



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

RENAN RIBEIRO BARZAN

**FORMAS DE MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA COM
BASE NO LIXIVIADO NA FERTIRRIGAÇÃO DO TOMATEIRO
EM VASOS COM AREIA**

Londrina
2016

RENAN RIBEIRO BARZAN

**FORMAS DE MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA COM
BASE NO LIXIVIADO NA FERTIRRIGAÇÃO DO TOMATEIRO
EM VASOS COM AREIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Manejo Sustentável do Solo) da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Hideaki Wilson Takahashi.
Co-orientador: Prof. Dr. Gustavo Adolfo de Freitas Fregonezi.

Londrina
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Barzan, Renan Ribeiro.

Formas de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado na fertirrigação do tomateiro em vasos com areia / Renan Ribeiro Barzan. - Londrina, 2016.
42 f.

Orientador: Hideaki Wilson Takahashi. Coorientador:
Gustavo Adolfo de Freitas Fregonezi.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.
Inclui bibliografia.

1. Tomateiro - Teses. 2. Nutrição mineral de plantas - Teses. 3. Hidroponia - Teses. 4. Solução nutritiva - Teses. I. Takahashi, Hideaki Wilson. II. Fregonezi, Gustavo Adolfo de Freitas. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

RENAN RIBEIRO BARZAN

**FORMAS DE MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA COM BASE NO
LIXIVIADO NA FERTIRRIGAÇÃO DO TOMATEIRO EM VASOS COM
AREIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Manejo Sustentável do Solo) da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Dr. Hideaki Wilson Takahashi
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dra. Cristina Batista de Lima
Universidade Estadual do Norte do Paraná –
UENP

Dr. Eli Carlos de Oliveira
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 26 de fevereiro de 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por nos proporcionar essa realidade misteriosa que instiga nossa ânsia por respostas, o combustível essencial para “fazer ciência”.

Sou grato, ainda, pelas pessoas maravilhosas que este mesmo Deus colocou à minha volta, em especial, meus pais, Dalmo e Vanilda, minha irmã, Liége, e minha noiva, Larissa. Vocês são o terreno fértil no qual eu me sustento e cresço. Amo-lhes incondicionalmente.

Sinto-me agraciado também pela orientação que tive de dois grandes mestres, o professor Dr. Gustavo Fregonezi, meu co-orientador, e o professor Dr. Hideaki Takahashi, meu orientador. Obrigado por todos os ensinamentos, cobranças, sugestões e conversas, inclusive sobre assuntos nada relacionados à pesquisa, mas que tornam esse tipo de relação ainda mais prazerosa.

Não posso deixar de dar meu agradecimento aos amigos que continuam comigo nesse caminho árduo, mas compensador, que é a vida acadêmica: Marita Di Loreto, Thadeu Melo, Victor Moraes e Felipe Furlan, força meus caros, o mundo precisa de mais pessoas engajadas nesse propósito!

Quero agradecer, por fim, à essa instituição, a Universidade Estadual de Londrina, que por meio de seus servidores, corpo docente, graduandos e pós-graduandos, me acolheu em minha imaturidade e a quem devo hoje grande parte da minha formação profissional, acadêmica e pessoal.

BARZAN, Renan Ribeiro. **Formas de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado na fertirrigação do tomateiro em vasos com areia**. 2016. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

RESUMO

A fertirrigação em substrato se caracteriza pela maior eficiência no uso de insumos como água e fertilizantes. Neste sistema, o manejo da solução nutritiva tem papel chave, podendo-se utilizar de diferentes critérios para direcionar o fornecimento de nutrientes. Foi conduzido experimento com a cultura do tomateiro sob ambiente protegido em sistema de fertirrigação por gotejamento. O delineamento foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2, com dez repetições. Objetivou-se comparar duas formas de manejo da solução nutritiva, com base na condutividade elétrica (CE) e na concentração individual de íons (CI) do lixiviado, em dois níveis iniciais contrastantes (1,6 e 3,2 dS m⁻¹). O híbrido Paronset foi cultivado em vasos plásticos contendo areia grossa como substrato. O lixiviado foi coletado semanalmente a partir dos 56 dias após o transplântio (DAT), medindo-se a condutividade elétrica no manejo CE e as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S no manejo CI. Foram estabelecidas faixas ideais para estes atributos. No manejo CE, a solução nutritiva como um todo foi diluída ou concentrada em 20% a cada vez que a condutividade elétrica do lixiviado se encontrava, respectivamente, acima ou abaixo da faixa pré-estabelecida. No manejo CI, o mesmo procedimento foi realizado, porém a concentração de cada macronutriente na solução nutritiva foi corrigida individualmente. A aplicação de N, P e K foi favorecida no manejo CI, o oposto sendo observado para Ca e Mg, comportamento que influenciou a absorção de nutrientes e o estado nutricional. Entretanto, grandes desordens nutricionais não foram observadas independente do manejo da solução nutritiva e níveis de nutrientes. Com isso, houve pouca influência sobre o desempenho fitotécnico (produtividade, massa média, diâmetro transversal, comprimento longitudinal e teor de sólidos solúveis dos frutos), com destaque para um aumento de produtividade no manejo CE com nível inicial de 3,2 dS m⁻¹.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum* Mill. Fertirrigação. Condutividade elétrica. Concentração de nutrientes. Nutrição de hortaliças.

BARZAN, Renan Ribeiro. **Forms of nutrient solution management based on leached in the fertigation of tomato crop at pots with sand.** 2016. 42 p. Dissertation (Master's degree in Agronomy) – State University of Londrina, Londrina, 2016.

ABSTRACT

The fertigation at substrates is characterized by more efficient use of water and fertilizers. In this system, the management of nutrient solution plays a key role, being possible to use different criteria to direct the nutrient supply. It was carried an experiment with tomato crop under protected environment in a drip fertigation system. The design was a randomized block in factorial 2x2, with ten replications. The study aimed to compare two forms of nutrient solution management, based on electrical conductivity (EC) and individual ionic concentrations (IC) of the leached in two contrasting initial levels (1.6 and 3.2 dS m⁻¹). The hybrid Paronset was grown in plastic pots containing coarse sand as substrate. The leached was collected weekly from 56 days after transplanting (DAT), being measured the electrical conductivity in the EC management and the concentrations of N, P, K, Ca, Mg and S in the IC management. Optimal ranges for these parameters were established. At the EC management, the nutrient solution as a whole was diluted or concentrated by 20% each time the electrical conductivity of leached was found, respectively, above or below the predetermined range. In IC management, the same procedure was performed, but the concentration of each macronutrient in the nutrient solution was corrected individually. The application of N, P and K was favored in the management IC, the opposite effect was observed for Ca and Mg and such behavior influenced the uptake of nutrients and the nutritional status. However, major nutritional disorders were not observed independent of the management of nutrient solution and nutrient levels. Thus, there was little influence on the plant performance (yield, average weight, transverse diameter, longitudinal length and soluble solids content of fruits), highlighting an increase of yield in the EC management with initial level of 3.2 dS m⁻¹.

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill. Fertigation. Electrical conductivity. Nutrients concentration. Nutrition of vegetable crops.

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 –	Concentração inicial de nutrientes das soluções nutritivas em dois níveis de condutividade elétrica (CE) utilizados na fertirrigação do tomateiro	21
Tabela 3.2 –	Caracterização química e granulométrica da areia utilizada como substrato na fertirrigação do tomateiro.....	22
Tabela 3.3 –	Estimativa da quantidade de macronutrientes aplicada na fertirrigação do tomateiro em cada tratamento	26
Tabela 3.4 –	Médias de pH do extrato aquoso 1:5 (v:v) do substrato aos 55, 95 e 125 dias após o transplântio (DAT) do tomateiro em função do manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes.....	27
Tabela 3.5 –	Médias de condutividade elétrica (CE) do extrato aquoso 1:5 (v:v) do substrato aos 55, 95 e 125 dias após o transplântio (DAT) do tomateiro, em função do manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes	27
Tabela 3.6 –	Teores (g kg^{-1}) de macronutrientes na folha-índice (acima do 2º cacho da haste principal, aos 85 DAT) do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes	28
Tabela 3.7 –	Índices DRIS de nitrogênio (IN), fósforo (IP), potássio (IK), cálcio (ICa), magnésio (IMg) e enxofre (IS) na folha-índice (acima do 2º cacho da haste principal, aos 85 DAT) do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes	29
Tabela 3.8 –	Índice de balanço nutricional (IBN) de macronutrientes na folha-índice (acima do 2º cacho da haste principal, aos 85 DAT) do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes	30

Tabela 3.9 – Teores (mg kg^{-1}) de micronutrientes na folha-índice (acima do 2º cacho da haste principal, aos 85 DAT) do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes	31
Tabela 3.10 – Acúmulo de Matéria Seca (MS, g planta^{-1}) nas partes vegetativa (folhas e hastes) e reprodutiva (cachos e frutos) da planta do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes	31
Tabela 3.11 – Acúmulo (kg ha^{-1}) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na parte aérea do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes	33
Tabela 3.12 – Massa Fresca total (MF t), Massa Fresca média (MF m), Diâmetro Transversal médio (DT m), Comprimento Longitudinal médio (CL m) e Sólidos Solúveis Totais (SST) de frutos do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	ASPECTOS DA PRODUÇÃO DO TOMATEIRO NO BRASIL	11
2.2	NUTRIÇÃO MINERAL DO TOMATEIRO.....	13
2.2.1	Exigência Nutricional.....	13
2.2.2	Avaliação do Estado Nutricional.....	14
2.3	CULTIVO HIDROPÔNICO DO TOMATEIRO EM SUBSTRATO.....	15
3	ARTIGO A: FORMAS DE MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA COM BASE NO LIXIVIADO NA FERTIRRIGAÇÃO DO TOMATEIRO EM VASOS COM AREIA	18
3.1	RESUMO	18
3.2	ABSTRACT.....	19
3.3	INTRODUÇÃO	19
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
3.6	CONCLUSÕES.....	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é uma das culturas olerícolas mais produzidas no Brasil e de grande importância econômica no setor. Em 2015, a produção nacional atingiu 3,69 milhões de toneladas com um rendimento médio de 64,82 t ha⁻¹ (IBGE, 2016). A maior parte da produção é destinada ao consumo *in natura* (tomate de mesa), por meio do cultivo de genótipos de crescimento indeterminado e uso intensivo de mão-de-obra e insumos.

A ocorrência de limitações climáticas em determinadas regiões, como excesso de chuvas no verão ou temperaturas muito baixas no inverno, têm impulsionado o cultivo protegido do tomate destinado à mesa, como uma forma de ampliar a janela de produção e obter frutos de maior qualidade.

No entanto, a salinização do solo e a ocorrência de doenças que afetam o sistema radicular são problemas frequentes na cultura e, quando em ambiente protegido, há dificuldade em se realizar a mudança de área a fim de contorná-los. Nestes casos, o cultivo em vasos associado à fertirrigação e uso de substratos é uma alternativa ao produtor.

Neste contexto, a areia apresenta características interessantes para substrato, como baixa capacidade de troca catiônica (CTC), baixo custo, pouco poluente e de fácil descarte, ou mesmo reutilizável. Por outro lado, o peso excessivo quando úmida dificulta o manuseio dos recipientes, sendo uma das desvantagens desse material.

A fertirrigação, por sua vez, é caracterizada pela adição de fertilizantes à água de irrigação e, especialmente quando realizada de forma localizada, por gotejamento ou microaspersão, possibilita maior aproveitamento desses insumos. Neste sistema, diferentes critérios para o manejo de fornecimento dos nutrientes por meio da solução nutritiva podem ser adotados, devendo-se levar em consideração a exigência nutricional das plantas, os efeitos na produção, além da praticidade e do custo.

Neste sentido, a avaliação da solução que lixivia do substrato permite estimar o balanço entre o que é absorvido pela planta e o que vem sendo aplicado em excesso. Para isso, é possível se utilizar de características como a condutividade elétrica e as concentrações de íons do lixiviado.

A condutividade elétrica (CE) das soluções resulta da presença de solutos iônicos em concentração diretamente proporcional à capacidade de conduzir corrente elétrica. Esta relação pode ser utilizada para inferir quanto à concentração iônica da solução com base na CE, que é um atributo de medição mais simples e de baixo custo. Por outro lado, a condutividade elétrica é uma medida ampla da composição iônica da solução, não fornecendo informações sobre cada íon, o que dificulta o manejo isolado destes.

As hipóteses do trabalho são de que, em sistema de fertirrigação em vasos com areia, as concentrações individuais dos íons na solução lixiviada refletem com maior precisão a demanda nutricional de plantas de tomateiro do que a condutividade elétrica. O fornecimento de nutrientes por meio da solução nutritiva tendo como critério as concentrações dos íons do lixiviado deve promover, então, maior eficiência produtiva, principalmente em condições de menor nível de nutrientes, situação em que a exigência nutricional das plantas pode, mais facilmente, não ser atendida.

O objetivo do presente trabalho foi indicar a melhor forma de manejo da solução nutritiva, tendo como base os critérios 'condutividade elétrica' e 'concentrações individuais dos íons' do lixiviado, em níveis iniciais de nutrientes contrastantes ($1,6$ e $3,2 \text{ dS m}^{-1}$) na fertirrigação do tomateiro em vasos com areia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS DA PRODUÇÃO DO TOMATEIRO NO BRASIL

O tomateiro é uma planta dicotiledônea pertencente à família botânica Solanaceae e originalmente, pela classificação de Linnaeus, integrava o gênero *Solanum*, o mesmo da batata. Em 1754 foi reclassificado por Miller dentro do gênero *Lycopersicon*, sendo a espécie cultivada denominada *Lycopersicon esculentum* Mill. (PERALTA; SPOONER, 2000).

Apesar de cultivado como anual, o tomateiro é uma planta semi-perene e naturalmente se desenvolve de forma rasteira, uma vez que seu caule herbáceo não suporta o peso dos frutos. Os genótipos de crescimento indeterminado, que apresentam gemas terminais vegetativas, são os principais utilizados no cultivo destinado à mesa. As plantas são conduzidas de forma ereta ou semi-ereta por meio do tutotamento, o que favorece a qualidade dos frutos por não tocarem o solo (ALVARENGA, 2004).

O sistema de raízes é composto por uma raiz pivotante, raízes laterais e adventícias. O caule é flexível e com abundante ramificação lateral, levando à necessidade de desbrotas periódicas. As folhas são pecioladas e compostas por número ímpar de folíolos, enquanto as flores são hermafroditas e agrupadas em inflorescências do tipo “cacho”, dando origem aos frutos, classificados como bagas carnosas e suculentas que variam quanto ao tamanho, peso, número de lóculos (bi, tri ou pluriloculares) e coloração. As sementes são pequenas, pilosas e envoltas por mucilagem (FILGUEIRA, 2012). Os estádios de desenvolvimento principais, segundo escala proposta por Feller et al. (1995), são sete: 1) germinação da semente; 2) desenvolvimento de folhas; 3) emergência das inflorescências; 4) florescimento; 5) desenvolvimento dos frutos; 6) amadurecimento dos frutos e 7) senescência.

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é uma das hortaliças mais produzidas, não só no Brasil como no mundo, sendo cultivado para duas principais finalidades, o consumo *in natura* (mesa) e o processado (industrial). A maior parte da colheita nacional é destinada à mesa, modalidade em que a exigência em tratamentos culturais é geralmente mais intensa, empregando-se maior mão-

de-obra (FILGUEIRA, 2012).

Em termos de importância econômica, o tomate ocupa a segunda colocação dentre as hortaliças produzidas no país, perdendo para a cultura da batata. Para a safra 2015, foi contabilizada uma produção de 3,69 milhões de toneladas, em uma área de 56,88 mil hectares e com um rendimento médio de 64,82 t ha⁻¹, sendo a maior parte obtida na região Sudeste, com 43,8% do total. O maior estado produtor, contudo, é Goiás, com 879,59 mil toneladas em 9,99 mil hectares e 88,01 t ha⁻¹ de rendimento médio. No Paraná, a área cultivada é de 4,34 mil hectares, com uma produção de 261,35 mil toneladas e um rendimento médio de 60,16 t ha⁻¹ (IBGE, 2016).

Apesar de a produção estar concentrada nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, o tomate é produzido em praticamente todos os estados brasileiros e com isso enfrenta as mais variadas condições climáticas. No entanto, por ser uma planta originária da região andina, se desenvolve melhor em temperaturas amenas e é exigente em termoperiodicidade, requerendo 6 a 8 °C a menos no período noturno em relação ao diurno (FILGUEIRA, 2012).

As temperaturas médias ótimas ao desenvolvimento da cultura estão compreendidas entre 18 a 25 °C durante o dia e 10 a 20 °C à noite (DOORENBOS; KASSAN, 1979). Ainda, fatores como a luminosidade, umidade relativa do ar e molhamento foliar influenciam o desempenho produtivo, tanto direta quanto indiretamente, pois interagem com fatores bióticos como pragas e doenças, potencialmente danosos à produção (CALIMAN et al., 2005).

A ocorrência excessiva de chuvas no verão, que predispõem à incidência de problemas fitossanitários, e temperaturas muito baixas no inverno dificultam o cultivo do tomateiro em algumas localidades. Com isso, a plasticultura têm sido adotada para ampliar o período de produção e fornecer frutos de qualidade o ano todo (MARTINS; CASTELLANE; VOLPE, 1994; CARRIJO et al., 2004).

Segundo Martins (2012), o cultivo em ambiente protegido favorece o aumento da produtividade, melhora a qualidade e diminui a sazonalidade na oferta de produtos hortícolas. Os fatores de produção como adubos, defensivos e água são melhor aproveitados e há melhoria nas condições de trabalho, diminuindo o êxodo rural e aumentando a rentabilidade da empresa agrícola.

As principais estruturas utilizadas no cultivo protegido são as casas de vegetação, que são classificadas de acordo com o material utilizado na

construção e o rigor no controle do ambiente. No cultivo do tomateiro, os modelos mais utilizados são as casas de vegetação plásticas com efeito estufa, nas regiões de inverno rigoroso, e com efeito “guarda-chuva” onde há precipitações excessivas no verão (MARTINS, 1992; OLIVEIRA, 1995).

Ainda de acordo com Oliveira (1995), as casas de vegetação proporcionam proteção contra geadas, granizo, sol intenso e queda acentuada da temperatura noturna. No entanto, exigem constante atualização por parte do horticultor e levam a um aumento no custo de produção, pelo investimento na instalação e manutenção das estruturas.

O uso do ambiente protegido no cultivo do tomateiro tem proporcionado incrementos de 4 a 15 vezes na produção em relação ao cultivo em campo (MARTINS, 1992) e menor incidência de infecções fúngicas nos frutos (REBELO; EBERHARDT; STUKER, 1994). Seleguini, Seno e Faria Júnior (2007), estudando o desempenho de híbridos de tomateiro industrial visando a produção para mercado de mesa, concluíram que o ambiente protegido proporcionou frutos de melhor aparência e maior precocidade. Contudo, Caliman et al. (2003) observaram maior acidez, Brix e relação sólidos solúveis/acidez titulável em frutos de tomate produzidos em campo, atribuindo à maior luminosidade e conseqüentemente maior atividade fotossintética como responsáveis pela maior produção de fotoassimilados, precursores dos açúcares e ácidos orgânicos.

2.2 NUTRIÇÃO MINERAL DO TOMATEIRO

2.2.1 Exigência Nutricional

Em um dos primeiros trabalhos desenvolvidos no Brasil acerca da exigência de nutrientes do tomateiro, Gargantini e Blanco (1963) observaram maior absorção de potássio (185 kg ha^{-1}), seguido de nitrogênio ($93,6 \text{ kg ha}^{-1}$), cálcio (31 kg ha^{-1}), enxofre (28 kg ha^{-1}), fósforo (21 kg ha^{-1}) e magnésio (9 kg ha^{-1}). As quantidades totais de N, K, Mg e S foram absorvidas até os 100 a 120 dias de desenvolvimento da cultura, enquanto P e Ca foram extraídos continuamente até o final do ciclo, com 140 dias após a germinação. Houve grande exportação pelos frutos de N (76,9%), P (85,7%), K (70,3%) e Mg (77,7%), enquanto a maior parte acumulada de Ca (77,4%) e S (67,8%) permaneceu nos órgãos vegetativos.

Fayad et al. (2002) estudaram a extração de nutrientes do tomateiro cultivado em campo (cultivar Santa Clara) e ambiente protegido (híbrido EF-50). Em condições de campo, a ordem decrescente de acúmulo dos macronutrientes na parte aérea foi K (360 kg ha^{-1}) > N (206 kg ha^{-1}) > Ca (202 kg ha^{-1}) > S (49 kg ha^{-1}) > P (32 kg ha^{-1}) > Mg (29 kg ha^{-1}). Em ambiente protegido, os autores encontraram uma ordem de extração de K (264 kg ha^{-1}) > N (211 kg ha^{-1}) > Ca (195 kg ha^{-1}) > S (49 kg ha^{-1}) > Mg (40 kg ha^{-1}) > P (30 kg ha^{-1}). Esses resultados evidenciam que, apesar dos diferentes genótipos e ambientes utilizados, as quantidades e a ordem de absorção dos macronutrientes pouco variaram.

Em cultivo hidropônico, Prado et al. (2011) obtiveram para o tomateiro cv. Raísa, fertirrigado constantemente com solução de Hoagland e Arnon, uma ordem de extração bastante similar aos demais autores, porém com quantidades inferiores, sendo K (76 kg ha^{-1}) > N ($52,2 \text{ kg ha}^{-1}$) > Ca ($46,4 \text{ kg ha}^{-1}$) > P ($18,86 \text{ kg ha}^{-1}$) > Mg ($13,6 \text{ kg ha}^{-1}$) > S ($10,8 \text{ kg ha}^{-1}$).

2.2.2 Avaliação do Estado Nutricional

O estado nutricional das plantas cultivadas é comumente avaliado pelos teores dos nutrientes essenciais no tecido foliar, considerado a “sede” do metabolismo vegetal, onde ocorrem as principais reações da planta que demandam elementos químicos (PRADO, 2008).

Os teores foliares são frequentemente interpretados pelo nível crítico ou faixas de suficiência, que levam em consideração a relação existente entre o suprimento do nutriente pelo substrato, a concentração deste no tecido e a produção da planta (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Uma das principais limitações dessa metodologia é considerar os nutrientes isoladamente, ignorando as interações entre os mesmos, isto é, o efeito que o suprimento de um nutriente apresenta sobre a absorção e uso dos outros (KURIHARA et al., 2005). Desta forma, outros métodos que levam em consideração as relações existentes entre os nutrientes têm sido utilizados, como o DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) proposto por Beaufils (1973). Neste sistema, os nutrientes são avaliados de forma bivariada, por meio de normas DRIS da cultura geradas por relações duais dos teores, diretas ou inversas (N/K e K/N, por exemplo), obtidas em populações de referência (de alta produtividade).

A partir de um banco de dados contendo essas normas, é possível estabelecer o índice DRIS para cada nutriente analisado em uma determinada amostra. Para tal, somam-se as funções DRIS através de fórmulas desenvolvidas por autores como Beaufils (1973) e Jones (1981), descritas pelas equações 2.1 e 2.2, respectivamente, em que: $f(A/B)$ indica a função DRIS de um nutriente A sobre um nutriente B; A/B é a relação entre as concentrações dos nutrientes A e B na amostra; a/b , σ e $CV(\%)$ são, respectivamente, a média, o desvio-padrão e o coeficiente de variação da relação entre as concentrações dos nutrientes A e B na população de referência.

$$f(A/B) = \left(1 - (a/b - A/B) \times \left(\frac{1000}{CV(\%)} \right) \right), \text{ quando } A/B < a/b;$$

$$f(A/B) = \left(1 - (A/B - a/b) \times \left(\frac{1000}{CV(\%)} \right) \right), \text{ quando } A/B > a/b.$$

(2.1)

$$f(A/B) = ((A/B - a/b)) / \sigma$$

(2.2)

Os índices DRIS permitem inferir quanto à ordem de limitação que cada nutriente esteja exercendo à produção da cultura. Um índice DRIS igual a zero indica equilíbrio do nutriente e desvios acima ou abaixo de zero significam desequilíbrio por excesso e deficiência, respectivamente. Contudo, os trabalhos com DRIS na cultura do tomateiro são escassos na literatura e na ausência de normas DRIS específicas para as diferentes condições de cultivo, podem-se utilizar faixas de suficiência ou nível crítico para a avaliação do estado nutricional com razoável grau de acerto (TAKAHASHI; ANDRADE, 2010).

2.3 CULTIVO HIDROPÔNICO DO TOMATEIRO EM SUBSTRATO

O cultivo do tomateiro em ambiente protegido, a despeito das várias vantagens que apresenta, por vezes pode levar ao excesso de nutrientes minerais no solo, como observado por Vedum e Bartz (1998). Quantidades excessivas de

nutrientes podem levar à salinização, que juntamente com a ocorrência de patógenos radiculares, os mais problemáticos em cultivo protegido (VIDA et al., 2004), têm impulsionado o cultivo em substratos com fertirrigação (FERNANDES; ARAÚJO; CORÁ, 2002).

Segundo Epstein e Bloom (2006), as plantas se desenvolvem plenamente mesmo na ausência do solo, desde que os nutrientes essenciais sejam fornecidos nas quantidades e proporções adequadas. No entanto, o substrato deve ser apropriado ao crescimento de raízes, possuindo boa aeração, retenção de água e drenagem eficiente (FONTES et al., 2004). Qualquer material orgânico ou mineral pode ser utilizado como substrato agrícola, desde que seja atóxico, economicamente viável, facilmente disponível e isento de patógenos (FONTES et al., 2004). Também deve apresentar características favoráveis ao crescimento de raízes, como bom armazenamento de água e aeração adequada (ANDRIOLO et al., 1999). Materiais como a lã de vidro, polietileno, serragem, areia, turfa, cascas de arroz e coco têm sido empregados (FONTES et al., 2004).

A areia está entre os principais substratos inorgânicos naturais utilizados em cultivos hidropônicos, normalmente empregando-se a areia de praia dessalinizada e a areia de rio lavada. A solução nutritiva é fornecida por gotejamento individual, não havendo recirculação da mesma, o que reduz a possibilidade de disseminação de patógenos. Por apresentar baixa capacidade de troca catiônica (CTC), a areia é considerada praticamente inerte e, por isso, não libera nutrientes para a solução nutritiva, facilitando o manejo do sistema hidropônico. Contudo, algumas das desvantagens da areia são a elevada densidade das partículas, tornando-a pesada e dificultando o manuseio, bem como a dificuldade de desinfecção e o acúmulo de sais, que obriga a realização de lavagens periódicas (MARTINEZ; BARBOSA, 1999).

A formulação da solução nutritiva no cultivo hidropônico é um dos pontos mais importantes (MARTINEZ; BRACCINI; BRACCINI, 1997), sendo necessário fornecer todos os nutrientes nas quantidades exigidas pela espécie e em função do desenvolvimento (HAAG et al., 1993). Martinez, Braccini e Braccini (1997) fizeram uma compilação de soluções nutritivas utilizadas no cultivo hidropônico do tomateiro, em que se observam concentrações variando de 12,0 a 15,0 mM para N-NO_3^- ; 1,0 a 2,7 mM para H_2PO_4^- ; 6,0 a 9,9 mM para K^+ ; 3,4 a 9,0 mM para Ca^{2+} ; 2,0 a 4,0 mM para Mg^{2+} e 1,5 a 7,0 mM para SO_4^{2-} ; enquanto os micronutrientes variam

de 30,0 a 50,0 μM para H_3BO_3 ; 0,1 a 1,0 μM para Cu^{2+} ; 35,8 a 100,0 μM para Fe^{2+} ; 1,8 a 40,0 μM para Mn^{2+} ; 0,07 a 0,5 μM para MoO_4^{2-} e 0,8 a 1,5 μM para Zn^{2+} .

Em sistema hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*), Genúncio et al. (2006) avaliaram cultivares de tomateiro supridas com diferentes concentrações iônicas (50, 75 e 100%) da solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) e observaram que, de modo geral, a produtividade e o acúmulo de massa nas plantas não foram influenciados pelos níveis de solução estudados. Por outro lado, em sistema de fertirrigação descontínua em substrato, Rattin, Andriolo e Witter (2003) observaram incremento no índice de área foliar, acúmulo de massa seca e produtividade do híbrido de tomateiro Monte Carlo em função de doses de solução nutritiva.

Segundo Martinez, Braccini e Braccini (1997), a solução nutritiva utilizada inicialmente deve ser ajustada periodicamente em função das demandas nutricionais da cultura e, de acordo com Braccini, Braccini e Martinez (1999), diferentes critérios para o monitoramento e renovação da solução podem então ser adotados.

Andrade (2012) comparou o uso da condutividade elétrica e da concentração individual de íons na solução extraída do substrato (areia grossa) por extratores de cápsula porosa, como parâmetros para o manejo da fertirrigação do tomateiro cv. Plutão e observou que a produtividade foi maior quando o critério utilizado para a reposição de nutrientes foi a condutividade elétrica.

Uma outra técnica que pode ser utilizada para o manejo da solução nutritiva é a coleta do lixiviado, denominada de Pour Through (CAVINS et al., 2008). Entretanto, são escassos na literatura estudos semelhantes ao realizado por Andrade (2012), porém objetivando avaliar o manejo da solução nutritiva com base em diferentes atributos do lixiviado ao invés de se utilizar da solução extraída do substrato, uma vez que esta depende de extratores mais sofisticados.

3 ARTIGO A: FORMAS DE MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA COM BASE NO LIXIVIADO NA FERTIRRIGAÇÃO DO TOMATEIRO EM VASOS COM AREIA

3.1 RESUMO

A fertirrigação em substrato se caracteriza pela maior eficiência no uso de insumos como água e fertilizantes. Neste sistema, o manejo da solução nutritiva tem papel chave, podendo-se utilizar de diferentes critérios para direcionar o fornecimento de nutrientes. Foi conduzido experimento com a cultura do tomateiro sob ambiente protegido em sistema de fertirrigação por gotejamento. O delineamento foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2, com dez repetições. Objetivou-se comparar duas formas de manejo da solução nutritiva, com base na condutividade elétrica (CE) e na concentração individual de íons (CI) do lixiviado, em dois níveis iniciais contrastantes (1,6 e 3,2 dS m⁻¹). O híbrido Paronset foi cultivado em vasos plásticos contendo areia grossa como substrato. O lixiviado foi coletado semanalmente a partir dos 56 dias após o transplântio (DAT), medindo-se a condutividade elétrica no manejo CE e as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S no manejo CI. Foram estabelecidas faixas ideais para estes atributos. No manejo CE, a solução nutritiva como um todo foi diluída ou concentrada em 20% a cada vez que a condutividade elétrica do lixiviado se encontrava, respectivamente, acima ou abaixo da faixa pré-estabelecida. No manejo CI, o mesmo procedimento foi realizado, porém a concentração de cada macronutriente na solução nutritiva foi corrigida individualmente. A aplicação de N, P e K foi favorecida no manejo CI, o oposto sendo observado para Ca e Mg, comportamento que influenciou a absorção de nutrientes e o estado nutricional. Entretanto, grandes desordens nutricionais não foram observadas independente do manejo da solução nutritiva e níveis de nutrientes. Com isso, houve pouca influência sobre o desempenho fitotécnico (produtividade, massa média, diâmetro transversal, comprimento longitudinal e teor de sólidos solúveis dos frutos), com destaque para um aumento de produtividade no manejo CE com nível inicial de 3,2 dS m⁻¹.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum* Mill. Fertirrigação. Condutividade elétrica. Concentração de nutrientes. Nutrição de hortaliças.

3.2 ABSTRACT

The fertigation at substrates is characterized by more efficient use of water and fertilizers. In this system, the management of nutrient solution plays a key role, being possible to use different criteria to direct the nutrient supply. It was carried an experiment with tomato crop under protected environment in a drip fertigation system. The design was a randomized block in factorial 2x2, with ten replications. The study aimed to compare two forms of nutrient solution management, based on electrical conductivity (EC) and individual ionic concentrations (IC) of the leached in two contrasting initial levels (1.6 and 3.2 dS m⁻¹). The hybrid Paronset was grown in plastic pots containing coarse sand as substrate. The leached was collected weekly from 56 days after transplanting (DAT), being measured the electrical conductivity in the EC management and the concentrations of N, P, K, Ca, Mg and S in the IC management. Optimal ranges for these parameters were established. At the EC management, the nutrient solution as a whole was diluted or concentrated by 20% each time the electrical conductivity of leached are found, respectively, above or below the predetermined range. In IC management, the same procedure was performed, but the concentration of each macronutrient in the nutrient solution was corrected individually. The application of N, P and K was favored in the management IC, the opposite effect was observed for Ca and Mg and such behavior influenced the uptake of nutrients and the nutritional status. However, major nutritional disorders were not observed independent of the management of nutrient solution and nutrient levels. Thus, there was little influence on the plant performance (yield, average weight, transverse diameter, longitudinal length and soluble solids contents of fruits), highlighting an increase of yield in the EC management with initial level of 3.2 dS m⁻¹.

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill. Fertigation. Electrical conductivity. Nutrients concentration. Nutrition of vegetable crops.

3.3 INTRODUÇÃO

O cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sob estufas plásticas tem sido adotado em razão de limitações climáticas, como chuvas excessivas no verão e baixas temperaturas no inverno, permitindo a produção em épocas desfavoráveis com frutos de qualidade durante o ano todo (MARTINS; CASTELLANE; VOLPE, 1994; CARRIJO et al., 2004).

Além disso, problemas com salinização, bem como a incidência de pragas e fitopatógenos que atacam o sistema de raízes, fazem do cultivo sem solo associado à fertirrigação uma alternativa para contornar tais dificuldades (PAPADOPOULOS, 1991; ANDRIOLO et al., 1997; FERNANDES; ARAÚJO; CORÁ, 2002; CARRIJO et al., 2004; FONTES et al., 2004).

O solo é, então, substituído por substrato apropriado, que deve proporcionar bom suprimento de água e ar às raízes, ser facilmente disponível, durável, economicamente viável, pouco poluente e isento de patógenos (FONTES et al., 2004; FERNANDES; CORÁ; BRAZ, 2006).

A areia como substrato apresenta vantagens como a baixa capacidade de troca catiônica, custo acessível e possibilidade de reutilização (FERNANDES; CORÁ; BRAZ, 2006), em contraste com o difícil manuseio dos recipientes devido o peso que adquire quando úmida (ANDRADE, 2012).

A fertirrigação é caracterizada pela aplicação simultânea dos fertilizantes adicionados à água de irrigação e, sobretudo quando o fornecimento da solução nutritiva é realizado de forma localizada, apresenta diversas vantagens na eficiência de uso dos insumos aplicados (FOLEGATTI, 1999). Uma das principais limitações dessa tecnologia está relacionada a necessidade de mão-de-obra especializada, particularmente no que diz respeito ao manejo da solução nutritiva, podendo-se adotar diferentes critérios (BRACCINI; BRACCINI; MARTINEZ, 1999), que devem levar em conta a praticidade e eficiência produtiva e econômica.

A análise do extrato de saturação, extrato aquoso e solução lixiviada (Pour-Through) são as principais técnicas utilizadas para monitorar o substrato e manejar o fornecimento de nutrientes. A coleta do lixiviado tem como vantagens a rapidez, facilidade e o fato de ser não destrutiva (TORRES et al., 2010), podendo ainda fornecer informações importantes, como a condutividade elétrica e as concentrações dos diferentes íons.

A condutividade elétrica (CE) resulta da presença de solutos iônicos, com concentração proporcional a capacidade de conduzir corrente elétrica em solução, o que possibilita avaliar de forma indireta o teor de nutrientes com base na CE (HELBEL JUNIOR et al., 2008). Comparada a outros atributos da solução, sua medição é simples e, relativamente, de baixo custo (MOTA et al., 2013).

Por outro lado, segundo Braccini, Braccini e Martinez (1999), uma desvantagem desse método é que a CE não fornece informações sobre a concentração de íons como NO_3^- , K^+ , H_2PO_4^- , impossibilitando o manejo individual dos mesmos. Contudo, há dificuldade, em termos práticos e financeiros, de obter essas informações devido a necessidade de equipamentos laboratoriais mais sofisticados. Desta forma, os custos adicionais dessas análises devem ser acompanhados de maior eficiência nutricional e produtiva das plantas.

O presente estudo teve como objetivo comparar duas formas de manejo da solução nutritiva no cultivo fertirrigado do tomateiro em vasos com areia, tendo como base os critérios 'condutividade elétrica' e 'concentrações individuais dos íons' do lixiviado, em níveis iniciais contrastantes (1,6 e 3,2 dS m⁻¹).

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, modelo 'teto em arco' com cobertura plástica de 150 µm, em sistema de fertirrigação por gotejamento em vasos no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina-PR (23° 23' S; 51° 11' W; 560 m de Altitude).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 2 com dez repetições. O primeiro fator foram as formas de manejo da solução nutritiva, com base na condutividade elétrica (CE) e na concentração individual dos íons (CI) do lixiviado. O segundo fator foram os níveis iniciais de nutrientes, representados pelas CE's de 1,6 e 3,2 dS m⁻¹ (Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Concentração inicial de nutrientes das soluções nutritivas em dois níveis de condutividade elétrica (CE) utilizados na fertirrigação do tomateiro.

Nutriente	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Zn	Mn	Mo
CE	----- mg L ⁻¹ -----											
1,6 dS m ⁻¹	198	43,6	152	233	27	39	0,63	0,11	2,75	1,95	0,74	0,01
3,2 dS m ⁻¹	396	87,2	304	466	54	78	1,26	0,22	5,50	3,90	1,48	0,02

Foram utilizadas mudas de tomateiro tipo Salada obtidas em viveiro certificado. O híbrido foi o Paronset, caracterizado por crescimento indeterminado, porte médio, frutos redondos com 200 a 220 g e início de colheita de 100 a 105 dias após a semeadura (SYNGENTA, 2016). As mudas foram transplantadas dia 01 de maio de 2014, com duas folhas definitivas e 6,75 ± 0,8¹ cm de altura, em vasos de polipropileno preto com 9 dm³ de capacidade (19 x 23 x 25 cm), perfurados na base.

Os vasos foram preenchidos com areia grossa, distribuída sobre uma tela plástica para contenção. Abaixo de cada vaso foi colocada uma bandeja de polipropileno para conter a solução drenada (lixiviado). A areia foi previamente

¹ Desvio-padrão

lavada para lixiviação de sais possivelmente acumulados. Após a lavagem, foi coletada uma amostra em cada vaso para caracterização química e granulométrica (Tabela 3.2), segundo metodologias de Pavan et al. (1992) e de EMBRAPA (1997).

Tabela 3.2. Caracterização química e granulométrica da areia utilizada como substrato na fertirrigação do tomateiro.

pH	Al ³⁺	(H+Al)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC _{pH 7,0}	Granulometria do substrato ⁽¹⁾			
							S+A ⁽²⁾	A.F. ⁽³⁾	A.G. ⁽⁴⁾	CASC ⁽⁵⁾
(CaCl ₂)	cmol _c dm ⁻³					g kg ⁻¹				
6,7	0,0	1,51	0,34	0,16	0,005	2,015	5,4	141,9	844,0	8,7

⁽¹⁾Classificação quanto ao diâmetro (mm) de partículas. ⁽²⁾Silte + argila: < 0,05 mm; ⁽³⁾Areia fina: 0,05-0,2 mm; ⁽⁴⁾Areia grossa: 0,2-2,0 mm; ⁽⁵⁾Cascalho: > 2,0 mm de diâmetro.

Os vasos foram espaçados em 0,8 m entre linhas e 0,3 m entre vasos nas linhas (0,8 x 0,3 m). O experimento conteve sete linhas com 10 vasos em cada, sendo úteis as cinco linhas centrais, onde foram dispostos dois blocos de quatro vasos em cada linha, sendo cada vaso uma unidade experimental.

A bordadura constou das duas linhas externas, além do primeiro e último vaso de cada linha central. Ainda, nas extremidades das linhas foram colocados postes de madeira de 1,70 m de altura onde se esticaram fios de arame (nº 17) a cada 0,8 m de altura para tutoramento das plantas com fitilho.

O sistema de fertirrigação foi composto por bombas da marca Atman®, modelo AT 203 (pressão de 18,6 kPa e 32 W de potência), submersas em tanques de plástico com volume para armazenamento de 250 L de solução nutritiva.

As bombas foram ligadas a um timer, programado para acioná-las diariamente, em turno de rega definido de acordo com as necessidades hídricas das plantas (CAMARGO et al., 1999), de forma a manter o substrato na umidade próxima a capacidade de campo. A aplicação da solução nutritiva foi realizada por meio de gotejadores conectados a mangueiras de polietileno por microtubos e regulados para vazão de 0,25 L min⁻¹. Direcionou-se a aplicação próxima ao colo das plantas para formação do bulbo úmido na região de concentração de raízes.

Os fertilizantes utilizados na composição das soluções nutritivas foram, para os macronutrientes: NH₄NO₃, NH₄H₂PO₄, Ca(NO₃)₂, KCl e MgSO₄; e para os micronutrientes, utilizaram-se os fertilizantes comerciais Rexolin BRA®, contendo B (2,1%), Cu (0,36%), Fe (2,66%), Zn (3,38%), Mn (2,48%) e Mo (0,036%), e Rexolin M48®, contendo Fe quelatizado por EDDHMA (6,5%).

Nos primeiros quinze dias após o transplante (DAT) foi utilizada uma solução de concentração iônica proporcionando CE de $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ em todos os tratamentos, para adaptação das mudas. Após esse período, as soluções foram trocadas conforme os níveis de $1,6$ e $3,2 \text{ dS m}^{-1}$, e, aos 56 DAT, deu-se início à coleta do lixiviado para as diferentes formas de manejo da solução nutritiva.

Semanalmente, a solução lixiviada e contida nas bandejas foi coletada com seringa (alíquota de 20 mL vaso^{-1}), uma hora após a aplicação da solução nutritiva, para medição da condutividade elétrica (CE) e concentração individual dos íons macronutrientes (CI), de acordo com o tratamento. Esse procedimento foi adaptado da técnica de Pour-Through (CAVINS et al., 2008), sem adição de água destilada nos vasos para forçar a drenagem, devido a característica textural da areia que garante naturalmente a drenagem.

A condutividade elétrica do lixiviado foi obtida em condutivímetro portátil e as concentrações dos macronutrientes foram determinadas pelos métodos de microdestilação de Kjeldahl para nitrogênio (N), com redução do nitrato por Liga de Devarda; fotometria de chama para potássio (K); espectrofotometria com azul de molibdênio para fósforo (P); turbidimetria para enxofre (S) e espectrofotometria de absorção atômica para cálcio (Ca) e magnésio (Mg), conforme metodologias descritas em SILVA (2009). Os limites de desvio permitidos no lixiviado foram de $\pm 20\%$ em relação as concentrações estabelecidas na solução nutritiva (Tabela 3.1).

No manejo da solução nutritiva realizado de acordo com a condutividade elétrica (CE) do lixiviado, quando o valor medido se encontrava acima do limite de desvio superior, a concentração da solução nutritiva como um todo era diluída em 20% , por meio da adição de água. Se o valor obtido estivesse abaixo do limite de desvio inferior, adicionava-se uma solução estoque concentrada (cerca de 20 dS m^{-1}), elevando-se a concentração da solução nutritiva como um todo em 20% , sempre mantendo as mesmas relações entre os nutrientes.

No manejo da solução nutritiva feito de acordo com as concentrações individuais dos íons (CI) do lixiviado, os procedimentos foram semelhantes. No entanto, cada macronutriente foi manejado de forma independente dos demais, aumentando ou diminuindo-se a concentração na solução nutritiva em 20% . Com isto, nesta forma de manejo, a solução nutritiva era trocada por outra com novas concentrações e diferentes relações de nutrientes a cada troca.

A quantidade de macronutrientes aplicada em cada tratamento foi calculada por meio da concentração dos elementos nas soluções nutritivas (mg L^{-1}) e do volume aplicado ($\text{L vaso}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). As quantidades aplicadas por dia ($\text{mg vaso}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) foram somadas ($\text{mg vaso}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$) e convertidas para g m^{-2} , utilizando-se da densidade populacional ($4,16 \text{ vasos m}^{-2}$).

O controle fitossanitário foi feito pela aplicação dos inseticidas Actara® (tripes, mosca branca e pulgões), Premio® (broca-pequena) e Dipel® (traça-do-tomateiro) e do fungicida Piori Xtra® (oídio). De acordo com as necessidades, foram realizadas desbrotas e podas periódicas, segundo recomendações de Filgueira (2012). As plantas foram cultivadas com duas hastes, conduzindo-se como haste secundária o ramo emitido, aos 40 DAT, na axila da folha abaixo do primeiro cacho da haste principal. Foi feita a poda apical acima do terceiro e segundo cacho, respectivamente na haste principal e secundária, totalizando cinco cachos por planta.

Em três épocas do ciclo (55, 95 e 125 DAT), amostrou-se o substrato de 0 a 15 cm, na região do bulbo úmido, para análise da CE e pH do extrato aquoso (EAS) 1:5 (v:v). Este foi obtido pela adição de 5 cm^3 do substrato mais 25 mL de H_2O destilada em erlenmeyer de 125 mL com posterior agitação por 10 minutos a 150 rpm, deixando-se em repouso por uma hora seguido de nova agitação. Após, 20 mL do sobrenadante foram coletados, filtrando-se em papel filtro qualitativo para as leituras de CE e pH.

Coletou-se a folha-índice (limbo + pecíolo) aos 85 DAT na posição acima do segundo cacho na haste principal, por ocasião do início da frutificação (frutos com 2 a 3 cm de diâmetro). As folhas foram secas em estufa de circulação de ar a $55 \text{ }^\circ\text{C}$ até massa constante, moídas e pesadas para, então, proceder-se a digestão via úmida, sulfúrica para N e nítrico-perclórica para os demais nutrientes. Posteriormente, a análise química dos teores de macro e micronutrientes foi feita segundo metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Obtiveram-se os índices DRIS dos macronutrientes utilizando das normas de Scucuglia (2012) e da fórmula de Jones (1981). Os índices DRIS são adimensionais, podendo-se obter valores positivos e negativos, e a sua interpretação se dá de acordo com a magnitude do desvio em relação à zero, tido como o valor que representa equilíbrio nutricional (BEAUFILS, 1973; SUMNER, 1977). Por meio do somatório dos índices DRIS em módulo, calculou-se o índice de balanço nutricional (IBN).

A parte aérea das plantas (folhas, hastes, cachos e frutos) foi avaliada quanto ao acúmulo de massa seca (MS, g planta⁻¹) e macronutrientes. A MS foi obtida pela pesagem dos tecidos em balança de precisão, após secagem em estufa de circulação de ar a 55 °C até massa constante. O acúmulo dos macronutrientes foi obtido conforme equação 3.1, em que: y = acúmulo (kg ha⁻¹); $teor$ = concentração no tecido (g kg⁻¹); MS = matéria seca (g planta⁻¹) e $pop.$ = densidade populacional (plantas ha⁻¹).

$$y = \frac{teor \times MS}{1\,000\,000} \times pop. \quad (3.1)$$

O desempenho fitotécnico foi obtido pela pesagem, em balança de precisão, da massa fresca total (MF t , t ha⁻¹) e média (MF m , g fruto⁻¹) dos frutos, com posterior medição do diâmetro transversal médio (DT m , cm) e do comprimento longitudinal médio (CL m , cm), cortando-se os frutos no sentido longitudinal e, por fim, o teor de sólidos solúveis totais (SST, °Brix) foi obtido pela leitura do suco da polpa em refratômetro portátil. O valor da parcela para as variáveis MF m , DT m , CL m e SST foi obtido pela média de todos os frutos colhidos, enquanto a MF t resultou do somatório da massa de frutos da parcela, convertendo-se o valor por área.

Os dados foram testados quanto à homocedasticidade e normalidade dos resíduos, pelos testes de *Hartley* e *Shapiro-Wilk*, respectivamente, e então submetidos à comparação de médias pelo teste *t de Student* a 5% de probabilidade de erro.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O manejo da solução nutritiva com base nas concentrações individuais dos íons (CI) do lixiviado levou a um maior fornecimento de N, P e K, enquanto Ca e Mg foram mais aplicados no manejo pela condutividade elétrica (CE), em ambos os níveis iniciais de nutrientes de 1,6 e 3,2 dS m⁻¹. O enxofre (S) não seguiu o mesmo comportamento, sendo mais aplicado no manejo CE apenas no nível de 1,6 dS m⁻¹, ao passo que em 3,2 dS m⁻¹ os dois manejos proporcionaram uma aplicação muito próxima. O aumento do nível de 1,6 para 3,2 dS m⁻¹ elevou a

aplicação final de todos os macronutrientes (Tabela 3.3).

No manejo pela CE do lixiviado, tanto em 1,6 quanto em 3,2 dS m⁻¹, a ordem de aplicação dos macronutrientes seguiu àquela das concentrações da solução nutritiva (Tabela 3.1), sendo Ca > N > K > P > S > Mg, pois as relações entre os nutrientes foram mantidas durante todo o manejo. Em contrapartida, as relações entre os nutrientes na solução nutritiva manejada pela CI do lixiviado foram variáveis, obtendo-se as ordens de fornecimento de K > N > Ca > P > S > Mg, para o nível de 1,6 dS m⁻¹; e N > K > Ca > P > S > Mg, para o nível de 3,2 dS m⁻¹.

Tabela 3.3. Estimativa da quantidade de macronutrientes aplicada na fertirrigação do tomateiro em cada tratamento.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Geral
	g m ⁻²						
CE/1,6	52,25	11,30	39,42	60,08	7,58	10,08	176,58
CE/3,2	89,99	19,50	67,87	90,99	13,08	17,37	311,33
CI/1,6	61,83	16,62	67,71	37,12	6,79	8,92	199,04
CI/3,2	130,21	22,62	88,50	77,54	12,25	17,42	348,54

CE/1,6 e CE/3,2 = Manejo da solução nutritiva pela condutividade elétrica do lixiviado nos níveis iniciais de 1,6 dS m⁻¹ e 3,2 dS m⁻¹; CI/1,6 e CI/3,2 = Manejo da solução nutritiva pelas concentrações individuais dos íons do lixiviado nos níveis iniciais de 1,6 dS m⁻¹ e 3,2 dS m⁻¹.

O pH do extrato aquoso 1:5 do substrato (pH_{EAS}) avaliado aos 55 DAT foi maior no nível de 1,6 dS m⁻¹, em ambas as formas de manejo da solução. Aos 125 DAT, houve interação entre os fatores, obtendo-se maior pH_{EAS} com o manejo CE no nível de 1,6 dS m⁻¹ (Tabela 3.4).

Esses resultados podem ser explicados principalmente pela menor aplicação de nitrogênio, dado que o N-NH₄⁺ é um dos principais íons responsáveis por gerar acidez no processo de nitrificação (CATANI; GALLO, 1954). Melo (2015) também observou maior pH 1:1,5 do substrato com menor fornecimento de nutrientes via solução nutritiva no tomateiro Paronset.

Apesar das diferenças observadas no pH_{EAS}, os valores estão acima da faixa de 5,5 a 6,0, indicada por Pardossi et al. (2011) como ideal para extrato aquoso 1:5, não representando risco de efeitos danosos ao sistema de raízes em função de acidez.

Tabela 3.4. Médias de pH do extrato aquoso 1:5 (v:v) do substrato aos 55, 95 e 125 dias após o transplântio (DAT) do tomateiro em função do manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes.

Época	Forma de manejo da solução	Nível inicial de nutrientes		Média	CV % ⁽¹⁾
		1,6 dS m ⁻¹	3,2 dS m ⁻¹		
55 DAT	CE	7,59	7,03	7,31 A	2,97
	CI	7,43	6,59	7,01 A	
	Média	7,51 a	6,81 b	-	
95 DAT	CE	7,50	7,27	7,38 A	2,75
	CI	7,37	7,25	7,31 A	
	Média	7,44 a	7,26 a	-	
125 DAT	CE	7,41 aA	6,89 bA	7,15	2,62
	CI	6,62 aB	6,71 aA	6,66	
	Média	7,01	6,80	-	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas entre as formas de manejo da solução nutritiva e minúsculas entre os níveis de nutrientes, diferem entre si pelo teste *t de Student* no nível de 5%.

⁽¹⁾Coefficiente de variação.

Com relação à condutividade elétrica do extrato aquoso 1:5 do substrato (CE_{EAS}), o manejo pela CI proporcionou maior média aos 95 DAT, enquanto o nível de 3,2 dS m⁻¹ elevou a CE_{EAS} em todas as épocas (Tabela 3.5), não ocorrendo interação entre os fatores.

Tabela 3.5. Médias de condutividade elétrica (CE) do extrato aquoso 1:5 (v:v) do substrato aos 55, 95 e 125 dias após o transplântio (DAT) do tomateiro em função do manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes.

Época	Forma de manejo da solução	Nível inicial de nutrientes		Média	CV % ⁽¹⁾
		1,6 dS m ⁻¹	3,2 dS m ⁻¹		
55 DAT	CE	0,113	0,197	0,155 A	12,88
	CI	0,127	0,211	0,169 A	
	Média	0,120 b	0,204 a	-	
95 DAT	CE	0,144	0,187	0,165 B	13,05
	CI	0,207	0,215	0,211 A	
	Média	0,176 b	0,201 a	-	
125 DAT	CE	0,226	0,312	0,269 A	54,76
	CI	0,161	0,370	0,265 A	
	Média	0,193 b	0,341 a	-	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas entre as formas de manejo da solução nutritiva e minúsculas entre os níveis de nutrientes, diferem entre si pelo teste *t de Student* no nível de 5%.

⁽¹⁾Coefficiente de variação.

Pardossi et al. (2011) propõem como ideal condutividades em extrato aquoso 1:5 de 0,2 a 0,5 dS m⁻¹, de forma que apenas os valores encontrados no nível mais alto de nutrientes (3,2 dS m⁻¹) se enquadram nesta faixa. Para o manejo da solução nutritiva, quando realizado com base na CE do lixiviado, apenas na última coleta o valor de CE_{EAS} esteve dentro da faixa ideal proposta por estes autores, enquanto no manejo CI os valores obtidos foram adequados desde a segunda época de coleta (Tabela 3.5). Os maiores valores de CE no nível de 3,2 dS m⁻¹ e no manejo CI se devem à maior aplicação geral de íons nesses tratamentos (Tabela 3.3).

Na folha-índice, os teores de N, P, K e S foram maiores quando o manejo da solução nutritiva foi realizado com base na CI do lixiviado, o que se justifica pelo maior fornecimento destes nutrientes, exceto pelo S, que inclusive no nível de 1,6 dS m⁻¹ foi mais aplicado no manejo CE. O nível de 3,2 dS m⁻¹ elevou os teores apenas de K e S (Tabela 3.6).

Com excessão do teor de K, que foi abaixo do crítico no nível de 1,6 dS m⁻¹ e acima do adequado no de 3,2 dS m⁻¹, e do teor de P, acima da faixa adequada em todos os tratamentos, os demais nutrientes estiveram dentro da suficiência (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; CAMPBELL, 2013),.

Tabela 3.6. Teores (g kg⁻¹) de macronutrientes na folha-índice (acima do 2º cacho da haste principal, aos 85 DAT) do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes.

Tratamentos	Nitrogênio (N)	Fósforo (P)	Potássio (K)	Cálcio (Ca)	Magnésio (Mg)	Enxofre (S)
CE	35,29 B	7,01 B	35,25 B	25,69 A	3,80 A	7,77 B
CI	37,76 A	7,82 A	41,91 A	24,17 A	3,59 A	10,02 A
1,6 dS m ⁻¹	36,30 a	7,22 a	28,14 b	26,24 a	3,80 a	6,09 b
3,2 dS m ⁻¹	36,75 a	7,61 a	49,03 a	23,62 a	3,59 a	11,70 a
CV %⁽¹⁾	6,27	12,30	13,65	23,82	12,79	14,85
(2)	30	3,5	40	15-30	4-6	4-12
(3)	35-50	3,0-6,5	35-45	10-30	3,5-10	2-10

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas entre as formas de manejo da solução nutritiva e minúsculas entre os níveis de nutrientes, diferem entre si pelo teste *t de Student* no nível de 5%.

⁽¹⁾Coeficiente de variação.

⁽²⁾Nível crítico, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

⁽³⁾Faixa de suficiência para cultivo protegido, folha mais recentemente madura (CAMPBELL, 2013).

O manejo da solução nutritiva com base na CI, em ambos os níveis de nutrientes, elevou o índice DRIS de S e reduziu o de Ca, o mesmo ocorrendo para os índices DRIS de K (elevado) e Mg (reduzido), porém apenas no nível de 1,6 dS m⁻¹ (Tabela 3.7). Para as duas formas de manejo da solução, o nível de nutrientes de 3,2 dS m⁻¹ promoveu um aumento nos índices de K e S, ao passo que os índices de N, P, Ca e Mg foram reduzidos (Tabela 3.7), evidenciando a interferência entre os nutrientes, principalmente quanto a uma inibição exercida por K e S sobre os demais, dado que no nível de 3,2 dS m⁻¹ todos foram aplicados em maior quantidade. Esse comportamento justifica o fato de os teores de N, P, Ca e Mg não terem sido elevados em função do aumento no nível (Tabela 3.6) ainda que no mais alto tenha sido fornecido quase o dobro de nutrientes (Tabela 3.3).

Tabela 3.7. Índices DRIS de nitrogênio (IN), fósforo (IP), potássio (IK), cálcio (ICa), magnésio (IMg) e enxofre (IS) na folha-índice (acima do 2º cacho da haste principal, aos 85 DAT) do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes.

Índice DRIS	Forma de manejo da solução	Nível inicial de nutrientes (dS m ⁻¹)		Média	CV % ⁽¹⁾
		1,6	3,2		
IN	CE	0,64	-0,26	0,19 A	38,45
	CI	0,31	-0,15	0,08 A	
	Média	0,48 a	-0,20 b	-	
IP	CE	1,55	0,71	1,13 A	26,84
	CI	1,31	0,98	1,14 A	
	Média	1,43 a	0,84 b	-	
IK	CE	-2,20 bB	0,25 aA	-0,97	25,18
	CI	-0,90 bA	0,37 aA	-0,27	
	Média	-1,55	0,31	-	
ICa	CE	1,27	-0,26	0,51 A	26,99
	CI	0,58	-1,58	-0,50 B	
	Média	0,92 a	-0,92 b	-	
IMg	CE	-0,31 aA	-1,30 bA	-0,80	33,46
	CI	-0,97 aB	-1,55 bA	-1,26	
	Média	-0,64	-1,42	-	
IS	CE	-0,97	0,86	-0,05 B	27,80
	CI	-0,32	1,92	0,80 A	
	Média	-0,64 b	1,39 a	-	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas entre as formas de manejo da solução nutritiva e

minúsculas entre os níveis de nutrientes, diferem entre si pelo teste *t de Student* no nível de 5%.

⁽¹⁾Coeficiente de variação.

É conhecido o antagonismo de K, Ca e Mg, devido, principalmente, a inibição competitiva no processo de absorção radicular (NZANZA, 2006), entretanto, a literatura não é tão abundante no que diz respeito a inibição causada por enxofre nos demais nutrientes. Moreira, Carvalho e Evangelista (1997) relataram redução no teor de P na parte aérea de alfafa em função de doses de S.

O IBN teve influência da interação entre os fatores estudados, obtendo-se menores índices quando se associou o manejo da solução nutritiva baseado na CE do lixiviado com o nível mais alto (CE/3,2), ou o manejo pela CI com o nível mais baixo (CI/1,6) (Tabela 3.8). Quanto maior a magnitude dos índices DRIS em módulo, maior é o IBN. Uma vez que o equilíbrio nutricional é obtido com índices iguais a zero, aumentos no IBN se traduzem em maiores desordens nutricionais. Desta forma, pode-se inferir que os tratamentos em que foram obtidos menores valores de IBN têm melhor estado nutricional.

Tabela 3.8. Índice de balanço nutricional (IBN) de macronutrientes na folha-índice (acima do 2º cacho da haste principal, aos 85 DAT) do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes.

Forma de manejo da solução	Nível inicial de nutrientes (dS m ⁻¹)		Média	CV % ⁽¹⁾
	1,6	3,2		
CE	7,06 aA	4,60 bB	5,83	
CI	4,81 bB	6,92 aA	5,87	22,87
Média	5,94	5,76	-	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas entre as formas de manejo da solução nutritiva e minúsculas entre os níveis de nutrientes, diferem entre si pelo teste *t de Student* no nível de 5%.

⁽¹⁾Coeficiente de variação.

O manejo da solução nutritiva afetou os teores de Cu, Zn e Fe na folha-índice, que foram maiores com o uso da CI do lixiviado (Tabela 3.9). Como em ambas as formas de manejo as concentrações de micronutrientes na solução nutritiva foram as mesmas, o efeito observado se deve a um sinergismo com macronutrientes fornecidos em maior quantidade no manejo CI, como N e K, ou a um antagonismo com aqueles mais aplicados em CE, especialmente Ca e Mg. Evidência de relação antagônica entre Ca e os micronutrientes Zn, Cu, Fe e Mn foi observada por França, Haag e Dechen (1987) em milho. Por sua vez, o nível exerceu efeito sobre os teores de Cu, Zn e Mn, maiores com 3,2 dS m⁻¹ (Tabela 3.9),

o que se justifica pela maior concentração destes na solução nutritiva (Tabela 3.1).

Tabela 3.9. Teores (mg kg^{-1}) de micronutrientes na folha-índice (acima do 2º cacho da haste principal, aos 85 DAT) do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes.

Tratamentos	Cobre (Cu)	Zinco (Zn)	Ferro (Fe)	Manganês (Mn)
CE	6,05 b	19,56 b	430,10 b	389,43 a
CI	11,81 a	28,85 a	517,07 a	426,01 a
1,6 dS m^{-1}	5,47 B	9,45 B	497,67 A	319,25 B
3,2 dS m^{-1}	12,39 A	38,96 A	449,50 A	496,19 A
CV %⁽¹⁾	24,35	22,10	18,71	18,20
(2)	5-35	18-80	50-300	25-200

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas entre as formas de manejo da solução nutritiva e minúsculas entre os níveis de nutrientes, diferem entre si pelo teste *t de Student* no nível de 5%.

⁽¹⁾Coefficiente de variação.

⁽²⁾Faixa de suficiência para cultivo protegido, folha mais recentemente madura (CAMPBELL, 2013).

Apesar dos efeitos observados, exceto pelos teores de Zn no nível de 1,6 dS m^{-1} , que estão abaixo da faixa de suficiência, os demais micronutrientes são classificados como adequado (Cu) e excessivos (Fe e Mn), independente do manejo ou do nível inicial de nutrientes da solução nutritiva (CAMPBELL, 2013).

A forma de manejo da solução nutritiva influenciou o acúmulo de matéria seca da parte vegetativa das plantas, maior em CE (Tabela 3.10). Em estudo semelhante, porém utilizando a solução extraída do substrato para o manejo da fertirrigação, Andrade (2012) observou o inverso do presente trabalho para o acúmulo de matéria seca de folhas, maior no manejo realizado pela CI.

Tabela 3.10. Acúmulo de Matéria Seca (MS, g planta^{-1}) nas partes vegetativa (folhas e hastes) e reprodutiva (cachos e frutos) da planta do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes.

Parte da planta	Forma de manejo da solução	Nível inicial de nutrientes (dS m^{-1})		Média	CV % ⁽¹⁾
		1,6	3,2		
Vegetativa	CE	71,81	85,04	78,43 A	15,87
	CI	63,14	76,44	69,79 B	
	Média	67,48 b	80,74 a	-	
Reprodutiva	CE	144,33 bA	175,95 aA	160,14 A	18,04
	CI	155,47 aA	139,41 aB	147,44	
	Média	149,90	157,68	-	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas entre as formas de manejo da solução nutritiva e minúsculas

entre os níveis de nutrientes, diferem entre si pelo teste *t de Student* no nível de 5%.

⁽¹⁾Coefficiente de variação.

O aumento no nível de nutrientes também favoreceu o acúmulo de matéria seca vegetativa (Tabela 3.10), semelhante ao observado por Rattin, Andriolo e Witter (2003), que obtiveram incremento nesta característica para o híbrido de tomateiro Monte Carlo em função do aumento nas doses de solução nutritiva em fertirrigação. Cogo (2009), avaliando concentrações de solução nutritiva de 0,9 a 3,7 dS m⁻¹ no cultivo do tomateiro sob fertirrigação em substrato, verificaram aumento quadrático para a produção de matéria seca vegetativa.

Houve interação entre os fatores para a produção de matéria seca reprodutiva, obtendo-se maior valor no manejo CE associado ao nível de 3,2 dS m⁻¹ (Tabela 3.10). Dorais, Papadopoulos e Gosselin (2001) relatam aumento na matéria seca em frutos de tomateiro com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, assim como o observado neste estudo no manejo CE. A ausência do mesmo efeito em CI deve estar relacionada ao fato de que neste manejo, o aumento no nível de 1,6 para 3,2 dS m⁻¹ proporcionou um excesso na quantidade de nutrientes aplicada, sendo 37,21 g m⁻² a mais de macronutrientes comparado ao nível de 3,2 dS m⁻¹ do manejo CE (Tabela 3.3).

De acordo com a lei dos incrementos decrescentes, a medida que o fornecimento de nutrientes às plantas é aumentado, decresce a taxa com que a biomassa é incrementada, podendo inclusive ocorrer redução na produção em função de toxidez (RAIJ, 2011). O motivo pelo qual o manejo CE propiciou MS reprodutiva superior ao manejo CI, no nível de 3,2 dS m⁻¹, pode ser também esta diferença entre as quantidades aplicadas.

O manejo da solução nutritiva com base na CI promoveu maior acúmulo de N e S, o inverso ocorrendo para Ca e Mg. Os nutrientes P e K também foram mais acumulados com o manejo CI, porém apenas no nível de 1,6 dS m⁻¹. Não foi observado efeito do nível sobre o acúmulo de Ca e Mg, enquanto para N e S, em ambas as formas de manejo da solução, e para P e K no manejo CE, o nível de 3,2 dS m⁻¹ foi superior (Tabela 3.11).

Os maiores valores de acúmulo de N, P e K no manejo CI e de Ca e Mg no manejo CE se justificam pelo maior fornecimento destes nutrientes nos respectivos tratamentos, diferentemente do S, que não teve maior aplicação no manejo em que foi mais acumulado.

O acúmulo superior de P e K em CI ocorreu apenas em 1,6 dS m⁻¹

pois neste nível os aumentos no fornecimento foram de 50% (P) e 70% (K), enquanto no nível de 3,2 dS m⁻¹, a aplicação foi elevada em apenas 15% (P) e 30% (K). O mesmo aconteceu para a resposta no acúmulo de P e K em função dos níveis, verificada apenas no manejo CE, uma vez que os aumentos no fornecimento com o nível 3,2 dS m⁻¹ foram de 72% para P e K, ao passo que no manejo CI foram de 36% (P) e 31% (K).

Apesar de os nutrientes Ca e Mg terem sido mais fornecidos tanto no manejo CE quanto no nível de 3,2 dS m⁻¹, o aumento no acúmulo destes nutrientes somente em função do manejo CE se deve à relação antagônica com K (NZANZA, 2006) ocorrida no nível de 3,2 dS m⁻¹. Como este nutriente foi menos aplicado no manejo CE, as plantas puderam aproveitar o maior fornecimento de Ca e Mg para absorvê-los. Por outro lado, no nível de 3,2 dS m⁻¹, o aumento na aplicação de K inibiu uma maior absorção de Ca e Mg.

Tabela 3.11. Acúmulo (kg ha⁻¹) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na parte aérea do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes.

Nutriente	Forma de manejo da solução	Nível inicial de nutrientes (dS m ⁻¹)		Média	CV % ⁽¹⁾
		1,6	3,2		
N	CE	209,24	268,99	239,12 B	
	CI	255,23	305,81	280,52 A	17,34
	Média	232,24 b	287,40 a	-	
P	CE	45,76 bB	57,07 aA	51,41	
	CI	64,37 aA	59,94 aA	62,16	15,62
	Média	55,07	58,51	-	
K	CE	242,76 bB	375,90 aA	309,33	
	CI	381,38 aA	401,33 aA	391,36	17,72
	Média	312,08	388,62	-	
Ca	CE	164,72	156,91	160,82 A	
	CI	65,77	76,02	70,90 B	21,42
	Média	115,25 a	116,47 a	-	
Mg	CE	19,71	18,55	19,13 A	
	CI	13,68	13,33	13,50 B	16,91
	Média	16,69 a	15,94 a	-	
S	CE	32,43	52,17	42,30 B	
	CI	36,12	63,71	49,92 A	19,28
	Média	34,27 b	57,94 a	-	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas entre as formas de manejo da solução nutritiva e minúsculas entre os níveis de nutrientes, diferem entre si pelo teste *t de Student* no nível de 5%. ⁽¹⁾Coefficiente de variação.

O acúmulo de todos os macronutrientes na parte aérea das plantas observado neste estudo, independente das diferenças encontradas entre os manejos e níveis da solução nutritiva, foram bastante superiores ao verificado por Prado et al. (2011) para a cultivar Raísa em cultivo hidropônico aos 85 DAT. Esta superioridade no acúmulo de nutrientes do híbrido Paronset se deve em parte ao maior ciclo de produção realizado no presente trabalho, com 134 DAT, levando à uma maior produção de matéria seca da parte aérea, que foi em média 40% superior ao obtido por Prado et al. (2011), ocasionando maior demanda de nutrientes para formação dos tecidos vegetais.

A ordem com que os macronutrientes foram acumulados foi a mesma independente da forma de manejo e do nível inicial de nutrientes da solução nutritiva, sendo $K > N > Ca > P > S > Mg$ (Tabela 3.11). O fornecimento no entanto não seguiu esse padrão em todos os tratamentos, sendo que no manejo pela CE, tanto no nível de 1,6 quanto de 3,2 $dS\ m^{-1}$, a ordem de aplicação dos macronutrientes foi a mesma das concentrações da solução nutritiva (Tabela 3.1), sendo $Ca > N > K > P > S > Mg$, de tal forma que a absorção da planta não seguiu a ordem de fornecimento.

No manejo com base na CI, a concentração de Ca nas primeiras coletas do lixiviado se encontrava elevada, enquanto N e K estavam abaixo do limite inferior da faixa pré-estabelecida. Dessa forma, a concentração de Ca na solução nutritiva foi gradativamente reduzida, tornando-se o terceiro nutriente mais fornecido, coincidindo mais com a ordem de acúmulo da planta. No nível de 1,6 $dS\ m^{-1}$ isso pode ser melhor evidenciado, dado que o uso da CI proporcionou a mesma ordem para aplicação e acúmulo, sendo $K > N > Ca > P > S > Mg$.

Os valores de massa fresca média, diâmetro transversal médio e comprimento longitudinal médio dos frutos foram maiores no manejo CE, fato também observado para a produtividade (massa fresca total) no nível de 3,2 $dS\ m^{-1}$ (Tabela 3.12). Andrade (2012), utilizando a solução extraída do substrato para o manejo da solução nutritiva com um nível inicial de 2,0 $dS\ m^{-1}$, também observou maior produtividade com o critério CE. Contudo, o diâmetro e comprimento dos frutos não sofreram influência.

A despeito da superioridade do manejo CE sobre as características de tamanho dos frutos, verifica-se que os aumentos não foram tão expressivos,

sendo 10,5% para a MF_t, 3,3% para o DT_m e 2,9% para o CL_m. Ainda, as médias obtidas estão abaixo do potencial do híbrido utilizado, principalmente para a MF_m, que pode atingir em torno de 200 g (SYNGENTA, 2016). Alguns dos motivos que podem ter limitado a obtenção de frutos maiores são a elevada densidade populacional (STRECK; BURIOL; SCHNEIDER, 1996) aliada ao espaçamento reduzido entre plantas (WAMSER et al., 2009), fatores que tendem elevar a produtividade em detrimento ao tamanho dos frutos.

Tabela 3.12. Massa Fresca total (MF_t), Massa Fresca média (MF_m), Diâmetro Transversal médio (DT_m), Comprimento Longitudinal médio (CL_m) e Sólidos Solúveis Totais (SST) de frutos do tomateiro em função da forma de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado e do nível inicial de nutrientes.

Variável	Forma de manejo da solução	Nível inicial de nutrientes (dS m ⁻¹)		Média	CV % ⁽¹⁾
		1,6	3,2		
MF _t (t ha ⁻¹)	CE	97,08 aA	109,99 aA	103,74	16,78
	CI	102,92 aA	91,25 aB	97,26	
	Média	100,18	100,83	-	
MF _m (g fruto ⁻¹)	CE	119,93	113,86	116,89 A	11,33
	CI	106,13	105,35	105,74 B	
	Média	113,03 a	109,60 a	-	
DT _m (cm)	CE	6,26	6,19	6,22 A	4,52
	CI	6,02	6,02	6,02 B	
	Média	6,14 a	6,10 a	-	
CL _m (cm)	CE	5,03	4,93	4,98 A	3,43
	CI	4,92	4,77	4,84 B	
	Média	4,97 a	4,85 b	-	
SST (°Brix)	CE	4,23 bB	4,83 aA	4,53	9,79
	CI	4,77 aA	4,71 aA	4,74	
	Média	4,50	4,77	-	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas entre as formas de manejo da solução nutritiva e minúsculas entre os níveis de nutrientes, diferem entre si pelo teste *t* de Student no nível de 5%.
⁽¹⁾Coeficiente de variação.

O aumento de produtividade verificado com o manejo CE no nível de 3,2 dS m⁻¹ foi mais substancial do que para as características de tamanho dos frutos, sendo de aproximadamente 20,5%, devendo estar relacionado ainda ao maior equilíbrio nutricional em relação ao manejo CI no mesmo nível, o que foi evidenciado pela redução no índice de balanço nutricional (IBN). Apesar disso, as produtividades obtidas em ambas as formas de manejo, bem como nos dois níveis de nutrientes, estão bem acima

da média nacional, de 64,82 t ha⁻¹ (IBGE, 2016).

O aumento no nível de 1,6 para 3,2 dS m⁻¹ reduziu o comprimento dos frutos em 2,5% (Tabela 3.12). Dorais, Papadopoulos e Gosselin (2001) argumentam que concentrações elevadas na solução nutritiva podem afetar negativamente o tamanho dos frutos de tomateiro, o que também foi observado por Melo (2015) para o híbrido Paronset.

O menor teor de sólidos solúveis totais foi obtido com a associação do manejo pela CE com o nível de 1,6 dS m⁻¹ (Tabela 3.12), no qual foi aplicado, em geral, a menor quantidade de nutrientes (Tabela 3.3), semelhante ao relatado por Melo (2015) que obteve menor SST nos frutos do tomateiro Paronset em função da redução no fornecimento de nutrientes via solução nutritiva. Andriolo et al. (2009) e Portela, Peil e Rombaldi (2012) também reportaram esse comportamento para frutos de morango. Além da menor aplicação geral de nutrientes, o manejo pela CE no nível de 1,6 dS m⁻¹ coincidiu com o menor acúmulo de fósforo e, principalmente, potássio (Tabela 3.11). O K apresenta papel importante no transporte de fotoassimilados dos órgãos fonte para os drenos (MARSCHNER, 2011) refletindo no conteúdo de açúcares nos frutos, o que explica a redução verificada no SST. Não obstante, mesmo o menor valor observado está dentro da faixa normalmente encontrada para tomate de mesa (FERREIRA, 2004).

3.6 CONCLUSÕES

As formas de manejo da solução nutritiva com base no lixiviado, bem como os níveis iniciais de nutrientes demonstraram influenciar a nutrição do tomateiro. Entretanto, condições de grande deficiência ou toxidez no estado nutricional das plantas não foram observadas.

Dessa forma, a influência observada no desempenho fitotécnico foi modesta, destacando-se a obtenção de maior produtividade de frutos no manejo realizado com base na CE do lixiviado com nível de 3,2 dS m⁻¹, que foi 20,5% superior ao manejo CI no mesmo nível.

Considerando a menor praticidade e o maior custo para análise dos íons, bem como a ausência de melhoria na produção ao utilizá-los para o manejo da solução nutritiva, é preferível adotar a condutividade elétrica do lixiviado. Ainda, haja vista a falta de resposta produtiva ao aumento no nível inicial de nutrientes, deve-se priorizar o uso de 1,6 dS m⁻¹, visando a economia no uso de fertilizantes.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M.A.R. **Tomate**: produção em campo, casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 400p.
- ANDRADE, Braitner Luiz Giorgines. **Manejo da fertirrigação do tomateiro cultivado em vaso com areia**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina – Londrina, PR.
- ANDRIOLO, J.L.; DUARTE, T.S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E.C. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, p.28-32, 1997.
- ANDRIOLO, J.L.; DUARTE, T.S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E.C. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.3, p.215-219, 1999.
- ANDRIOLO, J.L.; JANISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; VAZ, M.A.B.; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutos de morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.684-690, 2009.
- BEAUFILS, E.R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition**. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1)
- BRACCINI, M.C.L.; BRACCINI, A.L.E; MARTINEZ, H.E.P. Critérios para renovação ou manutenção de solução nutritiva em cultivo hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.20, p.48-58, 1999.
- CALIMAN, F.R.B.; SILVA, D.J.H.; FONTES, P.C.R.; STRINGHETA, P.C.; MOREIRA, G.R.; CARDOSO, A.A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.255-259, 2005.
- CALIMAN, F.R.B.; SILVA, D.J.H.; MARTINS, C.J.L.; MOREIRA, G.R.; STRINGHETA, P.C.; MARIN, B.G. Acidez, °brix e sabor de frutos de diferentes genótipos de tomateiro produzidos em ambiente protegido e no campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, 2003. CD-ROM.
- CAMARGO, A.P.; MARIN, F.R.; SENTELHAS, P.C.; PICINI, A.G. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.2, p.251-257, 1999.

CAMPBELL, C.R. (Ed.). **Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States**. Raleigh: North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services – Agronomic Division, 2013. (Southern Cooperative Series Bulletin, 394). Disponível em: www.ncagr.gov/agronomi/saaesd/scsb394.pdf. Acesso em: 18 jul. 2014.

CARRIJO, O.A.; VIDAL, M.C.; REIS, N.V.B.; SOUZA, R.B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, p.05-09, 2004.

CATANI, R.A.; GALLO, R. Efeitos determinados no solo pelo uso contínuo de fertilizantes. **Bragantia**, Campinas, v.13, n.6, p.75-83, 1954.

CAVINS, T.J.; WHIPKER, B.E.; FONTENO, W.C. PourThru: A method for monitoring nutrition in the greenhouse. **Acta Horticulturae**, v.779, p.289-297, 2008.

COGO, Clarissa Melo. **Crescimento, produtividade e consumo de solução nutritiva em diferentes concentrações pelo tomateiro cultivado em casca de arroz in natura**. 2009. 56f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO. 1979. 193p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33)

DORAIS, M.; PAPADOPOULOS, A.; GOSSELIN, A. Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. **Agronomie**, v.21, n.4, p.367-383, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro-RJ, EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FAYAD, J.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, F.L.; FERREIRA, F.A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.90-94, 2002.

FELLER, C.; BLEIHOLDER, H.; BUHR, L.; HACK, H.; HESS, M.; KLOSE, R.; MEIER, U.; STAUSS, R.; VAN DEN BOOM, T.; WEBER, E. Phänologische Entwicklungsstadien von Gemüsepflanzen: II. Fruchtgemüse und Hülsenfrüchte. **Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes**, v.47, p.217-232, 1995.

FERNANDES, C.; ARAÚJO, J.A.C.; CORÁ, J.E. Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, p.559-563, 2002.

FERNANDES, C.; CORÁ, J.E.; BRAZ, L.T. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, p.42-46, 2006.

FERREIRA, Sila Mary Rodrigues. **Características de qualidade do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado nos sistemas convencional e orgânico comercializado na região metropolitana de Curitiba**. 2004. 231f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 2012. 421p.

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

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, 2004.

FRANÇA, A.F.; HAAG, H.P.; DECHEN, A.R. Nutrição mineral de gramíneas tropicais VI. Níveis de cálcio afetando a composição de micronutrientes no Milheto forrageiro (*Pennisetum americanum*). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.44, p.1419-1443, 1987.

GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. **Bragantia**, Campinas, p.693-614, 1963.

GENÚNCIO, G.C; MAJEROWICZ, N.; ZONTA, E.; SANTOS, A.M.; GRACIA, D.; AHMED, C.R.M.; SILVA, M.G. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em função da concentração iônica da solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, p.175-179, 2006.

HAAG, H.P.; DECHEN, A.R.; CARMELLO, Q.Q.C.; MONTEIRO, F.A. Princípios de nutrição mineral: aspectos gerais. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, p.51-73, 1993.

HELBEL JUNIOR, C.; REZENDE, R.; FREITAS, P.S.L.; GONÇALVES, A.C.A; FRIZZONE, J.A. Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, p.1142-1147, 2008.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 347p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.

Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, v.29, n.1, jan. 2016. 78p.

JONES, C.A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.12, p.785-794, 1981.

- KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; ALVAREZ V., V.H. **Interpretação de resultados de análise foliar**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 42p. (Documentos / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-043X, 74).
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Agronômica Ceres, 2006. 631p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Waltham: Academic press, 2011. 672p.
- MARTINEZ, H.E.P.; BRACCINI, M.C.L.; BRACCINI, A.L. Cultivo hidropônico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **UNIMAR**, Maringá, v.19, p.721-740, 1997.
- MARTINEZ, H.E.P.; BARBOSA, J.G. **Substratos para hidroponia**. In: Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. Informe Agropecuário, v.20, n.200/201, p.81-89, 1999.
- MARTINS, G. Cultivo em ambiente protegido – O desafio da plasticultura. In: **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 2012, p.138-151.
- MARTINS, Gilberto. **Uso de casa de vegetação com cobertura plástica na tomaticultura de verão**. 1992. 65f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- MARTINS, G.; CASTELLANE, P.D.; VOLPE, C.A. Influência da casa de vegetação nos aspectos climáticos e em época de verão chuvoso. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, p.131-135, 1994.
- MELO, Danilo Mesquita. **Reutilização do substrato e concentração da solução nutritiva no cultivo do tomateiro do grupo salada**. 2015. 60f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- MOREIRA, A.; CARVALHO, J.G.; EVANGELISTA, A.R. Efeito de doses de enxofre na produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.5, p.533-538, 1997.
- MOTA, P.R.A.; FIORIM, A.C.R.; VILLAS BÔAS, R.L.; FOLEGATTI, M.V.; LUDWIG, F.; SILVA, M.E.A. Condutividade elétrica da solução nutritiva e acúmulo de macro e micronutrientes no cultivo de crisântemo. **Bragantia**, Campinas, v.72, p.81-89, 2013.
- NZANZA, Bombiti. **Yield and quality of tomato as influenced by differential Ca, Mg and K nutrition**. 2006. 103f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Naturais e Agrárias, Universidade de Pretoria, Pretoria, África do Sul.

- OLIVEIRA, M.R.V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.8, p.1049-1060, 1995.
- PAPADOPOULOS, A.P. **Growing greenhouse tomatoes in soil and soilless media**. Ontário, Agriculture Canada Publication, 1991. 79p.
- PARDOSI, A.; CARMASSI, G. DIARA, C.; INCROCCI, L.; MAGGINI, R.; MASSA, D. **Fertigation and substrate management in closed soilless culture**. Pisa - Italy: University of Pisa, 2011. 64p.
- PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.D.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. Manual de análise química de solo e controle de qualidade. Londrina: IAPAR, 1992. 40p.
- PORTELA, I.P.; PEIL, R.M.N.; ROMBALDI, C.V. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.30, p.266-273, 2012.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 407p.
- PRADO, R.M.; SANTOS, V.H.G.; GONDIM, A.R.O.; ALVES, A.U.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CORREIA, M.A.R. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.1, p.19-30, 2011.
- PERALTA, I.E.; SPOONER, D.M. Classification of wild tomatoes: a review. **Kurtziana**, Córdoba, v.28, n.1, p.45-54, 2000.
- RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420p.
- RATTIN, J.E.; ANDRIOLO, J.L.; WITTER, M. Acumulação de massa seca e rendimento de frutos de tomateiro cultivado em substrato com cinco doses de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, p.26-30, 2003.
- REBELO, J.A.; EBERHARDT, D.; STUKER, H. A plasticultura como fator de controle integrado de doenças de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.1, p. 97, 1994.
- SCUCUGLIA, César Lopes. **Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na cultura do tomateiro em cultivo protegido**. 2012. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista – Presidente Prudente.
- SELEGUINI, A.; SENO, S.; FARIA JÚNIOR, M.J.A.; Híbridos de tomateiro industrial cultivados em ambiente protegido e campo aberto. **Científica**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.80-87, 2007.
- SILVA, F. C. (Org.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

STRECK, N.A.; BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M. Efeito da densidade de plantas sobre a produtividade do tomateiro cultivado em estufa de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.2, p.105-112, 1996.

SYNGENTA. **Produtos e soluções**: Tomate híbrido Paronset. Disponível em: <http://www3.syngenta.com/country/br/pt/produtosemarcas/sementes/Pages/TOMATE-HIBRIDO-PARONSET.aspx>. Acesso em: 03 mar. 2016.

VEDUIM, J.V.R.; BARTZ, H.R. Fertilidade do solo e rendimento do tomateiro em estufa de plástico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.2, p.229-233, 1998.

VIDA, J.B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMAN, D.J.; BRANDÃO FILHO, J.U.T.; VERZIGNASSI, J.R.; CAIXETA, M.P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, n.4, p.355-372, 2004.

TAKAHASHI, H.W.; ANDRADE, B.L.G. **Diagnose foliar na cultura do tomate**. In: PRADO, R.M.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CORREIA, M.A.R.; PUGA, A.P. (Org.). *Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças*. Jaboticabal: FUNEP, 2010, p. 313-342.

TORRES, A.P.; MICKELBART, M.V.; LOPEZ, R.G. Leachate volume effects on pH and electrical conductivity measurements in containers obtained using pour-through method. **HortTechnology**, v.20, n.3, p.608-611, 2010.

WAMSER, A.F.; MUELLER, S.; BECKER, W.F.; SANTOS, J.P.; SUZUKI, A. Espaçamento entre plantas e cachos por haste no tutoramento vertical do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.27, p.565-570, 2009.