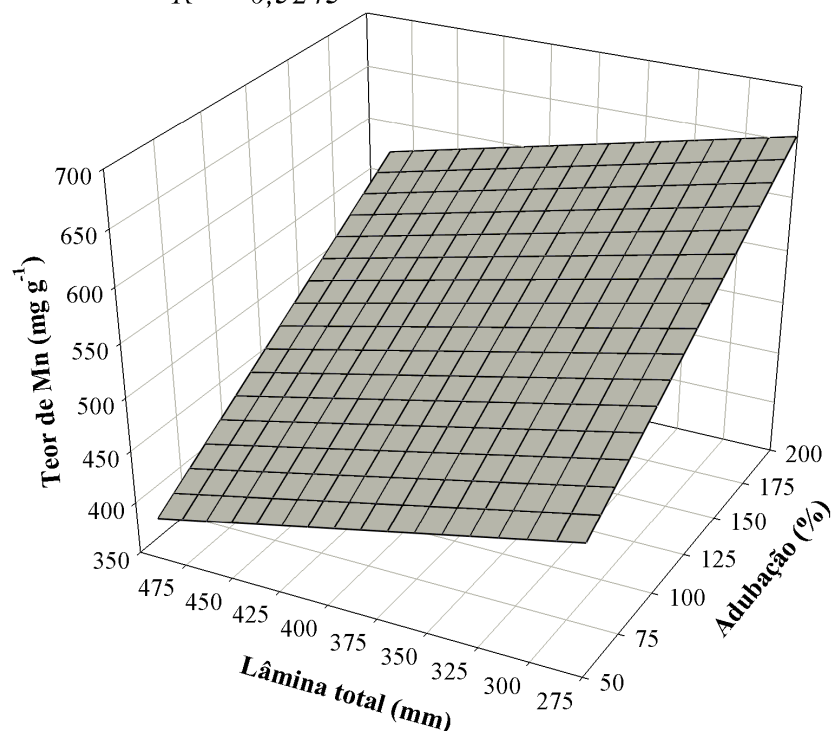
Tabela 13. Valores médios das concentrações de ferro (Fe) e boro (B), em folhas do tomateiro com lâminas total de água e doses de adubação.

Lâmina (mm)	Concentrações foliares							
	Fe (mg kg ⁻¹)				B (mg kg ⁻¹)			
	Adubação (%)							
	50	100	150	200	50	100	150	200
275	254,8	327,4	312,3	388,8	84,0	53,7	56,5	64,7
331	276,2	356,0	273,1	329,8	49,4	60,4	61,8	57,3
404	307,7	349,7	346,7	355,2	59,3	53,1	58,6	78,7
488	284,2	371,7	277,2	389,0	69,0	49,4	54,3	54,7

Em relação aos teores de manganês nas folhas, foram observadas diferenças entre os tratamentos. A equação ajustada pela análise de regressão para essa variável que apresentou significância (Figura 20), que mostra que o teor de manganês (Mn) na folha diminuiu com o aumento da lâmina total de água aplicada e, o oposto, com o aumento da dose de adubação, ou seja, aumentando com o aumento da dose aplicada.

$$\hat{Mn} = 524,564 + 1,2009^{***} A - 0,3983^{**} L$$

$$R^2 = 0,5243$$



***Significativo ao nível de 1%; **Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste "t".

Figura 20. Superfície de resposta para o teor de Manganês (Mn) na folha do tomateiro em função de lâminas totais de água e de doses de adubação para o primeiro experimento.

A faixa obtida ficou entre 360,5 a 718,9 mg kg⁻¹ (Tabela 14). Malavolta et al. (1989) considera adequadas concentrações entre 20,0 e 500,0 mg kg⁻¹ e concentrações superiores a 700 mg kg⁻¹ como tóxicas. Fernandes et al. (2002) obtiveram valores entre 603,0 a 685,0 mg kg⁻¹. Ainda, de acordo com Jones Junior (1999), valores adequados de concentração de Manganês em folhas de tomateiro estão entre 250,0 e 500,0 mg kg⁻¹. Suzuki et al. (2010), avaliando diferentes fontes de N e K via fertirrigação em tomateiro longa vida, observaram que os teores foliares dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg permaneceram dentro da faixa considerada ótima, enquanto os micronutrientes Mn, Zn e Cu apresentaram teores acima do normal ou excessivos, por razões de contaminação por fungicidas.

Em relação ao teor de cobre nas folhas, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. A faixa observada na folha ficou entre 660,2 a 868,1 mg kg⁻¹ (Tabela 14). Os teores de cobre nas plantas variaram entre 2 e 75 mg kg⁻¹ de matéria seca, considerando-se teores entre 5 e 20 mg kg⁻¹ como adequados para um crescimento normal das plantas (MALAVOLTA et al., 1989; JONES JUNIOR, 1999). A concentração de cobre foi muito elevada devido a aplicação de fungicidas, como explicado por Suzuki et al. (2010).

As concentrações obtidas nas folhas para zinco ficaram entre 35,3 e 45,4 mg kg⁻¹ (Tabela 14). Fernandes et al. (2007), obtiveram valores de concentração entre 32,0 e 51,2 mg kg⁻¹ e Cecon Novo (2002), entre 30,0 e 66,0 mg kg⁻¹. Entretanto, a faixa de concentração considerada adequada por Jones Junior (1999) está entre 20,0 e 100,0 mg kg⁻¹.

Tabela 14. Valores médios das concentrações de manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn), em folhas do tomateiro com lâminas total de água e doses de adubação.

Lâmina (mm)	Concentrações foliares											
	Mn (mg kg ⁻¹)				Cu (mg kg ⁻¹)				Zn (mg kg ⁻¹)			
	Adubação (%)											
	50	100	150	200	50	100	150	200	50	100	150	200
275	421,9	490,8	643,9	718,9	707,3	737,1	809,8	807,8	41,5	39,8	42,3	42,7
331	380,9	577,3	481,1	655,5	782,1	794,4	784,6	733,8	35,3	45,4	39,4	35,4
404	487,4	588,4	533,3	548,7	746,2	839,1	867,6	868,1	40,5	37,2	42,1	42,4
488	481,7	360,5	401,3	635,2	695,8	730,6	660,2	811,6	40,9	39,2	38,2	38,2

5. CONCLUSÕES

- As maiores PC, PT, PFG e PP de tomate foram obtidas com lâmina de irrigação de 331 mm e adubação de 150% (359 kg ha⁻¹ de N, 797 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 738 kg ha⁻¹ K₂O).
- A maior eficiência no uso da água foi obtida com lâmina de irrigação de 276 mm e dose de adubação de 150% (359 kg ha⁻¹ de N, 797 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 738 kg ha⁻¹ K₂O).
- O máximo teor de licopeno (85,32 µg g⁻¹) foi obtido com a lâmina de 331 mm e dose de adubação de 200% (478 kg ha⁻¹ de N, 1063 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 984 kg ha⁻¹ K₂O).
- A concentração foliar de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Mn, Zn, Fe, Cu e B) para a máxima produtividade foram de 58,5; 5,5; 29,5; 60,6; 6,3 e 7,7 g kg⁻¹ dos macronutrientes e 481,1; 39,4; 273,1; 784,6 e 61,8 mg kg⁻¹ dos micronutrientes.
- A concentração foliar de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Mn, Zn, Fe, Cu e B) para a máxima eficiência no uso da água foram de 36,1; 4,9; 24,0; 63,7; 6,8 e 10,0 g kg⁻¹ dos macronutrientes e 643,9; 42,3; 312,3; 809,8 e 56,5 mg kg⁻¹ dos micronutrientes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN R. G.; PEREIRA L. S.; RAES D.; SMITH M. 1998. Guidelines for computing crop water requeriments. Rome: FAO, 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo**. Roma: FAO, 2006. 335 p. (Paper, 56).
- ALMEIDA, V. S. Sistema Viçosa de cultivo do tomateiro. 2012. 12 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012.
- ALVARENGA, M. A. R. Cultura do tomateiro. Lavras: UFLA, 2000. 91 p.
- ALVARENGA, M. A. R. *Tomate: produção em campo, casa-de-vegetação e em hidroponia*. Lavras: UFLA, 2004. 400 p.
- ANAÇ, D.; ERIUCE, N.; KILINÇ, R. Effect of N, P, K fertilizer levels on yield and quality properties of processing tomatoes in Turkey. *Acta Horticulturae* v.376, p.243-250, 1994.
- ANDRADE, D. E. G. T. de; SOUZA, L. T.; ASSIS, T. C. Murcha-de-fusário: importante doença do tomateiro no Estado de Pernambuco. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, Recife, v. 6, p. 243-263, 2009.
- ANDRIOLO, J. L. Fisiologia das culturas protegidas. ed. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.
- ANDRIOLO, J.L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, p. 26-33, 2000. Suplemento.
- ANDRIOLO, J. L.; ROSS, T. D.; WITTER, M. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do tomateiro cultivado em substrato com três concentrações de nitrogênio na solução nutritiva *Ciência Rural*, v.34, p.48-56, 2004.
- ANTÔNIO, A. C. Respostas ecofisiológicas do tomateiro no sistema viçosa comparativamente a sistemas tradicionais em duas épocas de cultivo. 2013. 47 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2013.
- ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRIANUAL 2013. **IBGE** - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2013. 459 p.
- ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, v.74, p.430-445, 1959.

- BERNARDI A. C. C.; WERNECK C. G.; HAIM P. G.; BOTREL N.; OIANO NETO J.; MONTE M. B. M.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. 2007. Produção e qualidade de frutos de tomateiro cultivado em substrato com zeólita. **Horticultura Brasileira** 25: 306-311.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 625 p.
- BLANCHAR, R. W.; REHM, G.; CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. *Proceedings-Soil Science Society of America*, v. 29, n. 1, p.71-72, 1965.
- BOFF, P.; FONTES, P. C. R.; VALE, F. X.; ZAMBOLIM, L. Controle da Mancha-de-Estenfílio e da Pinta-Preta do tomateiro em função do sistema de condução. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.10, n.1, p. 25-27. 1992.
- BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. D. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. *Food Research International*, Amsterdam, v. 25, n. 4, p. 313-325, 2009.
- BRAGA J. M.; Defelipo B. V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, 21:73-85. 1974.
- BUZETTI, S; HERNANDEZ, F. B. T.; SÁ, M. E.; SUZUKI, M. A. Influência da adubação nitrogenada e potássica na eficiência do uso da água e na qualidade de frutos de melão. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 419-426, 1993.
- CAMARGOS, M. I. **Produção e qualidade de tomate longa vida em estufa, em função do espaçamento e do número de cachos por planta**. Viçosa: UFV, 1998. 68 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CARDOSO, F. B. Produtividade e qualidade de tomate com um e dois cachos em função da densidade de plantas, em hidroponia. 2007. 49 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- CARVALHO, J. C.; PAGLIUCA, L. G. Tomate: um mercado que não para de crescer globalmente. *Revista Hortifruti Brasil*, São Paulo, v. 6, n. 58, p. 6-14, jun. 2007.
- CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.6, p. 71-80, 1975.
- CECON NOVO, A. **Avaliação do sistema fito 2 na produção de tomate longa vida em casa de vegetação**. Viçosa: UFV, 2002. 70 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.
- CHARLO H. C. O.; SOUZA S. C.; CASTOLDI R.; BRAZ L. T. Desempenho e qualidade de frutos de tomateiro em cultivo protegido com diferentes números de hastes. **Horticultura Brasileira** 27: 144-149. 2009.
- COLETTI C; TESTEZLAF R. 2003. O uso de água na tomaticultura. In: WORKSHOP TOMATE NA UNICAMP. Anais.... Campinas: Unicamp: Faculdade de Engenharia Agrícola (CD-ROM).
- COWELL, L. **Potassium for the prairies**, *Agronomist*, Saskatchewan Wheat Pool, Saskatchewan, 2000. 3-4 p.

- DE PASCALE, S.; MAGGIO, A.; FOGLIANO, V.; AMBROSINO, P.; RITIENI, A. Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato. *J. Horticultural Science e Biotechnology*, v.76, p. 447-453. 2001.
- DENG, X.; SHAN, L.; ZHANG, H.; TURNER, N.C. Improving agricultural water efficiency in arid and semi arid areas of China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 80, p.23-40 2006.
- DINAR, A. Economic factors and opportunities as determinants of water use efficiency in agriculture. **Irrigation Science**, New York, v. 14, p. 47-52. 1993.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, J. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. p 179. (FAO Irrigation and Drainage, 24).
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. 1979. Yield response to water. Rome: FAO. 193 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).
- DOORENBOS J.; KASSAM A. H. 2000. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: Tradução Gheyi H.R. e outros, UFPb FAO. 221 p.
- DUARTE, S. N. **Efeitos do horário e da lâmina de irrigação na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 1989. 148 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. 1989.
- ELLINGER, S.; ELLINGER, J.; STEHLE, P. Tomatoes, tomato products and lycopene in the prevention and treatment of prostate cancer: do we have the evidence from intervention studies? *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, London, v. 9, n. 6, p. 722-727, 2006.
- FAOSTAT, 2014. **Statistical databases**. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em 18 jun. 2014.
- FERERES, E. 1981. **Papel de la fisiología vegetal en la microirrigación. Recomendaciones para el manejo mejorado**. Ponencia en IV Seminario Latinoamericano de Microirrigación. Barquisimeto, Venezuela. (En prensa).
- 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**, v. 20, n. 4, p. 564-570, 2002.
- FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; SILVA, D. J. H.; BARBOSA, J. G.; PEDROSA, A. W. Cultivo sucessivo de plantas de tomate oriundas de sementes e propagação vegetativa em sistema hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.7, p. 1013-1019, 2007.
- FERREIRA M. M. M.; FERREIRA G. B.; FONTES P. C. R.; DANTAS J. P. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira** 21: 471-476. 2003
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2003. p.193-214.
- FONTES, P. C. R., **Cultura do tomate, olericultura teoria e prática**: Cultura Tomate. Viçosa-MG, 457-477p., 2005.
- FONTES, P. C. R.; ARAUJO, C. Adubação nitrogenada de hortaliças. Viçosa-MG, 148p., 2007.
- FONTES, P. C. R.; LOURES, J. L.; GALVÃO, J. C.; CARDOSO, A. A.; MANTOVANI, E. C. 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.
- FONTES, P. C. R.; NAZAR, R. A.; CAMPOS, J. P. Produção e rentabilidade da cultura do tomateiro, afetadas pela fertilização e pelo sistema de condução. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 34, n. 134, p. 355-65, 1987.
- FONTES, P. C. R.; SAMPAIO, R. A.; MANTOVANI, E. C. Tomato yield and potassium concentrations in soil and in plant petioles as affected by potassium fertigation, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, 2000. v.35, n.3, 575-580 p.
- FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. **Produção de tomate de mesa**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002.
- FRIZZONE, J. A. Função de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas, MG. Anais... Poços de Caldas, MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 87.
- GEISENBERG, C.; STEWART, K. Field crop management. In: ATHERTON, J.G.; RUDICH, J. (Ed.) *The tomato crop*. London: Chapman & Hall, 1986. cap.13, p. 511-557.
- GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C. Clima e época de plantio. In: SILVA J. B. C. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa, 2000. p. 18-21.
- GREENWOOD, D. J. Modelling N-reponse of field vegetable crops under diverse conditions with N-ABLE: a review. *Journal Plant Nutrition*, v.24, n.11, p.1799-1815, 2001.
- GUIMARÃES, M. A.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; MATTEDI, A. P. Produtividade e Sabor dos Frutos de Tomate do Grupo Salada em Função de Podas. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 32-38. 2008.
- GUL A; SEVGICAN A. 1992. Effect of growing media on glasshouse tomato yield and quality. *Acta Horticulturae* 303: 145-150.
- HARTZ, T. **Drip Irrigation and Fertigation Management of Processing Tomato**. Vegetable Research and Information Center University of California. Department of Land, Air, and Water Resources, University of California, Davis, 2005. 3 p.
- HUETT, D.O.; DETTMANN, E.B. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.28, p.391-399, 1988.
- INFELD, J. A.; SILVA, J. B.; ASSIS, F. N. 1998. Temperatura-base e graus-dia durante o período vegetativo de três grupos de cultivares de arroz irrigado. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, V. 6, n. 2, p. 187-191.
- IRRIPLUS. 2008. Sistema para Manejo de Irrigação, Versão 2.25: UFV/GESAI/CIENTEC - Viçosa.
- JALOTA, S. K.; SOOD, A. G. B. S.; CHAHAL, B. U. Crop water productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) – wheat (*Triticum aestivum* L.) system as influenced by deficit irrigation, soil texture and precipitation. *Agricultural Water Management*, v. 84, p. 137-146, 2006.
- JONES JUNIOR; J. B. 1999. *Tomato plant culture - in the field, greenhouse, and home garden*. New York: CRC Press. 199 p.

- KADER, A. A.; MORRIS, L. L.; STEVENS, M. A.; ALBRIGHT-HOLTEN, M. Composition and flavor quality of fresh quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 103, p. 6-13. 1978.
- KARATAS, B. S.; AKKUZU, E.; UNAL, H. B.; ASIK, S.; AVCI, M. Using Satellite remote sensing to asses irrigation performance in water user Associations in the Lower Gediz Basin, Turkey. *Agricultural Water Management*, v. 96, p. 982-990, 2009.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649 p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. 1975. **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler. Glendora, California: s.n., 133 p.
- KNEE M. 2002. Fruit quality and its biological basis. Sheffield: Sheffield Academic Press. 279 p.
- LE BOT, J.; JEANNEQUIN, B.; FABRE, R. Growth and nitrogen status of soilless tomato plants following nitrate withdrawal from the nutrient solution. *Annals of Botany, Oxford*, n.88, p.361-370, 2002.
- LEI, S.; YUNZHOU, Q.; FENGCHAO, J.; CHANGHAI, S.; CHAO, Y.; YUXIN, L.; MENGYU, L.; BAODI, D. 2009. Physiological mechanism contributing to efficient use of water in field tomato under different irrigation. *Plant Soil Environ.*, 55, 2009 (3): 128–133.
- LEMOS, R. C. de. e SANTOS, R. D. dos. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3ª Ed., p. 83, Campinas-SP, 1996.
- LOPES C. A.; MAROUELLI W. A.; CAFÉ FILHO A. C. 2006. Associação da irrigação com doenças de hortaliças. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 14: 151-179.
- MAIA, J. T. L. S. Cultivo hidropônico do tomateiro do grupo cereja: crescimento, produção e qualidade sob doses de k e sintomas visuais e anatomia sob omissão de nutrientes. 17p. 2012. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, POTAFOS, 1989. 201 p.
- MANTOVANI, E. C.; COSTA, L. C. **Manejo integrado das culturas e dos recursos hídricos**. Workshop internacional sobre manejo integrado das culturas e dos recursos hídricos. Brasília: SRH/MMA – DEA-UFV, 1998. 154 p.
- MARIM, B.G.; SILVA, D.J.H.; GUIMARÃES, M.A.; BELFORT, G. Sistemas de tutoramento e condução do tomateiro visando produção de frutos para consumo in natura. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.4, p.951-955, out-dez 2005.
- MAROUELLI W. A.; LOPES C. A.; SILVA W. L. C. Incidência de murcha-bacteriana em tomate para processamento industrial sob irrigação por gotejamento e aspersão. *Horticultura Brasileira* 23: 320-323. 2005.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Orgs.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa, 2000. p. 60-71.

- MAROUELLI W. A.; SILVA W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região de Cerrado. **Horticultura Brasileira** 24: 342-346. 2006,
- MAROUELLI W. A.; SILVA W. L. C. Water tension thresholds for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. *Irrigation Science* 25: 411-418. 2007.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. da; SILVA, W. L. de C. e. Irrigação do tomateiro para processamento. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 24 p.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R.; CARRIJO, A.; SILVA, H. R. 2001. Estabelecendo parâmetros para a irrigação por gotejamento do tomateiro industrial., XI CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. Fortaleza-CE.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.nd ed. London: Academic, Embrapa Hortaliças. Brasília, 1995. 889 p.
- MATOS E. S.; SHIRAHIGE F. H.; MELO P. C. T. Desempenho de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função de sistemas de condução de plantas. **Horticultura Brasileira** 30: 240-245. 2012.
- MAY, D. M.; GONZALES, J., Irrigation and nitrogen management as they affect fruit quality and yield of processing tomatoes. *Acta Horticulturae*, v.376, p.227-234, 1994.
- MENGEL, K. Impact of potassium on crop yield and quality with regard to economical and ecological aspects. In: IPI REGIONAL WORKSHOP ON: FOOD SECURITY IN THE WANA REGION, THE ESSENTIAL NEED FOR BALANCED FERTILIZATION, HELD AT BORNOVA, Izmir, 1997. Proceedings. Bern: International Potash Institute, Switzerland, 1997. 157-174 p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIAE ABASTECIMENTO - MAPA. Portaria nº 85. Normas de identificação, qualidade, acondicionamento, embalagem e apresentação do tomate. **Diário Oficial da União**, Brasília, de 18/03/2002.
- MARODIN J. C.; RESENDE J. T. V.; FARIA M. V.; GALVÃO A. G.; MORALES R. G. F.; DIAS D. M.; CHAGAS R. R. Conservação pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes e doses de silício **Horticultura Brasileira**, 29: S5174-S5181. 2011.
- MOREIRA, I. M. Desempenho de métodos de manejo de irrigação para a Cultura do tomateiro cultivado em campo e em casa de vegetação. 2002. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.
- OMONI, A. O.; ALUKO, R. E. The anti-carcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene: a review. *Trends in Food Science and Technology*, Amsterdam, v. 16, n. 8, p. 344-350. 2005.
- PALARETTI, L. F. Estimativa da evapotranspiração do tomateiro em dois sistemas de condução. 2003. 51 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.
- PEREIRA, L. S.; PAREDES, P.; EHOLPANKULOV, E. D.; INCHENKOVA, O. P.; TEODORO, P. R.; HORST, M. G. Irrigation scheduling strategies for cotton to cope with water scarcity in the Fergana Valley, Central Asia. *Agricultural Water Management*, v. 96, p. 723-735. 2009.

- PETERSEN, K. K.; WILLUMSEN, J.; KAACK, K. Composition and taste of tomatoes as affected by increased salinity and different salinity sources. *Journal Horticulture Science*. v.73, p.205-215, 1998.
- PICANÇO, M. C.; LEITE G. L. D.; GUEDES, R. N. C.; SILVA, E. E. A. Effect of spacing and chemical control on losses and pest attacks on tomato plant with vertical tutoring in Brazil. **Crop Protection**, v.17, p.447-452, 1998.
- PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: ENA, 2004. 192p.
- RAVINDER, S.; KOHLI U.K.; KANWAR, H.S.; SINGH, R. Tomato fruit quality as influenced by different nutrient regimes. *Himachal Journal of Agricultural Research*, v.25, p.37-42, 2001.
- REBELO, J. A. Sistema alternativo de tutoramento para tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.11, n.2, p.161, 1993.
- REINA-SÁNCHEZ, A.; ROMERO-ARANDA, R.; CUARTERO, J. Plant water uptake and water use efficiency of greenhouse tomato cultivars irrigated with saline water. *Agricultural Water Management*, v.78, p.54-66, 2005.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. *A Guide to Carotenoids Analysis in Food*. Washington: International Life Sciences Institute Press, 2001. 64 p.
- ROTEM J.; PALT J. 1969. Irrigation and plant diseases. *Annual Review of Phytopathology* 7: 267-288.
- SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 17-29, 2007.
- SAPERS G. M.; PHILLIPS J. G.; PANASIUK O.; CARRÉ J.; STONER A. K.; BARKSDALE T. Factors affecting the acidity of tomatoes. **HostScience**, 13: 187-189. 1978.
- SGANZERLA, E. 1995. *Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com plásticos*. 5 a ed. Ver. e atual., Guaíba: Agropecuária, 342 p.
- SILVA, J. M.; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. F.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.1, p.40-46, 2013.
- SILVA, D. J.; VALE, F. X. R. *Tomate – Tecnologia de produção*. Viçosa, MG: Ed. Suprema, 2007.
- SUZUKI, S.; FELTRIM, A. L.; MUELLER, S.; WAMSER, A. F.; VALMORBIDA, J. Avaliação de fontes de N e K aplicados via fertirrigação no tomateiro. *Horticultura Brasileira*, v.28, p.3933-3939, 2010. (Suplemento)
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1995. 118 p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).
- VALENCIA J; BIECHE B; BRANTHOME X. Effect of fertilizers on fruit quality of processing tomatoes. *Acta Horticulturae*, v.613, p.89-93, 2003.

- VISCONTI, R.; GRIECO, D. New insights on oxidative stress in cancer. *Current opinion in drug discovery and development*, London, v. 12, n. 2, p. 240-245, 2009.
- WAMSER, A. F.; BECKER, W. F.; SANTOS, J. P.; MUELLER, S. Influência do sistema de condução do tomateiro sobre a incidência de doenças e insetos-praga. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, p. 180-185, 2008.
- WILLCOX, J. K.; CATIGNANI, G. L.; LAZARUS, S. Tomatoes and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, London, v. 43, n. 1, p. 1-18, 2003.
- WOLF B. 1974. Improvements in azomethine-H method for determination of boron. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 5: 39-44.
- ZAMBOLIM, L. Manejo Integrado fitossanidade: Cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa-MG, 2001, 722p.1