

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**REUTILIZAÇÃO DO SUBSTRATO E CONCENTRAÇÃO DA
SOLUÇÃO NUTRITIVA NO CULTIVO DO TOMATEIRO DO
GRUPO SALADA**

**Danilo Mesquita Melo
Engenheiro Agrônomo**

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**REUTILIZAÇÃO DO SUBSTRATO E CONCENTRAÇÃO DA
SOLUÇÃO NUTRITIVA NO CULTIVO DO TOMATEIRO DO
GRUPO SALADA**

Danilo Mesquita Melo

Orientadora: Profa. Dra. Leila Trevisan Braz

Coorientador: Prof. Dr. Hamilton César de Oliveira Charlo

Profa. Dra. Carolina Fernandes

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias
e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal,
como parte das exigências para a obtenção do título
de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).**

M527r Melo, Danilo Mesquita
Reutilização do substrato e concentração da solução nutritiva no cultivo do tomateiro do grupo salada / Danilo Mesquita Melo. – – Jaboticabal, 2015
x, 60 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015

Orientadora: Leila Trevisan Braz

Coorientadores: Hamilton César de Oliveira Charlo, Carolina Fernandes

Banca examinadora: Arthur Bernardes Cecílio Filho, Pablo Forlan Vargas, Simone da Costa Mello, Renata Castoldi

Bibliografia

1. *Solanum lycopersicum* L.. 2. Fibra da casca de coco. 3. Cultivo sem solo. 4. Fertirrigação I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.543:635.64

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: REUTILIZAÇÃO DO SUBSTRATO E CONCENTRAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO CULTIVO DO TOMATEIRO DO GRUPO SALADA

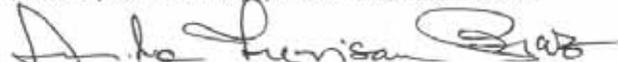
AUTOR: DANILO MESQUITA MELO

ORIENTADORA: Profa. Dra. LEILA TREVISAN BRAZ

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. HAMILTON CÉSAR DE OLIVEIRA CHARLO

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. CAROLINA FERNANDES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. LEILA TREVISAN BRAZ

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



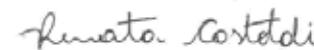
Prof. Dr. PABLO FORLAN VARGAS

Universidade Estadual Paulista / Registro/SP



Profa. Dra. SIMONE DA COSTA MELLO

Universidade de São Paulo / Piracicaba/SP



Profa. Dra. RENATA CASTOLDI

Universidade do Estado de Minas Gerais / Passos/MG

Data da realização: 12 de janeiro de 2015.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

DANILO MESQUITA MELO - nasceu na cidade de Belém, capital do Estado do Pará, em 09 de janeiro de 1986, filho de Raimundo Nonato Pinheiro Melo e Denise Gatti Mesquita Melo. Graduiu-se em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizada em Belém-PA. Na graduação obteve três bolsas de iniciação científica (PIBIC/CNPQ) com projetos desenvolvidos no cultivo de hortaliças em sistema orgânico e hidropônico, e em 2008 foi monitor da disciplina de olericultura da UFRA. Em fevereiro de 2011, obteve o título de mestre em Agronomia (Produção Vegetal) pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, localizada na cidade de Jaboticabal - São Paulo, com a dissertação intitulada “Crescimento e acúmulo de nutrientes do meloeiro rendilhado cultivado em substrato”. Em 2011 ingressou no programa de doutorado em Agronomia (Produção Vegetal), da mesma instituição. Atualmente é professor da área de produção vegetal, da Universidade Federal Rural da Amazônia, Câmpus de Parauapebas.

“Quando tu fores convidado para uma festa de casamento, não ocupes o primeiro lugar. Pode ser que tenha sido convidado alguém mais importante do que tu, e o dono da casa, que convidou os dois, venha te dizer: ‘Dá o lugar a ele’. Então tu ficarás envergonhado e irás ocupar o último lugar. Mas, quando tu fores convidado, vai sentar-te no último lugar. Assim, quando chegar quem te convidou, te dirá: ‘Amigo, vem mais para cima’. E isto vai ser uma honra para ti diante de todos os convidados. Porque quem se eleva será humilhado e quem se humilha será elevado”.

Evangelho (Lc 14,1.7-14)

Aos meus pais Nonato e Denise, e à minha irmã Thalita, os quais são as pessoas mais importantes na minha vida, sendo este trabalho o resultado de toda educação, paciência, carinho e dedicação a mim.

DEDICO

Às minhas avós Maria de Nazaré Gatti Mesquita (*in memoriam*), Maria Benedita Melo, e ao meu avô Estevam Pinheiro Melo, destacado profissional da olericultura na região Bragantina.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus por estar sempre ao meu lado.

Aos meus pais e a minha irmã por me apoiarem e me oferecerem toda a educação que necessitei para chegar onde estou.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV-UNESP), por me receber, apoiar e dar condições para o meu enriquecimento profissional.

À Profa. Dra. Leila Trevisan Braz, pela orientação, confiança, amizade, ensinamentos e atenção, a qual, além de ser uma excelente professora com conhecimentos surpreendentes possui um coração fantástico.

Aos meus Coorientadores Prof. Dr. Hamilton César de Oliveira Charlo e Carolina Fernandes, pelo apoio.

Ao programa de pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio à pesquisa, Processo nº 2011/11912-5.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

À todos os amigos que fiz em Jaboticabal, especialmente: Max Cangani, Rafael Marani, Fabiano Pirola e Vinícius Dantas que foram minha família nestes últimos momentos em Jaboticabal, e os quais a amizade será eterna.

Ao grande amigo Daniel Carvalho Leite e sua Família que foram fundamentais para a conclusão do meu doutorado, aos quais, a amizade e gratidão é imensurável.

Agradecimento especial aos amigos da graduação e pós-graduação que auxiliaram diretamente na execução deste projeto: Marcus Vinícius Marin, Rafael Gomes de Azevedo, Eduarda Gobato e Rafaele Fazzi.

À banca examinadora: Profa. Simone da Costa Mello, Prof. Arthur Bernandes Cecílio Filho, Prof. Pablo Forlan Vargas e Profa. Renata Castoldi, pela amizade e sugestões de correção que irão enriquecer meu trabalho.

Aos funcionários do Setor de Olericultura e Plantas Aromático Medicinais: Inauro, Reinaldo e Cláudio, pela amizade e auxílio nas atividades de campo.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal: Wagner, Sidnéia e Rosane, pela amizade, convivência e auxílio em todos os momentos que necessitei.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ix
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 A cultura do tomateiro.....	13
2.2 Cultivo em ambiente protegido e substrato.....	15
2.3 Reutilização do substrato.....	19
2.4 Concentração da solução nutritiva.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Localização e instalação do experimento.....	26
3.2 Delineamento experimental.....	26
3.3 Produção de mudas e descrição da área de cultivo.....	27
3.4 Método de fertirrigação.....	29
3.5 Condução das plantas.....	30
3.6 Condições climáticas.....	31
3.7 Colheita e avaliações.....	32
3.7.1. Caracterização físico-química do substrato.....	32
3.7.1.1 Análise química.....	32
3.7.1.2 Análise física.....	32
3.7.2. Produção e qualidade de frutos.....	33
3.7.3 Estado nutricional do tomateiro.....	33
3.8 Análise dos dados.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Análise química e física do substrato.....	34
4.2 Produção e qualidade dos frutos.....	45
4.3 Estado nutricional do tomateiro.....	52
5. CONCLUSÕES	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
APÊNDICE	69
APÊNDICE A.	70

REUTILIZAÇÃO DO SUBSTRATO E CONCENTRAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO CULTIVO DO TOMATEIRO DO GRUPO SALADA

RESUMO - O substrato e a solução nutritiva são componentes inerentes ao cultivo de hortaliças em sistemas hidropônicos abertos, que influenciam diretamente no desempenho das plantas. O conhecimento das modificações ocorridas em substratos orgânicos, aliada ao manejo da solução nutritiva, podem fornecer informações que contribuam para o cultivo do tomateiro em fibra da casca de coco. Para tanto, objetivou-se com este trabalho, avaliar a reutilização do substrato em função da concentração da solução nutritiva no cultivo do tomateiro do grupo salada. O híbrido Paronset foi cultivado em substrato fibra da casca de coco fertirrigada com solução nutritiva recomendada para a cultura. As plantas foram cultivadas em três níveis de utilização do substrato (substrato novo, reutilizado uma vez e reutilizado duas vezes) e cinco concentrações da solução nutritiva (25%, 50%, 100%; 150% e 200 % da concentração recomendada). As avaliações consistiram na caracterização química e física do substrato após o cultivo, características produtivas e qualitativas dos frutos e estado nutricional das plantas. Somente houve interação entre utilização do substrato e concentração da solução nutritiva para a densidade do substrato. A produtividade e a massa de frutos são reduzidas com a segunda reutilização do substrato. O uso da solução a 96% possibilita maior produtividade, porém, a maior massa de frutos é obtida com a solução a 25%. O estado nutricional do tomateiro não é alterado em função do uso do substrato. A concentração da solução nutritiva afeta o estado nutricional do tomateiro.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., fibra da casca de coco, cultivo sem solo, fertirrigação

SUBSTRATE REUSE AND NUTRIENT SOLUTION CONCENTRATION IN THE CULTIVATION OF SALAD TOMATO

SUMMARY- The substrate and the nutrient solution are components inherent of open hydroponic systems which directly influence on performance of plants. Knowledge of the changes occurring in organic substrates, together with the management of nutrient solution, can provide information to assist the tomato cultivation in coconut husk fiber. Therefore, it aimed with this work to evaluate the reuse of the substrate due to the concentration of the nutrient solution in the cultivation of tomato salad group. The Paronset hybrid was cultivated in coconut husk fiber substrate, fertigated with recommended nutrient solution. The plants grew in three levels of use of the substrate (new substrate, reused once and reused twice) and five concentrations of nutrient solution (25%, 50%, 100%, 150% and 200% of the recommended concentration). Evaluations consisted in chemical and physical characterization of the substrate after the harvest, yield and qualitative characteristics of fruits and nutritional status of plants. Only there was interaction between substrate utilization and concentration of the nutrient solution for the density of the substrate. The productivity and the mass of fruit reduced to the second reuse of the substrate. The use of 96% solution concentration provided higher productivity. The largest fruit weight was obtained with 25% solution concentration. The nutritional status of tomato is not changed due to the use of the substrate. The concentration of the nutrient solution affects the nutritional status of tomato.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L, coconut husk fiber, soiless cultivation, fertirrigation

1 INTRODUÇÃO

O tomate é, sem dúvidas, uma das hortaliças mais valorizadas no mundo. Seja pelo consumo *in natura* ou por meio da utilização agroindustrial, os frutos assumem grande importância na alimentação humana. No entanto, a tomaticultura tem enfrentado grandes desafios relacionados a diversos aspectos do setor produtivo, como o difícil controle fitossanitário, a ocorrência de distúrbios fisiológicos, fatores climáticos, fertilização, entre outros.

Patógenos do solo são uma das principais justificativas para a exploração do cultivo de hortaliças em sistema hidropônico, que, dentre outras vantagens, proporciona também a economia em tratamentos culturais relacionados ao preparo do solo, maior controle no uso da água e maior produção e qualidade de frutos, os quais normalmente não entram em contato com o solo (KÄMPF, 2002).

O cultivo sem solo exige grande conhecimento técnico e alto investimento inicial em estruturas como casa de vegetação, sistema de irrigação, entre outros. No entanto, com as dificuldades que a tomaticultura vem enfrentando, os retornos financeiros têm beneficiado os produtores que investiram em mão-de-obra qualificada e infraestrutura. Além disso, com o aumento na exigência do mercado consumidor, produtos com valor discretamente mais elevado também possui seu espaço no mercado, como no caso dos tomates dos grupos grape, italiano, cereja e algumas cultivares do tipo salada.

Dentre os sistemas que compõem o cultivo de hortaliças sem uso do solo, o cultivo em substrato tem ganhado destacada importância em todo o mundo, visto a praticidade no uso e a possibilidade de aproveitamento de resíduos da agroindústria. Países como Espanha, Holanda, China, Israel e Estados Unidos têm se destacado no cultivo de hortaliças em substrato. No Brasil, a técnica tem sido estimulada, porém, discretamente empregada.

A fibra da casca de coco tem sido o substrato mais explorado no Brasil, e, está começando a ser intensamente utilizada no mundo. Por ser um resíduo da agroindústria, este material é processado e comercializado de acordo com os padrões

exigidos para o cultivo das mais variadas espécies de hortaliças e flores. A fibra da casca de coco é um substrato leve, durável, parcialmente inerte e com boas propriedades físicas (CARRIJO et al., 2002), características que são valorizadas no cultivo de hortaliças em substratos. Com o uso de materiais inertes, a nutrição das plantas é praticamente oriunda da fertirrigação, existindo diversas recomendações conforme a espécie cultivada. Dentre as hortaliças-fruto, o tomateiro tem sido a principal espécie produzida em substratos, destacando-se ainda o cultivo do pimentão, melão, pepino e mini-melancia.

Com os avanços nas técnicas de cultivo em substrato, utilizando a fertirrigação, a permanência do tomateiro no campo tem aumentado. Além disso, este sistema tem possibilitado a produção constante de frutos na mesma área. Assim, surgiu a possibilidade de se reutilizar o substrato nos cultivos posteriores, reduzindo ainda mais os custos ao produtor. No entanto, por se tratar de material de origem orgânica, as modificações químicas que ocorrem ao longo do tempo têm dificultado o manejo do cultivo, principalmente na nutrição das plantas. Modificações de caráter estrutural também são importantes, pois irá interferir nas condições em que as raízes se desenvolvem e absorvem água e nutrientes.

Como a nutrição das plantas em substrato é um dos fatores mais importantes neste sistema, muitas pesquisas têm avaliado diferentes quantidades, tipos de adubos, frequência no fornecimento, volume das soluções, entre outros. A concentração da solução nutritiva também tem se destacado entre as investigações como sendo um manejo essencial para a fertirrigação. Acréscimos ou reduções na quantidade de adubos aplicados por volume de água na irrigação, têm proporcionado resultados diversos e contraditórios. Com a reutilização do substrato e suas possíveis alterações de caráter químico, o manejo da concentração da solução nutritiva pode ser essencial para garantir o bom desempenho das plantas neste sistema.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a reutilização da fibra da casca de coco no cultivo do tomateiro do grupo salada, em consonância com o uso de diversas concentrações da solução nutritiva.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do tomateiro

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), anteriormente denominada *Lycopersicon esculentum*, é uma das hortaliças mais consumidas e valorizadas em todo o planeta. O fruto é seu produto comercial, podendo assim, a espécie, ser classificada como hortaliça-fruto.

O centro de origem primário do tomateiro localiza-se em uma área delimitada ao norte pelo Equador, ao sul pelo norte do Chile, a oeste pelo oceano Pacífico e a Leste pela Cordilheira dos Andes, sendo, posteriormente, levado ao México onde iniciou-se o seu cultivo e melhoramento genético (FILGUEIRA, 2008).

Atualmente, é cultivado em todo o planeta, possuindo frutos com diversas características que são exploradas de acordo com o mercado consumidor. Da mesma forma, o melhoramento genético proporcionou a existência de genótipos com diferentes características morfo-fisiológicas, as quais, são exploradas de acordo com o sistema de cultivo.

O Brasil é o nono produtor mundial de tomate, produzindo o equivalente a 9 milhões de toneladas em 2012. O maior produtor é a China, seguido da Índia, Estados Unidos e Turquia (FAOSTAT, 2014).

O Paraguai é o país que mais importa frutos oriundos do Brasil, e a Argentina, a que mais exporta para o Brasil. A região sudeste é a maior produtora com 1,6 milhões de toneladas, e a região norte a que produz frutos em menor quantidade (6,9 mil t no ano de 2011) (AGRIANUAL, 2014).

Em função do seu centro de origem, o tomateiro é uma espécie considerada de clima tropical de altitude. No entanto, em função do melhoramento genético, é possível encontrar genótipos adaptados ao clima subtropical e tropical mais quente, não tolerando temperaturas extremas (GOTO & TIVELLI, 1998). A temperatura exerce grande influência na fixação de frutos pela planta. Temperaturas diurnas e noturnas demasiadamente elevadas favorece a queda de flores. A planta é favorecida pela termoperiodicidade, ou seja, temperatura diurna amena e noturna menores

(FILGUEIRA, 2008). De acordo com o mesmo autor, a temperatura noturna ideal situa-se entre 15°C e 20°C e as diurnas entre 21°C e 28°C. Temperaturas diurnas muito baixas, em torno de 11°C, retarda a germinação, emergência de plântulas e o crescimento vegetativo. Com temperatura diurna elevada, há inibição da produção de licopeno, inibindo assim, a formação da coloração vermelha dos frutos e favorecendo a produção do caroteno, conferindo a coloração amarela.

A espécie possui dois hábitos de crescimento distintos: o determinado e indeterminado. Em genótipos que possuem o hábito de crescimento indeterminado, há predominância da gema apical sobre as laterais, possuindo crescimento vegetativo vigoroso e contínuo, diferentemente de cultivares de crescimento determinado, onde as hastes atingem em torno de 1m de comprimento, apresentando na extremidade um cacho de flores, resultando em crescimento menos vigoroso e mais uniforme. Cultivares de crescimento indeterminado são frequentemente utilizadas para o cultivo tutorado com adoção da poda, conduzindo a planta até a altura de 2,5m em média. Já as cultivares de crescimento determinado são preferencialmente utilizadas em cultivos rasteiros, com finalidade agroindustrial (ZEIDAN, 2005).

O tomateiro tem sido amplamente melhorado geneticamente com o objetivo, principalmente, de conferir resistência às doenças. Além disso, a grande variabilidade genética, possibilitou a exploração de genótipos com frutos de diversos formatos, tamanhos, cores e outras características organolépticas distintas. Muitos pesquisadores e instituições, têm organizado esses genótipos em grupos de cultivares em função, principalmente, das características do fruto e do hábito de crescimento das plantas. No entanto, com o surgimento intenso de cultivares que não se enquadram nestas classificações, a denominação de frutos utilizando os grupos tem se tornado cada vez mais difícil, tornando comum o uso do nome da cultivar até mesmo nos estabelecimentos comerciais.

Filgueira (2008) classifica as cultivares em cinco grupos: Santa cruz, Salada (maçã, caqui ou tomatão), Italiano, Cereja e Agroindustrial. De acordo com o mesmo autor, cultivares do grupo santa cruz possuem frutos destinados à mesa, boa resistência a danos mecânicos, dois a três lóculos, pesam em média de 160 – 200g e com sabor inferior. A planta é alta, de crescimento indeterminado e cultivado principalmente em campo aberto.

Cultivares do grupo Salada possuem frutos destinados à mesa, de tamanho grande (200 a 400g), formato globular, com 4 a 10 lóculos, pouco resistente a danos mecânicos. As plantas possuem crescimento indeterminado e determinado, porte pequeno e são cultivadas em campo aberto e casa de vegetação.

No grupo Italiano, os frutos são destinados à mesa, biloculares, alongados, com alto teor de licopeno e sabor acentuado. As plantas possuem crescimento indeterminado, pouca área foliar, e são cultivadas em casa de vegetação ou campo aberto. Tomateiros do grupo Cereja são pequenos (15 a 25g), biloculares, destinados à mesa e de sabor acentuado. As plantas possuem crescimento indeterminado e são cultivadas em casa de vegetação ou campo aberto.

O grupo Agroindustrial são cultivados em campo aberto, de forma rasteira e sem orientação do crescimento das plantas. Os frutos possuem alta resistência ao transporte, elevado teor de sólidos solúveis, maturação uniforme, crescimento determinado e diversos formatos.

O Programa Brasileiro de Modernização da Horticultura (PBMH, 2003), organiza as cultivares de acordo com o formato, obtido por meio da razão entre as medidas do diâmetro transversal e longitudinal do fruto, tendo assim, o índice de formato do fruto (IFF), sendo: Caqui (IFF < 0,90), Saladete (IFF entre 0,90 e 1,00), Santa cruz (IFF entre 1,00 e 1,15), Italiano (IFF > 1,15) e Cereja (diâmetro transversal menor que 39mm).

Cultivares classificadas como saladas ou saladetes possuem grande espaço no mercado. Apesar do menor custo no cultivo em campo aberto, este grupo tem sido amplamente cultivado em casa de vegetação, principalmente quando os frutos são destinados à mesa e possui sabor mais acentuado em relação a outras cultivares.

2.2 Cultivo em ambiente protegido e substrato

O uso de tecnologias modernas no cultivo de hortaliças tem sido frequentemente adotado em diversos países. O cultivo em ambiente protegido está inserido nesse contexto como um sistema moderno em que tende a oferecer diversas vantagens, dentre as quais, o melhor estado fitossanitário das plantas, proteção contra variações climáticas, maior controle no fornecimento de água e fertilizantes, melhor qualidade de produtos e maior produtividade das culturas (OLIVEIRA et al., 1992).

O cultivo protegido de hortaliças refere-se, principalmente, à utilização de ambientes como casa de vegetação, túnel alto e/ou baixo, uso do *mulching*, entre outros. E inserido neste sistema, outras medidas têm sido adotadas para tornar o sistema ainda mais tecnificado, como o uso de ferramentas no controle da irrigação/fertirrigação, sistemas de nebulização e ventilação para o controle da temperatura em casas de vegetação, uso de tecidos para cobertura do solo, aparatos para condução de plantas (fios, presilhas, rollers, etc) e telas termo-refletores (ZEIDAN, 2005).

No Brasil, produtores de todas as regiões têm investido no cultivo de hortaliças em ambiente protegido, porém, ainda de forma modesta, e, dependendo do local, o objetivo no uso desta tecnologia pode variar, como o efeito “guarda-chuva” desejado nas regiões mais chuvosas e o aumento da temperatura em regiões de maior altitude e mais frias. Apesar do alto investimento inicial, a produção de hortaliças em casa de vegetação, por exemplo, tende a promover o retorno financeiro a curto prazo. No entanto, com a adoção do cultivo em casas de vegetação, problemas têm surgido e desestimulado produtores a expandirem seus empreendimentos.

A alta incidência de patógenos do solo, seu uso intensivo em ambiente protegido e sua posterior degradação, tem incentivado produtores a adotar o cultivo de hortaliças sem solo. Medidas e ajustes no manejo da cultura podem ser adotados para evitar que estes problemas ocorram, porém, o cultivo de hortaliças sem solo tem ganhado destaque na prevenção de tais problemas, além de promover vantagens ao produtor.

O cultivo protegido sem uso do solo é realizado por meio de sistemas hidropônicos abertos ou fechados. O sistema hidropônico aberto é caracterizado pelo descarte da solução nutritiva, como no uso de recipientes preenchidos com substrato. Sistemas hidropônicos fechados são caracterizados pela recirculação da solução nutritiva utilizada para nutrição das plantas, a exemplo o sistema NFT (*Nutrient Film Technique*). A escolha de cada sistema irá depender de cada produtor, da cultura a ser implantada, do custo de implantação, entre outros fatores.

O uso de substratos no cultivo de hortaliças tem proporcionado melhor estado fitossanitário das plantas, maior eficiência no uso da irrigação e fertirrigação e eliminação dos custos com manejo do solo. Como na maioria dos cultivos em

substratos, a fertilização das plantas é proveniente do sistema de fertirrigação, a qual, quando bem manejada, favorece o aumento da produtividade e qualidade de hortaliças. Todavia, o fornecimento excessivo de fertilizantes pode ocasionar salinização do substrato, toxicidade nas plantas, perda de nutrientes e possibilidade de contaminação do ambiente por meio da drenagem da solução nutritiva nos recipientes (KAWAKAMI et al., 2006).

Plantas cultivadas em recipientes possuem um volume restrito para expansão do sistema radicular, e em função disso, a quantidade de água disponível também é restrita. Dessa forma, irrigações frequentes e em pequenas quantidades torna-se necessária para maximizar a produtividade das culturas em cultivo sem solo (SCHRÖDER & LIETH, 2002). Portanto, irrigar até 20-30 vezes por dia pode ser necessário para manter a umidade na zona radicular em épocas mais quentes, especialmente para as culturas de rápido crescimento (JENSEN, 1997; REIS et al., 2001).

O cultivo em substratos com a utilização da fertirrigação promove o incremento na produtividade e qualidade dos frutos produzidos, pois, entre outros fatores, quando bem manejada, a solução nutritiva fornece às plantas quantidades de nutrientes adequadas para o desenvolvimento da cultura (CHARLO, 2005).

A utilização de substratos tem sido realizada em função da utilização de resíduos da agroindústria que seriam descartados no ambiente, como a fibra da casca de coco, casca de amendoim e casca de castanha. Muitos destes materiais não são reaproveitados pelos produtores, e o uso como substrato agrícola gera redução de impactos ambientais, tanto pela reciclagem de resíduos quanto pela substituição do solo nos cultivos, resultando na diminuição de contaminações por produtos fitossanitários e fertilizantes. Além disso, o cultivo sem solo possibilita ainda a redução, a médio e longo prazo, nos custos que seriam atribuídos ao manejo do solo, atribuindo ainda melhor qualidade e produtividade às culturas.

Fernandes et al. (2006) verificaram que a utilização de bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim, na composição de substratos à base de areia, resultaram em alta produtividade de frutos do tomateiro.

Melo et al. (2012) ao avaliarem o desempenho de híbridos de melão rendilhado na fibra da casca de coco e em substrato compostos pela mistura da areia e casca de

amendoim, verificaram que ambos os substratos proporcionaram bom desempenho às plantas.

No entanto, dependendo do manejo do substrato, materiais considerados não adequados em algumas pesquisas, podem ser adaptados a outros sistemas de produção. Dessa forma, ainda há a necessidade de conhecer melhor os materiais utilizados e a influência destes em interação com o manejo, principalmente o da fertirrigação.

Substratos orgânicos tendem a sofrer modificações ao longo do cultivo, e, na maioria das vezes, disponibilizam nutrientes ao meio radicular, que em consonância com o constante fornecimento de solução nutritiva, poderá promover a salinização e outras modificações de caráter físico-químico no substrato.

A fibra da casca de coco madura já vem sendo utilizada na agricultura e na indústria. Por sua vez, a fibra da casca de coco verde poderá se tornar matéria prima importante na produção de substratos de boa qualidade para a produção de mudas ou em cultivos sem o uso do solo. Neste caso, o aproveitamento da casca de coco verde é viável por serem suas fibras quase inertes e terem alta porosidade. A facilidade de produção, baixo custo e alta disponibilidade são outras vantagens adicionais apresentadas por este tipo de substrato (CARRIJO et al., 2002). Para estes mesmos autores, o substrato ideal deve possuir, entre outras características, porosidade acima de 85%, capacidade de aeração entre 10% e 30% e água facilmente assimilável de 20% a 30%. A grande porcentagem de lignina (35-45%) e de celulose (23-43%) e a pequena quantidade de hemicelulose (3-12%), que é a fração prontamente atacada por microorganismos, conferem ao substrato de fibra da casca de coco grande durabilidade sendo desta maneira, recomendável para cultivos de ciclo longo (NOGUEIRA et al., 2000). De acordo com Carrijo et al. (2002), as propriedades físico-químicas da fibra da casca de coco apresentam os seguintes valores médios: pH = 5,4; condutividade elétrica (CE) = 1,8 dS/m; capacidade de troca catiônica (CTC) = 92; relação C/N=132; Densidade = 70 g/L; porosidade total = 95,6%; retenção de água=538 ml/L; capacidade de aeração = 45,5% e água facilmente assimilável = 19,8%.

Em tomateiro, o uso da fibra da casca de coco tem sido frequentemente empregado e avaliado em diversos trabalhos. Lima et al. (2011), avaliando a

concentração foliar de nutrientes e a produtividade do tomateiro 'Vênus', cultivado sob diferentes proporções da fibra da casca de coco e casca de café carbonizada, em função de doses de ácidos húmicos, verificaram que as plantas que obtiveram maior produtividade foram cultivadas somente na fibra da casca de coco.

2.3 Reutilização do substrato

Com o crescimento do cultivo de hortaliças em substrato, tem surgido a necessidade de reutilizar estes materiais para os cultivos posteriores. É extremamente vantajoso ao produtor a possibilidade de utilizar o mesmo material em diversos cultivos, pois, possíveis gastos para aquisição de novos substratos são reduzidos, bem como a mão-de-obra empregada para renovação do sistema. Além disso, quanto maior o tempo de utilização do substrato, menor será o impacto ambiental em função do não descarte deste material, que, em alguns casos, podem estar contaminados por produtos fitossanitários e fertilizantes.

No entanto, o uso contínuo de um substrato, acondicionado em um recipiente, tende a sofrer alterações de caráter físico-químico e biológico. Tais mudanças podem comprometer os cultivos posteriores, porém, dependendo do manejo, há boas possibilidades em garantir que a produtividade das culturas não seja afetada nos próximos ciclos de produção.

Trabalhos com reutilização de substratos no cultivo de hortaliças têm verificado que não há decréscimo da produtividade em dois ou mais cultivos subsequentes utilizando o mesmo substrato (ANDRIOLO et al., 1999; CELIKEL & CAGLAR, 1999; REIS et al., 2001; FERNANDES et al., 2007). No sudeste da Espanha, substratos compostos de lã-de-rocha, perlita, e fibra da casca de coco são utilizados por dois a três anos para a produção de hortaliças (GARCÍA, 2004; VILLEGAS, 2004). Urrestarazu et al. (2008), ao estudarem a produtividade do meloeiro e do tomateiro, em substratos reutilizados à base de casca de amêndoa e composto de resíduos vegetais, em Almería - Espanha, verificaram que não houve efeitos negativos até 265 e 530 dias, respectivamente, de reutilização.

No cultivo do tomateiro cereja em substratos composto por areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim, Fernandes et al. (2007) verificaram que para

todas as combinações destes materiais, é viável reutilizar o substrato por pelo menos uma vez.

Em meloeiro rendilhado cultivado na fibra da casca de coco utilizada por até três vezes, Cardoso (2009) verificou que não houve alterações na produção e qualidade de frutos, porém, a reutilização promoveu acúmulo de nutrientes no substrato, aumento da densidade e volume de água facilmente disponível, redução do espaço de aeração e porosidade total.

Cada substrato possui propriedades químicas e físicas específicas que devem ser conhecidas antes do plantio de determinada cultura. Apesar de, conceitualmente, a função do substrato se restringir à sustentação da planta, sabe-se que materiais de origem orgânica poderão interferir diretamente na nutrição mineral das plantas, principalmente, quando a mineralização da matéria orgânica ocorre de forma intensa.

Para Schmitz et al. (2002), as propriedades químicas, geralmente, utilizadas para a caracterização de um substrato são: o pH, a capacidade de troca de cátions (CTC), a salinidade e o teor percentual de matéria orgânica nele presente. Já Fernandes (2005) considera que dentre as propriedades químicas em um determinado substrato, destacam-se o pH, a condutividade elétrica e o teor de nutrientes. Substratos de origem orgânica tendem a proporcionar variações no pH ao longo do ciclo da cultura, e isto provavelmente ocorre em função da decomposição da matéria orgânica e acúmulo de fertilizantes (SCHMITZ et al., 2002). Assim, além do pH, a determinação do teor de nutrientes é necessária para a recomendação e monitoramento das adubações.

A fertirrigação e a aplicação de fertilizantes têm sido praticadas de forma empírica pelos produtores, sendo frequente o uso excessivo de nutrientes, o que afeta a qualidade da colheita e o custo de produção (ABREU et al., 2002). O acúmulo excessivo de nutrientes nos substratos sugere que a concentração destes na solução nutritiva pode ser reduzida para melhor se adequar às necessidades da planta (BAEVRE, 1984). Charlo (2008), ao avaliar as modificações químicas ocorridas na fibra da casca de coco, no cultivo do pimentão 'Eppo', verificou que houve acúmulo de nutrientes, aumento nos valores de pH e condutividade elétrica do substrato ao fim do cultivo. De forma semelhante, Fernandes (2005), ao avaliar as modificações químicas de diferentes substratos para a cultura do tomateiro, verificou aumento nos

teores dos nutrientes, e condutividade elétrica no substrato comparados aos observados no início.

Apesar de relatos semelhantes, os efeitos da reutilização, nas características físico-químicas, podem variar em função do material, da espécie utilizada, época de cultivo, cultivar, fertilizantes, condições climáticas, manejo da fertirrigação, entre outros fatores.

Uma das principais preocupações relacionadas à reutilização do substrato é a salinização. Apesar de o excesso de fertilizantes ser possivelmente lixiviado por meio da lavagem com água corrente, é conveniente monitorar a concentração da solução nutritiva fornecida e os efeitos do manejo da fertirrigação nas características químicas e físicas do substrato. Além disso, a lavagem do substrato deve ser bem planejada para evitar que a água remanescente desta prática contamine o solo.

As características físicas de um substrato podem influenciar no cultivo de forma igual, ou até mesmo mais expressiva, em relação à química. Para Fernandes (2005), as propriedades físicas de um substrato são de fundamental importância, pois o crescimento das raízes é condicionado em função destas características. Para Pardossi (2011), as características físicas mais importantes em um substrato orgânico são a densidade e a porosidade. Além da densidade, outros autores consideram ainda a capacidade de retenção de água como característica física importante (GRAS, 1987; ANDRIOLO, 1999; FERNANDES, 2005).

A densidade de um substrato consiste na relação entre a massa e o volume ocupado pelas partículas que o formam (FERNANDES, 2005; LIZ & CARRIJO, 2008). Para Nascimento et al. (2004), a densidade do substrato pode influenciar no desenvolvimento de mudas e estabelecimento de várias hortaliças. Na maioria dos casos, a densidade é estabelecida no momento do preenchimento do recipiente, onde a ocorrência de compactações pode aumentar o percentual de sólidos por unidade de volume, e assim, sua densidade, resultando também na redução da porosidade e conseqüentemente do espaço de aeração (GRUSZYNSKI, 2002).

A granulometria, ou seja, a distribuição do tamanho das partículas de um substrato, determina o volume de ar e a quantidade de água retida (WALLER & WILSON, 1984). Conhecendo-se a densidade do substrato e sua granulometria, pode-se presumir se o substrato irá oferecer condições favoráveis de oxigenação para as

raízes das plantas, principalmente quando existe possibilidade de erro na quantidade de água na irrigação (LIZ & CARRIJO, 2008). A granulometria é obtida por meio do uso de peneiras com aberturas de diversos tamanhos, separando assim o percentual de partículas que passa por cada peneira. Liz (2006) verificou que a fibra da casca de coco verde possui o seguinte percentual de distribuição de partículas de acordo com as respectivas malhas das peneiras: 15,8% (2 a 4 mm); 8,8% (1 a 2 mm); 14,1% (0,59 a 1mm); 41,3% (0,25 a 0,59%) e 20% (< de 0,25 mm). Para Zanetti et al. (2003), as partículas grossas (2 a 0,2mm) são responsáveis pela formação de macroporos, os quais são ocupados por ar, e, as partículas finas (0,20 a 0,05 mm), responsáveis pela formação de microporos, ocupados por água.

A curva de retenção de água é uma metodologia em que se determina a porosidade, espaço de aeração e a dinâmica da água em substratos (DE BOODT & VERDONC, 1972). Esta técnica permite fornecer informações indicativas sobre o teor volumétrico e/ou gravimétrico de água, e sobre a força com que a água em diferentes tensões é retida pela matriz de um substrato utilizado no cultivo de hortaliças (LIZ & CARRIJO, 2008). Para a determinação da porosidade total de um substrato, são utilizadas variáveis como o volume da amostra, massa da amostra e densidade. O espaço de aeração é determinado por meio do volume de água liberado quando aplicam-se tensões de 0 a 1 kpa. Já os teores de água facilmente disponível, água disponível, água tamponante e água remanescente, são obtidos por meio da quantificação do teor volumétrico de água obtido quando aplicam-se, respectivamente, as tensões de 1 e 5 kpa, 1 e 10 kpa, 5 e 10 kpa e 10 kpa.

2.4 Concentração da solução nutritiva

Nos últimos anos, pesquisas em sistemas hidropônicos têm focado a interação entre o uso racional da água e a diminuição no uso de fertilizantes, de maneira que possibilite ganhos em produtividade (VAN OS et al., 2002).

A concentração elevada de nutrientes na solução nutritiva dificulta a absorção de água pelas plantas, agravando os efeitos negativos do estresse hídrico sobre o crescimento e a produtividade. Por outro lado, baixas concentrações da solução nutritiva, combinadas com condições ambientais de reduzida demanda evaporativa

da atmosfera, diminuem tanto o teor de massa seca como a qualidade da produção (LORENZO et al., 2003).

Em geral, em cultivos hidropônicos, especialmente os do tipo NFT, há tendência de redução da concentração iônica da solução nutritiva em ambientes cujas temperaturas, luminosidade e umidade relativa são altas e nas estações mais quentes do ano (FURLANI et al., 1999; COMETTI, 2003).

De acordo com Bresler & Hoffman (1986) a absorção de água pelas plantas, através do sistema radicular, é influenciada pelo potencial osmótico do meio nutritivo que é determinado pela concentração de sais neste. Para Huet (1994), a condutividade da solução nutritiva não influencia somente a absorção de água, mas também a absorção de nutrientes, estando ambas intimamente ligadas. Segundo Lieten (1998), a produtividade e qualidade de frutos são diretamente afetadas pela concentração da solução nutritiva do meio.

Como uma das preocupações em se reutilizar o substrato é a possível salinização do ambiente radicular, o estudo da condutividade elétrica da solução nutritiva no cultivo do tomateiro se torna essencial para verificar possíveis efeitos do acúmulo de fertilizantes ao longo dos cultivos. Além disso, em substrato, há uma tendência natural de acumular fertilizantes mesmo no primeiro cultivo, o que justifica a importância de estudar possíveis concentrações da solução nutritiva e seus efeitos no desempenho das plantas.

Para evitar problemas de salinização em substratos, entre produtores do sudeste da Espanha, existem relatos da prática de fornecer 30 a 40% de água, intercaladas com a fertirrigação, para proporcionar a lixiviação de sais contido nos recipientes (MAGÁN et al., 2008). Isto representa perda substancial de água e maior fonte de poluição do lençol freático por nitrato. Segundo os mesmos autores, é muito provável, em breve, o surgimento de políticas para converter sistemas de cultivo sem solo "abertos" para "fechados" onde a solução drenada é coletada e reinserida no sistema, assim como ocorreu no noroeste da Europa.

Com relação ao tomateiro, alguns autores afirmam que a concentração da solução nutritiva influencia diretamente na qualidade dos frutos (GOUGH & HOBSON, 1990; DORAIS & PAPADOULOS, 2000; CHAPAGAIN & WIESMAN, 2004).

Kawakami et al. (2006) avaliando o manejo da fertirrigação em função da condutividade elétrica da solução nutritiva drenada no cultivo de tomateiro cereja sob ambiente protegido, observaram que na medida em que se aumentou a condutividade elétrica (CE) (de 1,3 até 3,8 dS m⁻¹) ocorreu diminuição na massa média dos frutos, porém, sem promover diferenças no número de frutos por planta e produtividade. Para Alvarenga et al. (2004), o tomateiro tolera condutividade elétrica máxima no solo de até 2,5 dS m⁻¹, ocorrendo diminuição de rendimento de 10% para cada acréscimo de 1,0 dS m⁻¹, acima deste limite de tolerância. Li et al. (2001) ao avaliarem a concentração da solução nutritiva e seus efeitos na transpiração e produtividade do tomateiro, verificaram que a massa fresca de frutos decresceu 5,1% para cada dS m⁻¹ em excesso a 2,0 dS m⁻¹.

Alguns trabalhos têm verificado também que a redução da condutividade elétrica em soluções nutritivas não tem afetado o desempenho do tomateiro. Torres et al. (2004) verificaram que em cultivos hidropônicos recirculantes, a redução da concentração da solução nutritiva a uma CE inferior aos das soluções comumente usadas não promove diminuição da produtividade do tomateiro. Genúncio et al. (2006) ao avaliarem o crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT, em função da concentração iônica da solução nutritiva, observaram que diluições da solução original a 50% (1,4 dS m⁻¹) não influenciaram o número total de frutos por planta e o acúmulo de massa de cultivares de tomateiro do grupo salada.

Por outro lado, aumento nas concentrações da solução nutritiva também pode influenciar de forma benéfica a qualidade de frutos. Para Willumsen et al. (1996), mediana concentração da solução nutritiva pode favorecer o acúmulo de sólidos solúveis em frutos de tomateiro, favorecendo o sabor. Fanasca et al. (2007) verificaram que o aumento na concentração da solução nutritiva de 2,5 dS m⁻¹ para 8 dS m⁻¹ incrementou o teor de licopeno em frutos. Da mesma forma, Wu & Kubota (2008), verificaram que o estresse osmótico causado pela alta concentração da solução nutritiva, no cultivo do tomateiro 'Durinta', cultivado em vasos contendo substrato comercial, no Arizona-EUA, acelerou a síntese de licopeno em frutos.

Outras características, verificadas em plantas, são descritas na literatura com relação ao uso de soluções concentradas, como a diminuição no acúmulo de água nos frutos, e, conseqüentemente, redução da massa fresca em função do alto

potencial osmótico da água de irrigação (SONNEVELD & WELLES, 1988; VAN IEPEREN, 1996), sem afetar o acúmulo de massa seca em frutos. Urrestarazu (2014) ao testar o uso da termografia infravermelha para diagnosticar o efeito da salinidade no cultivo de *Philodendron erubescens*, verificou que, com o aumento da concentração da solução nutritiva, houve menor transpiração das plantas e maior aquecimento das folhas.

Diante das pesquisas citadas, nota-se que variações nos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva podem influenciar de forma divergente o desempenho das plantas. A redução da condutividade elétrica, além de minimizar custo com fertilizantes, pode proporcionar produtividade satisfatória no tomateiro. Do contrário, o aumento excessivo no nível salino da solução nutritiva, além de proporcionar maiores gastos com fertilizantes, ainda pode proporcionar redução na produtividade, porém, com relatos de melhoria nas qualidades organolépticas dos frutos.

Quando se reutiliza o substrato, a concentração da solução nutritiva pode ser um fator ainda mais determinante, pois, em caso de acúmulo excessivo de nutrientes ao longo dos ciclos, haverá a necessidade de redução da condutividade elétrica. O excesso de nutrientes nos substratos sugere que a concentração destes na solução nutritiva pode ser reduzida, possibilitando assim, diminuir o uso de fertilizantes nos cultivos posteriores em função dos resultados obtidos no cultivo anterior (BAEVRE & GUTTORMSEN, 1984). Dessa forma, avaliar a reutilização do substrato em consonância com diferentes concentrações da solução nutritiva, fornecerá informações sobre o manejo que poderá ser adotado no cultivo do tomateiro em substrato.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e instalação do experimento

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação, no Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP- FCAV), Campus de Jaboticabal, SP. O local situa-se a altitude de 614 m; com latitude de 21°14'05" S e longitude de 48°17'09" W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw com transição para Cwa.

A casa de vegetação que abrigou o experimento era do tipo arco, com 51 m de comprimento e 14 m de largura, pé direito de 3,5 m, tela de proteção lateral com sombrite de 50% e solo coberto por tecido de ráfia preto (Figura 1).



Figura 1. Casa de vegetação onde o experimento foi realizado.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 3x5, com quatro repetições. Os fatores avaliados foram: utilizações dos substratos (Substrato novo, reutilizado uma vez e reutilizado duas vezes), e concentrações da solução nutritiva [25% da concentração recomendada ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$);

50% da concentração recomendada ($1,6 \text{ dS m}^{-1}$); 100% da concentração recomendada (solução original: $3,2 \text{ dS m}^{-1}$); 150% da concentração recomendada ($4,8 \text{ dS m}^{-1}$) e 200 % da concentração recomendada ($6,4 \text{ dS m}^{-1}$)]. Cada parcela foi composta de duas linhas de seis plantas, onde foram avaliadas as seis plantas centrais da parcela.

3.3 Produção de mudas e descrição da área de cultivo

Foi utilizado o híbrido F₁ Paronset (SYNGENTA®), cultivar do tipo salada, de crescimento tipo indeterminado, vigoroso, internódios curtos (porte médio), boa cobertura foliar (proteção dos frutos), frutos redondos, levemente achatados, multiloculares, longa vida (superior a 15 dias em fruto vermelho), peso médio de 200-220 gramas, resistência a Fusarium raças 1 e 2, Verticillium raça 1, TMV, Cladosporium 1-5, Vira-Cabeça (TSWV), início da colheita com 100 a 105 dias após a semeadura.

Para a formação das mudas, utilizou-se bandejas de poliestireno expandido contendo 288 células preenchidas com substrato comercial (BIOPLANT®). A semeadura ocorreu em 20 de maio de 2013, sendo o transplante realizado no dia 14 de junho de 2013, ou seja, 25 dias após a semeadura, quando as mudas apresentavam de 3 a 5 folhas completamente expandidas.

As plantas foram cultivadas em espaçamento de 1,0 m entrelinhas duplas, 0,8 m entrelinhas simples, e 0,5 m entre plantas (Figuras 2 e 3). Foram utilizados vasos plásticos de cor preta com capacidade de 10L (ECOVASOS®), sendo totalmente preenchido com substrato. As dimensões dos recipientes são: 30 cm de diâmetro superior, 19 cm de diâmetro inferior e 24,7 cm de altura. Como substrato foi utilizado a fibra da casca de coco Golden Mix Misto 98 (combinação da porção fibrosa com a granular da fibra do mesocarpo do coco), com condutividade elétrica de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$, capacidade de retenção de água de 400 ml por litro de substrato e porosidade total de 95% (AMAFIBRA®).

A fibra da casca de coco foi previamente umedecida antes do preenchimento dos vasos. Para avaliação das características físicas do substrato, foram inseridos anéis volumétricos de PVC no momento do preenchimento de acordo com metodologia descrita por Fernandes et al. (2006). Os anéis foram cuidadosamente

colocados no interior dos vasos após o preenchimento de 1/3 do volume total, sendo o restante do volume preenchido cuidadosamente para não deslocar os anéis.



Figura 2. Vista geral da organização interna da casa de vegetação com cultivo do tomateiro.



Figura 3. Detalhe do espaçamento entre as linhas duplas, linhas simples e entre plantas, com cultivo do tomateiro em fibra da casca de coco.

3.4 Método de fertirrigação

Foi utilizado o método de fertirrigação por gotejamento, sendo utilizado dois emissores por vaso, os quais, possuíam vazão de 2 L/h cada emissor (Figura 4). A solução nutritiva fornecida seguiu as recomendações proposta por Moraes (1997), para a cultura do tomateiro, a qual, para o preparo de 1.000 L de solução nutritiva, foram utilizados 285 g de fosfatomoamônico (31,4 ppm de N e 60 ppm de P); 600 g de sulfato de magnésio (60 ppm de Mg e 78 ppm de S); 1.088 g de nitrato de cálcio (168,6 ppm de N e 206 ppm de Ca); 423 g de sulfato de potássio (173 ppm de K e 72 ppm de S); 340 g de cloreto de potássio (177 ppm de K e 160 ppm de Cl); 3 g de sulfato de manganês (0,75 ppm de Mn); 0,45 g de sulfato de zinco (0,10 ppm de Zn); 2,94 g de ácido bórico (0,50 ppm de B); 10 g de sulfato de ferro (2 ppm de Fe); 0,41 g de cloreto de cobre (0,10 ppm de Cu) e 0,02 g de molibdato de amônia (0,01 ppm de Mo).



Figura 4. Detalhe dos emissores utilizados no sistema de gotejamento, no cultivo do tomateiro.

O sistema de fertirrigação foi composto por cinco reservatórios de fibra de vidro, um para cada concentração da solução nutritiva, com capacidade de 1.500 L. O sistema hidráulico continha cinco moto-bombas independentes para cada reservatório. A solução nutritiva era fornecida de acordo com a observação da

drenagem nos vasos, momento em que as bombas eram programadas para desligarem. O funcionamento das bombas foi controlado por meio de temporizadores, os quais acionavam o sistema dez vezes durante o dia, mantendo as bombas ligadas por dez minutos a cada acionamento.

3.5 Condução das plantas

As plantas foram conduzidas verticalmente sendo o tutoramento realizado com fitilhos plásticos até a altura de 2,2 m do solo, quando então foi realizada a poda apical, sendo conduzida uma haste por planta. A desbrota de ramos laterais foi realizada a cada dois ou três dias e o amarrio das plantas sempre que necessário. Foram mantidos seis ramos por planta, nos quais, foi realizado o raleio, mantendo-se entre 6 e 8 frutos por ramo (Figuras 5 e 6).



Figura 5. Condução inicial das plantas do tomateiro em fibra da casca de coco.



Figura 6. Plantas com 2,2 m de altura, em fase de frutificação.

O controle fitossanitário foi efetuado de forma preventiva e mediante exame visual do agente, inseto ou patógeno, adotando, na aplicação, as recomendações técnicas dos produtos químicos registrados para a cultura.

3.6 Condições climáticas

Os dados climáticos foram aferidos por meio de um termo-higrômetro, localizado em abrigo de madeira, no interior da casa de vegetação. Na Tabela 1 estão apresentadas as médias das temperaturas máximas e mínimas e das umidades relativas do ar máxima e mínima, calculadas para os meses de junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro, período em que ocorreu o experimento.

Tabela 1. Temperatura e umidade relativas do ar, no interior da casa de vegetação. UNESP- FCAV, Jaboticabal-SP, 2013.

MÊS	TEMPERATURA (°C)		UMIDADE (%)	
	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA
JUN-JUL	31,23	10,23	97,34	32,2
JUL-AGO	30,34	12,55	98,45	31,3
SET-OUT	34,56	11,43	98,5	37,58
OUT-NOV	33,52	15,78	97,73	38,77

3.7 Colheita e avaliações

A colheita foi realizada por meio da identificação do ponto de maturação dos frutos, os quais se apresentavam de cor vermelha ou com coloração de transição de alaranjado para vermelho. No total foram realizadas oito colheitas, ocorridas entre 22 de outubro de 2013 e 26 de novembro de 2013.

3.7.1 Caracterização físico-química do substrato

No final do experimento, selecionou-se ao acaso um vaso de cada parcela, para realização da análise física e química do substrato.

3.7.1.1 Análise física

As propriedades físicas avaliadas foram: densidade (D), segundo metodologia proposta por Hoffman, descrito por Backes (1988); espaço de aeração (EA), Porosidade (P), água disponível (AD) e água facilmente disponível (AFD), segundo metodologia proposta por De Boodt & Verdonck (1972), utilizando anéis volumétricos de PVC de 285 cm³ (7,2 cm de diâmetro e 7,0 de altura). Para coleta das amostras, os vasos foram desmontados, sendo os anéis de PVC cuidadosamente retirados conforme metodologia descrita por Fernandes (2006).

3.7.1.2 Análise química

No final do experimento, o substrato proveniente de um vaso de cada parcela foi homogeneizado em superfície limpa, de onde, posteriormente, foram coletados 2L de amostra para então serem enviadas ao Laboratório de Análise de Substrato do IAC (Instituto Agrônomo de Campinas). O mesmo procedimento foi realizado 30 dias após o início do cultivo com o objetivo de obter os valores iniciais dos tratamentos (Apêndice).

Foram obtidos os valores de condutividade elétrica, pH, teores solúveis de N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e relação C/N, realizada de acordo com o método proposto por Sonneveld et al. (1974) (relação de extração 1:1,5).

3.7.2 Produção e qualidade de frutos

Os frutos maduros foram colhidos, identificados e levados ao Laboratório de Produtos Hortícolas, onde foram avaliadas as seguintes características: produtividade total estimada (kg ha^{-1}); número de frutos por planta; diâmetro transversal dos frutos (cm) e diâmetro longitudinal dos frutos (cm), em cinco frutos por parcela; massa média dos frutos (g); sólidos solúveis (SS) ($^{\circ}\text{Brix}$), obtido por meio de refratômetro digital, em cinco frutos por parcela; pH: determinado no extrato do suco, com auxílio de peagâmetro digital, em cinco frutos por parcela; acidez titulável (AT): obtido através de uma alíquota de 10 ml de suco, ao qual foi adicionado 40 ml de água destilada e três gotas do indicador fenolftaleína alcoólica a 1%, sendo então realizada a titulação com solução de NaOH 0,1 N, até o ponto de viragem. A acidez titulável foi expressa em % de ácido cítrico, utilizando cinco frutos por parcela.

3.7.3 Estado nutricional do tomateiro

Para determinação do estado nutricional do tomateiro, foi realizada a amostragem de folhas no período de pleno florescimento da cultura, de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). As amostras de folhas foram lavadas em água deionizada, colocadas para secar em estufa com circulação de ar forçado a 60°C , até atingirem massa constante, sendo então moídas e submetidas à análise química de acordo com metodologia descrita por Bataglia (1983).

3.8 Análise dos dados

Todos os dados foram submetidos à análise de variância e as médias do fator “uso do substrato” comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para “concentração da solução nutritiva” realizou-se análise de regressão. As análises foram obtidas por meio do programa digital AGROSTAT e os gráficos confeccionados utilizando o programa Microsoft Excel 2013.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise química e física do substrato

Não houve interações significativas entre a “utilização do substrato” e a “concentração da solução nutritiva” para as características químicas do substrato (Tabela 2). Com relação ao fator “utilização do substrato”, verificou-se que a condutividade elétrica (CE) foi maior no substrato reutilizado duas vezes, e o pH foi inferior somente no substrato novo. Os teores de Ca, Mg, S, Fe, Mn e Zn, foram maiores no substrato reutilizado duas vezes. Já os teores de N-nitrato (N-N) e P diferiram somente entre os tratamentos com substrato novo e reutilizado duas vezes, onde este último acumulou maiores quantidades (Tabela 2).

A relação C/N diminuiu em função da reutilização do substrato, onde verificou-se que o substrato novo possui maiores valores, seguido do reutilizado uma vez e então do reutilizado duas vezes.

A maior quantidade de nutrientes verificada no substrato reutilizado duas vezes ocorreu em função do acúmulo de nutrientes ao longo dos cultivos. Fernandes (2007) e Cardoso (2009), ao reutilizarem substratos no cultivo de tomate cereja e melão rendilhado, respectivamente, também relataram maior acúmulo de fertilizantes após a reutilização, sendo que as quantidades acumuladas variam, e isso ocorre conforme o manejo da solução nutritiva empregada, da espécie, do tipo de substrato, das condições climáticas, entre outros fatores.

No entanto, apesar de ocorrer acúmulo de alguns nutrientes no substrato, foram verificados baixos valores de condutividade elétrica, principalmente quando se utiliza o substrato por três vezes. Valores nos níveis de condutividade elétrica do substrato podem variar em função da frequência e volume da solução nutritiva aplicada, favorecendo a lixiviação ou acúmulo dos nutrientes fornecidos. A drenagem adotada neste experimento, associada à absorção de nutrientes pelas plantas, possivelmente contribuíram para que não fossem verificados valores excessivamente elevados nos substratos.

Tabela 2. Características químicas da fibra da casca de coco (relação de extração 1:1,5), em função da utilização do substrato (A) e da concentração da solução nutritiva (B) Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

	Utilização do substrato (A)			Concentração da solução nutritiva (B)		Interação A x B	CV(%)
	Duas utilizações	Uma utilização	Novo	F Linear	F Quadrático		
	CE	1,61 a	1,25 b	1,14 b	88,57**		
pH	5,56 a	5,59 a	5,26 b	342,3**	44,54**	3,62 ^{ns}	4,19
NO ₃ ⁻	70,42 a	55,39 ab	47,09 b	120,23**	0,02 ^{ns}	0,27 ^{ns}	40,36
NH ₄ ⁺	13,24 a	14,54 a	17,70 a	109,77**	4,54*	0,70 ^{ns}	48,02
P	44,72 a	34,07 ab	31,97 b	106,36**	0,23 ^{ns}	0,55 ^{ns}	38,80
K	211,05 a	185,71 a	199,75 a	116,71**	0,50 ^{ns}	0,85 ^{ns}	30,77
Ca	97,22 a	74,12 b	51,56 b	95,59**	4,10*	0,26 ^{ns}	40,06
Mg	33,20 a	20,49 b	15,28 b	42,53**	1,45 ^{ns}	0,74 ^{ns}	63,11
S	98,13 a	67,29 b	57,86 b	39,66**	0,99 ^{ns}	0,35 ^{ns}	49,56
B	0,12 a	0,09 a	0,11 a	1,05 ^{ns}	8,57**	2,04 ^{ns}	29,61
Cu	0,05 a	0,02 a	0,02 a	4,78*	0,93 ^{ns}	0,71 ^{ns}	73,67
Fe	0,55 a	0,34 b	0,31 b	11,40**	11,95**	4,33 ^{ns}	32,54
Mn	0,31 a	0,21 b	0,19 b	75,13**	3,23 ^{ns}	0,56 ^{ns}	48,16
Zn	0,36 a	0,18 b	0,11 b	65,02**	0,08 ^{ns}	2,05 ^{ns}	60,75
Relação C/N	36,83 c	47,04 b	53,96 a	25,04**	0,00 ^{ns}	2,49 ^{ns}	13,58

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

CE- Condutividade elétrica (dS m^{-1}); N-N: Nitrogênio-Nitrato; N-A: Nitrogênio-Amônia

Diversas ferramentas podem ser adotadas para auxiliar no manejo químico da fertirrigação, como o uso de extratores (monitoramento da solução nutritiva do substrato), monitoramento da solução drenada e análise química do substrato. Assim, dependendo da metodologia adotada, os valores encontrados para pH, condutividade elétrica e teores de nutrientes podem variar no cultivo. Choi et al. (2013), ao avaliar a condutividade elétrica do substrato e da solução drenada, observou que no substrato os valores oscilaram entre 1,5 e 3,0 dS m^{-1} , e na solução drenada, de 2,0 a 4,0 dS m^{-1} .

Liz e Carrijo (2008) consideram que ainda não existe um consenso entre pesquisadores para métodos de determinação da condutividade elétrica em substratos, principalmente considerando a reprodutibilidade dos valores. Para Abreu et al (2007) resultados obtidos com o extrato de saturação são menos reprodutíveis, em função da dificuldade de se identificar o ponto final de diluição do substrato que define a saturação no momento da análise, o que justifica os altos valores de coeficiente de variação encontrados no presente trabalho. Porém, o método de extração aquosa de 1:1,5 tem sido o mais utilizado para substratos orgânicos no Brasil e no exterior (ABREU et al., 2007; LIZ & CARRIJO, 2008; PARDOSSI et al., 2011).

Para a condutividade elétrica, outros autores também têm relatado diferentes resultados quando se realizou a análise química de substratos após o cultivo de hortaliças. Urrestarazu et al. (2008) ao reutilizarem o substrato composto por resíduos da casca de amêndoas, no cultivo do tomateiro, verificaram alterações na condutividade elétrica (dS m^{-1}) de 2,47; 2,24; 2,03; 3,90; 3,15 e 2,99 aos 0, 165, 265, 430, 530 e 695 dias de reutilização. No trabalho realizado por Urrestarazu et al. (2008), o manejo da fertirrigação foi adotado em função do desenvolvimento da planta, propriedades físico-químicas do substrato, condições climáticas em tempo real (em especial radiação) e parâmetros de drenagem, e a análise do substrato foi realizada pelo método de extração por saturação, descrito por Warncke (1986).

Fernandes (2005) ao reutilizar sete substratos compostos por misturas de areia, casca de amendoim e bagaço de cana-de-açúcar, no cultivo do tomateiro do grupo cereja 'Sindy', obteve os seguintes valores médios entre os substratos no final do segundo cultivo: 6,1 (pH); 3,00 (CE); 14,20 mg L^{-1} (NH_4^+); 120,4 mg L^{-1} (NO_3); 277,0 mg L^{-1} (K); 65,6 mg L^{-1} (P); 219,0 mg L^{-1} (Ca); 134,8 mg L^{-1} (Mg); 220,3 mg L^{-1} (S); 0,27 mg L^{-1} (B); 0,38 mg L^{-1} (Cu); 0,77 mg L^{-1} (Fe); 0,95 mg L^{-1} (Mn) e 0,20 mg L^{-1} (Zn). Comparando os valores obtidos no substrato reutilizado duas vezes com os obtidos por Fernandes (2005), verificou-se que os teores de todos os nutrientes obtidos no presente trabalho foram inferiores aos desta autora. As características físicas da fibra da casca de coco, ao promoverem uma drenagem maior em relação a outros substratos, podem ter influenciado para a obtenção de menores valores no presente trabalho. Além disso, apesar de ambos terem utilizado a mesma recomendação de solução nutritiva, a diferente demanda por nutrientes de cada

cultivar, a época de cultivo, o volume e frequência da fertirrigação, podem estar relacionadas com os valores diferentes encontrados nesse trabalho.

A diminuição da relação C/N demonstra que, apesar da fibra da casca de coco possuir boa durabilidade, o material tende a entrar em níveis de decomposição consideráveis durante o tempo de cultivo (Tabela 2). Urrestarazu et al. (2008) verificaram alteração nessa variável de 172 (antes do cultivo) para 15, aos 695 dias de reutilização da casca de amêndoa utilizada como substrato no cultivo do tomateiro, nas condições de Almería, Espanha.

A decomposição da matéria orgânica resulta em alterações de caráter físico-químico nos substratos, podendo influenciar no desempenho das plantas ao longo do cultivo. Reduções na relação C/N indicam degradação da matéria orgânica por microorganismos, podendo o caráter inerte reduzir com o tempo, influenciando assim, na nutrição das plantas.

Analisando-se do fator “concentração da solução nutritiva”, se verificou que a condutividade elétrica e os teores de N-nitrato, P, K, Mg, S, Mn e Zn, aumentaram linearmente em função dos tratamentos, e, de forma polinomial para N-amônio e Ca. Já os teores de B e Fe obtiveram ajuste polinomial com reduções e aumentos nos níveis em função da concentração da solução nutritiva. O pH e os teores de Cu diminuíram linearmente e de forma polinomial, respectivamente, em função do aumento da concentração da solução nutritiva (Figuras 7, 8 e 9).

Nas Tabelas 3 e 4, estão contidas as médias para os nutrientes encontrados no substrato em função da concentração da solução nutritiva.

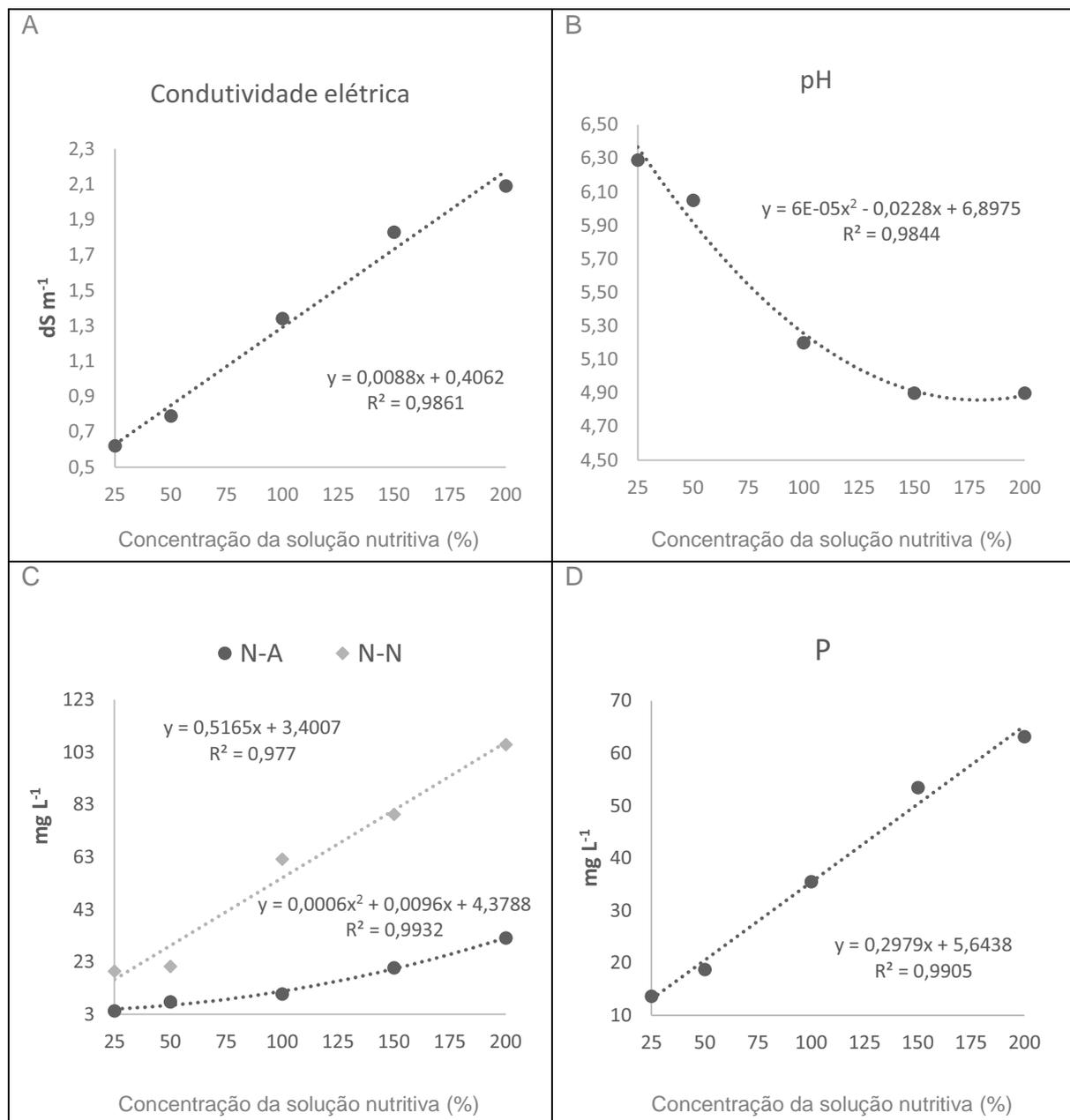


Figura 7. Condutividade elétrica (A), pH (B); teores de N-N e N-A (C) e P, caracterizados no substrato fibra da casca de coco (relação de extração 1:1,5), em função da concentração da solução nutritiva. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

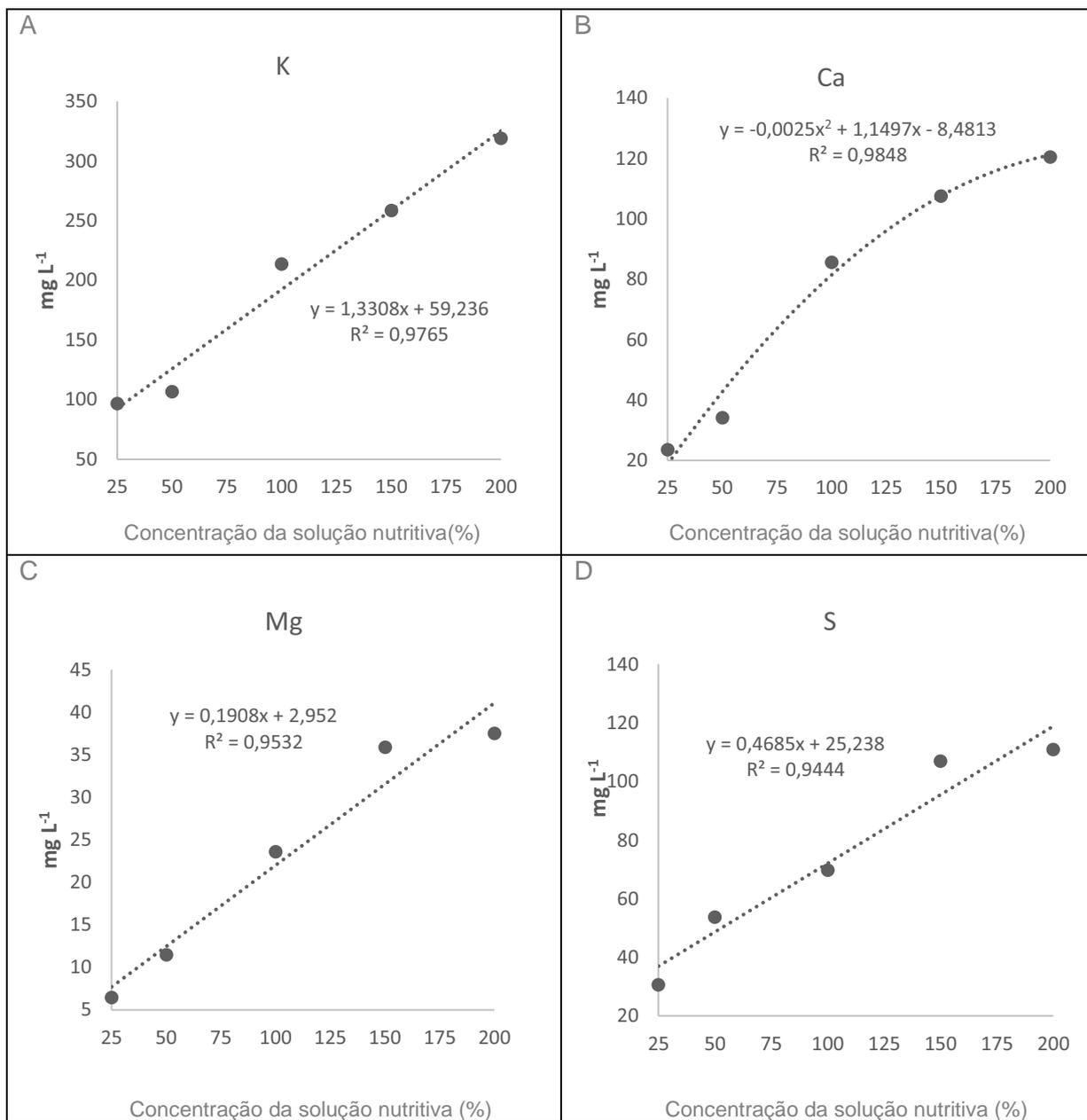


Figura 8. Teores de K (A), Ca(B), Mg (C) e S (D), caracterizados no substrato fibra da casca de coco (relação de extração 1:1,5), em função da concentração da solução nutritiva. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

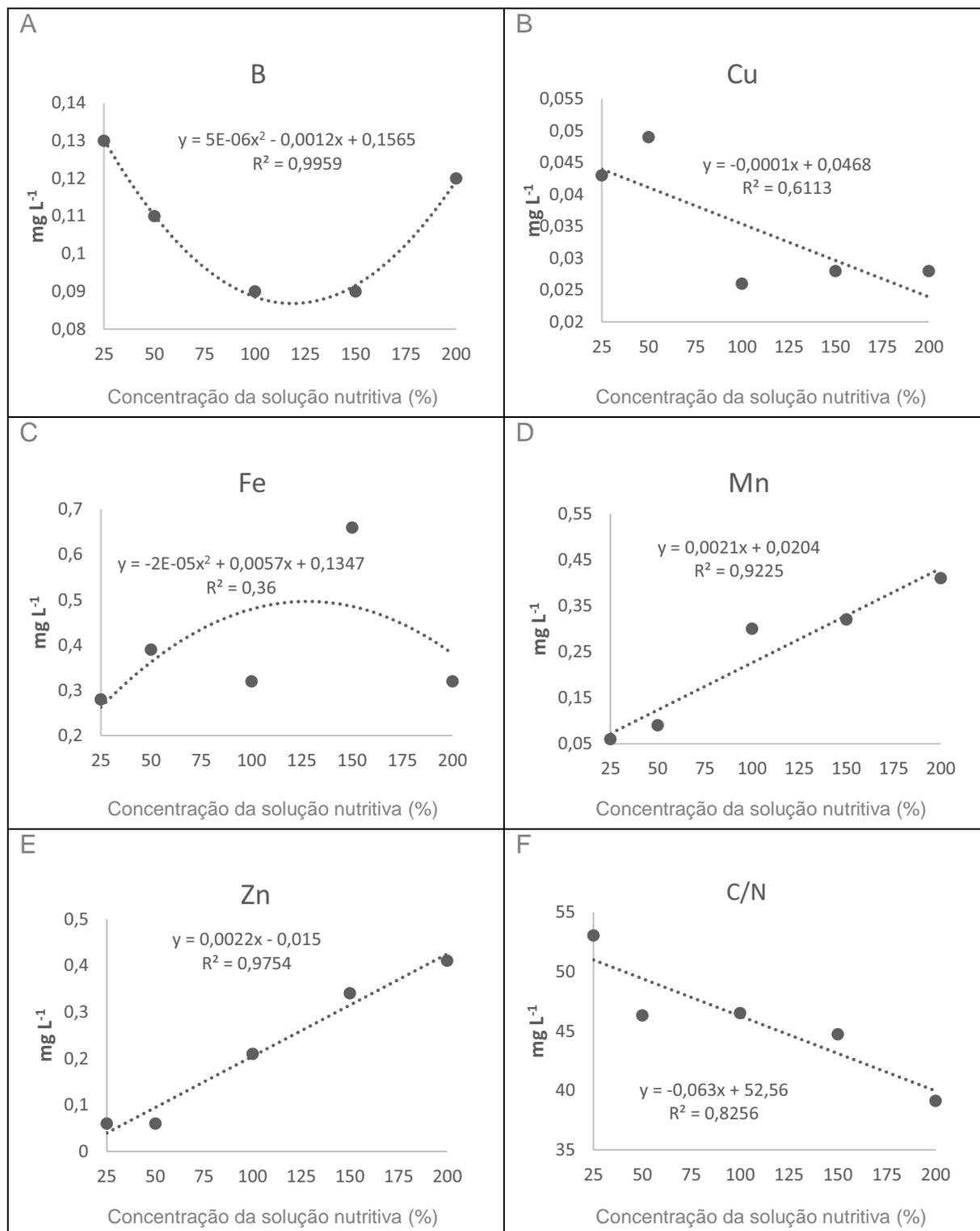


Figura 9. Teores de B (A), Cu (B); Fe (C); Mn (D); Zn (E) e relação C/N (F), caracterizados no substrato fibra da casca de coco (relação de extração 1:1,5), em função da concentração da solução nutritiva. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

Tabela 3. Médias de condutividade elétrica (CE), pH e macronutrientes, caracterizados no substrato fibra da casca de coco (relação de extração 1:1,5), em função da concentração da solução nutritiva (CSN). Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

CSN (%)	CE dS m ⁻¹	pH	NO ₃	NH ₄ ⁺	P	K mg L ⁻¹	Ca	Mg	S
25	0,62	6,29	19,51	4,33	13,65	96,72	23,56	6,46	30,64
50	0,79	6,05	21,25	7,82	18,78	106,72	34,22	11,49	53,71
100	1,34	5,20	62,23	10,79	35,52	213,64	85,65	23,59	69,82
150	1,83	4,90	79,26	20,77	53,47	258,65	107,54	35,89	106,98
200	2,09	4,90	105,92	32,11	63,19	319,14	120,50	37,51	110,99
CV (%)	34,77	4,19	40,36	48,02	38,80	30,77	40,06	63,11	49,56

Tabela 4. Médias de micronutrientes e relação C/N, caracterizados no substrato fibra da casca de coco (relação de extração 1:1,5), em função da concentração da solução nutritiva (CSN). Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

CSN(%)	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Relação C/N
25	0,13	0,043	0,28	0,06	0,06	53,04
50	0,11	0,049	0,39	0,09	0,06	46,31
100	0,09	0,026	0,32	0,30	0,21	46,50
150	0,09	0,028	0,66	0,32	0,34	44,73
200	0,12	0,028	0,32	0,41	0,41	39,14
CV (%)	29,61	73,67	32,54	48,16	60,75	13,58

Pardossi et al. (2011) descreve os seguintes valores de referência, comumente verificados em análise química (método 1:1,5), na fibra da casca de coco utilizada no cultivo de hortaliças em ambiente protegido: 5,5-6,0 (pH); 0,6-1,5 (CE); 40 – 80 mg L⁻¹ (NO₃⁻); 25-35 mg L⁻¹ (NH₄⁺); 20-30 mg L⁻¹ (P); 12-45 mg L⁻¹ (K); 40-80 mg L⁻¹ (Ca); 25-45 mg L⁻¹ (Mg); 115-150 mg L⁻¹ (S); 0,01-0,3 mg L⁻¹ (B); 0,01-0,06 mg L⁻¹ (Cu); 0,1-0,4 mg L⁻¹ (Fe); 0,01-0,3 mg L⁻¹ (Mn) e 0,01-0,3 mg L⁻¹ (Zn). Comparando os valores supracitados com o do presente trabalho, somente o K e todos os micronutrientes, encontrados no tratamento mais diluído (25%), foram superiores ao exposto por estes autores (Tabela 3 e 4). Para os demais nutrientes, o teor verificado no substrato só atingiu valores semelhantes ou superiores ao recomendado por Pardossi et al (2011), a partir do uso da solução nutritiva a 100%. O S foi o único nutriente em que nenhuma das concentrações da solução nutritiva atingiu o mínimo recomendado por este autor.

O excesso de K verificado na solução mais diluída, e seu crescente aumento à medida em que utilizou-se maiores concentrações, não resultou em sintomas visuais de toxicidade às plantas. Alguns trabalhos relatam a influência direta do potássio no

desenvolvimento dos frutos. Silva & Marouelli (2002) afirmam que aplicações de doses crescentes de potássio influenciam na massa e tamanho de frutos, entretanto, doses excessivas não implicam necessariamente em incrementos na produção, gerando então maiores custos ao produtor.

O aumento da condutividade elétrica e de nutrientes no substrato, pode ser explicado em função do maior fornecimento de fertilizantes, sendo o excesso considerado adubação de luxo. Porém, reduções nos teores de nutrientes no substrato podem ocorrer em função da maior absorção pela planta em função da demanda, ou pela lixiviação promovida pela drenagem nos vasos.

A redução do pH pode ter ocorrido devido a diversos fatores, dentre eles a utilização excessiva de fertilizantes amoniacais, oxidação da matéria orgânica e do enxofre, remoção de cátions de caráter básico (Ca, Mg, K e Na) e consequente aumento na concentração de Al e H (NOVAIS et al., 2007). No entanto, pelo fato de o tomateiro apresenta tolerância à acidez moderada (5,5 a 6,5), a faixa de 6,0 a 6,5 é considerada ideal para cultura (FILGUEIRA, 2008).

Foram obtidos maiores teores de NO_3^- em relação a NH_4^+ (Figura 7-C). Maiores teores de NO_3^- na solução do solo, ou substrato, não são desejados, pois o acúmulo excessivo deste composto nas plantas pode ser prejudicial à saúde humana. Porém, deve-se levar em consideração a forma mais absorvida pelo tomateiro (NH_4^+ ou NO_3^-), o que necessitaria avaliar a concentração destes compostos nos órgãos vegetais, principalmente no fruto, o qual, é o produto consumido.

Segundo Prado (2008), o NO_3^- é absorvido em maior quantidade pelas plantas quando há maior concentração desse composto na solução do solo. Porém, em menores concentrações ou em proporções iguais na solução do solo, o NH_4^+ é absorvido em maior quantidade devido ao menor gasto de energia utilizado pelas plantas. No entanto, de acordo com este mesmo autor, a absorção de NO_3^- é necessária para o crescimento da planta, além disso, a elevada absorção de NH_4^+ promove a acidificação do solo/substrato.

A relação C/N também diminuiu com o aumento da concentração da solução nutritiva (Figura 9-F), indicando que o substrato tende a degradar mais rapidamente com o incremento da fertilização. Isto ocorre em função da maior quantidade de

nutrientes disponíveis para degradação microbiana da matéria orgânica, principalmente nitrogênio.

Com relação à caracterização física do substrato, houve interação entre “utilização do substrato” e “concentração da solução nutritiva”, somente para a densidade (D). Entre os níveis de utilização, houve diferenças significativas para densidade (D), porosidade (P), água disponível (AD) e água facilmente disponível (AFD). Para concentração da solução nutritiva não houve diferenças entre as características físicas avaliadas (Tabela 5).

Tabela 5. Características físicas do substrato fibra da casca de coco em função da utilização do substrato (A) e da concentração da solução nutritiva (B). Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

	D kg m ⁻³	EA -----%-----	P	AD	AFD
Utilização do substrato (A)					
Novo	649,0	21,0 a	75,4 a	17,1 b	12,0 b
Uma utilização	778,0	23,9 a	72,5 ab	20,8 a	15,7 a
Duas utilizações	836,0	24,4 a	67,8 b	22,3 a	16,9 a
Concentração da Solução Nutritiva (%) (B)					
25	763,6	21,7	69,5	18,7	13,7
50	782,5	23,4	77,3	21,8	16,4
100	779,1	21,6	70,8	20,8	15,4
150	717,8	23,8	70,5	19,0	14,6
200	723,5	24,7	71,4	20,1	14,7
F (linear)	2,11 ^{ns}	2,24 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
F (quadrática)	0,50 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,30 ^{ns}	2,15 ^{ns}
Interação A x B	2,87*	1,03 ^{ns}	1,27 ^{ns}	2,01 ^{ns}	1,79 ^{ns}
CV (%)	14,50	20,21	10,71	19,45	19,45

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 ≤ p < .05)

^{ns} não significativo (p >= .05)

D-densidade; EA- espaço de aeração; P- porosidade; AD- água disponível; AFD- água facilmente disponível.

Analisando-se a interação entre níveis de utilização do substrato e concentração da solução nutritiva, para a característica de densidade, verificou-se que nas concentrações de 25% e 50%, maiores valores foram encontrados no substrato reutilizado por duas vezes em comparação ao substrato novo. Na concentração de 100% houve diferença entre o substrato novo e reutilizado uma vez, não diferindo este

último do substrato reutilizado duas vezes. Nas concentrações de 150% e 200% não houveram diferenças entre os níveis de utilização do substrato (Tabela 6).

Tabela 6. Interação entre utilização do substrato e concentração da solução nutritiva na densidade do substrato (kg m^{-3}). Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

Utilização do substrato/ Concentração da solução nutritiva	25%	50%	100%	150%	200%
Novo	589 Ba*	598 Ba	650 Ba	688 Aa	720 Aa
Uma utilização	774 ABa	910 Aa	881 Aa	667 Aa	659 Aa
Duas utilizações	927 Aa	839 Aa	807 ABa	798 Aa	791 Aa

* Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A tendência de aumento da densidade em função do tempo de uso do substrato é uma característica comum que ocorreu em função da decomposição da fibra da casca de coco e da movimentação das partículas no recipiente promovendo maior acomodação no espaço disponível.

A densidade é uma característica que influencia no desenvolvimento radicular das plantas, existindo diversas recomendações para os substratos. Para Schmitz et al. (2002), a densidade ideal para o cultivo de hortaliças é de 400 a 500 kg m^{-3} . Para Kampf (2000), densidades de 250 a 400 kg m^{-3} são ideais para vasos com até 15cm de altura; 300 a 500 kg m^{-3} para vasos de 20 a 30 cm de altura; e 500 a 800 kg m^{-3} para vasos maiores que 30 cm. Assim, a densidade verificada na maioria dos tratamentos em que o substrato foi reutilizado, está acima ao recomendado por estes autores.

A maior porosidade foi verificada no substrato novo, não diferindo de substratos reutilizado uma vez. Para Fernandes (2005), a irrigação, a decomposição da matéria orgânica e a movimentação das partículas provocada pelo desenvolvimento radicular, promovem a diminuição da porosidade e aumento da densidade no substrato. De acordo com Ansorena (1994), a decomposição de substratos orgânicos promove a redução no tamanho das partículas, e, conseqüentemente, há também redução no tamanho dos poros formados pelas mesmas.

Para Grassi Filho & Santos (2004), o percentual de 85% de porosidade proporciona bom desempenho de substratos na produção de plantas em recipientes. Carrijo et al. (2002), consideram que o substrato no cultivo de hortaliças pode apresentar porosidade total acima de 85% do volume.

A água disponível (AD) e água facilmente disponível (AFD) foram menores no substrato novo, não diferenciando entre os substratos reutilizados. A redução da porosidade e aumento da densidade, nos substratos reutilizados, tendem a promover maior retenção de água (Fernandes, 2005). Um bom substrato deve possuir, entre outras características, espaço de aeração entre 10 e 30% e percentual de água facilmente disponível de 20 a 30% (CARRIJO et al., 2002; FERMINO, 2003).

Fernandes (2005) ao avaliar a reutilização de sete substratos (combinações de materiais a base de areia, casca de amendoim e bagaço de cana-de-açúcar), no cultivo do tomateiro cereja 'Sindy', verificou alterações nas propriedades físicas somente no tratamento em que utilizou-se a combinação simultânea dos três materiais, onde foi constatado aumento nos valores de densidade e água facilmente disponível, e redução da porosidade, espaço de aeração e água remanescente.

De acordo com Pardossi et al. (2011) a diminuição do espaço de aeração e o aumento da capacidade de retenção de água em substratos reutilizados pode ser controlada por meio do revolvimento do substrato e da adequação do regime de fertirrigação. De acordo ainda com os mesmos autores, aumentos nos valores de condutividade elétrica e outros íons tóxicos, no substrato, podem ser reajustados por meio da lavagem do substrato ou manejo da fertirrigação.

4.2 Produção e qualidade de frutos

Não houve interação significativa entre a utilização do substrato e concentração da solução nutritiva para todas as características (Tabela 7).

Para o fator "utilização do substrato", houve diferenças significativas para produtividade total estimada, diâmetro longitudinal dos frutos, massa média de frutos e pH. Para o fator "concentração da solução nutritiva", com exceção da acidez titulável, todas as características avaliadas apresentaram diferenças (Tabela 7).

Tabela 7. Produção e qualidade de frutos do tomateiro ‘Paronset’, cultivado em fibra da casaca de coco, em função da utilização do substrato (A) e concentração da solução nutritiva (B). Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

	PT	NFP	DTF	DLF	MMF	SS	pH	AT
Utilização do substrato (A)								
Duas utilizações	78,15 b	27,86 a	51,79 a	62,53 b	112,44 b	5,21 a	4,16 b	0,40 a
Uma utilização	84,56 a	30,70 a	53,28 a	66,36 a	120,25 a	5,08 a	4,19 ab	0,20 a
Novo	87,77 a	29,73 a	53,11 a	65,11 ab	120,62 a	4,98 a	4,22 a	0,21 a
Concentração da solução nutritiva (B)								
25%	76,83	23,76	55,38	66,52	128,47	4,67	4,28	0,16
50%	95,55	29,31	55,50	67,09	131,40	4,78	4,24	0,18
100%	83,40	28,19	52,23	65,13	119,24	5,22	4,17	0,24
150%	85,32	32,76	50,60	63,09	103,69	5,45	4,14	0,54
200%	76,37	28,94	49,92	61,49	106,05	5,33	4,14	0,23
F linear	5,04*	18,90 **	36,06**	21,95**	111,70**	37,76**	34,30**	2,23 ^{ns}
F quadrático	13,42**	21,88 **	0,82 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,65 ^{ns}	7,17*	4,22*	3,08 ^{ns}
Interação A x B	1,95 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,06 ^{ns}
CV (%)	9,35	9,22	5,54	5,24	6,53	6,92	1,66	17,7

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 < p < .05$)

^{ns} não significativo ($p > .05$)

PT- Produtividade total estimada ($t\ ha^{-1}$); NFP-Número de frutos por planta; DTF- Diâmetro transversal de frutos (mm); DLF- Diâmetro longitudinal de frutos (mm); MMF- Massa média de frutos (g); SS-Sólidos solúveis (°Brix); AT- Acidez titulável (% ácido cítrico).

Fernandes et al. (2007) ao avaliarem a reutilização de substratos compostos pela mistura de areia, casca de amendoim e bagaço de cana-de-açúcar, verificaram que a produtividade do tomateiro foi de $9,07\ kg\ m^{-2}$ ($90,7\ t\ ha^{-1}$), quando cultivado em substrato novo, e de $8,44\ kg\ m^{-2}$ ($80,4\ t\ ha^{-1}$), quando cultivado em substrato reutilizado uma vez. Da mesma forma, estes resultados concordam com o verificado por Urrestarazu et al. (2008), no cultivo do tomateiro cv. Daniela em substrato composto por casca de amêndoa, onde a produtividade reduziu de $80,1\ t\ ha^{-1}$ para $65,2\ t\ ha^{-1}$ aos 530 dias de reutilização.

As diferenças nas características de diâmetro longitudinal do fruto e massa fresca do fruto, implicam que frutos obtidos em substratos reutilizados por duas vezes obtiveram menor tamanho em relação, principalmente, a substratos novos. Fernandes et al. (2007) também observaram incremento na produção de frutos do tomateiro cereja de tamanho maior em substratos novos.

Apesar de haver diferenças entre substratos novos e reutilizados duas vezes, no pH verificado nos frutos, estas diferenças não são consideráveis na prática, visto a proximidade entre os valores.

Ao analisar os resultados dentro do fator “concentração da solução nutritiva”, verificou-se que a produtividade total estimada e o número de frutos apresentaram ajuste polinomial quadrático, havendo aumento nestas características com o aumento da concentração da solução nutritiva até os limites de 96% e 142% respectivamente, quando então observou-se decréscimo (Figuras 10 e 11).

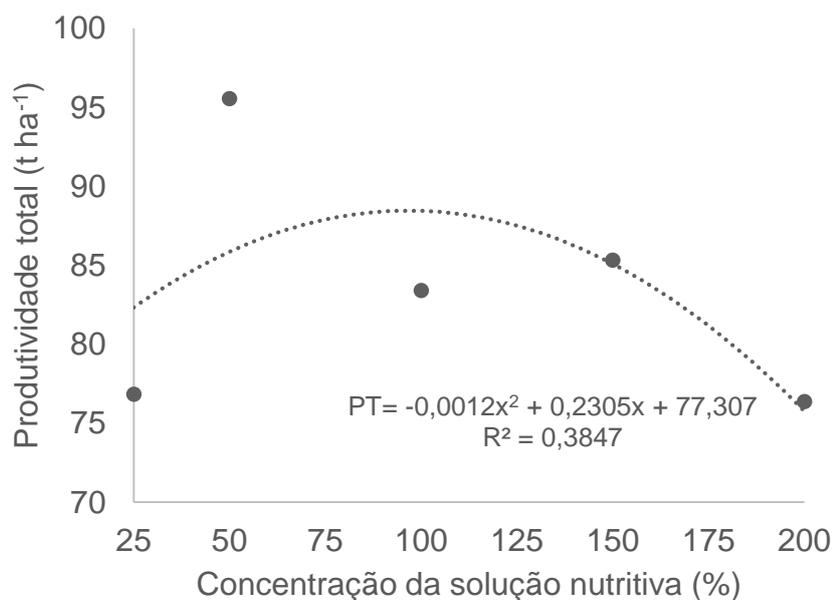


Figura 10. Produtividade total do tomateiro em função da concentração da solução nutritiva. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

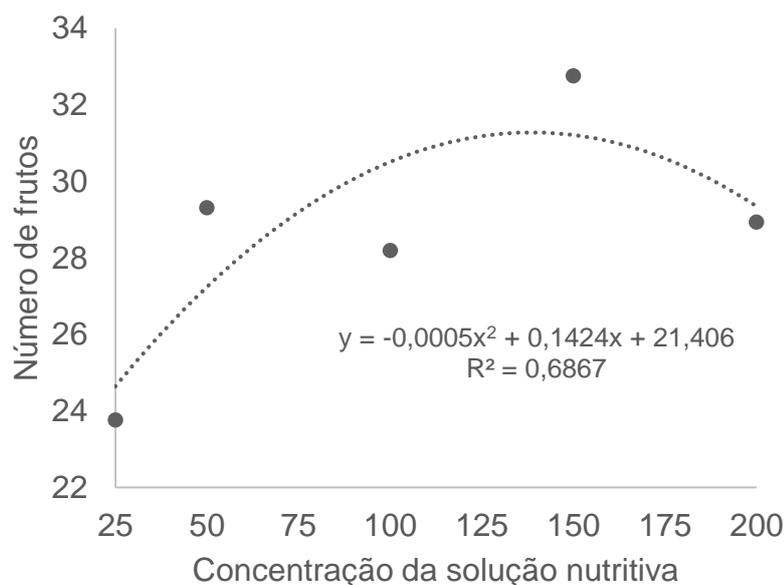


Figura 11. Número de frutos em função da concentração da solução nutritiva. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

O efeito da salinidade na redução da produtividade de plantas é descrito por diversos autores. Bao & Li (2010) ao avaliarem a produtividade do tomateiro cultivado em substrato composto por mistura de húmus e vermiculita (proporções iguais), em função da concentração da solução nutritiva, observaram redução na produtividade do tomateiro com o incremento da salinidade. Li et al. (2001) também verificaram redução na produtividade de frutos em tomateiro, de 5,1% por dS m^{-1} em soluções acima de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$.

No presente trabalho, foi determinado o limite de 6 a 8 frutos por rácemo, realizando-se o raleio quando o excesso era verificado. Assim, os tratamentos que obtiveram menor número de frutos ocorreram em função da não fixação do número máximo de frutos estabelecido por rácemo. Provavelmente, o aumento da concentração da solução nutritiva beneficiou a fixação de frutos somente até a concentração de 142%, onde, a partir de então, reduções foram verificadas. Para Gonzalez-Fernandez & Cuartero (1993), o número de flores por rácemo pode ser influenciado negativamente em função da alta salinidade, influenciando assim na quantidade de frutos. Para Adams & Ho (1992), a fixação de frutos somente é afetada sob condições extremas de salinidade, em torno de 15 dS m^{-1} .

A massa média dos frutos apresentou ajuste linear, decrescendo com o aumento da concentração da solução nutritiva (Figura 12). Este resultado pode ter

sido influenciado pela diminuição em número de frutos fixados à medida em que aumentou-se a concentração da solução nutritiva até o limite de 142%. No entanto, Gonzalez-Fernandez & Cuartero (1993) verificaram reduções de 10% no peso do fruto em plantas irrigadas com solução nutritiva de 5-6 dS m⁻¹; redução de 30% com uso de soluções de 8 dS m⁻¹ e cerca de 40% em concentrações mais elevadas. Porém, os autores ressaltam que a redução da massa de frutos pode variar em função da cultivar utilizada.

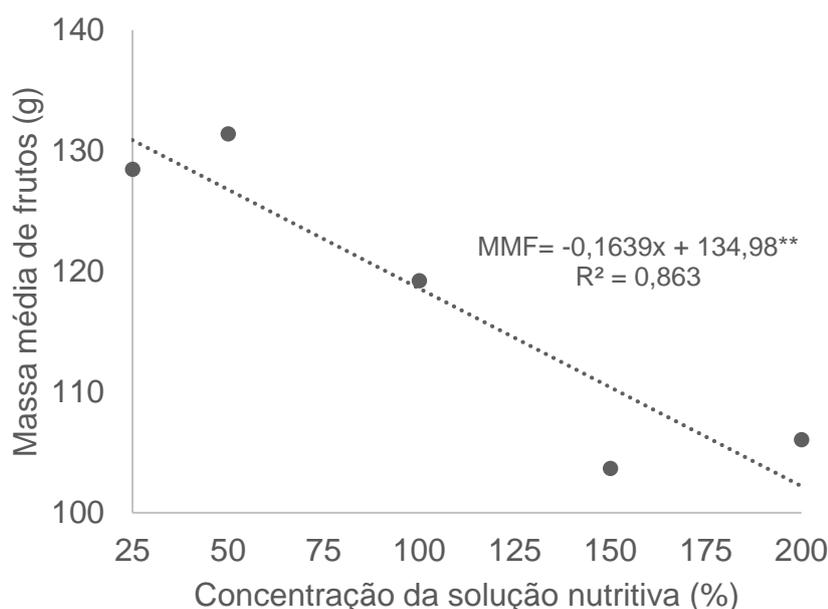


Figura 12. Massa média de frutos em função da concentração da solução nutritiva. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

Para Zeidan (2005), a alta salinidade na região radicular promove deficiente absorção de água pelas plantas como resultado do incremento no potencial osmótico da solução do solo. Conseqüentemente, há redução no volume celular, tamanho de frutos e produtividade do tomateiro. Freire et al. (2010) ao estudarem o efeito da salinidade no cultivo do tomateiro, verificaram perdas na produtividade decorrentes, principalmente, da perda de massa média dos frutos. Da mesma forma, Rocha et al. (2010) no cultivo do tomateiro cereja em sistema hidropônico NFT, observaram que a condutividade elétrica da solução nutritiva superior a 2,3 dS m⁻¹ provoca redução no peso médio do fruto e, conseqüentemente, na produção de frutos por planta.

Analisando estas últimas características citadas, é possível compreender que, apesar de menores concentrações promoverem maior massa de frutos, a

produtividade só diminui a partir da concentração acima de 96%, ou seja, o uso da solução 100% foi o tratamento que possibilitou maior produtividade de frutos. Considerando que o objetivo do produtor seja obter frutos de maior massa, a solução nutritiva menos concentrada poderá ser utilizada, porém, será obtida menor quantidade de frutos por área.

Para as características de diâmetro longitudinal e transversal dos frutos é possível observar decréscimo à medida que se aumenta a concentração da solução nutritiva, seguindo ajuste linear para ambas (Figura 13). A redução foi de 10% para diâmetro longitudinal e 8% para diâmetro transversal entre as concentrações de 25 e 200%, respectivamente. Além da concorrência por nutrientes entre fonte-dreno, para Silva et al. (2013), esse resultado pode ocorrer em função do desequilíbrio osmótico gerado pela salinidade, que interfere na absorção de água pelas plantas, causando diminuição no tamanho dos frutos.

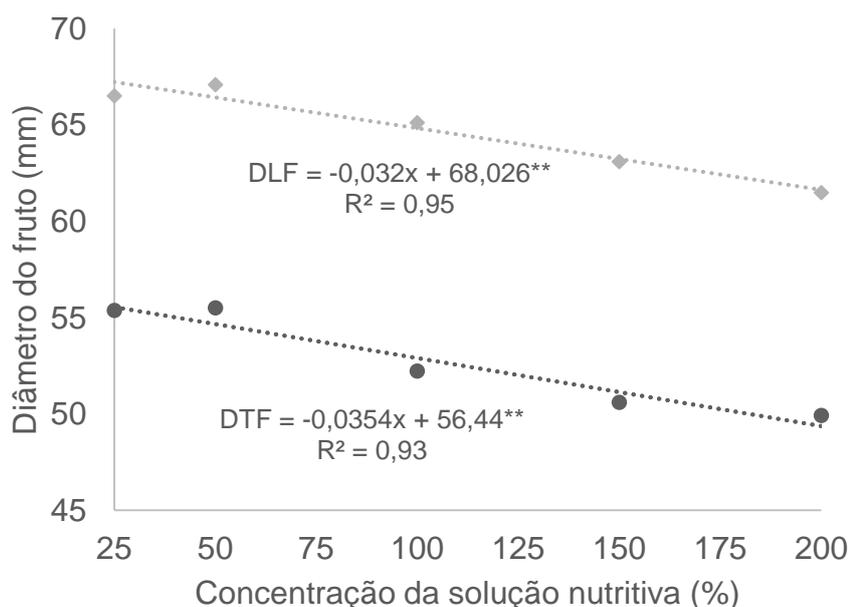


Figura 13. Diâmetro longitudinal do fruto (DTL) e diâmetro transversal do fruto (DTF) em função da concentração da solução nutritiva. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

Para sólidos solúveis observou-se incremento à medida que se aumentou a concentração da solução nutritiva, havendo ajuste polinomial quadrático (Figura 14). Derivando-se a equação, verificou-se máximo teor de sólidos solúveis até a concentração da solução nutritiva de 162%. A diminuição a partir deste ponto pode

estar relacionada ao efeito negativo no transporte e absorção de nutrientes em plantas submetidas a elevados estresse salino no substrato, ocasionando em posterior diminuição nos teores de sólidos solúveis. No entanto, o aumento gradativo desta característica em plantas submetidas a níveis crescentes de salinidade, ocorre em função dos açúcares como glicose, frutose e sacarose, acumularem-se como um mecanismo fisiológico da planta para proteção e ajuste osmótico (Ashraf & Harris, 2004). Portanto, o aumento no teor de sólidos solúveis dos frutos pode ter ocorrido com a finalidade de osmorregulação até níveis tolerantes de salinidade no substrato. Porém, na prática, as diferenças obtidas entre esses valores pouco são perceptíveis ao paladar, sendo recomendável a utilização da solução menos concentrada, objetivando redução nos custos com fertilizantes.

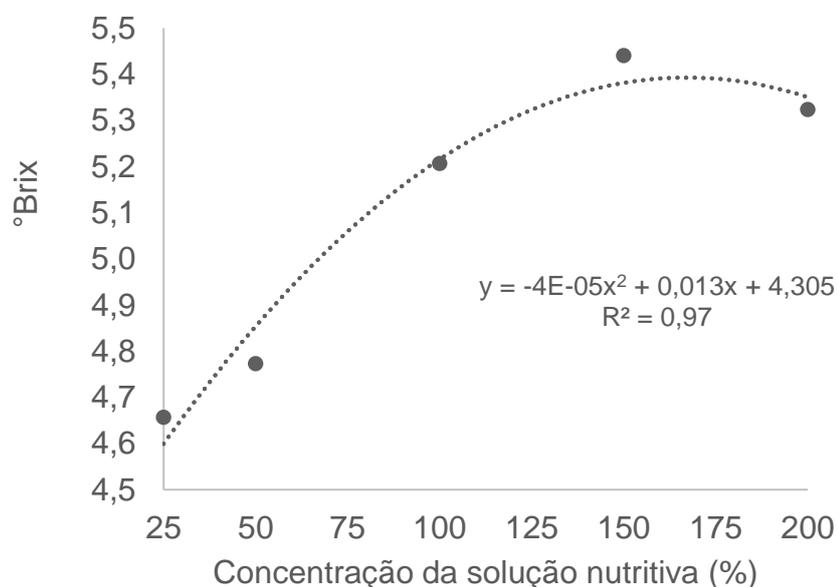


Figura 14. Teor de sólidos solúveis dos frutos de tomateiro (°Brix) em função da concentração da solução nutritiva. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

Verificou-se redução contínua nos valores de pH em função do aumento da concentração da solução nutritiva (Figura 15). Apesar de haver ocorrido essa tendência, na prática, as diferenças entre os valores são ínfimas, podendo não influenciar nas características sensíveis ao consumo humano.

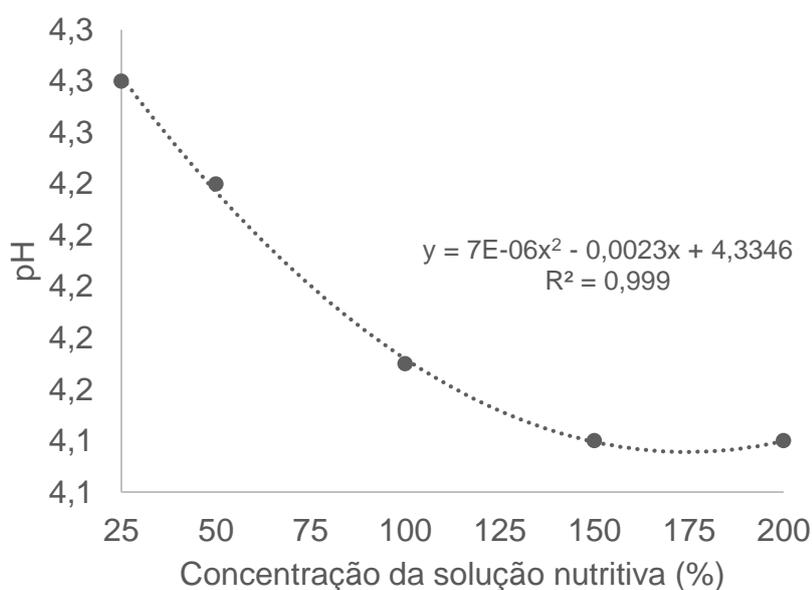


Figura 15. Valores de pH em função da concentração da solução nutritiva. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

Estes resultados demonstram que o uso contínuo do substrato e o aumento na concentração da solução nutritiva tende a influenciar negativamente nas características de produção e qualidade de frutos. Porém, em função dos baixos valores de condutividade elétrica verificados no substrato (Tabela 2), os fatores negativos que influenciaram no desempenho das plantas podem não estar relacionados à salinização do mesmo e sim pela passagem da solução concentrada no ambiente radicular, a exemplo do que ocorre em sistema hidropônico NFT.

No entanto, caso a salinização do substrato seja o fator limitante, tratamentos com enxagues podem ser aplicados no substrato objetivando a lixiviação de fertilizantes. Zeidan (2005), considera que o incremento na salinização da água ou solução nutritiva, para a melhoria da qualidade de frutos, pode ser recomendado em cultivo sem solo, pois, neste sistema, a zona de absorção radicular pode ser facilmente enxaguada quando observa-se excessivo acúmulo de sais.

4.3 Estado nutricional do tomateiro

Não houve interação entre “utilização do substrato” e “concentração da solução nutritiva” para o teor foliar de todos os nutrientes avaliados. Da mesma forma, não houve diferenças para os teores foliares de nutrientes entre os níveis de utilização do

substrato. Porém, com exceção do enxofre, foram verificadas diferenças entre os tratamentos inerentes à concentração da solução nutritiva (Tabelas 8 e 9).

De acordo com os resultados, o estado nutricional do tomateiro não é alterado quando a reutilização do substrato ocorre até a segunda vez, demonstrando que, independente das características químicas presentes no substrato, as plantas absorvem a mesma quantidade de nutrientes. Assim, de acordo com a média absorvida entre os substratos, o teor foliar de nutrientes seguiu a seguinte sequência: N>K>Ca>S>P>Mg>Fe>Mn>B>Zn>Cu.

Tabela 8. Teores foliares de macronutrientes no tomateiro 'Paronset', cultivado em fibra da casca de coco, em função da utilização do substrato (A) e da concentração da solução nutritiva (B). Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

	N	P	K	Ca	Mg	S
-----g kg ⁻¹ -----						
Utilização do substrato (A)						
Duas utilizações	42,07 a	4,37 a	29,49 a	12,46 a	3,66 a	5,45 a
Uma utilização	43,40 a	4,61 a	28,81 a	12,67 a	3,63 a	5,35 a
Novo	42,97 a	4,61 a	27,57 a	12,24 a	3,61 a	5,35 a
Concentração da solução nutritiva (%) (B)						
25	35,78	3,53	22,24	13,50	3,78	5,22
50	41,51	4,51	26,37	13,50	3,70	5,42
100	42,20	4,83	29,65	14,24	3,83	5,60
150	45,35	4,90	31,47	10,50	3,40	5,20
200	49,23	4,88	33,67	10,51	3,45	5,49
Interação A x B	1,61 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,68 ^{ns}
F linear	57,62 ^{**}	23,01 ^{**}	42,15 ^{**}	16,78 ^{**}	6,69 [*]	0,19 ^{ns}
F quadrático	0,20 ^{ns}	10,59 ^{**}	2,24 ^{ns}	1,42 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,20 ^{ns}
CV (%)	10,12	14,37	16,07	20,08	11,38	11,66

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

^{**} significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

^{*} significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 => p < .05)

^{ns} não significativo (p >= .05)

Tabela 9. Teores foliares de micronutrientes no tomateiro 'Paronset', cultivado em fibra da casca de coco, em função da reutilização do substrato (A) e da concentração da solução nutritiva (B). Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg kg ⁻¹ -----					
Utilização do substrato (A)					
Duas utilizações	49,35 a	9,75 a	93,60 a	81,95 a	35,90 a
Uma utilização	46,70 a	10,45 a	94,25 a	87,55 a	38,00 a
Novo	49,70 a	11,05 a	92,50 a	91,55 a	33,30 a
Concentração da solução nutritiva (%) (B)					
25	64,50	7,91	85,00	58,5	23,25
50	40,66	10,33	85,16	70,33	27,08
100	41,66	11,16	95,75	107,91	41,75
150	45,33	11,58	95,75	92,66	40,66
200	50,75	11,08	105,58	105,66	45,91
Interação A x B	0,98 ^{ns}	1,69 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,35 ^{ns}
F linear	1,84 ^{ns}	7,97 ^{**}	12,21 [*]	28,93 ^{**}	40,46 ^{**}
F quadrático	14,34 ^{**}	4,90 [*]	0,01 ^{ns}	6,79 [*]	3,73 ^{ns}
CV (%)	27,29	26,04	17,60	26,47	28,03

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Na Tabela 10, encontram-se valores de referência provenientes de trabalhos realizados com tomateiro em sistema hidropônico. Fernandes et al. (2002), ao cultivar o híbrido Carmen, utilizando solução nutritiva recomendada por Adams (1994), verificaram a sequência de K>Ca>N>S>P>Mg>B=Fe>Mn>Zn>Cu. Lima et al. (2011), no cultivo do tomateiro 'Vênus' em fibra da casca de coco, utilizando solução nutritiva baseada na recomendação de Castellane & Araújo (1994), verificaram a sequência de N>Ca>K>S>Mg>P>Fe>Cu>Mn>B>Zn. Fernandes (2005), ao cultivar o tomateiro cereja 'Sindy' em substrato a base de areia, utilizando a solução nutritiva recomendada por Moraes (1997), verificou a sequência de N>K>Ca>S>Mg>P>Fe>Mn>Cu>B>Zn.

As diferenças entre os teores foliares de nutrientes, referidos por diversos autores, variam conforme a época de plantio, idade da planta ou órgão amostrado, cultivar, interação entre nutrientes e das condições climáticas (CARVALHO et al., 2004). No entanto, no presente trabalho, valores abaixo da média foram verificados nos teores de P, Ca, Mg, S, B, Fe e Mn (Tabela 10). Porém, não foram observados sintomas de deficiência nutricional nas plantas.

Tabela 10. Valores de referência para teores foliares verificados em tomateiro. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

	Presente trabalho ¹	Fernandes et al. (2002)	Lima et al. (2011)	Fernandes (2005)
N	42,8	33,0	39,0	57,4
P	4,5	11,0	6,0	6,1
K	28,6	47,0	33,0	29,0
Ca	12,5	41,0	34,0	18,7
Mg	3,6	9,0	7,0	7,1
S	5,4	17,0	7,8	10,6
B	48,6	209,0	68,7	141,0
Cu	10,4	10,0	193,5	518,0
Fe	93,5	209,0	221,5	2944,0
Mn	87,0	665,0	170,1	694,0
Zn	35,7	96,0	28,1	82,0

¹ média entre os níveis de uso do substrato.

Entre os tratamentos correspondentes à “concentração da solução nutritiva”, verificou-se ajuste linear crescente nos teores de N, K, Fe e Zn; redução linear nos teores de Ca e Mg; e ajuste polinomial quadrático nos teores de P, Cu, B e Mn (Figuras 16 e 17).

O aumento linear verificado nos teores de N, K, Fe e Zn, em função da concentração da solução nutritiva, indica que as plantas continuam absorvendo estes nutrientes à medida em que são fornecidos.

Contrariamente, os teores foliares de Ca e Mg reduzem nos tecidos à medida em que aumenta o fornecimento de fertilizantes. Sonneveld & Welles (1988) relataram decréscimos nos teores foliares de Ca e Mg em função do aumento da concentração da solução nutritiva, e, segundo estes autores, a precipitação destes nutrientes ocorre frequentemente em condições salinas quando há um desequilíbrio entre bicarbonatos e cátions bivalentes, no caso Ca^{+2} e Mg^{+2} .

Além da possível indisponibilidade de Ca e Mg para as plantas, e maior acúmulo destes cátions no substrato (Figuras 8-B e 8-C), a redução nos teores foliares

destes nutrientes pode ter sido resultado do fator diluição, ou seja, as plantas, por responderem mais expressivamente ao fornecimento de N, e assim produzirem maior massa foliar, proporcionou diminuição nas concentrações foliares de Ca e Mg.

Os nutrientes P, Cu e Mn obtiveram ajuste de regressão semelhante, pois, após aumento nos teores, estes foram reduzidos a partir do uso da concentração de, aproximadamente, 150%. Essa dinâmica demonstra que, provavelmente, a planta não mais absorve estes nutrientes quando a concentração próxima ao sistema radicular aumenta além do necessário.

Com relação ao B, foi verificado que houve redução nos teores foliares até o uso da concentração original (100%), a partir da qual verificou-se aumento. É possível verificar que essa dinâmica foi semelhante ao encontrado no substrato, e, provavelmente, isto ocorreu em função da disponibilidade deste nutriente no ambiente radicular.

Incrementos no teor foliar de alguns nutrientes não foram suficientes a ponto de identificar visualmente sintomas de toxidez nas plantas. No entanto, dependendo da resposta da cultivar à determinado elemento, dos fatores climáticos, do pH da solução nutritiva, entre outros fatores, o maior fornecimento de determinado fertilizante pode promover o desbalanço da solução nutritiva, ocasionando em irregularidades na absorção de determinado nutriente.

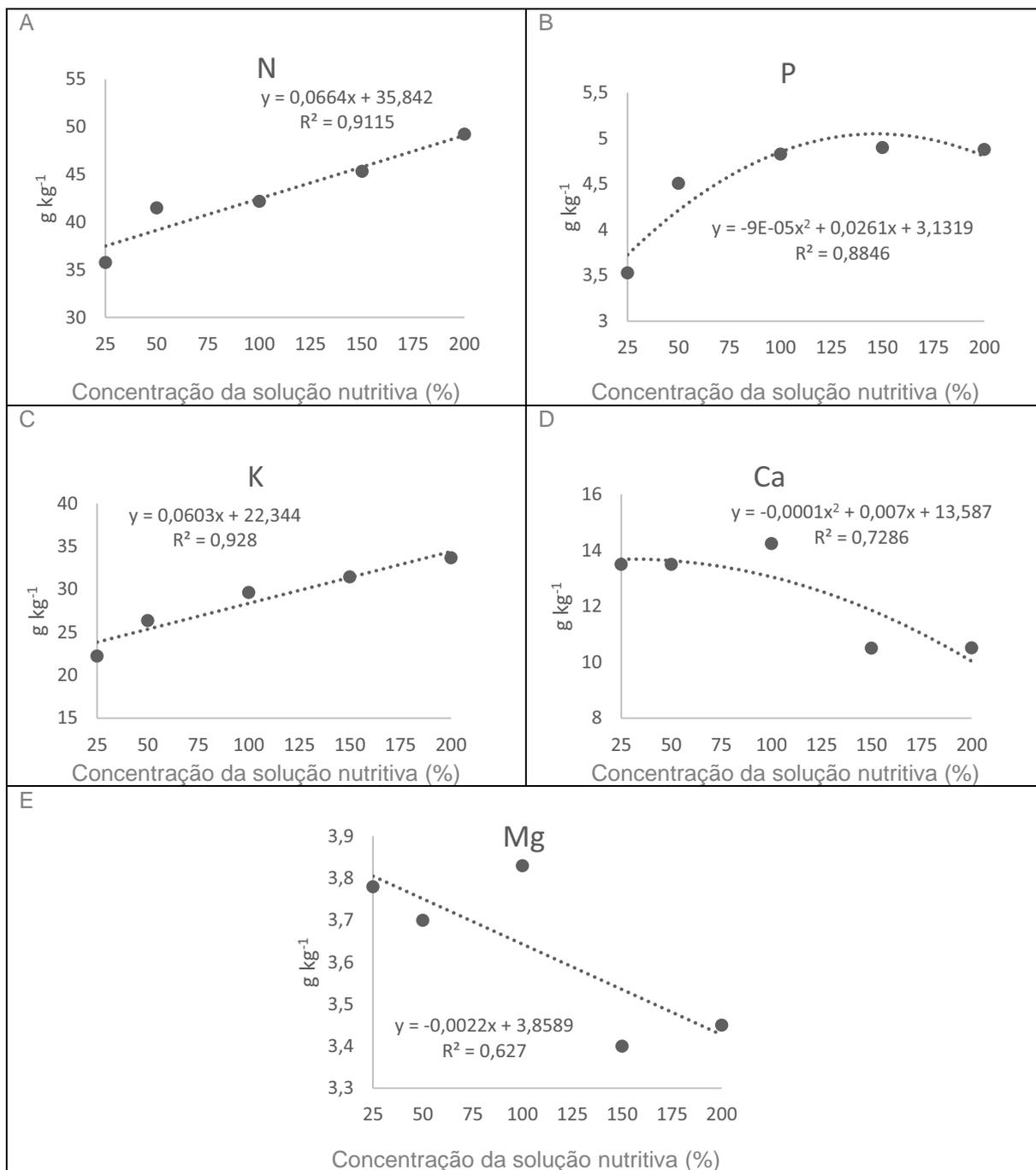


Figura 16. Teores de N (A), P (B), K (C), Ca (D) e Mg (E) no tomateiro 'Paronset' em função da concentração da solução nutritiva. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

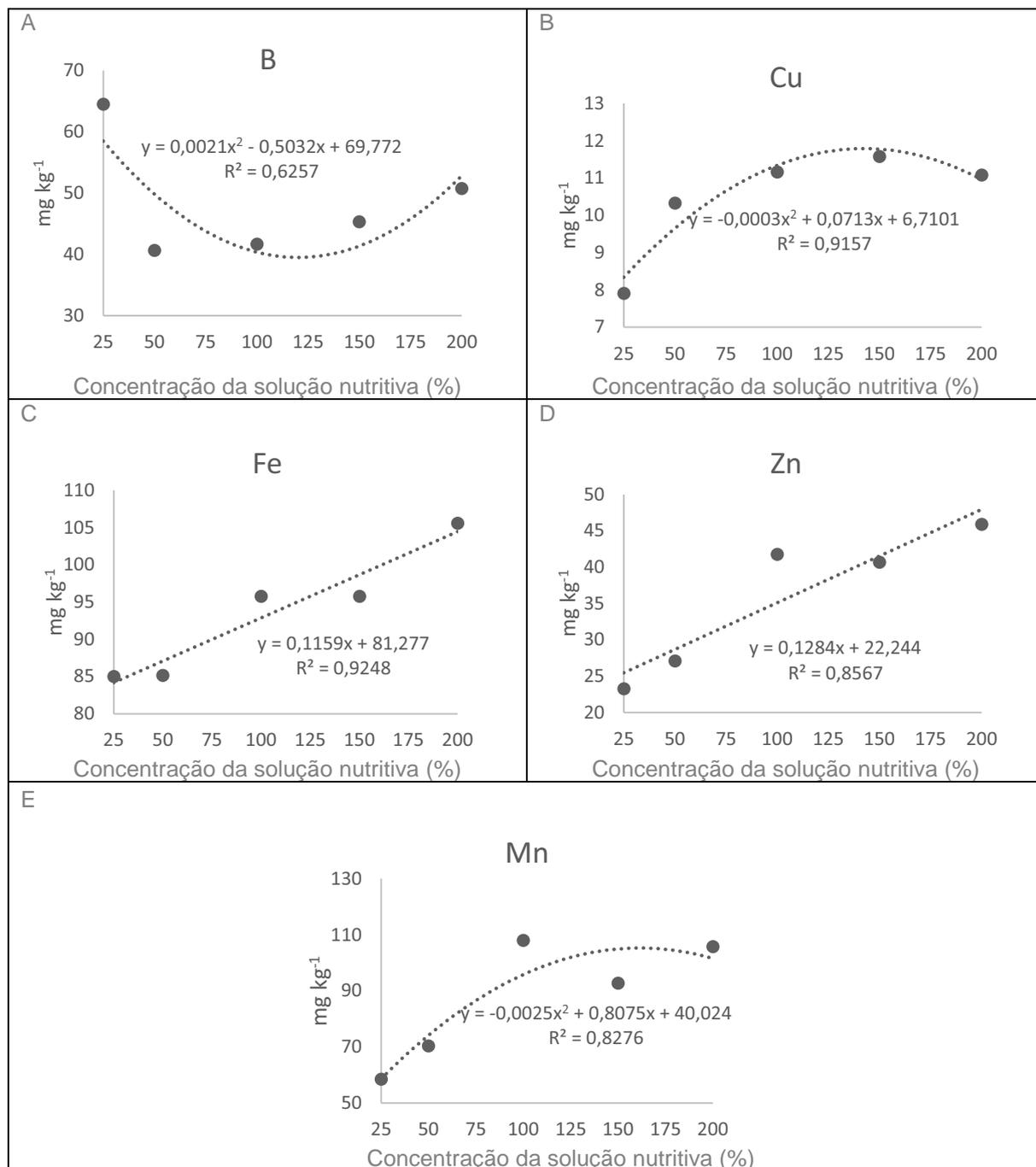


Figura 17. Teores de B (A), Cu (B), Fe (C), Zn (D) e Mn (E) no tomateiro 'Paronset' em função da concentração da solução nutritiva. Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

A diminuição nos valores de pH do substrato (Figura 7-B), em função do aumento da concentração da solução nutritiva, pode ter influenciado na absorção de nutrientes. Para fins práticos, considera-se na literatura internacional, que a faixa de pH ideal é entre 6,0 e 6,5, para a maioria das culturas. Porém, no Brasil, esta faixa está concentrada entre 5,7 e 6,0, para a maioria das culturas (NOVAIS et al., 2007).

5. CONCLUSÕES

A fibra da casca de coco é alterada quimicamente e fisicamente em função da reutilização e concentração da solução nutritiva.

A reutilização do substrato por duas vezes reduz a produtividade e massa de frutos.

A melhor produtividade é obtida com 96% da solução nutritiva recomendada.

O estado nutricional do tomateiro não é alterado até a segunda reutilização do substrato.

O estado nutricional do tomateiro é afetado pelas concentrações da solução nutritiva.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, M. F. de; ABREU, C. A. de; BATAGLIA, O. C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. **Resumos...** Campinas: IAC, 2002. p. 17-28.

ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; SARZI, I.; LINARES, A. Extratores aquosos para a caracterização química de substratos para plantas. **Horticultura Brasileira**, Vitória da conquista, v. 25, p. 184-187. 2007.

ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. **Acta Horticulturae**, Wagenigen, n. 361, p. 245-257, 1994.

ADAMS, P., HO.; L.C. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom end rot in relation to salinity. **Journal Horticultural Science**. Bangalore, V. 67, 827-839. 1992.

AGRIANUAL 2014: **anúário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativo, 2014. 480p.

ALVARENGA M. A. R. 2004. **Tomate**: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA. p. 33-34.

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**, Vitória da Conquista, v. 17, n.3, p. 215-219, 1999.

ANSORENA, J. M. **Substratos**: propiedades y caracterizacion. Madrid: Mundi-Prensa, 1994. 172 p.

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, p. 3-16. 2004.

BACKES, M. A. **Composto de lixo urbano como substrato para plantas ornamentais**. 1988. 80 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

BAEVRE, O. A.; GUTTORMSEN, G. Reuse of peat bags for tomatoes and cucumbers. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 77, p. 207-214, 1984.

BAO, H.; LI, Y. Effect of stage-specific saline irrigation on greenhouse tomato production. **Irrigation Science**, v. 28, p.421–430. 2010.

BATAGLIA, O. C. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

BRESLER, E.; HOFFMAN, G. J. Irrigation management for soil salinity control: theories and tests. **Soil Science Society of America Journal**, v.50, p.1552-1560, 1986.

CARDOSO, A. F. **Desempenho de híbridos de melão rendilhado cultivados em substrato da fibra da casca de coco reutilizada**. 2009. 48f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

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

CARVALHO, J. G.; BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R. Fertirrigação. In: ALVARENGA, M. A. R. (ed). **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA. p. 63-120. 2004.

CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo: Hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43p.

CELIKEL, G.; CAGLAR, G. The effects of re-using different substrates on the yield and earliness of cucumber on autumn growing period. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.492. p.259-264, 1999.

CHAPAGAIN, B. P.; Z. WIESMAN. Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield, and quality of greenhouse tomato. **Scientia Horticulturae**, v. 99, p.279–288, 2004.

CHARLO, H. C. O. **Desempenho de cinco cultivares de pimentão em ambiente protegido, utilizando fibra da casca de coco e fertirrigação**. 2005. 61 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2005.

CHARLO, H. C. O. **Análise de crescimento e marcha de acúmulo de nutrientes na cultura do pimentão, cultivado em substrato**. 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

CHOI, E.; WOO, Y.; MIN, S.; CHOI, K.; LEE, Y. Nutrient solution concentration effects on non-drainage irrigation scheduling in coir substrate hydroponic system for tomato cultivation by a FDR sensor. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.11, p. 636-641. 2013.

COMETTI, N. N. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura hidropônica – sistema NFT**. 2003. 128 f. Tese (doutorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2003.

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

DORAIS, M.; A. P. PAPADOPOULOS. Greenhouse tomato fruit quality. **Horticultural Reviews**, v. 29, p. 239–319, 2000.

FAOSTAT. **Database**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/home/E>. Acesso em 10 de setembro de 2014.

FANASCA, S., MARTINO, A., HEUVELINK, E., STANGHELLINI, C. Effect of electrical conductivity, fruit pruning, and truss position on quality in greenhouse tomato fruit. **J. Hort. Sci. Biotechnol.** v. 82, 488–494. 2007.

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS DE PLANTAS, 3., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2002. p.29-37.

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**, Vitória da Conquista, v. 20, p.564-570. 2002.

FERNANDES, C. **Produtividade e qualidade dos frutos do tomateiro do grupo cereja cultivado em substratos à base de areia**. 2005. 85 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Alterações nas propriedades físicas de substratos para o cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.24, n.1, p. 94-98, 2006.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Reuse of sand, crushed sugarcane and peanut hull-based substrates for cherry tomato cultivation. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 6, p. 630-635, 2007.

FILGUEIRA F. A. R. **Novo manual de Olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

FREIRE, A. L. O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P.; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina**, Londrina, v.31, p.1133-1144. 2010.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo. 50p. (Boletim técnico, 180). 1999.

GARCÍA, A. **Cultivo en lana de roca**. In: Tratado de cultivo sin suelo, eds. M. Urrestarazu, p. 622–636. Madrid: Mundi-Prensa. 2004.

GRAS, R.; AGIUS, I. Quelques propriétés physiques des substrats horticoles. **PHM Revue Horticole**. v. 234, p. 1-13. 1987.

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**, Vitória da conquista, v. 24, n. 1, p. 175-179. 2006.

GONZÁLEZ-FERNANDEZ, J.J., CUARTERO, J. Evolución de la producción de cuatro entradas de tomate cultivadas con sal. **Actas de Horticultura**, v.10, p.106-1072. 1993.

GOTO, R; TIVELLI, S.W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: Condições Subtropicais**. São Paulo: UNESP, 1998. 319 p.

GOUGH, C.; G. E. HOBSON. A comparison of the productivity, quality, and shelf life characteristics and consumer reaction to the crop from cherry tomato plant grown at different levels of salinity. **Journal of Horticultural Science**, v. 65, p.431–439, 1990.

GRASSI FILHO, H.; SANTOS, C. H. Importância da relação entre fatores hídricos e fisiológicos no desenvolvimento de plantas cultivadas em substratos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4. 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p.315.

GRUSZYNSKI, C. **Resíduo agro-industrial “casca de tungue” como componente de substrato para plantas**. 2002. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2002.

HUETT, D.O. Growth, nutrient uptake and tipburn severity of hidroponic lettuce in response to electrical conductivity and K:Ca ratio in solution. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.45, p.251-267, 1994.

JENSEN, M.H., Hydroponics. **HortScience**, v. 32, n.6, p. 1018–1021. 1997.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 256 p.

KAWAKAMI, F. P. C.; ARAUJO, J. A. C.; IUNCK, V.; FACTOR, T. L.; CORTEZ, G. E. P. **Manejo da fertirrigação em função da condutividade elétrica da solução nutritiva drenada no cultivo de tomate cereja sob ambiente protegido**. 2006. Disponível em:<http://www.abhorticultura.com.br/eventos/trabalhos/ev_1/a116_t1201_comp.pdf>. Acesso em: 21 de fev. 2014.

LI, Y. L.; STANGHELLINI, C.; CHALLA, H. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 88, n. 1, p. 11-29, 2001.

LIETEN, F. La fragola in Belgio-Olanda. In: FAEDI, W. (Ed.). **La fragola verso il 2000**. Convegno Nazionale. Verona: Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura, p.83-94,1998.

LIMA, A. A.; ALVARENGA, M. A. R.; RODRIGUES, L.; CARVALHO, J. G. Concentração foliar de nutrientes e produtividade de tomateiro cultivado sob diferentes substratos e doses de ácidos húmicos. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 29, p. 63-69. 2011.

LIZ, R. S. **Análises físicas e químicas de substrato à base de coco verde para a produção de mudas de hortaliças**. 2006. 69f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

LIZ, R. S.; CARRIJO, O. A. **Substratos para produção de mudas e cultivo de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 83p. 2008.

LORENZO, P., SÁNCHEZ-GUERRERO, M. C., MEDRANO, E., GARCÍA, M. L., CAPARRÓS, I.; GIMÉNEZ, M. External greenhouse mobile shading: effect on microclimate, water use efficiency and yield of a tomato crop grown under different salinity levels of the nutrient solution. **Acta Horticulturae**, Wagenigen v. 609, p.181-186, 2003.

MAGÁN, J.J.; GALLARDO, M.; THOMPSON, R.B.; LORENZO, P. Effects of salinity on fruit yield and quality of tomato grown in soil-less culture in greenhouses in Mediterranean climatic conditions. **Agricultural water management**, v. 95, p.1041–1055. 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MELO, D. M.; CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. O.; GALATTI, F. S.; BRAZ, L. T. Produção e qualidade de melão rendilhado sob diferentes substratos em cultivo protegido. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 58-66, 2012.

MORAES, C. A. G. **Hidroponia**: como cultivar tomates em sistema NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes). Jundiaí: DISQ Editora, 141p. 1997.

NASCIMENTO, W. M.; ALVES, M. S. S.; GOMES, E. M. L. Produção de mudas de curcubitáceas em diferentes substratos. In ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4., 2004. **ANAIS...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 406.

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

NOVAIS, R. F. et al (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

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

PARDOSSI, A.; CARMASSI, G.; DIARA, C.; INCROCCI, L.; MAGGINI, R.; MASSA, D. **Fertigation and Substrate Management in Closed Soilless Culture**. Pisa: DBPA. 63p. 2011.

PBMH-PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. **Normas de classificação do tomate**. São Paulo: Centro de Qualidade em Horticultura - CQH/CEAGESP, 2003. (Documentos, 26).

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**, São Paulo: Editora Unesp, 2008. 407 p.

REIS, M.; INÁCIO, H.; ROSA, A.; CAÇO, J.; MONTEIRO, A. Grape marc compost as an alternative growing media for greenhouse tomato. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 554, p. 75-81, 2001.

ROCHA, M. Q.; PEIL, R. M. N.; COGO, C. M. Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 28, p. 466-471. 2010.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 937-944, 2002.

SILVA, P. F.; LIMA, C. J. G. S.; BARROS, A. C.; SILVA, E. M; DUARTE, S. N. Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p. 1173–1180. 2013.

SILVA W. L. C.; MAROUELLI W. A. Fertirrigação de hortaliças. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília n. 52/53. p. 45-47, 2002.

SCHRÖDER, F. G., LIETH, J. H. Irrigation control in hydroponics. In: Savvas, D., Passam, H. (Eds.), **Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals**. Embryo Publications, Athens, p. 103–141. 2002.

SONNEVELD, C.; ENDE, J. VAN DEN; DIJK, P. A. VAN. Analysis of growing media by means of a 1:1,5 volume extract. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 5, n. 3, p. 183-202, 1974.

SONNEVELD, C.; WELLES, W. H. Yield and quality of rockwool-grown tomatoes as affected by variations in EC-value and climatic conditions. **Plant and Soil**, v. 111, p. 37-42. 1988.

TORRES, O. G. V.; GARCIA, P. S.; CASTILLO, G. A. B.; MENDONZA, M. N. R.; LÓPEZ, C. T.; VILLA, M. S.; SORIANO, E. C. Desarrollo y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con solución nutritiva específica para cada etapa fenológica. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, FERTBIO, 26. **Resumos...** Lajes: (CD-ROM). 2004.

URRESTARAZU, M. Infrared thermography used to diagnose the effects of salinity in a soilless culture. **Quantitative InfraRed Thermography Journal**, v. 10, n.1, p.1-8. 2014.

URRESTARAZU, M.; MAZUELA, P. C.; MARTÍNEZ, G. A. Effect of Substrate Reutilization on Yield and Properties of Melon and Tomato. **Crops Journal of Plant Nutrition**, v. 31, p.2031–2043, 2008.

VAN IEPEREN, W. **Consequences of diurnal variation in salinity on water relations and yield of tomato**. 1996. 166 f. Tese (doutorado). Wageningen Agricultural University, Wageningen, 1996.

VAN OS, E. A., GIELING, T. H., RUIJS, M. N. A. **Hydroponic production of vegetables and ornamentals**. Athens: Embryo Publications. p. 103–141.2002.

VILLEGAS, F. J. **Cultivo en fibra de coco**. In: Tratado del cultivo sin suelo, eds. M. Urrestarazu, p. 650–667. Madrid, Spain. 2004.

WALLER, P. L.; WILSON, F. N. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta horticulturae**, The Hague, n. 150, p. 51-58, 1984.

WARNCKE, D. D. Analyzing greenhouse growth media by the saturation extraction method. **HortScience**, v. 21, p.223–225. 1986.

WILLUMSEN, J., PETERSEN, K. K., KAACK, K. Yield and blossom-end rot of tomato as affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. **Journal of Horticultural Science**, v. 71, n.1, p. 81-98. 1996.

WU, M.; KUBOTA, C. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 116, p. 122–129. 2008.

ZANETTI, M.; FERNANDES, C.; CAZETTA, J. O.; CORÁ, J. E.; MATTOS JÚNIOR, Características físicas de substratos para produção de mudas cítricas sob telado. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, p. 519-530, 2003.

ZEIDAN, O. **Tomato production under protected conditions**. Mashav: Cinadco. 99p. 2005.

APÊNDICE

APÊNDICE A. Características químicas da fibra da casca de coco (relação de extração 1:1,5), aos 30 dias de cultivo, em função da utilização do substrato (US) e da concentração da solução nutritiva (CSN). Jaboticabal, UNESP-FCAV, 2014.

CSN (%)	US	pH	CE	NO ₃ ⁻	Fósforo	Enxofre	NH ₄ ⁺	Potássio	Cálcio	Magnésio	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco	C/N
----- mg L ⁻¹ -----																
25	Novo	5,0	0,53	7,04	25,37	27,62	2,84	123,68	14,04	6,44	0,084	0,022	0,278	0,018	0,072	85,79
	Uma utilização	6,5	0,44	3,86	26,98	20,81	2,68	98,75	9,34	3,09	0,208	0,028	0,328	0,240	0,280	62,59
	Duas utilizações	7,5	0,53	0,79	26,99	26,72	6,61	94,72	12,70	4,11	0,067	0,050	0,388	0,028	0,151	44,79
50	Novo	5,6	0,70	15,38	33,01	38,55	5,07	128,12	26,73	13,06	0,095	0,018	0,272	0,022	0,075	90,90
	Uma utilização	6,2	0,65	16,18	12,16	34,37	2,03	158,49	15,66	5,24	0,367	0,072	0,322	0,284	0,244	61,48
	Duas utilizações	6,5	1,28	28,13	27,45	90,76	6,87	243,90	55,08	20,29	0,130	0,051	0,242	0,021	0,159	37,46
100	Novo	5,3	0,88	17,19	46,96	49,67	6,24	190,91	27,58	15,76	0,071	0,015	0,240	0,107	0,188	84,50
	Uma utilização	5,8	1,56	64,06	36,74	65,70	6,54	339,96	66,03	21,02	0,430	0,082	0,319	0,256	0,361	44,93
	Duas utilizações	6,7	1,94	71,96	51,14	105,28	37,76	409,98	44,34	19,69	0,072	0,047	0,674	0,113	0,164	34,29
150	Novo	5,0	1,63	64,41	76,87	85,34	33,11	224,11	66,83	32,78	0,098	0,016	0,162	0,143	0,326	86,75
	Uma utilização	5,4	2,32	121,12	62,88	76,58	70,00	451,94	68,36	20,59	0,405	0,092	0,332	0,262	0,336	37,12
	Duas utilizações	5,5	2,48	128,22	80,11	125,41	53,64	420,52	98,90	20,70	0,112	0,054	0,509	0,372	0,627	30,48
200	Novo	4,8	2,01	89,20	87,57	122,64	44,69	367,77	90,81	53,02	0,103	0,040	0,550	0,207	0,439	78,15
	Uma utilização	5,1	2,33	126,91	86,85	103,03	52,99	422,30	92,16	30,75	0,504	0,074	0,489	0,431	0,513	41,79
	Duas utilizações	5,5	2,56	166,17	88,30	95,97	82,43	458,32	71,84	28,87	0,083	0,032	0,519	0,151	0,564	31,79

CE- condutividade elétrica (dS m⁻¹)