

**INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL E
SUBTROPICAL**

**CONSUMO DE ÁGUA E PRODUTIVIDADE DO
TOMATEIRO EM FUNÇÃO DE SUBSTRATOS E
MANEJO DE FERTIRRIGAÇÃO EM AMBIENTE
PROTEGIDO**

RAFAEL GONTIJO BAÊTA NEVES

Orientadora: Regina Célia de Matos Pires

Dissertação submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre em
Agricultura Tropical e Subtropical, Área de
Concentração em Tecnologia da Produção
Agrícola

Campinas-SP

Junho de 2012

Ficha elaborada pela bibliotecária do Núcleo de Informação e Documentação do Instituto Agrônômico

N518c Neves, Rafael Gontijo Baêta

Consumo de água e produtividade do tomateiro em função de substratos e manejo de fertirrigação em ambiente protegido / Rafael Gontijo Baêta Neves. Campinas, 2011. 42 fls

Orientadora: Regina Célia de Matos Pires

Dissertação (Mestrado) em Agricultura Tropical e Subtropical
Instituto Agrônômico

1. Tomateiro 2. Irrigação por gotejamento 3. Fertirrigação I. Pires, Regina Célia de Matos II. Título

CDD. 635.642

DEDICATÓRIA

Jacob Riis disse:

“Quando nada parece dar certo, vou ver o cortador de pedras martelando sua rocha talvez 100 vezes, sem que uma única rachadura apareça. Mas na centésima primeira martelada a pedra se abre em duas, e eu sei que não foi aquela que conseguiu isso, mas todas as que vieram antes.”

Dedico aos meus pais e ao meu irmão, pessoas que assim como o cortador de pedras, nunca deixaram de martelar por mim. Pessoas, amadas, que me incentivam e fazem que a cada dia eu seja um humano melhor.

AGRADECIMENTOS

- A Deus pela vida e pela superação de momentos difíceis;
- Ao engenheiro agrônomo Victor Branco de Araújo, que além de um grande amigo é também um exemplo de profissional e de ser humano;
- Aos amigos da CATI, os engenheiros agrônomos, Edson Luiz Coutinho, Edegar M. Petisco, Claudio H. Funai e Celso R. Panzani, pelo apoio e incentivo;
- A Dr^a. Regina Célia de Matos Pires, pela orientação, amizade e compreensão;
- A Dr^a. Maria do Carmo Salvo Soares Novo, pela colaboração nas análises estatísticas;
- Ao Curso de Pós-Graduação em Agricultura tropical e Subtropical do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) pela oportunidade concedida para realização do curso;
- Aos Pesquisadores Científicos do IAC, pelos ensinamentos;
- A Luciana F. de Sousa, pelo carinho, compreensão e apoio durante toda esta jornada;
- Aos meus amigos de pós-graduação, em especial Fausto V. de Alvarenga a quem considero um irmão.

SUMÁRIO

1 Introdução.....	8
2 Revisão de Literatura.....	9
2.1 Aspectos Gerais da Cultura do Tomateiro.....	9
2.2 Ambiente Protegido.....	12
2.3 Cultivo em Substrato.....	13
2.4 Fertirrigação.....	15
3 Material e Métodos.....	18
3.1 Local do experimento.....	18
3.2 Caracterização do Experimento.....	18
3.2.1 Monitoramento do clima.....	18
3.2.2 Condução da cultura do tomateiro.....	19
3.2.3 Delineamento experimental.....	19
3.2.4 Substratos.....	20
3.2.5 Fertirrigação.....	21
3.3 Características Avaliadas.....	23
3.3.1 Fitotécnicas.....	23
3.3.2 Consumo e eficiência do uso da água.....	23
3.4 Análise dos Resultados.....	24
4 Resultados e Discussão.....	24
4.1 Dados Climáticos.....	24
4.2 Características Avaliadas.....	26
4.2.1 Índice de área foliar, altura das plantas e massa seca.....	26
4.2.2 Produção, número de frutos por planta e massa média dos frutos.....	28
4.3 Consumo de Água.....	32
5 Conclusões.....	35
6 Referencial Bibliográfico.....	37

Consumo de água e produtividade do tomateiro em função de substratos e manejo de fertirrigação em ambiente protegido

RESUMO

A cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) sob cultivo protegido, tem melhorado os sistemas de produção sustentáveis, especialmente a qualidade do fruto e da fitossanidade através da utilização de substratos e fertirrigação por gotejamento. No entanto, pouco se sabe sobre a interação entre os tipos de substrato e frequências de irrigação, considerando a produção de tomate em ambiente protegido. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de três tipos de substratos e duas frequências de irrigação por gotejamento sobre a produção de frutos e consumo de água pelo tomateiro em estufa agrícola. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso no arranjo fatorial 3×2 com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de três tipos de substrato (fibra de coco, casca de pinus e casca de pinus acrescida com vermiculita) e duas frequências de irrigação (uma vez e cinco vezes por dia). A utilização do substrato base de fibra de coco favoreceu o crescimento da planta, assim como a produção. Uma alta frequência de irrigação incrementou a produtividade, o número de frutos comercial, além de reduzir o número de frutos com deformações fisiológicas. O consumo de água das plantas foi maior quando realizada fertirrigação 5 vezes por dia quando comparado a uma única aplicação por dia, independentemente do substrato utilizado. Com fertirrigação cinco vezes ao dia o consumo de água das plantas foi maior quando utilizados os substratos de casca de pinus e de casca de pinus mais vermiculita quando comparado a fibra de coco.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., fertirrigação, cultivo protegido.

Water consumption and yield of tomato grown in greenhouse substrates in different types of management of fertirrigation

ABSTRACT

Tomato cropping (*Solanum lycopersicum* L.) under protected cultivation using substrates and drip fertirrigation has improved sustainable production systems especially fruit quality and plant health. However, little is known for tomato plants when considering the interaction between types of substrate and irrigation frequency. The aim of this study was to evaluate the effects of three types of substrates and drip irrigation frequencies on the vegetative growth and fruit yield of tomato plants under greenhouse conditions. The experimental design consisted of randomized blocks arranged in a 3×2 factorial with four replicates. Treatments consisted of three types of substrate (coconut fiber, pine bark and pine bark increased with vermiculite) and two irrigation frequencies (once and five times per day). The use of the base substrate of coconut fiber favored plant growth, yield and number of commercial fruit. A high frequency of irrigation, improved the productivity, the number of commercial fruit besides reducing the number of fruits with physiological deformations. Water consumption was greater when the plants fertigation performed 5 times a day compared to a single application per day, regardless of the substrate. With fertigation five times daily water consumption of plants was greater when the substrates used pine bark and pine bark plus vermiculite compared to coconut fiber.

Key Words: *Solanum lycopersicum* L., fertirrigation, greenhouse.

1 INTRODUÇÃO

Pelas facilidades e versatilidade de utilização, o tomate é mundialmente popular, sendo a área cultivada superada, apenas, pela cultura da batata. Ele é importante economicamente, pelo valor da produção, socialmente, pelo emprego intensivo de mão-de-obra e ainda pelo valor nutritivo, haja vista as elevadas concentrações de vitamina A, complexo B e antioxidantes (MAKISHIMA, 2003).

O tomateiro pode ser cultivado em regiões tropicais e subtropicais, tanto para o cultivo “in natura” como para a indústria.

No mundo a produção de tomate atingiu a marca de 145,75 milhões de toneladas em 2010, em área cultivada de aproximadamente 4,34 milhões de hectares. O Brasil é o oitavo maior produtor mundial. Em 2010, o país, produziu 4,11 milhões de toneladas em área de cultivo de 60.854 ha, com produtividade média de 61 t ha⁻¹. Importante salientar que a produção de tomate no Brasil movimentou 2,82 bilhões de reais naquele ano (AGRIANUAL, 2012).

Após 2005, a população brasileira passou a desfrutar melhoria de renda e com isto ocorreu aumento no consumo de produtos vegetais em quantidade e qualidade. Ocorreu ainda melhor remuneração dos produtos com qualidade visual e organoléptica. Por esses motivos, a produção de tomates para o consumo “in natura” tem passado por grandes transformações de ordem fitotécnica, merecendo destaque à utilização de ambiente protegido e a utilização de híbridos de elevada produtividade.

O controle ambiental para produção é um fator motivacional para adoção do cultivo do tomateiro em ambiente protegido. A redução do molhamento foliar desfavorece a disseminação de doenças foliares, assim como que a utilização de irrigação localizada desfavorece a disseminação de patógenos de solo (VIDA et al., 2004).

A adoção de cultivo em substratos para produção do tomateiro em ambiente protegido consiste em tendência mundial por representar alternativa para redução de problemas relacionados a sanidade, salinidade e em alguns casos aproveitando materiais como substrato de forma a promover a conservação ambiental (PIRES et al., 2009). No entanto, há que se

considerar que a adoção de substrato eleva os custos de produção. Desta forma, há necessidade de estudos que comparem o efeito de diferentes substratos na produtividade e qualidade dos produtos.

A irrigação por gotejamento é um método de aplicação de água que preconiza economia no uso da água, aplicações frequentes e com baixa vazão e pressão. Por consequência demanda menos energia e redução da capacidade do conjunto moto-bomba e, além disto, facilita a adoção da fertirrigação (GOMES et. al., 2003).

A umidade deve preferencialmente se manter entre o limite superior e o limite inferior de retenção de água do solo ou do substrato, de forma que a água não seja fator limitante a planta, promovendo condições de perdas por lixiviação e reduzida aeração (MORGAN et al., 2001). Desta forma, a reposição de água por irrigação, na quantidade e no momento oportuno são fatores decisivos para obtenção de bons resultados na horticultura (MAROUELLI et al., 2005).

O sistema de cultivo em ambiente protegido com a adoção de substratos requer informações aprimoradas relativas a estratégias de manejo fitotécnico, da água e dos nutrientes e para obtenção de produtividade e qualidade.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar o efeito de diferentes tipos de substrato e frequências de fertirrigação na produção, no consumo de água das plantas e na eficiência do uso da água na cultura do tomateiro cultivada em ambiente protegido em Campinas, SP.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos Gerais da Cultura do Tomateiro

Mundialmente, o tomateiro, é a segunda mais importante cultura olerícola, sendo que sua disseminação é superada, apenas, pela cultura da batata. No mundo a produção de tomate atingiu a marca de 145,75 milhões de toneladas em 2010, em uma área de aproximadamente 4,34 milhões de hectares (AGRIANUAL, 2012).

O continente asiático produziu mais de 56 % do total mundial de tomate, sendo que China a maior produtora, contribuindo com cerca de 25 % da produção total. O continente americano representa aproximadamente 16 % da produção mundial. Os Estados Unidos é o maior produtor continental e segundo maior produtor individual, no mundo, com cerca de 10 % do total produzido. A Europa, a África e a Oceania produzem cerca de 15 %, 12 % e 0,4 % do total, respectivamente. A produtividade média mundial está na faixa dos 33,58 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2012). Neste contexto, o Brasil é o oitavo maior produtor mundial de tomates. Em 2010 produziu 4,11 milhões de toneladas em área de cultivo de 60.854 ha, com produtividade de 61 t ha⁻¹. Importante salientar que a produção de tomate no Brasil movimentou o valor de 2,82 bilhões de reais naquele ano (AGRIANUAL, 2012).

A região sudeste produz cerca de 36 % do total nacional. Nesta região predomina o cultivo destinado ao consumo “in natura” caracterizado pela intensiva utilização de mão-de-obra e módulos de produção de menores proporções. A região centro-oeste do país é a segunda maior produtora, com cerca de 34 % do total nacional, com predominância de produção de tomate destinado a indústria, com agricultura intensiva em vastas áreas mecanizadas.

O maior volume de produção de tomates na região sudeste do Brasil é proveniente do estado São Paulo correspondendo a 16 % da área plantada no Brasil e 16 % da produção nacional. Em 2010, o estado de Goiás respondeu pela maior produção individual do país, totalizando 27 % da área cultivada e 33 % da produção nacional (IBGE, 2011).

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma planta dicotiledônea da família das solanáceas, originária da região andina. O tomateiro alcançou elevada domesticação antes mesmo da chegada dos colonizadores europeus à América, sendo que os colonizadores espanhóis e portugueses levaram a planta para a Europa. O cultivo e o consumo do tomate pelo mundo ocorreram de maneira desigual. Na Espanha e na Itália tornou-se habitual na alimentação humana desde a introdução por volta de 1554. Na França foi adotado como planta ornamental, sendo até mesmo considerado como impróprio para consumo, só sendo reconhecido como hortaliça por volta de 1785 (NUEZ et. al., 2001).

A introdução do tomateiro no Brasil, no final do século XIX, é atribuída aos imigrantes europeus, porém a difusão e o aumento do consumo só foram notados após a primeira guerra mundial (ALVARENGA, 2004).

As inúmeras cultivares plantadas no Brasil são diferenciadas em cinco grupos: Santa Cruz, Salada, Italiano, Cereja e Agroindustrial. Dentre estes grupos o Cereja e o Italiano foram introduzidos no país nos anos 90, e, destinam-se, exclusivamente ao consumo “in natura” (FILGUEIRA, 2003). Segundo ALVARENGA (2004), o grupo Santa Cruz surgiu a partir de cruzamentos naturais ocorridos na região de Suzano-SP na segunda metade da década dos anos 30, passando a ser cultivado na década seguinte na região de Santa Cruz-RJ.

O tomateiro tolera uma amplitude térmica de 10 a 34 °C, sendo que temperaturas superiores a 28° C prejudicam a síntese de licopeno e aumentam a concentração de caroteno e temperaturas noturnas próximas a 32 °C afetam o desenvolvimento dos frutos e promove a formação de frutos ocos. Já a exposição da cultura a temperaturas inferiores a 12 °C pode ser prejudicial ao desenvolvimento da cultura. A faixa ótima de temperatura do ar para o desenvolvimento vegetativo do tomateiro encontra-se entre 21 e 24 °C (SILVA et al., 1994).

O índice de pegamento dos frutos tem influência direta na produtividade do tomateiro e pode ser afetado por inúmeros fatores. A temperatura do ar, principalmente durante a noite, cuja faixa ótima é de 15 a 20 °C é um fator preponderante. Temperaturas noturnas fora dessa faixa podem ocasionar abortamento floral e queda de flores, produção insuficiente de pólen, e, conseqüentemente, baixo índice de polinização acarretando em redução da produtividade. Entretanto, segundo MELO (1991) o tomateiro tem ampla tolerância quanto a ocorrência de elevadas temperaturas no estágio de fixação de frutos.

A luminosidade é outro fator que influencia no desenvolvimento do tomateiro. O maior o número de horas de sol favorece o desenvolvimento vegetativo do tomateiro. No entanto, o aumento da intensidade luminosa, sem alterar a duração, acarreta aumento do número de flores, favorecendo a frutificação (LOPES & STRIPARI, 1998).

De acordo com a FAO (FAOSTAT, 2012), o Brasil no ano de 2010 obteve uma produtividade calculada de 60, 7 t ha⁻¹. Em condições de ambiente protegido CARRIJO et al (2004) relatou produtividade de 104,3 t ha⁻¹ quando se utilizou fertirrigação, em ambiente protegido, e a fibra de coco como substrato. PIRES et al (2009), estudando frequências de fertirrigação em substrato a base de fibra de coco, obteve produtividade de 187,5 t ha⁻¹.

2.2 Ambiente Protegido

O cultivo protegido, como instrumento agrícola, permite o incremento de produtividade das culturas em locais onde as alternativas técnicas tradicionais já não permitem ganhos na produção. O intuito do controle do ambiente onde será instalado o cultivo é propiciar, para a planta, condições para expressão do seu máximo potencial genético e consequentemente atingir novo patamar de produtividade (VIDA et al., 2004). Por outro lado, não é apenas a produtividade que apresenta ganhos quando em cultivo protegido. A qualidade da produção também pode ser obtida neste sistema de produção. CARVALHO & TESSARIOLI NETO (2005); CHARLO et al. (2009) relatam melhoria de qualidade de frutos do tomateiro, quando cultivados em ambiente protegido, como fator de estímulo para adoção deste sistema de produção, uma vez que o consumidor brasileiro tem se tornado cada vez mais exigente. A produção de tomates em estufa promove economia de 20 a 25% de água quando comparado ao cultivo do tomateiro ao ar livre (HERMANTO et al., 2005).

A possibilidade de produção de alimentos de elevado valor agregado, em áreas onde condições edafoclimáticas são desfavoráveis e em épocas de entressafra, a elevação do poder aquisitivo dos brasileiros constituem-se em fatores que tem favorecido a expansão de áreas de cultivo em ambiente protegido (GRANDE et al., 2003).

As origens do cultivo protegido provem dos países do hemisfério norte devido a fatores climáticos que condicionam forte sazonalidade à produção de alimentos. A partir dos anos 30, com a disponibilidade de polietileno, caracterizando-se por praticidade e baixo custo, este tornou-se alternativa para o cultivo protegido, que até então utilizava o vidro para fins de cobertura e proteção lateral. Desta forma com a adoção do polietileno, o sistema de produção em cultivo protegido se desenvolveu-se e difundiu-se pelo mundo rapidamente (MARTINS, 1991).

No Brasil, existem relatos sobre o início do uso de cultivo protegido para produção de hortaliças nos anos finais da década dos 60. Porém após 1990 é que a prática passou a assumir maior importância. O cultivo protegido viabilizou a redução dos gastos com defensivos agrícolas e aumento de produtividade (GOTO, 1997). Após período inicial de expansão da área pelo entusiasmo por parte dos produtores rurais, a adoção da técnica estabilizou-se. A falta de políticas públicas, incorreto manejo de pragas e doenças em cultivo protegido e a degradação de solos foram os principais fatores para o desestímulo do aumento da área de

cultivo protegido no Brasil. Tais fatores foram preponderantes para que apenas os produtores com capacidade técnica e econômica continuassem na atividade de produção de hortaliças em ambientes protegidos (GOTO, 1997). Apesar destes fatores ocorridos a área de cultivo protegido no Brasil tende ao crescimento. De acordo com BLISKA (2011) a área ocupada com cultivo protegido no Brasil ultrapassa 17 mil hectares. A adoção de práticas culturais adequadas ao sistema produtivo bem como a incorporação de novas tecnologias tem impulsionado nova fase de expansão do setor.

Um aspecto que distingue o cultivo em ambiente protegido em relação aos cultivos tradicionais é a existência de uma barreira entre as plantas e o ambiente externo. Esta separação promove alterações, desejáveis e indesejáveis, nas condições climáticas em relação à área externa. Radiação e movimentação do ar reduzidas, temperatura e pressão de vapor d'água incrementados e flutuações nas concentrações de dióxido de carbono são mais sensíveis em ambientes de cultivo protegido. Estas alterações podem interferir no crescimento, produção e qualidade das culturas de forma positiva ou negativa (BAKKER, 1995).

A eficiência da cobertura plástica no incremento da produção de tomateiro, quando comparada ao sistema de cultivo a céu aberto, é relatada em diversos locais. HORINO et al. (1987), HORINO & PESSOA (1989), REIS et al. (1991), FONTES et al. (1997), GELDER et al. (2005) e CARVALHO & TESSARIOLI NETO (2005) avaliaram o desempenho de diferentes materiais genéticos em ambiente protegido e em campo aberto. Os incrementos de produtividade variaram de 17 a 77 % com favorecimento no cultivo protegido. FAYAD et al. (2001) e EKLUND et al. (2005), constataram melhoria dos atributos físicos dos frutos de tomateiro quando cultivados em ambiente protegido. FAYAD et al. (2001) também verificaram concentração da produção. Considerando-se os efeitos dos elementos climáticos no desenvolvimento e produção do tomateiro (SILVA et al., 1994; MELO, 1991; LOPES & STRIPARI, 1998), importante se faz a realização de estudos em diferentes regiões de cultivo, bem como em épocas do ano diferenciadas.

2.3 Cultivo em Substrato

A história do cultivo sem solo antecede ao século XVIII quando, na Inglaterra, “Woodward” foi o primeiro autor a descrever cultivos de plantas em recipientes com

diferentes meios de cultivo, variando apenas as quantidades de meio sólido. Em meados do século XIX, o pesquisador alemão, “Sachs” desenvolveu um sistema de produção de plantas em soluções nutritivas. Técnica que após adaptações de diversos pesquisadores, foi utilizada em pesquisas sobre nutrição e fisiologia vegetal. Nos anos seguintes até 1929 o pesquisador “W.F. Gericke”, do Departamento de Nutrição Vegetal da Universidade da Califórnia, desenvolveu protocolos comerciais para produção de plantas fora do solo, utilizando-se de conhecimentos adquiridos em pesquisas realizadas, tornando-se a base para a produção hidropônica moderna (GAVILÁN, 2004).

O cultivo intensivo e a falta de adoção de práticas culturais inadequadas à produção em ambiente protegido acarretam a degradação do solo por inadequação do manejo nutricional e de práticas culturais relacionadas a aplicação de insumos e falta de rotação de culturas adequada. A presença de patógenos e aleloquímicos no solo são fatores que podem inviabilizar o cultivo em ambiente protegido, além da salinidade ocasionada em algumas regiões por adubação excessiva. Como alternativa, o cultivo sem solo utilizando substratos ou hidroponia tem sido adotados em diversas partes do mundo (FONTES et al., 2004; SEZEN et al., 2010).

O uso de substratos tem se difundido para cultivo em ambiente protegido promovendo maior eficiência no aproveitamento dos nutrientes às plantas, tratos culturais facilitados, incremento da produtividade e melhoria de qualidade do produto final, no entanto, necessita de adoção de tecnificação adequada (CALABRETTA et al., 1994).

A adoção de determinado tipo de substrato depende das características necessárias para o bom desenvolvimento do material vegetal, da disponibilidade e da facilidade de aquisição do produto, do custo, dentre outros fatores. Diversos materiais como lã de vidro, polietileno, serragem, areia, cascas de arroz e de pinus, fibra proveniente do beneficiamento da casca de coco, vermiculita, húmus, turfa, dentre outros tem sido utilizados como substrato.

O cultivo em recipientes limita o volume a ser explorado pelo sistema radicular das plantas, alterando as dinâmicas de absorção de água e nutrientes e a disponibilidade de oxigênio. Devido ao cultivo intensivo, disponibilidade hídrica e nutricional proporcionado, as plantas cultivadas em ambiente protegido, em algumas espécies mantêm os estômatos abertos por longos períodos de tempo, aumentando a evapotranspiração (GAVILÁN, 2004).

Para adequação dos substratos para uso em sistemas agrícolas, estes, devem possuir características físicas e químicas equilibradas para dar suporte à planta de maneira adequada (ABREU et al., 2002). Dentre as características físicas destacam-se a porosidade total, a capacidade de retenção de água, a capacidade de aeração, a distribuição de partículas, a densidade aparente e o volume de contração. Quanto às características químicas de um substrato destacam-se a capacidade de troca catiônica (CTC), a disponibilidade de nutrientes, a condutividade elétrica, o pH e a relação Carbono / Nitrogênio (KÄMPF & FERMINO, 2000; FONTES et al., 2004; CARRIJO et al., 2004; LÓPEZ, 2005).

A produtividade do tomateiro e a qualidade dos frutos podem ser influenciadas pelo tipo de substrato. HANNA (2009) constatou diferenças quanto à precocidade da produção, produção total, massa de frutos e diferenças na classificação comercial na cultura do tomateiro conduzida em ambiente protegido, com a utilização de diferentes substratos. CARRIJO (2004) obteve produção de tomate diferenciada comparando efeito de diferentes substratos. Além disto, o autor observou também efeito deletério na produção decorrente de distúrbios como podridão apical. Tal fato está diretamente relacionado ao fornecimento de água e nutrientes, a capacidade de retenção de água dos substratos e ao manejo de água e nutricional adotados.

ANDRIOLLO et al.(1999) demonstraram produtividades que variavam entre 47,9 a 61,1 t ha⁻¹ em experimentos que avaliaram diferentes substratos visando o cultivo do tomateiro fora do solo. CARRIJO et al.(2004), encontraram produtividades que variaram de 64,5 a 104,3 t ha⁻¹ quando se variou o substrato, deixando claro a influencia do tipo de substrato sobre a produtividade da cultura.

2.4 Fertirrigação

A obtenção de elevada produtividade na cultura do tomateiro depende de diversos fatores, dentre estes a disponibilidade hídrica adequada durante todo o ciclo da cultura tem destacada importância (FILGUEIRA, 2003).

A disponibilidade dos recursos hídricos e sua utilização de maneira sustentável consistem em preocupação mundial. No Brasil, leis e regulamentações federais e estaduais e

os Comitês de Bacia Hidrográfica têm direcionado as políticas de gestão, uso e conservação dos recursos hídricos. A instauração de cadastros de usuários de recursos hídricos e cobrança pelo uso da água foram algumas das ferramentas utilizadas pelos governos para garantir o uso racional pelos diferentes setores da sociedade (FERNANDEZ & GARRIDO, 2000).

O uso da água na agricultura é elevado quando comparado aos setores da sociedade, como o uso urbano, o industrial, para geração de energia, entre outros. Na agricultura, de um modo geral, o maior aporte de água é para fins de irrigação. Apenas uma pequena quantidade de água absorvida pelas plantas é incorporada na matéria vegetal, na forma de água constituinte e a grande parte retorna para a atmosfera através dos estômatos, na forma de vapor de água. Quando não há água disponível no solo ocorre o estresse hídrico. A elevada exigência de água, portanto, é intrínseca da planta que se não satisfeita, afeta o crescimento e a produção (PIRES et al., 2011).

Em solos profundos e bem drenados, o sistema radicular do tomateiro pode alcançar 1,5 m de profundidade aos 60 dias após o transplante, porém cerca de 80 % da água de irrigação é absorvida na camada desde a superfície do solo até 0,5 e 0,7 m de profundidade. A demanda máxima de água do tomateiro ocorre concomitantemente com o período de floração e frutificação, sendo que grandes oscilações na disponibilidade de água para a planta pode gerar rachaduras nos frutos, podridão apical, frutos ocos, abortamento floral e redução no pegamento dos frutos (ALVARENGA, 2004). MAROUELLI et al. (1996) realizaram experimentos com diversas hortaliças recomendam as tensões de água no solo ideais, para se realizar a irrigação visando máxima produtividade.

A irrigação localizada apresenta inúmeras vantagens quando comparada aos demais métodos de irrigação com destaque para o fato de viabilizar aplicação racional de fertilizantes ao longo do ciclo, constituindo-se em ferramenta para manejo de água e fertilizantes de forma precisa de acordo com o estágio fisiológico da planta (LÓPEZ, 2005).

A adoção de irrigação localizada e da fertirrigação em ambiente de cultivo protegido passa a ser uma questão racional considerando-se a redução dos custos de mão-de-obra, a melhor distribuição destes adubos ajustada ao estágio fenológico da planta, a pronta disponibilidade de água no volume de substrato utilizado onde se encontram as raízes, a maior eficiência do uso da água e a possibilidade de automação (FERNANDES, 2002).

O manejo inadequado da fertirrigação pode ocasionar déficit ou excesso de água para as plantas, acarretando distúrbios fisiológicos (podridão apical, fruto oco), alteração na composição de frutos (teor de sólidos solúveis, concentração de ácido ascórbico, acidez e açúcares) e também alterações nas características qualitativas como firmeza do fruto e coloração (MITCHEL, 1991; LOOS et al., 2004; WANG et al., 2011). O manejo incorreto não implica somente em acréscimo no custo de produção e perda da qualidade dos frutos, mas também em degradação do meio ambiente devido à perda excessiva de nutrientes por lixiviação e a eutrofização (MAROUELLI et al., 2005).

A programação de fertirrigação pode ser estabelecida com base na variação da umidade do solo, parâmetros referentes à planta e parâmetros referentes ao ambiente de cultivo, sendo que o mais utilizado, em geral, é a variação da disponibilidade hídrica no solo. Atualmente a relação planta-substrato-água tem ganhado destaque no manejo de irrigação, sendo que o entendimento da dinâmica entre os três fatores, permite manejo em condição hídrica próxima do ótimo (PRADOS & LÓPEZ, 2005).

MERIC et al. (2011) realizaram trabalhos com tomateiros cultivados em vasos com substrato perlita em ambiente protegido em dois períodos (outono e primavera), com adoção de 3 níveis de irrigação (0,4mm, 0,8mm e 1,6mm) que estavam correlacionados à intensidade da radiação solar acumulada de 1 MJ m^{-2} , 2 MJ m^{-2} e 4 MJ m^{-2} , respectivamente. A irrigação automatizada era iniciada sempre que o acúmulo de energia solar atingia os valores determinados, desta forma para a primavera, o tratamento que acumulava 1 MJ m^{-2} de radiação irrigou as plantas entre 8 e 17 vezes por dia e os demais tratamentos irrigaram 4 a 8 vezes por dia (2 MJ m^{-2}) e 2 a 4 vezes por dia (4 MJ m^{-2}). Nas duas estações a maior eficiência do uso da água ocorreu para o tratamento onde se aplicava 1,6 mm, com obtenção de eficiência do uso da água de 55 kg m^{-3} e de 33 kg m^{-3} , no outono e na primavera, respectivamente.

PIRES et al. (2009) verificaram o aumento de massa da matéria seca da parte aérea, assim como aumento do índice de área foliar e aumento da produtividade do tomateiro, tanto em número de frutos quanto em peso, quando se fracionou a lamina de fertirrigação ao longo do dia em relação à fertirrigação em dias alternados, em cultivo em substrato em cultivo protegido. Esta maior produção de frutos também foi obtida por FERNANDES et al. (2002) e MAROUELLI et al. (2005) em trabalhos que analisaram manejo de irrigação e substratos em ambiente protegido.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do Experimento

O experimento foi instalado em estufa agrícola localizada no Centro Experimental Central do Instituto Agronômico (IAC), em Campinas-SP. As coordenadas geográficas da estufa agrícola foram: orientação a 245° 75' em relação ao norte magnético, latitude 22° 54' S, longitude 47° 05' W e a 669 m de altitude. Segundo a classificação de Köppen-Geiger o clima em Campinas é Cwa (tropical de altitude).

A estufa agrícola tinha dimensões 7 x 50 m (largura x comprimento), totalizando 350 m², com estrutura em arco e coberta com filme de polietileno transparente com 100 µm de espessura. Suas laterais eram protegidas por malha de polietileno proporcionando redução de 30% da radiação, possibilitando fluxo de ar entre o ambiente interno e externo.

3.2 Caracterização do Experimento

3.2.1 Monitoramento do clima

Para a coleta dos elementos meteorológicos em condições de cultivo protegido foi instalada na altura de 1,50 m, no centro da estufa, estação meteorológica automática, compacta, marca uMetos ag, modelo MCR300, da Pessl Instruments GmbH, constituída de sensores de radiação global, luminosidade, temperatura e umidade do ar encapsulados no abrigo meteorológico. Para as condições da estufa agrícola não foi utilizado anemômetro. A evapotranspiração de referência, ET_0 , foi obtida pela equação de PENMAN-MONTEITH para valores diários (ET_0 P-M), conforme ALLEN et al. (1998), adotando-se para radiação líquida o valor de 0,595 da radiação global, conforme preconizado por SENTELHAS (2001) para os meses chuvosos. A estação assume o valor de 0,7 m s⁻¹ quando o anemômetro não é conectado no aparelho, como no presente estudo.

3.2.2 Condução da cultura do tomateiro

O transplântio das mudas de tomateiro híbrido Diva, cuja cultivar foi desenvolvida pela empresa Rogers/Syngenta, ocorreu em 6 de outubro de 2004 e a cultura foi conduzida até 17 de fevereiro de 2005 quando da realização da última colheita. Os frutos são redondos, levemente achatados, multiloculares com casca vermelha atraente, sabor marcante, peso entre 200 e 220 gramas e com classificação extra firme (com expectativa de duração de 10 a 12 dias em prateleira). Entre os atributos agronômicos qualitativos, este híbrido destaca-se por resistência a fusariose (*Fusarium radicles lycopersici*, raça 1 e 2), a verticilose (*Verticilium* spp.), a virose do mosaico do tomateiro (ToMV) e a nematóides. Além disto, caracteriza-se por ter tolerância a temperaturas elevadas e adaptabilidade ao cultivo em ambiente protegido (ALVARENGA, 2004). O transplântio das mudas foi realizado, em vasos de plástico mole, com capacidade de 14 litros.

As linhas duplas, espaçadas entre si por 0,80 m com comprimento de 7,2 m, com 18 vasos em cada linha, sendo o espaçamento entre plantas na linha de 0,40 m, resultando em densidade populacional de 3,125 plantas m⁻², conforme recomendação para cultivo em estufas (GALLEGOS, 2001).

As plantas foram conduzidas com uma haste por planta sendo o tutoramento efetuado na posição vertical com fitilho (MARIN et al., 2005). Os tratos culturais necessários para adequada condução da cultura foram efetuados durante o ciclo de cultivo, tais como: desbrota, tutoramento, limpeza de folhas velhas e de plantas infestantes nos vasos e na estufa.

As colheitas foram realizadas semanalmente, entre 16 de dezembro de 2004 e 17 de fevereiro de 2005, totalizando 16 colheitas, sendo realizadas duas vezes por semana. O ponto de colheita adotado ocorreu com cerca de 2/3 do fruto avermelhado.

3.2.3 Delineamento Experimental

O experimento foi instalado em blocos ao acaso em esquema fatorial 3x2, com avaliação de três substratos (fibra de coco, casca de pinus e casca de pinus acrescida de vermiculita) e duas frequências de fertirrigação (5 vezes e 1 vez por dia), com quatro repetições totalizando 24 parcelas. Cada parcela foi composta por 36 plantas dispostas em

linhas duplas. As plantas úteis destinadas às avaliações foram as 20 plantas centrais das parcelas foram consideradas como bordadura as 16 plantas das extremidades das parcelas.

3.2.4 Substratos

O cultivo do tomateiro foi realizado em vasos de plásticos mole com volume de 14 litros, utilizando 10 litros de substrato por vaso. Os substratos utilizados foram fibra de coco (Golden Mix®), casca de pinus (Mecplant®) e casca de pinus acrescido de vermiculita (Plantmax®). O resumo das características físico-químicas dos substratos utilizados neste trabalho encontram-se na Tabela 1.

Tabela 2 – Características físico-químicas dos substratos. Adaptado de PACHECO & FRANCO (2008).

Substrato	Densidade (g cm ⁻³)		Porosidade (cm ³ cm ⁻³)	Água (cm ³ cm ⁻³)		Espaço (cm ³ cm ⁻³)
	Seco		Total	DPN ¹		Aéreo
Golden Mix®	0,89		0,94	0,41		0,35
Plantmax®	0,36		0,76	0,30		0,13
Mecplant®	0,20		0,77	0,14		0,36

Substrato	P	K	pH	Ca	Mg	CTC ²
	(mg dm ⁻³)		(1:1)	cmol _c dm ⁻³)		
Golden Mix®	53	270	5,1	9,9	6,6	92
Plantmax®	76	800	4,7	19,2	6,7	71,2
Mecplant®	74	440	3,8	11,5	5,9	61,8

1-disponível, 2-capacidade de troca catiônica.

3.2.5 Fertirrigação

A fertirrigação foi realizada por gotejamento, com emissores auto compensantes e anti-drenantes (RLM PC/NL), com vazão nominal de $3,2 \text{ L h}^{-1}$. Os emissores foram instalados na linha de irrigação, com microtubo e estaca para cada planta.

A lâmina de fertirrigação foi determinada diariamente pela diferença de massas verificada em lisímetros de pesagem e pelo controle do volume aplicado e volume drenado. O lisímetro consistiu de dois vasos sobre balança com capacidade de até 50 kg e sensibilidade de 0,01 kg, com estrutura que permitia coletar o percolado para recipiente. Foram instalados dois lisímetros por tratamento.

Após o transplântio, as irrigações foram iguais para todos os tratamentos. A diferenciação dos tratamentos ocorreu a partir de 21 de outubro após o pegamento das mudas, no estágio de desenvolvimento inicial das plantas, 15 dias após o transplântio. As duas frequências de fertirrigação adotadas foram 1 e 5 vezes por dia, sendo estas aplicadas durante o período diurno com início a partir das 8 horas e com finalização até as 16 horas. As frequências de irrigação adotadas foram selecionadas a partir dos resultados obtidos por PIRES et al. (2009).

Toda irrigação consistiu em fertirrigação durante todo o período experimental. A solução nutritiva adotada foi formulada de acordo com recomendação de SONNEVELD & STRAVER (1994) com adaptações de acordo com análise foliar e da solução percolada. A Tabela 2 apresenta as formulações das soluções A e B. Durante o período experimental a solução concentrada dos tanques A e B foi utilizada na proporção de 12,5 L por 1000 L de água. No estágio vegetativo, as concentrações dos macronutrientes (mg L^{-1}) foram de: N- NO_3 (167), N- NH_4 (30), P (52), K (164), Ca (143), Mg (36) e S (48) enquanto que no estágio reprodutivo foram de: N- NO_3 (167), N- NH_4 (19), P (59), K (268), Ca (143), Mg (36) e S (74). Para os micronutrientes, as concentrações foram em (mg L^{-1}): B (0,5), Cu (0,1), Fe-EDDHMA (1,8), Mn (0,4), Mo (0,06) e Zn (0,2), nos dois estádios de desenvolvimento.

Tabela 2 – Composições das soluções nutritivas concentradas utilizadas para preparo da solução final de fertirrigação. Campinas, IAC, 2004-2005

Soluções concentradas	Estádio vegetativo (kg 250L ⁻¹)	Estádio de frutificação (kg 250L ⁻¹)
Solução A		
Nitrato de Ca	15	15
Ácido Bórico	0,06	0,06
Sulfato de Cobre	0,01	0,01
Sulfato de Manganês	0,04	0,04
Sulfato de Zinco	0,015	0,015
Molibdato de Sódio	0,003	0,003
Quelato de Fe (6%)	0,6	0,6
Solução B	(kg 250L ⁻¹)	(kg 250L ⁻¹)
Nitrato de K	9	9
MAP	4	2
MKP	0	3
Sulfato de Mg	8	8
Sulfato de K	0	3

A condutividade elétrica e o pH da solução de fertirrigação foi avaliada todas as vezes em que foram preparadas as soluções para aplicação nos tratamentos. As fertirrigações foram automatizadas e aplicadas conforme a programação em painel de controle. A solução nutritiva foi homogeneizada por meio de agitação mecânica nos tanques antes do início da fertirrigação. Na solução percolada dos lisímetros, além da quantificação do volume, avaliou-se também a condutividade elétrica. Inicialmente a condutividade elétrica (CE) nos tanques das soluções dos diferentes tratamentos foi preparada para atingir valor de 2,0 dS m⁻¹ e

alterada no período de 5 a 27 de novembro para alcançar CE de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, posteriormente retornando a CE para $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ até o final do ciclo de produção.

3.3 Características avaliadas

3.3.1 Fitotécnicas

O crescimento de plantas foi avaliado aos 33 dias após transplântio (DAT), dia 9 de novembro de 2004. Aos 2 DAT realizaram-se avaliações para caracterização das mudas, com avaliação de 10 mudas. Aos 33 DAT foram amostradas 3 plantas por tratamento. As seguintes características avaliadas foram: índice de área foliar (IAF) que foi estimado a partir da área foliar mensurada utilizando-se integrador de área foliar (Li-Cor Inc., modelo 3100); a altura das plantas foi medida a partir do colo da planta até o ápice, sendo os resultados apresentados em metros; a matéria seca da parte aérea da planta (hastes e folhas) foi seca em estufa a 60°C por 48 horas, com posterior pesagem.

Após cada colheita, os frutos eram classificados em: grande (frutos com diâmetro maior que 60 mm), médio (frutos com diâmetro de 50 a 60 mm) e pequeno (fruto com diâmetro entre 40 e 50 mm). Posteriormente foram quantificados (massa e número) para comporem as seguintes características: produção (kg planta^{-1}); número de frutos comerciáveis; massa média dos frutos comerciáveis (kg fruto^{-1}); número de frutos não comerciáveis; massa dos frutos não comerciáveis (kg fruto^{-1}); número de frutos com podridão apical;

3.3.2 Consumo e eficiência do uso da água

O consumo de água das plantas foi avaliado utilizando a metodologia descrita no item 3.2.5, com base nos valores aferidos nos lisímetros. A eficiência do uso da água representa a relação entre a produção de frutos e o consumo de água da planta.

3.4 Análise dos Resultados

Os dados obtidos para as características avaliadas foram submetidos à análise de variância, pelo teste F. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Os dados referentes a número de frutos comerciáveis, não comerciáveis e com podridão apical foram transformados antes da análise, utilizando $\sqrt{x+1}$.

A transformação destes dados foi necessária devido ao elevado coeficiente de variação (CV%).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados Climáticos

A Figura 1 mostra as temperaturas máximas, médias e mínimas verificadas no interior da estufa agrícola durante o período experimental (6 de outubro de 2004 à 17 de fevereiro de 2005). As médias das temperaturas máximas (31,7 °C), médias (24,2 °C) e mínimas (18,7 °C) e a média da umidade relativa do ar (73 %), situaram-se em faixa favorável ao cultivo do tomateiro nos diferentes estádios fenológicos da cultura segundo MELO (1991), SILVA et al. (1994) e FILGUEIRA (2003). A Figura 2 apresenta os valores diários de radiação solar e evapotranspiração de referência (ET_0) para o período experimental. Nesta, nota-se estreita relação entre estes dois parâmetros, evidenciando a influência exercida pela radiação solar sobre a evapotranspiração. Durante o período experimental a ET_0 totalizou 545 mm, com valores médio, máximo e mínimo de 2,8, 5,1 e 0,3 mm dia⁻¹, respectivamente.

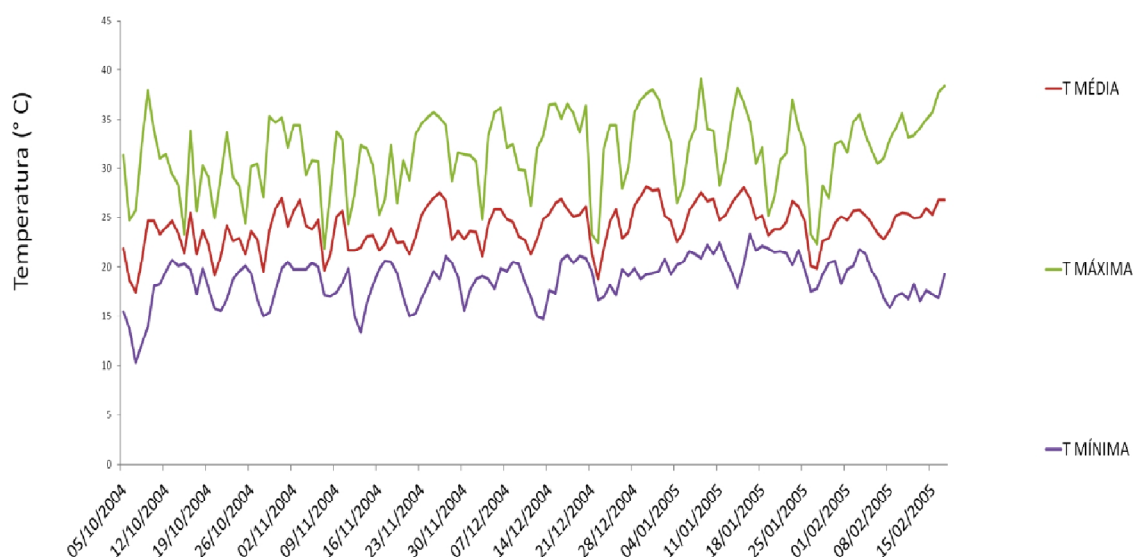


Figura 1- Médias das temperaturas máximas, mínimas e médias (°C) registradas no interior da casa de vegetação no período de 05/10/2004 a 17/02/2005, em Campinas, SP.

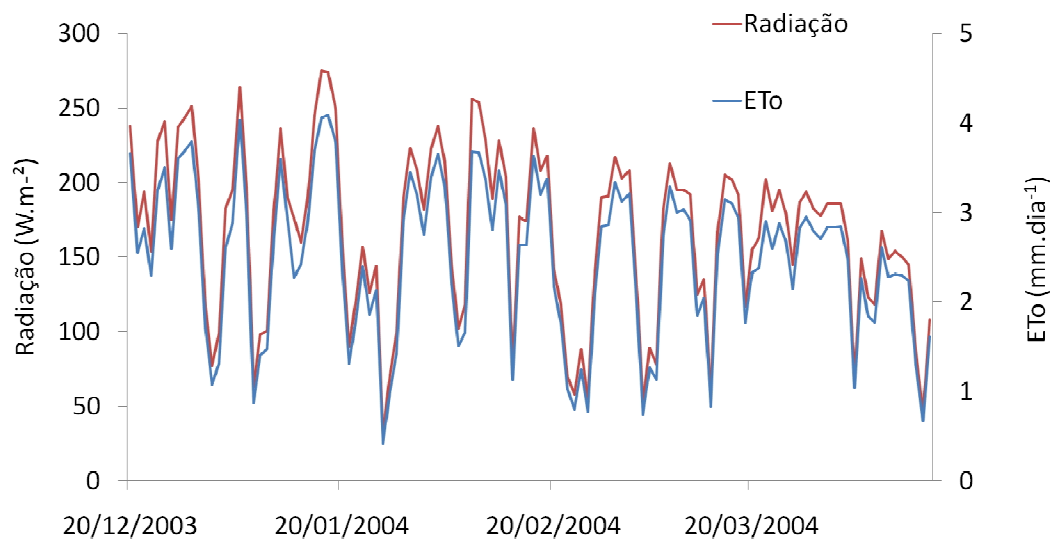


Figura 2 - Valores diários de radiação solar global (W.m⁻²) e evapotranspiração de referência (ET₀) ocorridos no interior da estufa agrícola no período de 05/10/2004 a 17/02/2005, em Campinas, SP.

4.2 Características Avaliadas

4.2.1 Índice de área foliar, altura das plantas e massa seca

A Tabela 3 apresenta os resultados de altura média das plantas e de índice de área foliar (IAF) obtidos aos 33 dias após o transplântio (DAT). A interação entre substratos e frequência de fertirrigação não foi significativa. Com relação à altura das plantas não houve efeito dos substratos e das frequências de fertirrigação adotadas no presente estudo.

Aos 33 DAT o IAF não foi influenciado pelos diferentes tipos de substratos adotados. No entanto, houve efeito da frequência de fertirrigação adotada no IAF com favorecimento com a aplicação mais frequente (cinco vezes ao dia). Este resultado corrobora com PIRES et al. (2011) que observaram que irrigações mais frequentes favoreceram as trocas gasosas, e, com isto, proporcionando condições mais favoráveis para crescimento das plantas de tomateiro cultivadas em substrato em ambiente protegido. Este fato pode estar relacionado à pronta disponibilidade de água devido a elevada frequência de irrigação.

Tabela 3 - Valores médios de altura média das plantas e do índice de área foliar (IAF) obtidos aos 33 dias após o transplântio (DAT) do tomateiro cultivado em diferentes substratos e frequências de fertirrigação, em Campinas, SP

Tratamentos	Altura	IAF
(Substratos)	(m)	-
Fibra de coco	0,9 a	1,46 a
Casca de pinus	0,8 a	1,63 a
Casca de pinus + vermiculita	0,9 a	1,67 a
DMS	0,11	0,26
(Frequência de fertirrigação)		
5 vezes por dia	0,9 a	1,68 a
1 vez por dia	0,9 a	1,50 b
DMS	0,077	0,17
CV (%)	7,9	10,4

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os resultados obtidos de matéria seca da parte aérea das plantas (MSPA) obtidos aos 33 dias após o transplântio (DAT) encontram-se na Tabela 4. A interação entre tipos de substrato e frequências de fertirrigação foi significativa para MSPA. De um modo geral, observou-se que considerando separadamente os resultados em relação à frequência de fertirrigação notou-se que não houve efeito do substrato adotado. No entanto, observou-se que as plantas cultivadas com frequência de fertirrigação de cinco vezes ao dia com o substrato de fibra de coco alcançaram maior desenvolvimento (MSPA). Com o uso dos substratos de casca de pinus acrescido ou não de vermiculita não houve efeito da frequência de fertirrigação adotada. Tal fato pode estar relacionado ao efeito resultante da combinação das características físicas do substrato em especial porosidade, capacidade retenção de água e de espaço de aeração da fibra de coco em relação aos demais substratos conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 4 - Valores médios da massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) obtidos aos 33 dias após o transplântio (DAT) do tomateiro cultivado em diferentes substratos e frequências de fertirrigação, em Campinas, SP

Substratos	Frequências de fertirrigação		Média
	5 vezes ao dia	1 vez ao dia	
Fibra de coco	50,97 Aa	37,95 Ba	44,46 a
Casca de pinus	44,14 Aa	43,14 Aa	43,64 a
Casca de pinus + vermiculita	47,53 Aa	44,10 Aa	45,82 a
Média	47,55 A	41,73 B	
CV (%) 8,6			

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5%.

4.2.2 Produção, número de frutos por planta e massa média dos frutos

A média da produção, o número de frutos e o peso médio dos frutos comerciáveis avaliados encontram-se na Tabela 5. A interação entre substratos e frequências de fertirrigação não foi significativa para nenhum das características avaliadas.

Tabela 5 - Produção, número de frutos por planta e massa médio dos frutos comerciáveis do tomateiro cultivado em diferentes substratos e frequências de fertirrigação em ambiente protegido, em Campinas, SP.

Tratamentos	Produção (kg planta ⁻¹)	Número total de frutos por planta	Massa média dos frutos (kg fruto ⁻¹)
(Substratos)			
Fibra de coco	4,63 a	36,00 a	123 a
Casca de pinus	4,00 b	33,38 a	121 a
Casca de pinus + vermiculita	4,25 ab	34,13 a	130 a
DMS	0,59	3,47	15
(Frequência de fertirrigação)			
5 vezes por dia	4,50 a	36,58 a	126 a
1 vez por dia	4,08 b	32,42 b	123 a
DMS	0,40	2,33	10
CV (%)	10,64	7,75	9,1

* Dados transformados em $\sqrt{x+1}$ para análise estatística. ** Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Houve diferença estatística significativa para substratos e frequência de fertirrigação isoladamente para as características produção e número de frutos por planta.

A maior produção de 4,63 kg planta⁻¹ foi verificada no substrato a base de fibra de coco, que não diferiu estatisticamente dos valores verificados do tratamento com casca de pinus acrescido de vermiculita (4,25 kg planta⁻¹). Porém a produção obtida no substrato de

fibra de coco diferiu estatisticamente do tratamento que possuía casca de pinus isoladamente que teve produção de 4 kg planta⁻¹.

A maior quantidade de frutos por planta, de 36 frutos, foi verificada no tratamento que utilizou fibra de coco como substrato, não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos que apresentaram médias de 34,13 e 33,38 frutos por planta respectivamente para casca de pinus acrescida de vermiculita e substrato a base de casca de pinus.

Tomando como referencial o substrato composto por casca de pinus (menor produção), substrato composto por fibra de coco incrementou a produção (kg planta⁻¹) em 15,75 %, enquanto o substrato composto por casca de pinus mais vermiculita incrementou a produção em 6,25 %.

As plantas cultivadas em substrato a base de casca de pinus acrescida de vermiculita apresentaram frutos massa média superior aos outros tratamentos, apesar de nenhum deles apresentarem diferenciação estatística entre eles. A massa média dos frutos foram 123; 121 e 130 g para fibra de coco, casca de pinus e casca de pinus mais vermiculita, respectivamente.

Corroborando com os resultados verificados pelo presente trabalho, pesquisa realizada por CARRIJO et al. (2002) onde se testaram a fibra de coco na produção do tomateiro em cultivo protegido e obtiveram produção de 6,4 kg planta⁻¹. CARRIJO et al. (2004), observaram que a utilização de fibra de coco como substrato para produção de tomateiro em cultivo protegido produziu 3,5 kg planta⁻¹ (média de dois anos), sendo mais produtivo que outros substratos testados. LIMA et al. (2011) obtiveram resultados em que a fibra de coco foi 51,8 % superior a outros substratos em relação à produtividade por planta utilizando fibra de coco como substrato para produção de tomates em estufas agrícolas.

As diferentes frequências de fertirrigação também influenciaram as características de produção e número total de frutos por planta (Tabela 5).

A maior produção, de 4,5 kg planta⁻¹, foi verificada com frequência de fertirrigação de cinco vezes ao dia em comparação a frequência de fertirrigação de uma vez ao dia que apresentou produção média de 4,08 kg planta⁻¹. A mesma tendência foi observada para o número de frutos comerciáveis. As plantas que contaram com cinco fertirrigações diárias produziram um maior número de frutos (36,58 frutos planta⁻¹), enquanto as plantas que foram fertirrigadas apenas uma vez ao dia produziram em média 32,42 frutos planta⁻¹.

Quando a frequência de fertirrigação utilizada foi de 5 vezes ao dia, a produção por planta foi 10,29 % maior quando comparada a fertirrigação uma vez ao dia. O mesmo favorecimento da fertirrigação mais frequente foi observado também no número de frutos por

planta, totalizando 12,83 % a mais de frutos. Não houve efeito significativo da frequência de fertirrigação para a característica peso médio dos frutos.

FERNANDES et al. (2002) observaram, em ambiente protegido, que o parcelamento da lâmina de irrigação semanal, em duas vezes, incrementou os atributos de produção total (16,1 %) e número de frutos (22,2 %) quando comparada a um regime de irrigação de volume único semanal. MAHADEEN et al. (2011) demonstraram que em condições de campo, ao se aplicar irrigação em maior frequência a produtividade foi incrementada em 9,2 %.

PIRES et al. (2009) observaram que elevada frequência de fertirrigação (4 vezes ao dia), incrementou a produtividade do tomateiro de 6,0 kg planta⁻¹, sendo 33,3 % acima da alcançada com a fertirrigação aplicada em dias alternados e 20 % acima daquela obtida com fertirrigação diária, em cultivo em substrato em ambiente protegido.

O favorecimento da produção com aplicação mais frequente da fertirrigação certamente está relacionado ao favorecimento das trocas gasosas nas plantas devido à disponibilidade de água e nutrientes, de forma similar ao observado por PIRES et al. (2011). Outros fatores que podem ter favorecido este resultado devem estar relacionados à característica dos substratos (Tabela 2), ao formato do recipiente e volume de substrato.

Durante o período experimental alguns frutos apresentaram características desfavoráveis à comercialização. Estes frutos foram classificados em não comercializáveis. Nesta classificação foram considerados os frutos com rachadura, com problema de forma e de ocorrência de podridão apical.

Não houve interação significativa entre substratos e frequências de fertirrigação. Houve diferença significativa em relação ao tipo de substrato sobre a característica produção não comercializável, sendo que o tratamento com o substrato composto por casca de pinus mostrou menores perdas (56 g planta⁻¹), e não diferiu estatisticamente do substrato de casca de pinus acrescido de vermiculita (69 g planta⁻¹). O substrato à base de fibra de coco (75 g planta⁻¹) não diferiu estatisticamente do substrato composto por casca de pinus mais vermiculita.

Não houve interação significativa entre substratos e frequências de fertirrigação. Houve diferença significativa em relação ao tipo de substrato sobre a característica produção não comercializável, sendo que o tratamento com o substrato composto por casca de pinus mostrou menores perdas (56 g planta⁻¹), e não diferiu estatisticamente do substrato de casca de pinus acrescido de vermiculita (69 g planta⁻¹). O substrato à base de fibra de coco (75 g planta⁻¹) não diferiu estatisticamente do substrato composto por casca de pinus mais

vermiculita. Estes resultados obtidos referentes à produção de frutos não comerciáveis encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Produção, número de frutos não comerciáveis e número de frutos com podridão apical, do tomateiro cultivado em diferentes substratos e frequências de fertirrigação em ambiente protegido, em Campinas, SP.

Tratamentos	Produção não comerciável (kg 20 plantas ⁻¹)	Número de frutos não comerciáveis por 20 plantas*	Número de frutos com podridão apical por 20 plantas*
(Substratos)			
Fibra de coco	1,50 a	11,00 a	2,38 ab
Casca de pinus	1,13 b	10,88 a	5,75 a
Casca de pinus + vermiculita	1,38 ab	9,88 a	1,88 b
Tratamentos	Produção não comerciável (kg 20 plantas ⁻¹)	Número de frutos não comerciáveis por 20 plantas*	Número de frutos com podridão apical por 20 plantas*
(Frequência de fertirrigação)			
5 vezes por dia	1,00 b	7,83b	1,00 b
1 vez por dia	1,67a	13,83a	5,67 a
CV (%)	66,1	45,5	28,1

* Dados transformados em $\sqrt{x + 1}$ para análise estatística. ** Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Não houve interação significativa entre substratos e frequências de fertirrigação. Houve diferença significativa em relação ao tipo de substrato sobre a característica produção não comerciável, sendo que o tratamento com o substrato composto por casca de pinus mostrou menores perdas (60 g planta⁻¹), e não diferiu estatisticamente do substrato de casca de pinus acrescido de vermiculita (70 g planta⁻¹). O substrato a base de fibra de coco (80 g planta⁻¹) não diferiu estatisticamente do substrato composto por casca de pinus mais vermiculita.

Não houve diferença estatística em relação aos substratos adotados quanto ao número de frutos não comerciáveis, sendo que a menor perda média de comercialização foi de 0,5 frutos por planta.

Houve efeito significativo do tipo de substratos no número de frutos com podridão apical. O menor número de frutos com podridão apical foi observado quando do cultivo em casca de pinus mais vermiculita, 0,08 frutos com podridão apical por planta, e fibra de coco, 0,09 frutos por planta. Desta forma o cultivo em casca de pinus favoreceu a o surgimento de frutos com podridão apical, porém este tratamento não se diferencia estatisticamente do tratamento que utilizou a fibra de coco.

A quantidade de frutos com podridão apical foi 50 % maior quando se utilizou substrato a base de casca de pinus quando comparado ao valor observado ao se utilizar substrato de casca de pinus acrescido de vermiculita (menor valor absoluto).

As diferentes frequências de fertirrigação influenciaram significativamente a característica de produção não comerciável, número de frutos não comerciáveis por planta e número de frutos com podridão apical (Tabela 6).

A fertirrigação aplicada com maior frequência, cinco vezes ao dia, favoreceu a produção comerciável pela menor perda de frutos (0,40 frutos não comerciáveis por planta) e 0,06 frutos com podridão apical por planta. Com a fertirrigação uma única vez ao dia, o número de frutos não comerciáveis foi 67,5 % maior e o número de frutos com podridão apical foi 50 % maior, quando comparado aos parâmetros dos frutos onde a lâmina de fertirrigação foi fracionada ao longo do dia.

CARRIJO et al. (2004) verificaram que a ocorrência de podridão apical nos frutos de tomateiro pode ser influenciada pelo tipo de substrato. Este resultado corrobora com o observado no presente trabalho conforme apresentado na Tabela 6.

Em relação à frequência de fertirrigação, PIRES et al. (2009) verificaram maior quantidade de frutos com podridão apical quando se utilizava menor frequência de fertirrigação em cultivo do tomateiro em substrato, em cultivo protegido, de forma similar ao obtido no presente estudo (Tabela 6). Estes autores observaram que com a adoção de fertirrigação em dias alternados, a ocorrência de frutos com podridão apical foi 7,4 vezes maior em comparação com o tratamento onde a fertirrigação foi parcelada em 5 vezes ao dia. ALVARENGA (2004) relata que a oscilação do fornecimento de água ao tomateiro pode causar distúrbios fisiológicos nos frutos tais como rachaduras e podridão apical, tal fato pode ser observado nos resultados apresentados na Tabela 6. Desta forma, a frequência de fertirrigação em cinco vezes ao dia, promoveu melhor distribuição de fertirrigação ao longo do dia em relação a demanda atmosférica o que favoreceu o desenvolvimento dos frutos, com redução das perdas por estes distúrbios fisiológicos.

4.3 Consumo de Água

O consumo de água das plantas ou evapotranspiração da cultura (ETc) observado ao longo do ciclo foi diferenciado nos tratamentos adotados. A Figura 3 apresentou o consumo de água acumulado ao longo do ciclo de cultivo. As plantas irrigadas 5 vezes por dia apresentaram consumo de água maior do que aquelas irrigadas uma vez por dia. Cabe ressaltar que o maior valor observado no tratamento cultivado em substrato de casca de pinus mais vermiculita e irrigado 5 vezes ao dia. Por outro lado, o menor consumo de água ocorreu nas plantas cultivadas em casca de pinus e irrigadas uma vez por dia.

A avaliação do desenvolvimento das plantas efetuada no início do ciclo apresenta a tendência de favorecimento do IAF nos tratamentos onde a fertirrigação foi aplicada com maior frequência.

Desta forma, o maior crescimento das plantas resultou em maior consumo de água (Tabelas 2 e Figura 3) e maior produção, número de frutos e menor número de frutos com podridão apical (Tabelas 4 e 5).

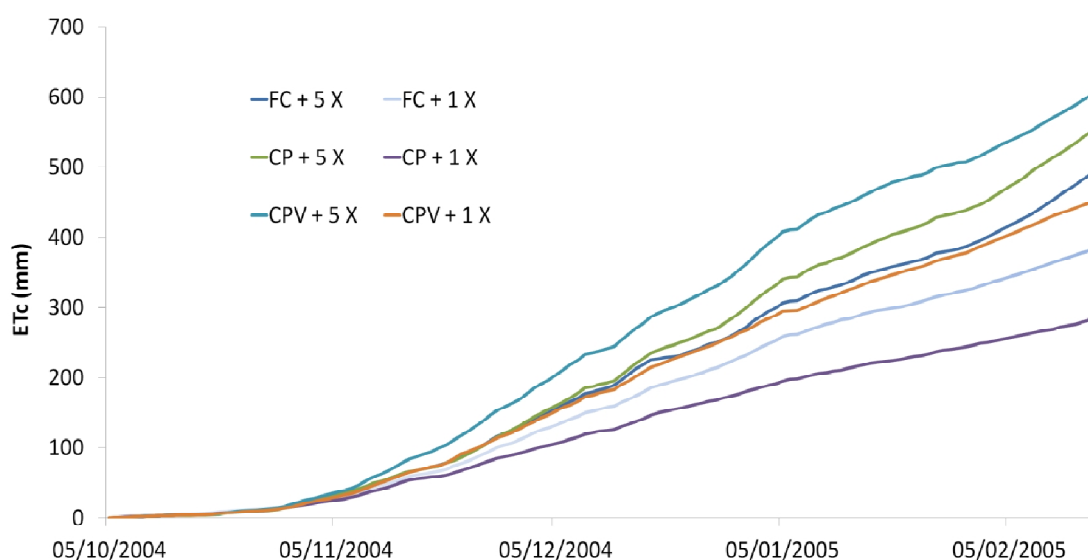


Figura 3 - Valores acumulados de evapotranspiração da cultura (mm) ao longo do ciclo do tomateiro cultivado em ambiente protegido nos diferentes tratamentos, em Campinas, SP.

Para as variáveis de consumo de água e eficiência do uso da água (EUA) a interação entre os fatores substratos e frequências de fertirrigação foi significativa (Tabelas 7 e 8). O consumo de água das plantas foi maior quando realizada fertirrigação 5 vezes por dia quando comparado a uma única aplicação por dia, independentemente do substrato utilizado. Com fertirrigação cinco vezes ao dia o consumo de água das plantas foi maior quando utilizados os substratos de casca de pinus e de casca de pinus mais vermiculita quando comparado a fibra de coco. Com a fertirrigação aplicada uma vez ao dia o maior consumo de água ocorreu nas plantas cultivadas com casca de pinus mais vermiculita comparado aos demais substratos, e, as plantas cultivadas em fibra de coco também apresentaram consumo de água superior as cultivadas em casca de pinus (Tabela 7).

Tabela 7 - Evapotranspiração do tomateiro total (ETc, mm) cultivado em diferentes substratos e frequências de fertirrigação em ambiente protegido, em Campinas, SP.

Substratos	Frequências de fertirrigação		Média
	5 vezes ao dia	1 vez ao dia	
Fibra de coco	497,0 Ba	385,5 Bb	441,3 B
Casca de pinus	558,0 Aa	286,5 Cb	422,3 B
Casca de pinus + vermiculita	610,0 Aa	455,0 Ab	532,5 A
Média	555,0 a	375,7 b	
CV (%)	3,5		

* As médias seguidas pela mesma letra (maiúscula na vertical e minúscula na horizontal) não diferem entre si pelo teste de Tukey (P< 0,05).

A EUA foi favorecida quando as irrigações foram realizadas uma vez ao dia quando as plantas foram cultivadas em substrato de fibra de coco e de casca de pinus (Tabela 8).

Tabela 8 - Eficiência do uso da água, kg m^{-3} , do tomateiro cultivado em diferentes substratos e frequências de fertirrigação em ambiente protegido, em Campinas, SP.

Substratos	Frequências de fertirrigação		Média
	5 vezes ao dia	1 vez ao dia	
Fibra de coco	29,42 Ab	33,67 Ba	31,54 A
Casca de pinus	24,12 Ab	40,52 Aa	32,32 A
Casca de pinus + vermiculita	24,30 Aa	27,62 Ca	25,96 B
Média	25,95 b	33,93 a	

* As médias seguidas pela mesma letra (maiúscula na vertical e minúscula na horizontal) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A frequência de fertirrigação não apresentou efeito na EUA. Com adoção da fertirrigação cinco vezes ao dia não houve diferença estatística significativa na EUA das plantas cultivadas nos diferentes substratos. Por outro lado, quando a fertirrigação ocorreu uma vez ao dia a EUA foi favorecida quando as plantas foram cultivadas em substrato de casca de pinus, em relação aos outros substratos adotados. Ainda considerando a mesma frequência de fertirrigação (1 x por dia) a EUA foi maior nas plantas cultivadas em fibra de coco quando comparadas aquelas cultivadas em casca de pinus mais vermiculita.

5 CONCLUSÕES

De acordo com as condições em que se realizou o experimento, pode-se concluir:

- No cultivo em ambiente protegido, o substrato de fibra de coco favoreceu a produção em relação ao cultivo em substrato de casca de pinus. Não houve efeito dos substratos no número de frutos por planta e na massa média dos frutos.

- A frequência da fertirrigação de cinco vezes ao dia favoreceu a produtividade e o número de frutos por planta. A produção não comerciável foi maior em produtividade, em número de frutos e em número de frutos com podridão apical com a frequência de irrigação de uma vez por dia.

- O consumo de água das plantas foi maior quando realizada fertirrigação 5 vezes por dia quando comparado a uma única aplicação por dia, independentemente do substrato utilizado. Com a fertirrigação aplicada uma vez ao dia o maior consumo de água ocorreu nas plantas cultivadas com casca de pinus mais vermiculita comparado aos demais substratos, e, as plantas cultivadas em fibra de coco também apresentaram consumo de água superior às cultivadas em casca de pinus.

- A EUA foi favorecida quando as irrigações foram realizadas uma vez ao dia quando as plantas foram cultivadas em substrato de fibra de coco e de casca de pinus. Com adoção da fertirrigação cinco vezes ao dia não houve diferença na EUA das plantas cultivadas nos diferentes substratos. Com a frequência de fertirrigação uma vez ao dia a EUA foi favorecida quando as plantas foram cultivadas em substrato de casca de pinus, em relação aos outros substratos adotados. Ainda considerando a mesma frequência de fertirrigação (1 x por dia) a EUA foi maior nas plantas cultivadas em fibra de coco quando comparadas aquelas cultivadas em casca de pinus mais vermiculita.

6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

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

AGRIANUAL 2012: **Anuário da Agricultura Brasileira**, São Paulo: FNP, 2011. p.456-462.

ALLEN, R.G., L.S. PEREIRA, D. RAES, M. SMITH. **Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements**. FAO, Roma (Series Irrig. Drain. 56), 1998.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 393 p

AMBROSIO, L.A.; NAGAI, H. Sazonalidade dos preços das classes de tomate, no atacado em São Paulo, nos períodos de 1983/1986 e 1987/1990. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v.0, n.1, p.30, 1991

ANDRIOLO, J.L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.26-33, 2000. Suplemento.

BAKKER, J.C. Greenhouses climate control: constraints and limitations. **Acta Horticulturae**, The Hague, n.399, p.25-35, 1995

BLISKA, A. Plasticultura e cultivo protegido: Informações e Planejamento. In: REVISTA CASA DA AGRICULTURA, 2, 2011. Campinas: CECOR/CATI, 2011. p 5 -7.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201104.pdf>

CALABRETTA, C.; NUCIFORA, M.T.; FERRO, B.; NATALE, V. New techniques for the cultivation and defence of tomato crops in cold greenhouses in the area Ragusa (Sicily). **Acta Horticulturae**, n.361, p.530-544, 1994.

CALIMAN, F.R.B.; SILVA, D.J.H.; FONTES, P.C.R.; STRINGHETA, P.C.; MOREIRA, G.R.; CARDOSO, A.A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente

protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.255-259, abr-jun 2005.

CARRIJO, O.A.; LIZ, R.S.; MAKISHIMA, N. Fibras da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.533-536, 2002

CARRIJO, O.A.; VIDAL, M.C.; REIS, N.V.B.; SOUZA, R.B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.05-09, jan-mar 2004.

CHARLO H.C.O; SOUZA S.C; CASTOLDI R.; BRAZ L.T. Desempenho e qualidade de frutos de tomateiro em cultivo protegido com diferentes números de hastes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27: 144-149, 2009.

CARVALHO, L.A.; TESSARIOLI NETO, J. Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.986-989, out-dez 2005.

EKLUND, C.R.B.; CAETANO, L.C.S.; SHIMOYA, A.; FERREIRA, J.M.; GOMES, J.M.R. Desempenho de genótipos de tomateiro sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.1015-1017, out-dez 2005.

FERNANDES A.L.T. 2001. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando fertilizantes organominerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.45-50, 2002

FILGUEIRA, J.A. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 412p.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; ZANIN, S.R.; FINGER, F.L. Produção de cultivares de tomate em casa de vegetação coberta com plástico. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.44, n.252, p.152-160, 1997

FONTES, P.C.R.; LOURES, J.L.; GALVÃO, J.C.; CARDOSO, A.A.; MANTOVANI, E.C. Produção e qualidade do tomate produzido em substrato, no campo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p. 614-619, jul-set 2004

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **FAOSTAT: agriculture data**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 12 mai. 2012.

GALLEGOS H.M.L. **Manual para el cultivo de tomate em invernadero**. Chihuahua: Gobierno del Estado de Chihuahua. 239p. 2001.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA, NETO,S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, J.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GAVILÁN, M.U.; **Tratado de cultivo sin solo**. Madrid: Mundi-Prensa, 2004. 914 p.

GELDER, A.; HEUVELINK, E.; OPDAM, J.J.G. Tomato in a closed greenhouse and comparison with simulated yields in closed and conventional greenhouses. **Acta Hort.** 691, p.549-554. 2005

GOTO, R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, p. 163–65, 1997. Suplemento.

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

GRANDE, L.; LUZ, J.M.Q.; MELO, B.; LANA, R.M.Q.; CARVALHO, J.O.M. O cultivo protegido de hortaliças em Uberlândia-MG. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p. 241-244, 2003.

HANNA Y. H. Influence of Cultivar, Growing Media, and Cluster Pruning on Greenhouse Tomato Yield and Fruit Quality. **Horttechnology** n.19, v. 2, p. 395-399, 2009.

HARMANTO, V. M., SALOKHE, BABEL, M. S.,TANTAU, H. J. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. **Agricultural Water Managemen.** set. 2004, vol. 71 n.226, p.225-242.

HORINO, Y.; MAKISHIMA, N.; REIS, N.V.B.; CORDEIRO, C.M.T. Produção de tomate e pepino sob cobertura de plástico para proteção contra chuva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.5, n.1, p.61, 1987

HORINO Y.; PESSOA, H.B.S.V. Avaliação de cultivares de tomate sob proteção plástica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.7, n.1, p.57, 1989

KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: GENESIS, 2000. 311 p.

LIMA AA; ALVARENGA MAR; RODRIGUES L; CARVALHO JG. 2011. Concentração foliar de nutrientes e produtividade de tomateiro cultivado sob diferentes substratos e doses de ácidos húmicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29: 63-69.

LOOS, R.A.; SILVA, D.J.H.; FONTES, P.C.R.; PICANÇO, M.C.; GONTIJO, L.M.; SILVA, E.M.; SEMEÃO, A.A. Identificação e quantificação dos componentes de perdas de produção do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.238-242, 2004.

LOPES, M.C.; STRIPARI, P.C. A cultura do tomateiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (Ed.). *Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais*. São Paulo: Fundação Editora UNESP, 1998. P.257-304.

LÓPEZ, C.C. **Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2005. 681p.

MAHADEEN, A.Y.; MOHAWESH, O.E.; ABSI, K.A. Effect of irrigation regimes on water use efficiency and tomato yield (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grow in an arid environment. **Archives of Agronomy and Soil Science** v. 57, n.1, p. 105-114. 2011

MARIN BG; SILVA DJH; GUIMARÃES MA; BELFORT G. Sistemas de tutoramento e condução do tomateiro visando produção de frutos para consumo “in natura”. **Horticultura Brasileira**, Brasília v.23 p. 951-955. 2005

MAROUELLI, M.A.; SILVA, W. L. C. Frequência de irrigação por gotejamento durante o estágio vegetativo do tomateiro para processamento industrial “NFT”. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, n.7, vol.40, jul.2005.

MAROUELLI, W.A.; CARRIJO, O.A.; ZOLNIER, S. Variabilidade espacial do sistema radicular do tomateiro e implicações no manejo da irrigação em cultivo sem solo com substratos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.57-60, jan.-mar. 2005.

MARTINS, G. Produção de tomate em ambiente protegido. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE TOMATE, 2, Jaboticabal, 1991. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1991. P.219-230

MELO, P.C.T. Distúrbios em tomateiro: suas causas e prevenções. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE TOMATE, 2, 1991, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP/FUNEP, 1991. p.212-218.

MITCHELL, J.P.; SHENNAN, C.; GRATTAN, S.R. Developmental changes in tomato fruit composition in response to water deficit and salinity. **Plant Physiology** 83, 177–185, 1991.

MAKISHIMA, N. O popular tomate. In: programa brasileiro para modernização da horticultura. Normas de classificação do tomate. São Paulo: Centro de Qualidade em Horticultura/CEAGESP, 2003. (CQH. Documentos, 26)

MORGAN, K.T.; PARSONS, L.R.; WHEATON, T.A. Comparison of laboratory and Field water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. **Plant and Soil**. Dordrecht, v. 234, n.2, p.153-157, 2001

NAIKA, S.; de JEUDE, J. van L.; GOFFAU, M.; HILMI, M.; DAM, B. **A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Tradução de BARNHOORN, R. Wageningen: Digigafi, 2006. 102 p.

NUEZ, F.; ANGEL R.R.; TELLO, J.; CUARTERO, J.; SEGURA, B. **El Cultivo Del Tomate**. Madrid: Mundi-Prensa, 2001. 793 p.

PASSOS, R.F. Efeito da adubação nitrogenada e da calagem no balanço nutricional e na produtividade do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Andino).1991. 124 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – UnB, Brasília.

PIRES, R.C.M.; FURLANI, P.R.; SAKAI, E.; LOURENÇÃO, A.L.; SILVA, E.A.; TORRE NETO, A.; MELO A.M.T. Desenvolvimento e produtividade do tomateiro sob diferentes frequências de irrigação em estufa. **Horticultura Brasileira** v.27, p. 228-234, 2009.

PIRES, R.C.M.; FURLANI, P.R.; RIBEIRO, R.V.; BODINE JR, D.; SAKAI, E.; LOURENÇÃO, A.L., TORRE NETO, A. Irrigation frequency and substrate volume effects in the growth yield of tomato plants under greenhouse conditions. **Scientia Agric.**, Piracicaba, v. 68, n.4, p. 400-405, 2011

PRADOS, C.; LÓPEZ, M. Programación del rego. In: LÓPEZ, C.C. (ed) *Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales* 3ª Ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2005. p. 277-297.

RATTIN, J.E.; ANDRIOLO, J.L.; WITTER, M. Acumulação de massa seca e rendimento de frutos de tomateiro cultivado em substrato com cinco doses de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 26-30, março 2003.

REIS, N.V.B.; HORINO, Y.; OLIVEIRA, C.A.S.; BOITEUX, L.S. Influência dos parâmetros agrometeorológicos sobre a produção de nove genótipos de tomate plantados a céu aberto e sob proteção de estufas plásticas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.9, n.1, p.55, 1991

SALASSIER, B.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 6º Edição. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995 625p.

SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia aplicada à irrigação. In: J.H. Miranda e R.C.M. Pires (eds.) Irrigação. Jaboticabal: Fundação da Universidade Estadual de São Paulo, 2001.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B.; BOITEUX, L.S.; LOPES, C.A.; FRANÇA, F.H.. **Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para a industrialização**. Brasília: Embrapa/CNPH, 1994. 36p. (Embrapa/CNPH. Instruções técnicas, 12)

SONNEVELD C; STRAVER N. 1994. **Nutrient solutions for vegetables and flowers grown on water or substrates**. The Netherlands, Proefstation voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk. 45p. (Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, 8).

VIDA, J.B., ZAMBOLIM, L., TESSMANN, D.J., BRANDÃO FILHO, J.U.T., VERZIGNASSI, J.R. & CAIXETA, M.P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira** 29: 355-372. 2004.

WANG, F.; SHAOZHONG, K.; TAISHENG, D.; FUSHENG, L.; RANGJIAN, Q. Determination of comprehensive quality index for tomato and its response to different irrigation treatments. **Agricultural Water Manegement** 98: 1228-1