

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PRODUÇÃO DE TOMATE EM DIFERENTES SUBSTRATOS COM
PARCELAMENTO DA FERTIRRIGAÇÃO SOB AMBIENTE PROTEGIDO**

CAROLINA FERNANDES

Orientador: Prof. Dr. Jairo Augusto Campos de Araújo

Co-Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Corá

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Câmpus de Jaboticabal - UNESP, para obtenção do Título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Produção Vegetal.

JABOTICABAL - SP

Janeiro - 2001

A **DEUS**,

Criador de tudo o que existe no universo...

Que pela sua magnitude e benevolência permite minha estada no planeta...

OFEREÇO

Aos meus pais, **JOSÉ ANTONIO** e **DEJANIRA**,

Que me deram a vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade...

Que me iluminaram os caminhos obscuros com afeto e dedicação,

para que trilhasse sem medo e cheia de esperança...

Que se doaram inteiros e renunciaram os seus sonhos,

para que, muitas vezes, pudesse realizar os meus...

Ao meu irmão **JUNIOR** e minha cunhada (irmã) **CARLA**,

Que se fizeram presentes em todos os momentos...

Que me apoiaram e incentivaram para que realizasse meus sonhos...

A **vocês** quatro, em muito breve cinco,

Que a cada dia fortalecem ainda mais os elos desta família,

com muito respeito, admiração, amizade e amor...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Dr. Jairo Augusto Campos de Araújo**, a oportunidade, a orientação, a amizade e o incentivo em todas as atividades realizadas.

Ao **Prof. Dr. José Eduardo Corá**, a orientação, a amizade, o apoio, a segurança e a disponibilidade em todos os momentos em que foi solicitado.

À **FAPESP**, o apoio financeiro para a execução desta pesquisa (processo nº 99/01337-0).

A todos os **professores e funcionários** do Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP, o carinho, a atenção e a amizade em todos os momentos que necessitei.

Ao funcionário do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP, **Carlos Alberto Santa Cárita**, a valiosa e incansável colaboração durante o período experimental.

Ao **Prof. Dr. William Natale**, os ensinamentos e a amizade durante todos estes anos.

Aos **Profs. Drs. Clovis Alberto Volpe e Romísio Geraldo Bouhid André**, as sugestões nas avaliações meteorológicas.

Ao **Prof. Dr. Modesto Barreto**, o acompanhamento nos aspectos fitossanitários.

Ao **Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros**, o auxílio na elaboração e interpretação das análises estatísticas.

À bibliotecária **Ana Silvia Pamplona Mariano**, a revisão nas referências bibliográficas.

Aos meus amigos **Cláudia, Carlos, Helder, Teresa e Cristiane**, a presença em todos os instantes, angustiantes ou alegres, compartilhados com muita intensidade.

A **todos** que, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu realizasse mais este sonho.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Localização	13
3.2 Delineamento estatístico	13
3.3 Substratos	15
3.3.1 Composição	15
3.3.2 Caracterização química	16
3.4 Manejos de fertirrigação	16
3.5 Condução da cultura	19
3.6 Características analisadas	20
3.6.1 Avaliações meteorológicas	20
3.6.2 Avaliações da cultura	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Avaliações meteorológicas	23
4.1.1 Temperatura e umidade relativa do ar no interior do ambiente protegido	23
4.1.2 Temperatura dos substratos	27
4.2 Avaliações da cultura	31
4.2.1 Manejos de fertirrigação	32
4.2.2 Substratos	41
5 CONCLUSÕES	53
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ABSTRACT	59

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Composição dos substratos (Proporção volumétrica)	16
2. Análise química da areia fina	16
3. Análise química do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de amendoim moída	16
4. Quantidade de macro e micronutrientes fornecida através de fertirrigação	17
5. Coeficientes da cultura em função do estágio de desenvolvimento	18
6. Volume de água aplicada durante o ciclo do tomateiro	19
7. Valores das estatísticas razão de variâncias (F) e coeficiente de variação (C.V.) obtidos na análise de variância para as variáveis de desenvolvimento estudadas: altura média das plantas (AMP), diâmetro médio do caule logo acima do colo (DMC), altura média do primeiro cacho (AMC), diâmetro médio da haste na altura do primeiro cacho (DMH) e número médio de cachos por planta (NMC)	31
8. Valores das estatísticas razão de variâncias (F) e coeficiente de variação (C.V.) obtidos na análise de variância para as variáveis de produção estudadas: peso médio dos frutos (PMF), número médio de frutos por planta (NMF), produtividade média (PM) e produtividade média comercial (PMC) ..	32
9. Concentração de macronutrientes (g.kg^{-1}) nas folhas do tomateiro cultivado em dois manejos de fertirrigação aos 66 dias após o transplântio	33
10. Concentração de micronutrientes (mg.kg^{-1}) nas folhas do tomateiro cultivado em dois manejos de fertirrigação aos 66 dias após o transplântio	33
11. Altura média das plantas (AMP), diâmetro médio do caule logo acima do colo (DMC), altura média do primeiro cacho (AMC), diâmetro médio da haste na altura do primeiro cacho (DMH) e número médio de cachos por planta (NMC) do tomateiro cultivado em dois manejos de fertirrigação	34
12. Peso médio dos frutos (PMF), número médio de frutos por planta (NMF), produtividade média (PM) e produtividade média comercial (PMC) do tomateiro cultivado em dois manejos de fertirrigação	38
13. Concentração de macronutrientes (g.kg^{-1}) nas folhas do tomateiro cultivado em quatro substratos aos 66 dias após o transplântio	42

Tabela	Página
14. Concentração de micronutrientes (mg.kg^{-1}) nas folhas do tomateiro cultivado em quatro substratos aos 66 dias após o transplântio	42
15. Altura média das plantas (AMP), diâmetro médio do caule logo acima do colo (DMC), altura média do primeiro cacho (AMC), diâmetro médio da haste na altura do primeiro cacho (DMH) e número médio de cachos por planta (NMC) do tomateiro cultivado em quatro substratos	43
16. Peso médio dos frutos (PMF), número médio de frutos por planta (NMF), produtividade média (PM) e produtividade média comercial (PMC) do tomateiro cultivado em quatro substratos	47

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Variação das temperaturas média, máxima e mínima do ar, no interior do ambiente protegido, de 11/02 a 02/06/2000	24
2. Variação da umidade relativa média do ar, no interior do ambiente protegido, de 11/02 a 02/06/2000	24
3. Variação diária da temperatura e umidade relativa do ar, no interior do ambiente protegido, para o dia 22/02, representativo do estádio de desenvolvimento vegetativo da cultura	25
4. Variação diária da temperatura e umidade relativa do ar, no interior do ambiente protegido, para o dia 08/03, representativo do estádio de florescimento da cultura	26
5. Variação diária da temperatura e umidade relativa do ar, no interior do ambiente protegido, para o dia 16/04, representativo do estádio de frutificação da cultura	26
6. Variação diária da temperatura e umidade relativa do ar, no interior do ambiente protegido, para o dia 14/05, representativo do estádio de maturação da cultura	27
7. Variação da temperatura média dos substratos, a 5 cm de profundidade, de 11/02 a 02/06/2000	28
8. Variação diária da temperatura dos substratos, a 5 cm de profundidade, para o dia 22/02, representativo do estádio de desenvolvimento vegetativo da cultura	29
9. Variação diária da temperatura dos substratos, a 5 cm de profundidade, para o dia 08/03, representativo do estádio de florescimento da cultura	29
10. Variação diária da temperatura dos substratos, a 5 cm de profundidade, para o dia 16/04, representativo do estádio de frutificação da cultura	30
11. Variação diária da temperatura dos substratos, a 5 cm de profundidade, para o dia 14/05, representativo do estádio de maturação da cultura	30
12. Efeito de manejos de fertirrigação sobre a altura média das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura	35

Figura	Página
13. Efeito de manejos de fertirrigação sobre o número médio de cachos por planta do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura	36
14. Efeito de manejos de fertirrigação sobre o diâmetro médio do caule logo acima do colo das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura	36
15. Efeito de manejos de fertirrigação sobre a altura média do primeiro cacho das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura ...	37
16. Efeito de manejos de fertirrigação sobre o diâmetro médio da haste na altura do primeiro cacho das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura	37
17. Efeito de manejos de fertirrigação sobre o peso médio dos frutos do tomateiro durante o período de colheita da cultura	39
18. Efeito de manejos de fertirrigação sobre o número médio de frutos por planta do tomateiro durante o período de colheita da cultura	39
19. Efeito de manejos de fertirrigação sobre a produtividade média do tomateiro durante o período de colheita da cultura	40
20. Efeito de manejos de fertirrigação sobre a produtividade média comercial do tomateiro durante o período de colheita da cultura	40
21. Efeito de substratos sobre a altura média do primeiro cacho das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura	44
22. Efeito de substratos sobre a altura média das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura	45
23. Efeito de substratos sobre o diâmetro médio do caule logo acima do colo das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura	45
24. Efeito de substratos sobre o diâmetro médio da haste na altura do primeiro cacho das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura	46
25. Efeito de substratos sobre o número médio de cachos por planta do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura	46
26. Efeito de substratos sobre o número médio de frutos por planta do tomateiro durante o período de colheita da cultura	48

Figura	Página
27. Efeito de substratos sobre o peso médio dos frutos do tomateiro durante o período de colheita da cultura	48
28. Efeito de substratos sobre a produtividade média do tomateiro durante o período de colheita da cultura	49
29. Efeito de substratos sobre a produtividade média comercial do tomateiro durante o período de colheita da cultura	49
30. Sistema radicular das plantas do tomateiro conduzidas nos substratos S_1 (A), S_2 (A + B), S_3 (A + C) e S_4 (A + B + C)	51

RESUMO

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, SP, no qual se analisou a produção do tomateiro, híbrido longa vida Carmen, cultivado em diferentes substratos com parcelamento da fertirrigação. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, com esquema fatorial 4 x 2 (quatro substratos e dois manejos de fertirrigação), com quatro repetições. Os substratos testados foram: S_1 = areia fina (0,250 - 0,105 mm); S_2 = 1/2 areia fina + 1/2 bagaço de cana-de-açúcar; S_3 = 1/2 areia fina + 1/2 casca de amendoim moída (passada em peneira com abertura de 7 x 18 mm) e S_4 = 1/3 areia fina + 1/3 bagaço de cana-de-açúcar + 1/3 casca de amendoim moída. Os manejos de fertirrigação utilizados foram: F_1 = fertirrigação realizada uma vez por semana e F_2 = fertirrigação realizada duas vezes por semana. A dotação hídrica foi realizada em função dos dados obtidos em um tanque classe A, instalado no interior do ambiente protegido. Verificou-se que a fertirrigação parcelada proporcionou maior produção. Os substratos S_1 , S_3 e S_4 forneceram melhores condições para o desenvolvimento das plantas que o substrato S_2 . A estimativa da evapotranspiração, pelo método do tanque classe A, não foi eficaz para calcular as reais exigências hídricas do tomateiro cultivado em ambiente protegido.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo do tomateiro em ambiente protegido tornou-se um sistema de produção muito difundido na região Sudeste, principalmente no Estado de São Paulo, maior centro produtor de hortaliças do Brasil. Esta técnica de cultivo advém da necessidade de fornecer ao consumidor produtos "in natura" de boa qualidade durante todo o ano.

Os cultivos de plantas em ambientes protegidos geralmente são realizados no solo. Porém, com o decorrer do tempo, em conseqüência da alta intensidade dos cultivos, têm acarretado problemas com reflexos negativos sobre o rendimento das culturas. Destaca-se como principais problemas dos cultivos no solo, a ocorrência de pragas e fitopatógenos, que atacam o sistema radicular e os desequilíbrios nutricionais, uma vez que os elementos minerais não absorvidos pelas raízes das plantas tendem a se acumular na camada superficial do solo, provocando a salinização e/ou antagonismo entre os nutrientes (ABAK & CELIKEL, 1994; ANDRIOLO et al., 1997). O aparecimento de tais problemas levaram à busca de novas alternativas para o cultivo de espécies que exigem tratos culturais intensivos, como por exemplo, o tomate. Entre estas alternativas, destaca-se o cultivo das plantas em substratos com fertirrigação.

Um substrato agrícola deve guardar uma proporção adequada entre macro e microporos, favorecendo assim a atividade fisiológica das raízes e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas. Segundo Gras (1987), citado por ANDRIOLO et al. (1997), os materiais utilizados como substratos devem ser inertes, combinar uma elevada capacidade de retenção de água com um potencial matricial

relativamente baixo, ser abundantes, de baixo custo e isentos de pragas e fitopatógenos. Desta forma, qualquer material orgânico ou mineral com estas características, sem ser fitotóxico, pode ser utilizado como substrato agrícola.

A fertirrigação permite manter a disponibilidade de água e nutrientes próxima dos valores considerados ótimos ao crescimento e à produtividade da cultura. A quantidade de nutrientes, parcelada ou não, deve ajustar-se às necessidades da cultura ao longo das fases de desenvolvimento. O manejo da água deve evitar variações bruscas do potencial matricial do substrato, especialmente nos períodos de forte demanda evaporativa da atmosfera (ANDRIOLO et al., 1997).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento do tomateiro, híbrido longa vida Carmen, em quatro substratos com dois manejos de fertirrigação sob ambiente protegido.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A origem e o desenvolvimento da casa-de-vegetação ocorreu em países do hemisfério Norte, com o objetivo de elevar a temperatura interna (efeito estufa), na busca de resolver os problemas relacionados com a produção no inverno.

As maiores conquistas na obtenção de ambiente protegido, iniciado no século passado, foram oriundas da utilização do vidro. Porém, a partir de 1930, surgiu o polietileno e com ele uma nova e versátil opção de cultivo. Assim, a utilização do ambiente protegido ampliou-se rapidamente pelo mundo, não só objetivando o efeito estufa, nos cultivos de inverno, como também visando o efeito guarda-chuva, nos períodos de verão chuvoso. Desta forma, surge a possibilidade de viabilizar o cultivo de hortaliças cujo desenvolvimento fica comprometido nesta época do ano.

O Brasil teve sua primeira experiência significativa na utilização do plástico na tomaticultura em 1970, na região Norte, objetivando o efeito guarda-chuva. As dificuldades de se estabelecer e manter a cultura do tomateiro no campo, no período primavera-verão (novembro a março), fizeram com que o cultivo protegido de tomate também se desenvolvesse nas regiões Sul e Sudeste.

O interesse em casa-de-vegetação, principalmente naquelas com cobertura plástica, tem aumentado muito nos últimos anos nas diversas regiões do país. OLIVEIRA et al. (1992) citam como vantagens da utilização destes ambientes fechados ou semi fechados: maior proteção quanto aos fenômenos climáticos, como granizo, excesso de chuvas, sol muito forte durante o dia e queda acentuada da temperatura à

noite; proteção do solo contra lixiviação; redução dos custos com fertilizantes e defensivos e melhor controle de pragas e doenças.

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido está expandindo-se, com o objetivo de se obter maior produtividade, melhor qualidade e barateamento dos produtos durante a entressafra. De acordo com OLIVEIRA et al. (1992), as colheitas nestes ambientes excedem sensivelmente às que se obtêm em céu aberto, sendo da ordem de duas a três vezes este aumento de produção.

Atualmente, muitos pesquisadores têm estudado a viabilidade do cultivo de hortaliças em ambiente protegido. Segundo OLIVEIRA (1995), no Brasil existe uma superfície coberta de, aproximadamente, 1000 ha com casas de vegetação, as quais são utilizadas para o cultivo e produção de plantas ornamentais, hortaliças e mudas das mais variadas espécies de plantas. Na área científica, a utilização destas ocupa um espaço de, aproximadamente, 40 ha.

O tomateiro é originário da América do Sul, mais especificamente entre o Equador e o norte do Chile, encontrando-se muitas espécies desde o litoral do Pacífico até uma altitude de 2000 m nos Andes, sendo, portanto, uma planta de clima tropical de altitude. Entretanto, com intensivos programas de melhoramento genético, o tomateiro tem-se adaptado também em regiões de clima subtropical e temperado, apenas não tolerando as temperaturas extremas, como geadas, e temperaturas demasiadamente elevadas (GOTO, 1995).

Um diferencial de temperatura entre dia e noite parece exercer efeitos vantajosos sobre a produtividade. De modo geral, com temperaturas diurnas na faixa de 26-30°C e noturnas de 17-20°C, ocorre melhor desenvolvimento do tomateiro, pois as temperaturas mais frias, à noite, contribuem para que a planta transloque todos os alimentos que foram processados durante o dia e, também, regule as reações enzimáticas (GOTO, 1995).

Um dos componentes mais importantes na produtividade do tomateiro é o índice de pegamento de frutos. Por definição, o termo “pegamento de fruto” indica a proporção de flores que atinge a antese, as quais, subseqüentemente, fixam frutos que se desenvolvem até a colheita. Trata-se de um processo complexo e dependente, dentre outros fatores, da temperatura, principalmente a noturna, que deve estar na faixa ótima de 15-20°C. Temperaturas noturnas fora desta faixa podem provocar abortamento e queda

de flores, como resultado da produção deficiente de pólen, de baixa polinização e da reduzida fertilização (MELO, 1991).

Os efeitos das altas temperaturas no florescimento são evidentes, principalmente por meio de um sensível aumento no número de flores que caem. As flores afetadas apresentam pedicelos amarelados, que murcham e caem, ou aquelas que continuam no cacho têm ovários enrugados, que permanecem dormentes. Quedas repentinas de temperatura durante o florescimento, clima muito quente e seco e temperaturas extremas, dentre outras causas, são responsáveis pelo aumento pronunciado de flores que caem (LOPES & STRIPARI, 1998).

A maioria dos cultivares, quando expostos à temperatura de 26/20°C dia/noite, derrubam as flores e, a 30/20°C, quase não fixam frutos. A fase mais sensível às altas temperaturas parece ser nove dias antes da antese, em que um curto período (3 horas) de exposição a 40°C já pode causar derrubadas de flores na maioria dos cultivares (MINAMI & HAAG, 1989).

Em altas temperaturas do ar, ocorre aceleração no crescimento da planta, florescimento, desenvolvimento e amadurecimento do fruto, favorecendo a precocidade (HEUVELINK, 1995). Entretanto, com temperaturas na faixa de 35°C de dia e 25°C à noite, nota-se maior queda de flores e menor formação de frutos por cachos, quando comparadas às temperaturas normais, 22°C de dia e 18°C à noite. Este fato é explicado pelo alongamento do estilo, resultando em insucesso na polinização, além do lento crescimento do tubo polínico, no caso de haver polinização, conseqüentemente menor pegamento de fruto (PICKEN, 1984).

A temperatura ideal para a germinação do grão de pólen é 27°C, e temperaturas mais altas retardam tanto a germinação quanto o desenvolvimento do tubo polínico. A 42°C, não há germinação do grão de pólen; aquele colhido de flores que caíram não germina à temperatura de 27-34°C. Uma menor quantidade de grão de pólen atinge o estigma nestas condições de altas temperaturas, e, às vezes, estes não são viáveis (REGHIN, 1996b).

A fixação do fruto, além de depender da polinização, é influenciada por outros fatores: existência de folhas maduras, nível de nutrientes na planta, temperatura (faixa ótima é 18-22°C) e presença de oxigênio. Para que ocorram fixação e desenvolvimento natural do fruto, são necessários a germinação do pólen, fertilização e produção de sementes (REGHIN, 1996b).

A temperatura também afeta a coloração do tomate durante o amadurecimento. A temperatura ótima para formação do licopeno, o responsável pela coloração vermelha do fruto, está em torno de 24°C. Acima de 30°C, o licopeno não se forma e o fruto torna-se amarelado. Acima de 40°C, o fruto permanece verde indefinidamente (MINAMI & HAAG, 1989).

O efeito mais evidente da temperatura do solo está relacionado com a fase vegetativa, principalmente no início do ciclo, não tendo influência marcante na fase reprodutiva. Temperaturas do solo entre 21-30°C propiciaram o crescimento normal do tomateiro. Abaixo de 20°C, ocorreu redução no crescimento da planta (Abdelhafeez et al., 1971, citados por LOPES, 1997). GOSSELIN & TRUDEL (1983a) verificaram a correlação existente entre as temperaturas noturnas do ar (12, 15, 18 e 21°C) e as temperaturas do solo (12, 18, 24, 30 e 36°C) no crescimento, desenvolvimento e produção de tomate cultivado em casa-de-vegetação. Baixa temperatura noturna do ar com baixa temperatura do solo contribuíram para aumentar a matéria seca das raízes. Entretanto, com o aumento da temperatura do solo (30 e 36°C), o sistema radicular foi mais eficiente em absorver água e favorecer o crescimento vegetativo. Temperatura noturna do ar de 15°C com temperatura do solo de 30°C proporcionaram máximo crescimento vegetativo, enquanto que as maiores produções foram obtidas na combinação de 18°C de temperatura noturna do ar e 24°C de temperatura do solo. Entretanto, temperaturas do solo acima de 30°C inibem o desenvolvimento de hortaliças de fruto (Nogushi & Nakamura, 1985, citados por LOPES, 1997).

GOSSELIN & TRUDEL (1983b) observaram que o teor de nutrientes nas folhas de tomate foi afetado pelas temperaturas noturnas do ar e temperaturas do sistema radicular. As temperaturas do sistema radicular que promoveram maior crescimento vegetativo (24 e 30°C) reduziram a concentração de nitrogênio nas folhas, sugerindo que maior quantidade de fertilizante nitrogenado deveria ter sido aplicado nestas condições. Por outro lado, alta concentração de fertilizante nitrogenado pode provocar crescimento vegetativo excessivo com efeitos prejudiciais sobre o florescimento e pegamento dos frutos. Assim, todos os nutrientes deveriam ser individualmente estudados em relação às temperaturas do sistema radicular e noturnas do ar. Porém, o fertilizante nitrogenado exige maior atenção, porque afeta diretamente o balanço entre crescimento vegetativo e reprodutivo.

O déficit de pressão de vapor, entre 1,0 e 0,2 KPa (umidade relativa entre 55 e 90%, a 20°C), tem apresentado pouco efeito sobre a fisiologia e o desenvolvimento das hortaliças (GRANGE & HAND, 1987). Entretanto, baixa umidade causa excessiva perda de água, fechamento de estômatos, restringindo as trocas de dióxido de carbono, diminuindo as taxas de fotossíntese e reduzindo o crescimento da planta. Por outro lado, a alta umidade do ar pode estimular a ocorrência de doenças e causar distúrbios fisiológicos, afetando o crescimento e o desenvolvimento da planta. Os esporos da maioria dos fungos que causam as principais doenças em tomateiro somente germinam em alta umidade e/ou presença de água livre, mesmo em poucas horas, essencial para o início da germinação. Existe, assim, alta correlação entre umidade relativa do ar, água livre na folha e grau de infecção de doença foliar (GRANGE & HAND, 1987). Alta umidade do ar freqüentemente provoca condensação de vapor d'água na folha, bem como a maior aderência do pólen na antera, prejudicando a polinização e reduzindo a produtividade e a qualidade dos frutos (GRANGE & HAND, 1987; BAKKER, 1990; HOLDER & COCKSHULL, 1990).

Tem-se observado que os valores médios de umidade relativa do ar na casa-de-vegetação coberta com PEBD (Polietileno de Baixa Densidade) são similares às do ambiente externo. Porém, analisando a sua evolução ao longo do dia, verificam-se enormes variações no interior dos ambientes protegidos, com valores excessivos à noite e insuficientes de dia (REGHIN, 1996a). Os valores de umidade relativa do ar são muito variáveis e estão intimamente relacionados com a temperatura do ar. Dessa forma, durante o dia, com o aumento da temperatura, a umidade relativa do ar diminui no interior do ambiente protegido, tornando-se um pouco inferior à verificada externamente. Durante a noite, no entanto, a umidade relativa aumenta bastante chegando quase sempre a 100%, logo antes do nascer do sol, em razão da queda acentuada de temperatura verificada no período, ocorrendo a condensação de vapor d'água pela cobertura.

Como a umidade relativa do ar no interior do ambiente protegido depende, em parte, da evaporação da água do solo, torna-se muito importante o manejo das irrigações. Para a manutenção da umidade do solo no nível ótimo para a espécie em cultivo, devem-se adicionar menores quantidades de água no solo a cada irrigação e reduzir o intervalo de tempo entre uma e outra. De acordo com Silva & Simão (1973), citados por MAROUELLI et al. (1996), a faixa de tensão de água no solo em que se deve promover a irrigação da cultura do tomate está entre 30 e 100 kPa.

Sabe-se que o teor de umidade do solo benéfico para as plantas tem limites definidos. Água em excesso ou em déficit, ou ainda, ambas as condições são prejudiciais às plantas, causando sintoma semelhante ao de murchamento, tanto por não permitir trocas gasosas, quando em excesso, como pela desidratação das plantas, quando há falta. O excesso de água faz com que todos os espaços do solo sejam ocupados pela água. Não sobrando espaço para o oxigênio, as plantas ficam então impedidas de crescer, tendo em vista que o sistema radicular paralisa seu desenvolvimento por não conseguir absorver os nutrientes. Quando a umidade é alta, o sistema radicular das plantas fica concentrado, ocorrendo desequilíbrio na absorção de nutrientes, distúrbios fisiológicos e aumentando a incidência de patógenos. Quando a umidade do solo é baixa, provoca menor desenvolvimento do sistema radicular, menor absorção de nutrientes, distúrbios fisiológicos, salinização do solo, diminuindo a produtividade (GOTO, 1995).

A cobertura plástica do ambiente protegido altera o balanço de radiação e o balanço energético, com relação ao exterior; conseqüentemente, altera também a evapotranspiração. Assim, torna-se extremamente importante um melhor conhecimento das exigências hídricas das culturas (FARIAS et al., 1994; GALVANI et al., 1998), como também de modelos de transpiração, que permitam estimar com suficiente precisão a necessidade de água a intervalos curtos de tempo (ANDRIOLO et al., 1997).

A evapotranspiração das culturas sob ambiente protegido é normalmente menor do que a verificada externamente. Em geral, a evapotranspiração no interior fica em torno de 60-80% da verificada no exterior (MONTERO et al., 1985; ROSENBERG et al., 1989; FARIAS et al., 1994). Esta ocorrência atribui-se basicamente à parcial opacidade da cobertura plástica à radiação solar e à redução da ação dos ventos, que são os principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera (FARIAS et al., 1994).

A estimativa da evapotranspiração através da utilização do tanque classe A tem sido recomendada (MONTERO et al., 1985) ou desaconselhada (VESCAMBRE & VAYSSE, 1980). LOURES et al. (1998), avaliando o cultivo do tomateiro em substratos sob ambiente protegido, verificaram que a estimativa da demanda de água pela cultura, com base na evaporação do tanque classe A, foi suficiente somente no início do desenvolvimento das plantas. Porém, devido à condição de murchamento das plantas, foi necessário aplicar mais água do que a recomendação inicial.

A intensificação da agricultura e, principalmente, a sua concentração em determinadas regiões do globo, criou problemas tanto de ordem nutricional quanto de sanidade do sistema radicular. A oferta de nutrientes pela adubação nem sempre está corretamente ajustada à demanda da planta. Neste caso, determinados elementos químicos passam a se acumular no meio radicular e podem causar sérios transtornos ao crescimento das plantas. Alguns elementos acumulados tornam-se tóxicos e outros podem provocar reações de antagonismo entre si, dificultando a absorção dos nutrientes (ABAK & CELIKEL, 1994; ALAN et al., 1994; ANDRIOLO et al., 1997). O aumento da incidência das doenças provocadas pelos patógenos que vivem no solo é particularmente grave na horticultura e, no caso de algumas culturas, como por exemplo o tomateiro, pode inviabilizar o cultivo desta espécie nas áreas fortemente contaminadas (ABAK & CELIKEL, 1994; ALAN et al., 1994; ANDRIOLO et al., 1997). Os problemas relacionados tanto com a composição como com o estado sanitário do solo forçaram a busca de novas alternativas para o cultivo de espécies que exigem tratos culturais intensivos, especialmente hortaliças e flores. Entre estas alternativas, figura o cultivo das plantas em substratos com fertirrigação, utilizando meios de cultura quimicamente ajustados e isentos de doenças.

Segundo ANDRIOLO et al. (1999), esta modalidade de cultivo representa grande avanço frente aos sistemas de cultivo no solo, porque oferece como principais vantagens: o manejo mais adequado da água, evitando a umidade excessiva em torno das raízes, que é muito comum no solo em períodos de elevada precipitação pluviométrica; o fornecimento dos nutrientes em doses e épocas apropriadas, de acordo com os períodos de maior necessidade ao longo do ciclo de produção das culturas; a redução dos riscos de salinização do meio radicular, por meio de drenagem de nutrientes excedentes e não absorvidos pelas plantas e a possibilidade de diminuir a ocorrência de problemas de ordem fitossanitária das culturas, tanto da parte aérea como das raízes. Os benefícios diretos desta técnica se traduzem principalmente em maior rendimento e melhor qualidade dos produtos colhidos, associados à menor utilização de defensivos agrícolas. Como benefício indireto, pode-se citar um menor risco de perda das lavouras, permitindo melhor planejamento da produção o que contribui para a profissionalização dos produtores frente a um mercado cada vez mais competitivo.

Segundo BLANC (1987), um substrato agrícola é todo material, natural ou artificial, colocado em um recipiente, puro ou em mistura, que permite a fixação

do sistema radicular e serve de suporte à planta. Esta definição genérica assume características particulares quando se trata de substratos artificiais, em que todos ou a maior parte dos nutrientes necessários à planta devem ser fornecidos artificialmente. Neste caso, as propriedades químicas do substrato têm importância secundária. Na moderna horticultura fora do solo, os substratos mais utilizados são quimicamente inertes, pois permitem um controle mais preciso da nutrição mineral das plantas.

As propriedades físicas dos substratos são de fundamental importância, pois são elas que condicionam o crescimento das raízes. As duas propriedades físicas mais importantes, na caracterização de um substrato para as culturas fora do solo, são a capacidade de retenção de água e o teor de ar (GRAS, 1987). Estes dois parâmetros são complementares na determinação da porosidade total. Em relação ao crescimento e à atividade radicular, um substrato deve armazenar um determinado volume de água e, ao mesmo tempo, manter teor adequado de oxigênio em torno das raízes. O oxigênio é indispensável para a respiração das raízes a fim de suprir a energia necessária à absorção dos nutrientes (SALSAC et al., 1987). De acordo com ANDRIOLO et al. (1999), um substrato agrícola deve apresentar uma boa capacidade de retenção de água, uma vez que o baixo volume retido repercute negativamente sobre o rendimento da cultura, pois dificulta o manejo tanto da água como dos nutrientes. Com relação à água, o volume disponível às plantas passa rapidamente de uma situação de potencial hídrico total próximo de zero para os valores negativos, os quais induzem o estresse hídrico, com a entrada em ação dos mecanismos fisiológicos de controle da transpiração. O principal mecanismo dessa natureza é o fechamento dos estômatos, que reduz simultaneamente a saída de vapor d'água e a taxa de fotossíntese. Fenômeno semelhante ocorre com a nutrição mineral, pois somente uma pequena fração dos nutrientes fica retida pelo substrato, induzindo uma forte lixiviação pela drenagem. Em substratos deste tipo, a fertirrigação contínua com uma solução nutritiva completa é quase obrigatória.

Dois critérios essenciais devem ser considerados na escolha de um substrato hortícola: o custo e a disponibilidade. O custo de aquisição deve ser baixo, sob pena de inviabilizar a técnica. Porém, o baixo custo de aquisição não é suficiente, se os volumes necessários não estiverem disponíveis a qualquer momento. A desinfecção é uma prática onerosa e difícil de ser realizada. Por essa razão, é mais prático e seguro substituir inteiramente o substrato entre uma cultura e outra. A escolha correta é uma decisão a ser tomada em função da realidade de cada região de produção.

No decorrer do ciclo das culturas, a fertirrigação permite manter a disponibilidade hídrica e mineral sempre próxima dos valores considerados ótimos ao crescimento e à produtividade. Os cultivos fora do solo simplificam o manejo da fertirrigação, pois a solução nutritiva pode ser ajustada a qualquer momento e o excesso de nutrientes drenado para fora do substrato. O objetivo fundamental do manejo da fertirrigação consiste em ajustar a oferta hídrica e mineral à demanda da planta. Uma das maiores dificuldades, no caso das culturas em substratos, consiste em estimar corretamente a frequência e a dose das irrigações. Intervalos muito curtos mantêm o teor de umidade do substrato sempre próximo de sua capacidade máxima e podem, por isso, reduzir a disponibilidade de oxigênio às raízes. Intervalos muito longos, sobretudo durante os períodos de forte consumo de água, podem provocar um aumento excessivo da concentração salina em torno das raízes, impondo um estresse hídrico à planta. Para manejar adequadamente a cultura, deve-se dispor de instrumentos capazes de estimar com boa precisão o consumo de água pela planta a intervalos de tempo curtos, geralmente na escala de minutos (ANDRIOLO, 1999).

Com a técnica de fertirrigação, a quantidade total de nutrientes não é mais o fator limitante na nutrição mineral de hortaliças cultivadas em ambiente protegido. Desta forma, a absorção e distribuição dos nutrientes sofrem influências das condições microclimáticas e do ambiente do sistema radicular. Portanto, uma criteriosa avaliação das interações entre nutrição mineral e ambiente cultural é indispensável para se obter as produções desejadas (ADAMS, 1994).

Em estudos de laboratório com a cultura do tomateiro, a absorção do nutriente mineral foi função crescente do teor de oxigênio no substrato. Quando o nível de oxigênio foi próximo de zero, o consumo dos nutrientes minerais foi desprezível, afetando o crescimento da planta (CORNILLON, 1994). Trabalhando com plantas de tomate, desenvolvidas em cultivos com excesso de água sem aeração, ADAMS (1994) observou redução de 34% na matéria seca das plantas, quando comparadas àquelas desenvolvidas em ambiente apropriadamente aerado. Os pesos totais de Ca e Mg por folha foram reduzidos em mais de 50%, e a absorção de água e a maioria dos nutrientes foram reduzidos em torno de 30%.

ANDRIOLO et al. (1997) compararam o desenvolvimento do tomateiro cultivado em solo e em substrato com fertirrigação. O substrato foi constituído por três partes aproximadamente iguais de turfa, vermiculita e perlita. Os autores

concluíram que a produção de frutos por planta não mostrou diferenças significativas entre o cultivo no solo e em substrato. Entretanto, uma mesma produção, obtida no substrato, com menor área de folhas indica a possibilidade de utilizar uma maior densidade de plantas, que é um dos componentes mais importantes do rendimento de uma cultura. Além disso, proporciona melhor ventilação, reduz o risco de moléstias e facilita o manejo das plantas.

LOURES et al. (1998) avaliaram a produção do tomateiro cultivado em substrato comercial contendo esterco de suínos. Concluíram que, considerando a produção de frutos alcançada, $3,7 \text{ kg.planta}^{-1}$, o uso do esterco de suínos, como parte do substrato para produção de tomate, em condições protegidas, mostrou-se tecnicamente viável, o que pode constituir uma opção de uso desses resíduos.

ANDRIOLO et al. (1999) compararam o cultivo do tomateiro em substratos (casca de arroz, húmus e substrato comercial) e concluíram que os substratos de baixo custo, como a casca de arroz e o húmus proveniente da minhocultura, constituem-se em materiais apropriados para o uso como substrato, possuindo características similares ao substrato comercial testado, com produção de frutos em torno de $2,5 \text{ kg.planta}^{-1}$.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

O experimento foi conduzido no Setor de Plasticultura do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, SP. A altitude local é de 595 m, com latitude de 21°15'22" S e longitude de 48°18'58" W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo subtropical com inverno seco (Cwa), com precipitação média anual de 1400 mm, temperatura média anual de 22°C e umidade relativa média do ar de 70%.

O ambiente protegido, com orientação no sentido leste-oeste, foi construído em estrutura metálica, do tipo capela, com 4 m de pé-direito, 30 m de comprimento e 10 m de largura, coberto com filme de polietileno transparente aditivado contra raios ultravioleta, com 100 micras de espessura, e laterais protegidas com telas de polipropileno preto com 30% de sombreamento.

3.2 Delineamento estatístico

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, com esquema fatorial 4 x 2 (quatro substratos e dois manejos de fertirrigação), com quatro repetições.

Os blocos foram instalados com o objetivo de minimizar qualquer diferença microclimática que pudesse ocorrer dentro do ambiente protegido. Sendo assim, cada quadrante da casa-de-vegetação correspondeu a um bloco.

Os quatro substratos utilizados foram: S_1 (areia fina), S_2 (areia fina + bagaço de cana-de-açúcar), S_3 (areia fina + casca de amendoim moída) e S_4 (areia fina + bagaço de cana-de-açúcar + casca de amendoim moída).

Os dois manejos de fertirrigação foram: F_1 (fertirrigação realizada uma vez por semana) e F_2 (fertirrigação realizada duas vezes por semana).

A parcela experimental constituiu-se de doze plantas de tomate espaçadas de 0,5 m e conduzidas por 112 dias nos diferentes substratos, acondicionados em estruturas de cimento-amianto, tipo Canaleta 49 da Eternit, com 6,5 m de comprimento, 0,49 m de largura útil e 0,18 m de profundidade. As parcelas foram dispostas de maneira que o espaçamento entre linhas de plantas fosse de 1,0 m.

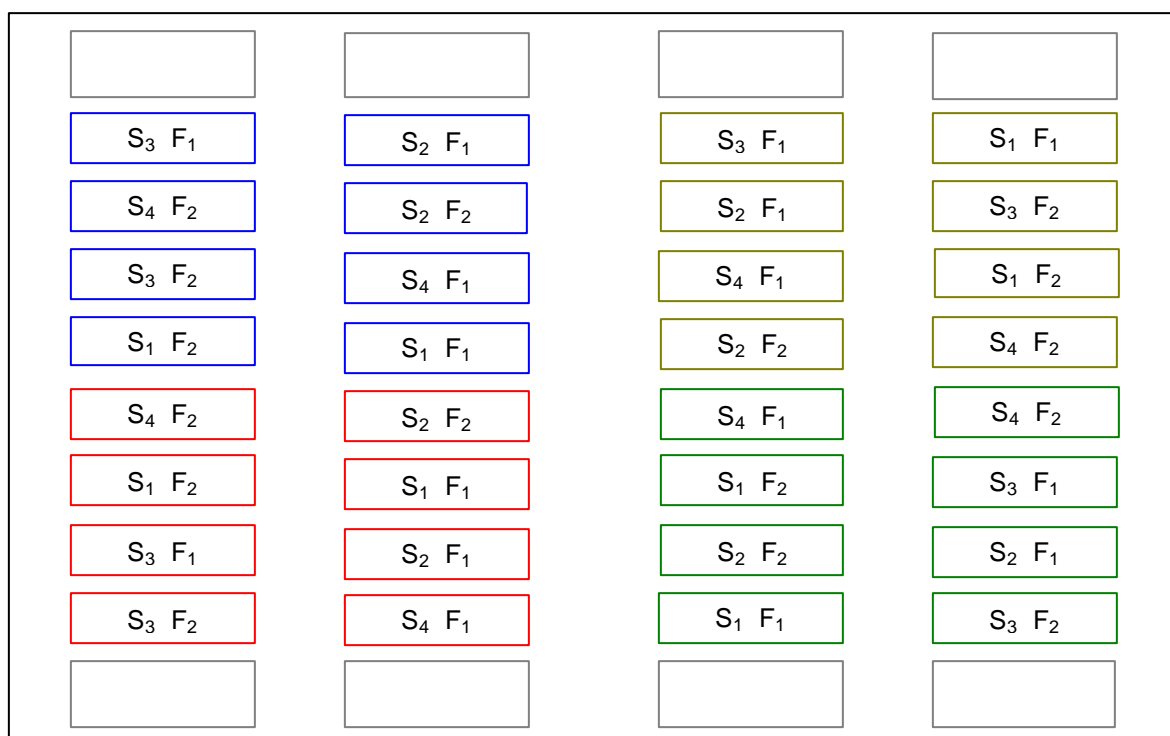
Foram instaladas, como bordadura, oito estruturas de cimento-amianto (quatro em cada lateral da casa-de-vegetação), tipo Canaleta 90 da Eternit, com 6,7 m de comprimento, 0,90 m de largura útil e 0,25 m de profundidade, as quais receberam vinte e quatro plantas de tomate, com espaçamento de 0,5 m entre plantas e 0,8 m entre linhas, utilizando-se o substrato composto somente de areia fina (S_1) e a fertirrigação realizada em uma aplicação (F_1).

As canaletas foram instaladas com declividade aproximada de 2%, a fim de assegurar a drenagem da solução nutritiva. Para evitar que a solução nutritiva tivesse contato com o cimento-amianto, a parte interna das canaletas foi revestida com plástico preto.

Os componentes dos substratos foram misturados de maneira uniforme e, em seguida, acondicionados nas canaletas, até o seu completo preenchimento.

A área útil do experimento correspondeu às oito plantas centrais de cada parcela.

Croqui da área experimental:



Legenda:

— bordadura do experimento

— bloco 1

— bloco 2

— bloco 3

— bloco 4

3.3 Substratos

3.3.1 Composição

A composição dos quatro substratos avaliados, utilizando areia fina (0,250 - 0,105 mm), bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim moída (passada em peneira com abertura de 7 x 18 mm), encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1: Composição dos substratos (Proporção volumétrica).

Substratos	Areia fina	Bagaço de cana-de-açúcar	Casca de amendoim moída
S ₁	1	-----	-----
S ₂	1/2	1/2	-----
S ₃	1/2	-----	1/2
S ₄	1/3	1/3	1/3

3.3.2 Caracterização química

Cada componente dos substratos foi previamente analisado no Laboratório de Análise de Solo e Planta da FCAV/UNESP de Jaboticabal, SP, sendo a areia fina analisada como solo (Tabela 2) e o bagaço de cana-de-açúcar e a casca de amendoim moída analisados como material vegetal (Tabela 3).

Tabela 2: Análise química da areia fina.

	pH	M.O. em CaCl ₂ g.dm ⁻³	P em resina mg.dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
				-----	-----	-----	-----	-----	-----	%	-----	-----	-----	-----	-----
Areia fina	4,3	3	1	0,3	3	1	13	4,3	17,3	25	0,03	0,1	8,0	0,3	0,1

Tabela 3: Análise química do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de amendoim moída.

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	g.kg ⁻¹	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	mg.kg ⁻¹	-----	-----
Bagaço de cana-de-açúcar	2,5	0,2	0,8	0,1	0,3	0,4	7	3	2592	56	7
Casca de amendoim moída	11,9	0,8	9,7	4,8	2,3	0,9	23	9	1992	50	10

3.4 Manejos de fertirrigação

A quantidade de nutrientes, fornecida através de fertirrigação, foi a recomendada por MORAES (1997), e encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4: Quantidade de macro e micronutrientes fornecida através de fertirrigação.

Fertilizantes	g. (1000L) ⁻¹	Macronutrientes fornecidos (ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cl
Monoamôniofosfato	285	31,4	60,0					
Sulfato de Magnésio	600					60,0	78,0	
Nitrato de Cálcio	1088	168,6			206,0			
Sulfato de Potássio	423			173,0			72,0	
Cloreto de Potássio	340			177,0				160,0
<i>Total (ppm)</i>		<i>200,0</i>	<i>60,0</i>	<i>350,0</i>	<i>206,0</i>	<i>60,0</i>	<i>150,0</i>	<i>160,0</i>

Fertilizantes	g. (1000L) ⁻¹	Micronutrientes fornecidos (ppm)					
		Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
Sulfato de Manganês	3,00		0,75				
Sulfato de Zinco	0,45				0,10		
Ácido Bórico	2,94					0,50	
Sulfato de Ferro	10,00	2,00					
Sulfato de Cobre	0,41			0,10			
Molibdato de Sódio	0,02						0,01

Os manejos de fertirrigação utilizados foram: F₁ = fertirrigação realizada uma vez por semana, às segundas-feiras, com aplicação da quantidade de nutrientes recomendada e F₂ = fertirrigação realizada duas vezes por semana, às segundas e quintas-feiras, com aplicação de metade da quantidade de nutrientes recomendada em cada uma delas.

Para o sistema de irrigação localizada, utilizaram-se gotejadores de fluxo turbulento, marca Carborundum, com vazão de 1,8 L.h⁻¹ a pressão de serviço de 0,8 kgf.cm⁻², com um gotejador ao lado do caule de cada planta.

A lâmina de água aplicada foi a mesma para todos os tratamentos. A dotação hídrica foi realizada em função dos dados obtidos em um tanque classe A, instalado no interior do ambiente protegido e calculada através da seguinte fórmula:

$ET_0 = Kt \cdot ECA$, onde:

ET_0 = evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1})

Kt = coeficiente de tanque

ECA = evaporação do tanque classe A (mm.dia^{-1})

$ET_c = Kc \cdot ET_0$, onde:

ET_c = evapotranspiração da cultura (mm.dia^{-1})

Kc = coeficiente da cultura

De acordo com as recomendações, o coeficiente de tanque utilizado foi 0,70 (DOORENBOS & PRUITT, 1976) e os coeficientes da cultura variáveis, em função do estágio de desenvolvimento do tomateiro (DOORENBOS & KASSAN, 1979) (Tabela 5).

Tabela 5: Coeficientes da cultura em função do estágio de desenvolvimento.

Período	Estádio de desenvolvimento	Kc
11/02 - 16/02	I: da emergência até 10% do desenvolvimento vegetativo	0,40
17/02 - 29/02	II: desde o final do estágio I até 70% a 80% do desenvolvimento vegetativo (início do florescimento)	0,70
01/03 - 21/05	III: desde o final do estágio II até o início da maturação	1,05
22/05 - 02/06	IV: desde o final do estágio III até a colheita	0,60

Durante os primeiros trinta dias após o transplântio das mudas, a lâmina de água aplicada, em função dos valores do tanque classe A, foi suficiente para suprir a necessidade hídrica da cultura. Após este período, as plantas apresentaram-se parcialmente murchas, nas horas mais quentes do dia, sendo este comportamento mais pronunciado no substrato composto somente de areia fina (S_1). Segundo FERNANDES et al. (2000), a areia fina apresenta menor capacidade de retenção de água, em relação aos demais substratos avaliados, proporcionando menos água disponível para as plantas. Aos 36 dias após o transplântio, foram instalados tensiômetros nas parcelas do substrato S_1 e observados valores de potencial matricial entre 24 e 40 kPa. De acordo com Silva & Simão (1973), citados por MAROUELLI et al. (1996), a faixa de tensão de água no solo em que se deve promover a irrigação da cultura do tomate está entre 30 e 100 kPa. Portanto, baseado nos valores de potencial matricial, observados no substrato S_1 ,

verificou-se que a cultura estava sofrendo estresse hídrico e, conseqüentemente, decréscimo na atividade fisiológica da planta. Assim, em função do comportamento das plantas, aumentou-se a lâmina de água fornecida. Diariamente, as plantas foram observadas e, ao se constatar murchamento, aumentos de 20% da quantidade de água fornecida foram realizados. Desta forma, aos 59 dias após o transplântio, aplicou-se 150% acima da quantidade de água determinada inicialmente através dos dados do tanque classe A. Assim, não se observou mais o murchamento das plantas (Tabela 6).

Tabela 6: Volume de água aplicada durante o ciclo do tomateiro.

Período (dias após transplântio)	Kc	Evapotranspiração da cultura (mm.dia ⁻¹)	Aumento da lâmina de água	Lâmina total aplicada (mm.dia ⁻¹)	Volume total aplicado (ml.planta ⁻¹ .dia ⁻¹)
1-5	0,40	1,20	-----	1,20	180,00
6-18	0,70	1,55	-----	1,55	232,50
19-36	1,05	2,20	-----	2,20	330,00
37-40	1,05	2,25	20%	2,70	405,00
41-43	1,05	2,25	40%	3,15	472,50
44-46	1,05	2,00	60%	3,20	480,00
47-49	1,05	1,80	80%	3,24	486,00
50-52	1,05	2,25	100%	4,50	675,00
53-55	1,05	2,40	120%	5,28	792,00
56-58	1,05	2,10	140%	5,04	756,00
59-100	1,05	1,75	150%	4,38	657,00
101-112	0,60	0,80	150%	2,00	300,00

3.5 Condução da cultura

O híbrido longa vida Carmen, segundo a empresa Agroflora S/A de São Paulo, é bastante adaptado ao cultivo protegido e apresenta como características: crescimento indeterminado, frutos tipo caqui e resistentes a *Fusarium* raças 1 e 2, vírus do mosaico e *Verticilium* raça 1.

As mudas de tomate foram produzidas em bandejas de poliestireno, de acordo com a técnica rotineira na produção comercial, sendo o transplântio para os

diferentes substratos realizado em 11/02/2000, quando as mesmas se encontravam no estágio de seis folhas definitivas.

A desbrota, retirada de todos os brotos axilares, e a condução vertical da cultura em uma haste, através de fitilhos, foram realizadas semanalmente. A poda dos ponteiros foi realizada quando as plantas atingiram dois metros de altura. O raleio das flores e dos frutos não foram realizados, uma vez que o objetivo da pesquisa foi a análise do potencial produtivo da cultura nos diferentes substratos, e não a qualidade dos frutos. Somente a poda das inflorescências na base dos cachos foi realizada à medida que as mesmas apareceram.

Para o controle de pragas, foram realizadas 2 pulverizações por semana, visando principalmente ao controle da traça (*Scrobipalpula absoluta*) e da broca pequena do fruto (*Neoleucinodes elegantalis*), utilizando-se Methamidophos, Deltamethrin e Lambdacyhalothrin, alternadamente, nas doses recomendadas pelos fabricantes.

Para o controle de doenças foram realizadas pulverizações com Chlorothalonil, na dose recomendada pelo fabricante, seguindo o sistema de previsão de doenças para a cultura do tomateiro, desenvolvido por ROCHA (1998) e SCALOPPI (1999).

A partir do início do florescimento das plantas, realizaram-se pulverizações semanais com cloreto de cálcio (200 mg.L^{-1}), para prevenir o aparecimento de podridão apical.

Os frutos foram colhidos semanalmente, durante o período de 14/04 a 02/06, procurando-se manter o mesmo ponto de maturação durante todo o experimento.

3.6 Características analisadas

3.6.1 Avaliações meteorológicas

A temperatura e a umidade relativa do ar, no interior do ambiente protegido, foram obtidas através de um termohigrógrafo, marca Thies Guttnen, com registro contínuo de valores. O aparelho foi instalado em abrigo de madeira, a 1,0 m de altura.

As temperaturas dos substratos foram obtidas através de termopares, confeccionados através da fusão de fios de cobre-constantan, acoplados a um datalogger CR10X, marca Campbell, que armazenou os dados em intervalos regulares de 15 minutos. Os sensores das temperaturas dos substratos foram instalados a 5 cm de profundidade, no centro de todas as parcelas.

A variação diária da temperatura e umidade relativa do ar, no interior do ambiente protegido, e da temperatura dos substratos foram descritas para quatro dias, com semelhantes valores de insolação (9,5-9,7 horas de brilho solar), cada um representativo de um estágio de desenvolvimento da cultura, da seguinte maneira: 22/02 (desenvolvimento vegetativo), 08/03 (florescimento), 16/04 (frutificação) e 14/05 (maturação). Devido ao crescimento indeterminado do tomateiro, estabeleceram-se os períodos de desenvolvimento da cultura sempre em função do terceiro cacho. Então, considerou-se o período de desenvolvimento vegetativo, 1 a 20 dias após o transplântio (11/02 a 02/03), de florescimento, 21 a 51 dias após transplântio (03/03 a 02/04), de frutificação, 52 a 81 dias após transplântio (03/04 a 02/05) e de maturação, 82 a 112 dias após transplântio (03/05 a 02/06). Os valores de insolação ou horas de brilho solar utilizados foram extraídos de um conjunto de dados pertencentes ao acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas. As observações feitas na Estação Agroclimatológica do Câmpus de Jaboticabal são cotadas, digitadas em formato padronizado, realizada a consistência e controle de qualidade. Em seguida são obtidas as médias diárias, mensais e anuais que são repassadas aos usuários.

3.6.2 Avaliações da cultura

Quanto às características de desenvolvimento da planta, avaliou-se, aos 20 (02/03), 40 (22/03) e 60 (11/04) dias após o transplântio, a altura média das plantas (cm), o diâmetro médio do caule logo acima do colo (mm), a altura média do primeiro cacho (cm), o diâmetro médio da haste na altura do primeiro cacho (mm) e o número médio de cachos por planta. As alturas foram medidas com fita métrica convencional e os diâmetros com paquímetro digital.

Realizou-se a análise foliar aos 66 dias após o transplântio (17/04), coletando-se a quarta folha a partir da ponta, por ocasião do primeiro fruto maduro (MALAVOLTA et al., 1997). As amostras foram lavadas em água deionizada, colocadas

para secar em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, até atingirem peso constante e, posteriormente, moídas para serem submetidas à análise química, seguindo a metodologia desenvolvida por BATAGLIA et al. (1983).

Quanto às características de produção, avaliou-se, aos 70 (21/04), 84 (05/05), 98 (19/05) e 112 (02/06) dias após o transplante, o peso médio dos frutos (g), o número médio de frutos por planta, a produtividade média (kg.planta^{-1}) e a produtividade média comercial (t.ha^{-1}). Cada um destes períodos de colheita correspondeu ao total de frutos colhidos durante quinze dias.

Os resultados foram analisados por meio da análise de variância e teste de Tukey, a 5%, para comparação das médias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliações meteorológicas

4.1.1 Temperatura e umidade relativa do ar no interior do ambiente protegido

A temperatura média do ar, no interior do ambiente protegido, permaneceu na faixa de 23 a 25°C até o 13º quinquídio e, após este período, ficou em torno de 18 a 22°C. Da mesma maneira, registraram-se temperaturas mínimas na faixa de 18 a 20°C até o 13º quinquídio e, após este período, valores mais baixos de 10 a 17°C. A temperatura máxima permaneceu na faixa de 33 a 35°C praticamente durante todo o período. A redução da temperatura média do ar ocorreu em função dos menores valores da temperatura mínima, uma vez que a temperatura máxima não apresentou variações significativas (Figura 1).

A umidade relativa do ar, no interior do ambiente protegido, permaneceu, até o 11º quinquídio, na faixa de 70 a 90%, na temperatura de 23 a 25°C (umidade absoluta de 14,39 a 20,02 g vapor d'água.m⁻³ de ar). Os valores reduziram para 65 a 70%, na temperatura de 23 a 25°C (13,36 a 16,11 g vapor d'água.m⁻³ de ar), do 11º ao 13º quinquídio e, após este período, para 60 a 70%, na temperatura de 18 a 22°C (9,21 a 13,58 g vapor d'água.m⁻³ de ar) (Figura 2).

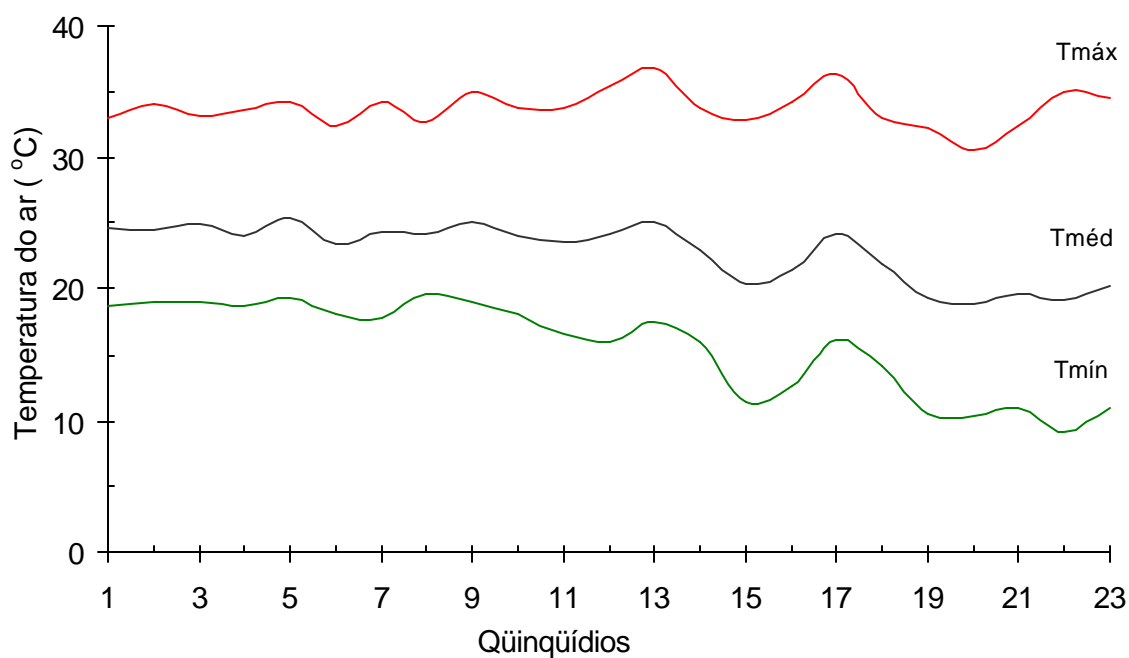


Figura 1: Variação das temperaturas média, máxima e mínima do ar, no interior do ambiente protegido, de 11/02 a 02/06/2000.

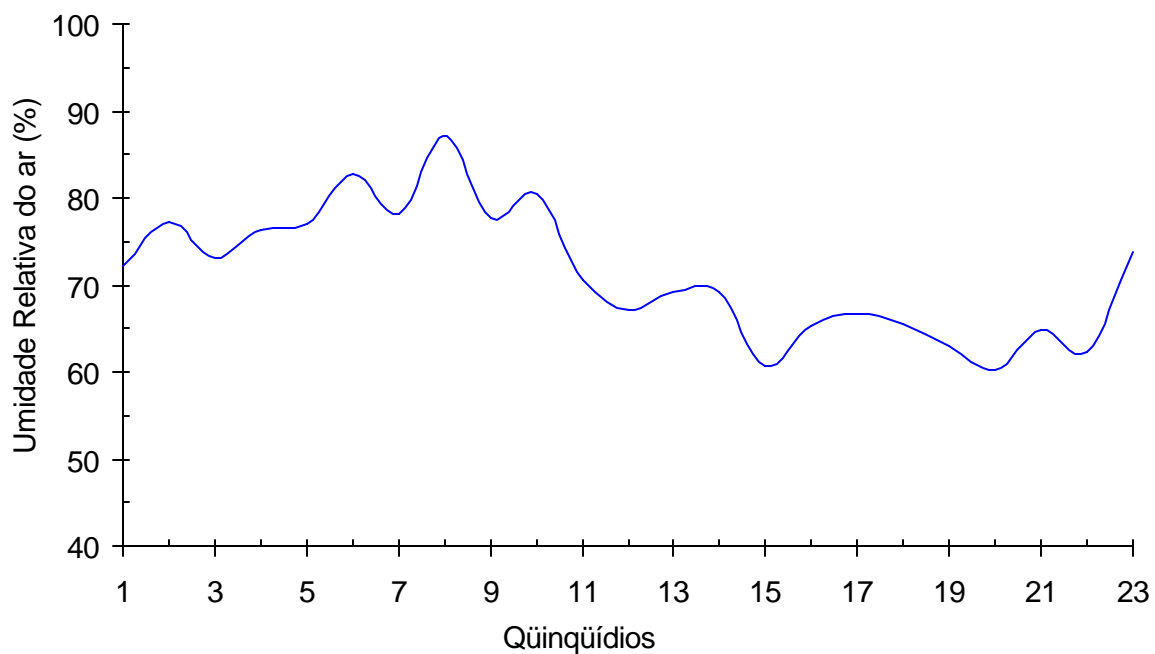


Figura 2: Variação da umidade relativa média do ar, no interior do ambiente protegido, de 11/02 a 02/06/2000.

Verificou-se que os valores de temperatura e umidade relativa do ar, observados para os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, estiveram dentro das faixas consideradas ideais por GOTO (1995) e GRANGE & HAND (1987): temperaturas diurnas de 26 a 30°C e noturnas de 17 a 20°C e umidade relativa entre 55 e 90%, na temperatura de 20°C (Figuras 3, 4, 5 e 6). Entretanto, os valores da temperatura média dia/noite de 29/21°C para o desenvolvimento vegetativo, 28/20°C para o florescimento e 28/18°C para a frutificação ficaram próximos dos máximos recomendados por GOTO (1995), o que pode ter provocado abortamento e queda de flores, reduzido pegamento de frutos e, conseqüentemente, baixa produtividade.

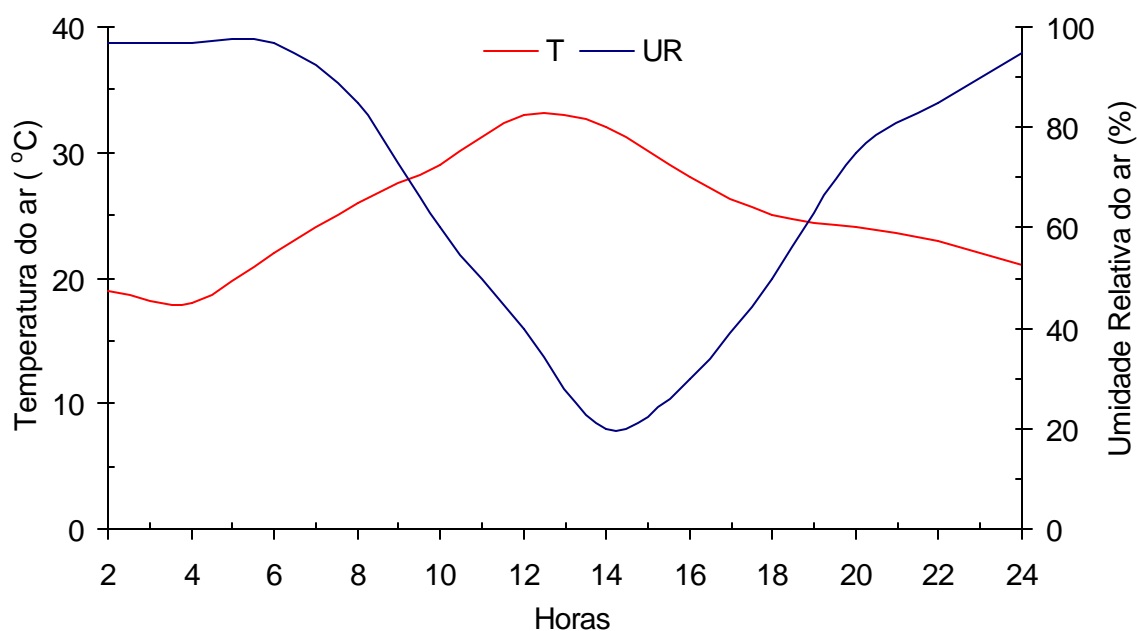


Figura 3: Variação diária da temperatura e umidade relativa do ar, no interior do ambiente protegido, para o dia 22/02, representativo do estágio de desenvolvimento vegetativo da cultura.

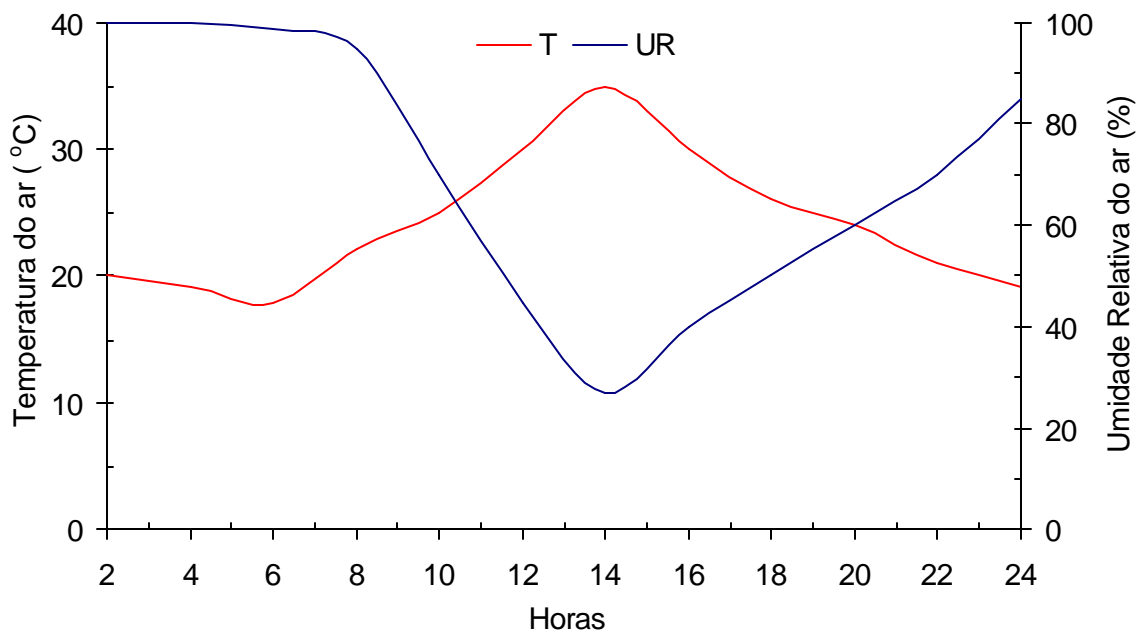


Figura 4: Variação diária da temperatura e umidade relativa do ar, no interior do ambiente protegido, para o dia 08/03, representativo do estágio de florescimento da cultura.

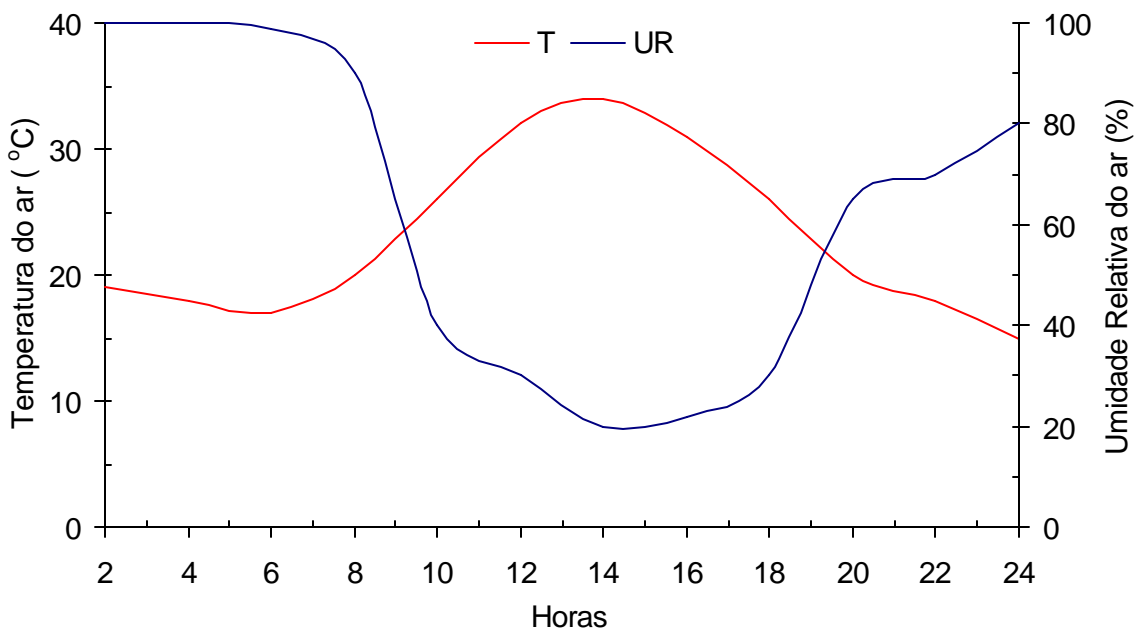


Figura 5: Variação diária da temperatura e umidade relativa do ar, no interior do ambiente protegido, para o dia 16/04, representativo do estágio de frutificação da cultura.

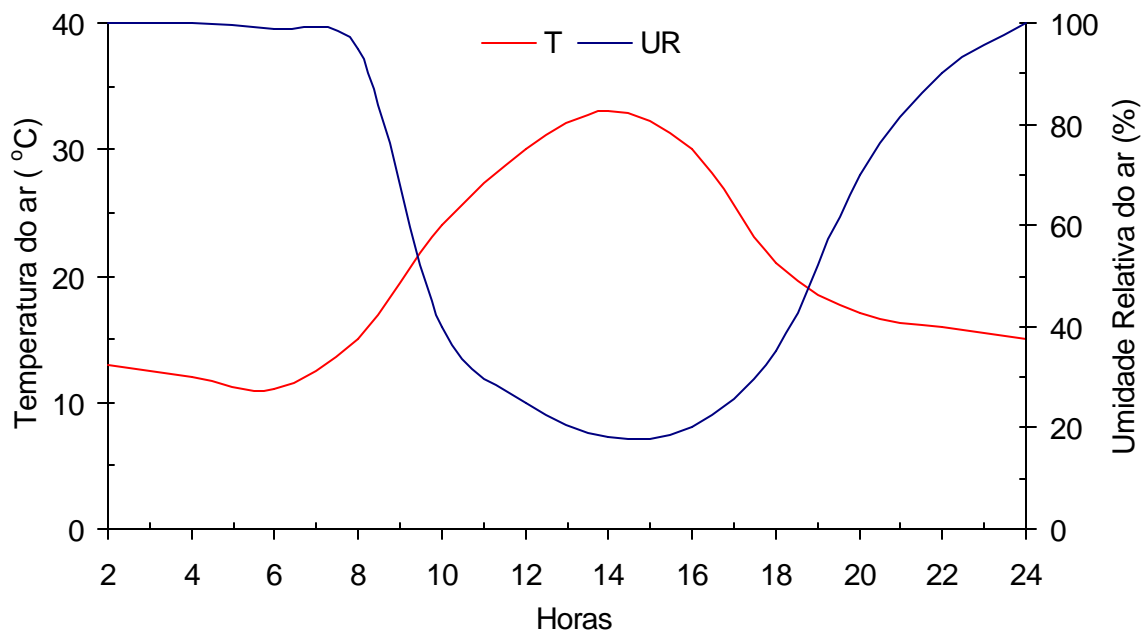


Figura 6: Variação diária da temperatura e umidade relativa do ar, no interior do ambiente protegido, para o dia 14/05, representativo do estágio de maturação da cultura.

4.1.2 Temperatura dos substratos

Observou-se que praticamente não ocorreu diferença de temperatura, a 5 cm de profundidade, entre os quatro substratos utilizados (Figura 7). A temperatura nesta profundidade permaneceu na faixa de 24 a 27°C até o 13º quinquídio e, após este período, em torno de 19 a 23°C.

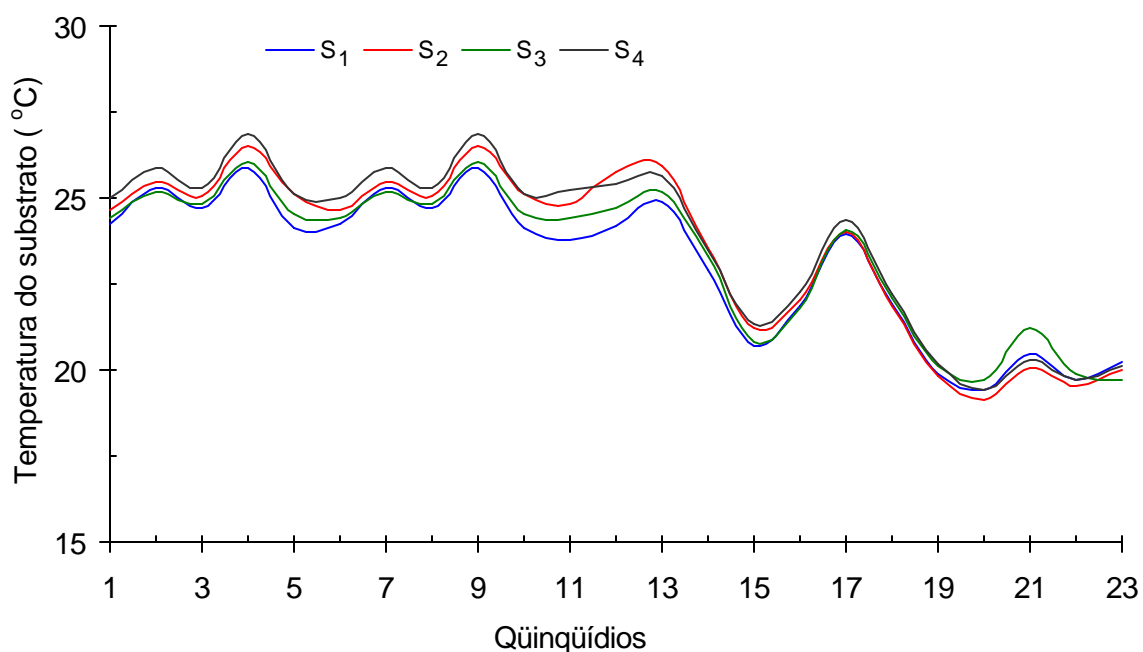


Figura 7: Variação da temperatura média dos substratos, a 5 cm de profundidade, de 11/02 a 02/06/2000.

Verificou-se que as temperaturas nos quatro substratos, a 5 cm de profundidade, durante todo o ciclo da cultura (Figuras 8, 9, 10 e 11), estiveram dentro das faixas ótimas (21 a 30°C) recomendadas para o crescimento normal do tomateiro (Abdelhafeez et al., 1971, citados por LOPES, 1997). No presente trabalho, a combinação entre temperatura noturna do ar (18°C) e temperatura do substrato (24°C) ficou próxima da indicada por GOSSELIN & TRUDEL (1983a) como a mais favorável para se obter ótimas produções. Portanto, neste estudo, obteve-se boas condições para o desenvolvimento e a atividade radicular das plantas, no que se refere à combinação entre temperatura noturna do ar e temperatura do substrato.

Observou-se que a temperatura máxima dos substratos ocorreu em horário sempre posterior ao da máxima temperatura do ar no interior do ambiente protegido, pois a energia radiante é absorvida pela superfície do substrato e se propaga por condução para as camadas inferiores.

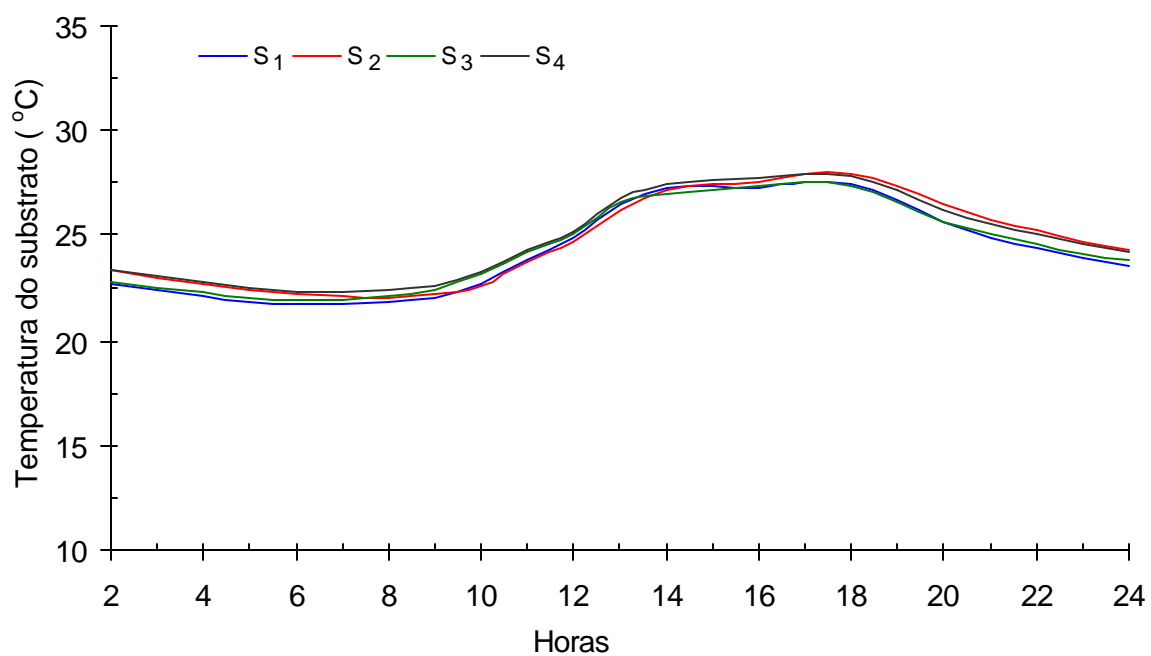


Figura 8: Variação diária da temperatura dos substratos, a 5 cm de profundidade, para o dia 22/02, representativo do estágio de desenvolvimento vegetativo da cultura.

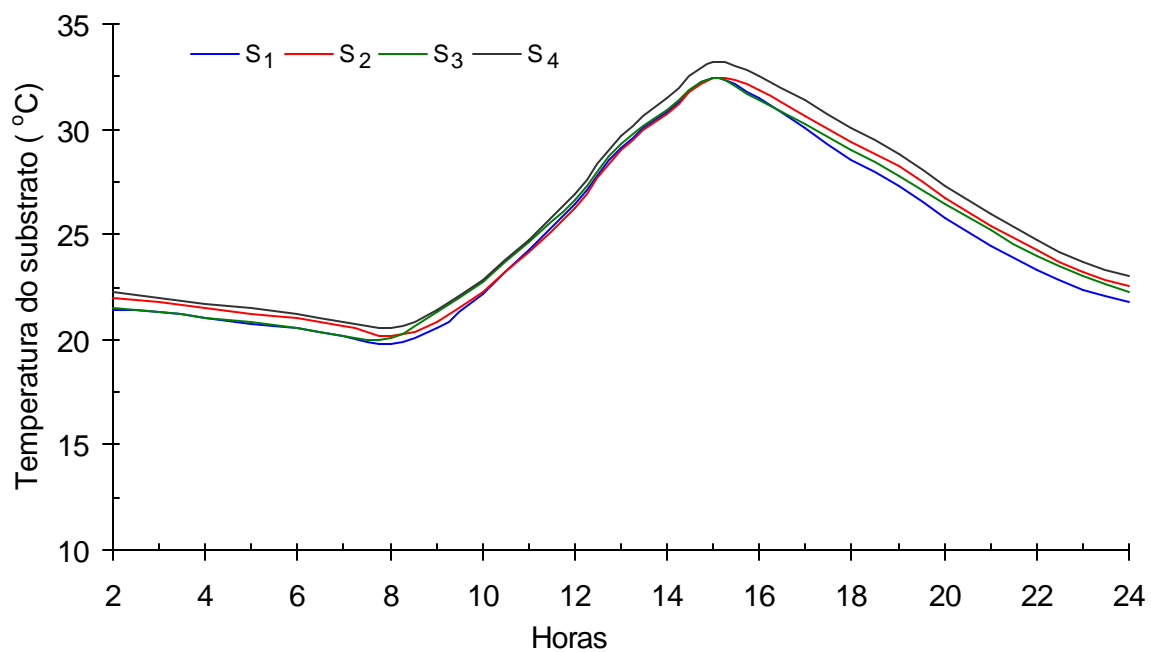


Figura 9: Variação diária da temperatura dos substratos, a 5 cm de profundidade, para o dia 08/03, representativo do estágio de florescimento da cultura.

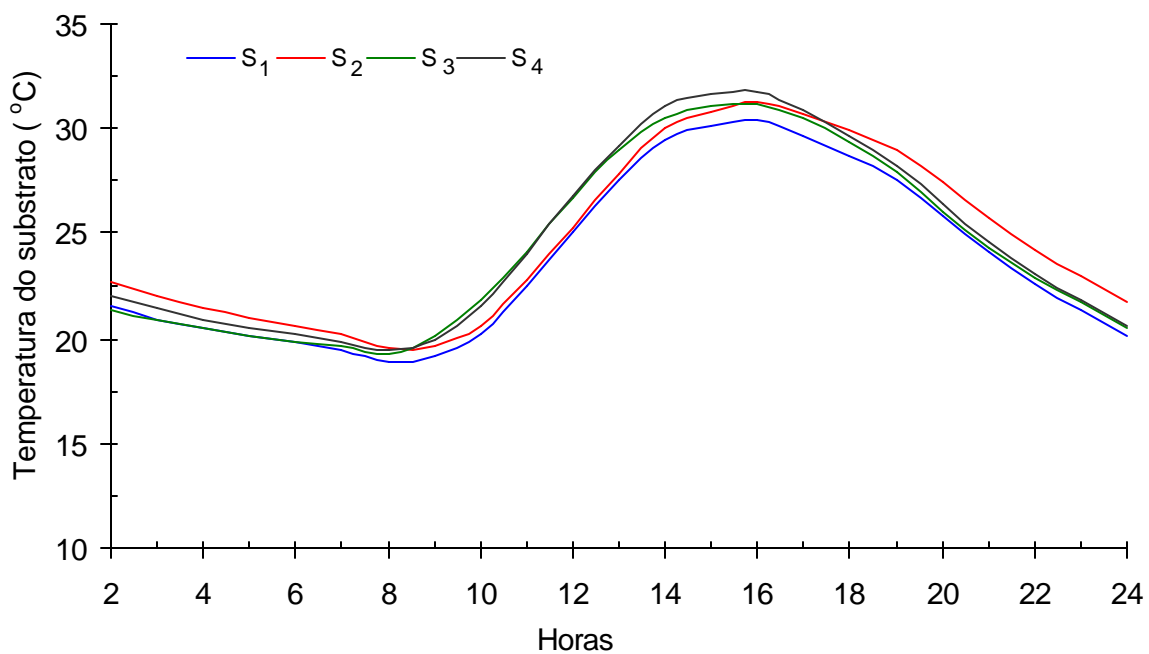


Figura 10: Variação diária da temperatura dos substratos, a 5 cm de profundidade, para o dia 16/04, representativo do estágio de frutificação da cultura.

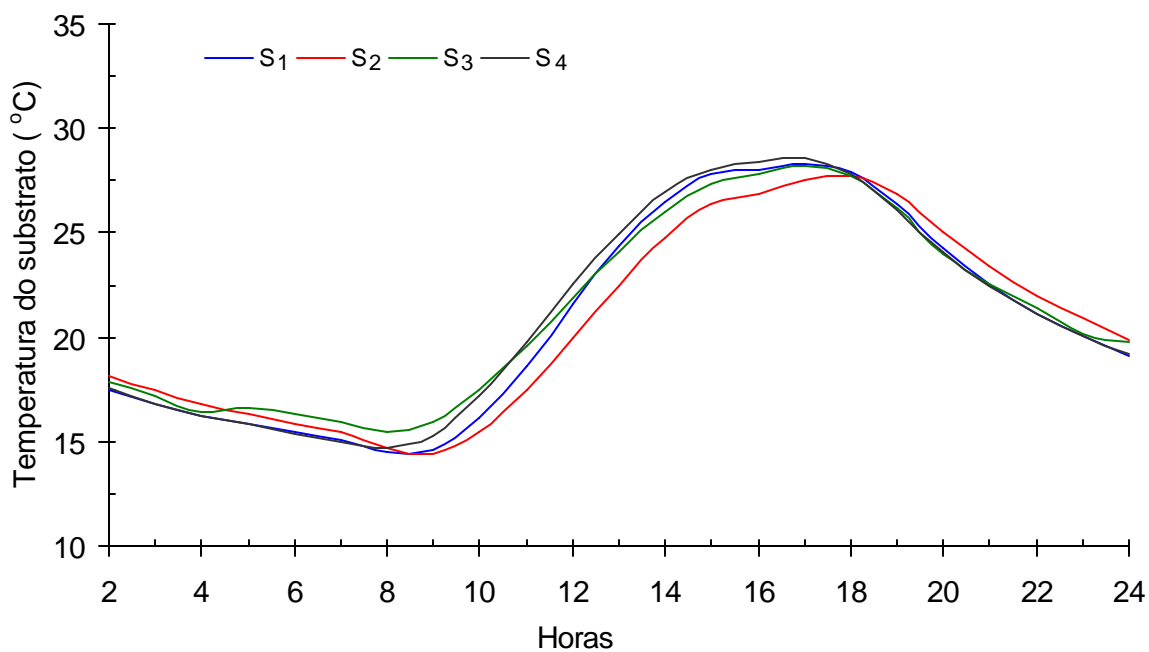


Figura 11: Variação diária da temperatura dos substratos, a 5 cm de profundidade, para o dia 14/05, representativo do estágio de maturação da cultura.

4.2 Avaliações da cultura

Observou-se que não ocorreram diferenças significativas entre os blocos para as variáveis estudadas (Tabelas 7 e 8). Assim, as condições ambientais fornecidas para o desenvolvimento das plantas foram semelhantes em cada quadrante da casa-de-vegetação. Segundo CERMEÑO (1990), a orientação do ambiente protegido no sentido leste-oeste proporciona distribuição uniforme da radiação solar.

Os manejos de fertirrigação utilizados resultaram em diferenças significativas para a altura das plantas, o número de frutos por planta e a produtividade. As condições de desenvolvimento encontradas nos substratos testados proporcionaram diferenças significativas para todas as variáveis estudadas, com exceção da altura do primeiro cacho. Entretanto, não ocorreram interações significativas entre manejos de fertirrigação e substratos, indicando que atuam independentemente no desenvolvimento e na produção da cultura (Tabelas 7 e 8). Por isso, os resultados foram discutidos isoladamente para manejos de fertirrigação e substratos.

Tabela 7: Valores das estatísticas razão de variâncias (F) e coeficiente de variação (C.V.) obtidos na análise de variância para as variáveis de desenvolvimento estudadas: altura média das plantas (AMP), diâmetro médio do caule logo acima do colo (DMC), altura média do primeiro cacho (AMC), diâmetro médio da haste na altura do primeiro cacho (DMH) e número médio de cachos por planta (NMC).

Razão de Variâncias	Variáveis de Desenvolvimento				
	AMP	DMC	AMC	DMH	NMC
F para Blocos	0,44 ^{NS}	2,60 ^{NS}	2,18 ^{NS}	1,97 ^{NS}	1,28 ^{NS}
F para Manejos de fertirrigação (F)	6,20 [*]	2,96 ^{NS}	0,01 ^{NS}	2,74 ^{NS}	2,10 ^{NS}
F para Substratos (S)	21,41 ^{**}	20,77 ^{**}	2,59 ^{NS}	29,11 ^{**}	27,70 ^{**}
F para interação F x S	2,48 ^{NS}	1,25 ^{NS}	0,36 ^{NS}	1,54 ^{NS}	2,59 ^{NS}
C.V. (%)	5,49	3,20	3,15	7,71	9,09

^{NS} = não significativo

^{*} = significativo a 5% de probabilidade

^{**} = significativo a 1% de probabilidade

Tabela 8: Valores das estatísticas razão de variâncias (F) e coeficiente de variação (C.V.) obtidos na análise de variância para as variáveis de produção estudadas: peso médio dos frutos (PMF), número médio de frutos por planta (NMF), produtividade média (PM) e produtividade média comercial (PMC).

Razão de Variâncias	Variáveis de Produção			
	PMF	NMF	PM	PMC
F para Blocos (B)	0,37 ^{NS}	0,55 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,21 ^{NS}
F para Manejos de fertirrigação (F)	0,06 ^{NS}	10,69 ^{**}	5,66 [*]	5,60 [*]
F para Substratos (S)	27,30 ^{**}	30,56 ^{**}	44,66 ^{**}	44,51 ^{**}
F para interação F x S	0,70 ^{NS}	1,57 ^{NS}	1,18 ^{NS}	1,18 ^{NS}
C.V. (%)	6,48	16,21	16,71	16,70

^{NS} = não significativo

* = significativo a 5% de probabilidade

** = significativo a 1% de probabilidade

4.2.1 Manejos de fertirrigação

As concentrações de macro (Tabela 9) e micronutrientes (Tabela 10) nas folhas do tomateiro foram significativamente superiores nas plantas que receberam a fertirrigação parcelada (F₂), quando comparadas àquelas que receberam a fertirrigação realizada em uma aplicação (F₁). O parcelamento da fertirrigação pode ter proporcionado às plantas uma maior eficiência na absorção de nutrientes, devido à oferta mais uniforme durante o período semanal.

Tabela 9: Concentração de macronutrientes (g.kg^{-1}) nas folhas do tomateiro cultivado em dois manejos de fertirrigação aos 66 dias após o transplântio.

Manejos de fertirrigação ¹	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
F ₁	20,01 b	3,12 b	28,20 b	17,44 b	5,23 b	3,79 b
F ₂	23,96 a	3,72 a	31,14 a	20,63 a	6,01 a	4,86 a
DMS	1,79	0,27	1,66	1,31	0,46	0,27
C.V. (%)	11,08	10,91	7,59	9,34	11,23	8,62

¹: F₁ = fertirrigação realizada uma vez por semana e F₂ = fertirrigação realizada duas vezes por semana.

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

Tabela 10: Concentração de micronutrientes (mg.kg^{-1}) nas folhas do tomateiro cultivado em dois manejos de fertirrigação aos 66 dias após o transplântio.

Manejos de fertirrigação ¹	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
F ₁	49,38 b	3,06 b	71,69 b	60,63 b	10,69 b
F ₂	59,25 a	4,19 a	79,44 a	79,75 a	14,50 a
DMS	3,45	1,07	6,75	7,56	1,24
C.V. (%)	8,65	40,27	12,14	14,66	13,41

¹: F₁ = fertirrigação realizada uma vez por semana e F₂ = fertirrigação realizada duas vezes por semana.

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

O diâmetro do caule, a altura do primeiro cacho, o diâmetro da haste e o número de cachos por planta não foram influenciados pelos manejos de fertirrigação. A altura das plantas foi significativamente maior quando se utilizou a fertirrigação parcelada (F₂) (Tabela 11).

Tabela 11: Altura média das plantas (AMP), diâmetro médio do caule logo acima do colo (DMC), altura média do primeiro cacho (AMC), diâmetro médio da haste na altura do primeiro cacho (DMH) e número médio de cachos por planta (NMC) do tomateiro cultivado em dois manejos de fertirrigação.

Manejos de fertirrigação ¹	AMP (cm)	DMC (mm)	AMC (cm)	DMH (mm)	NMC
F ₁	98,45 b	8,31 a	59,09 a	10,91 a	3,51 a
F ₂	104,43 a	8,65 a	58,95 a	11,71 a	3,73 a
DMS	5,00	0,40	2,61	1,02	0,30

¹: F₁ = fertirrigação realizada uma vez por semana e F₂ = fertirrigação realizada duas vezes por semana.

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

Verificou-se que, ao se analisar individualmente as avaliações realizadas, aos 20, 40 e 60 dias após o transplante, os manejos de fertirrigação não proporcionaram diferenças significativas para a altura das plantas (Figura 12). Entretanto, observou-se que as diferenças proporcionadas pelos manejos de fertirrigação em cada uma das avaliações estiveram próximas das diferenças mínimas significativas (DMS) a 5% de probabilidade. Por isso, analisando os valores médios obtidos no experimento, verificou-se que as plantas que receberam a fertirrigação parcelada (F₂) apresentaram maior altura em relação àquelas que receberam a quantidade de nutrientes em uma aplicação (F₁) (Tabela 11).

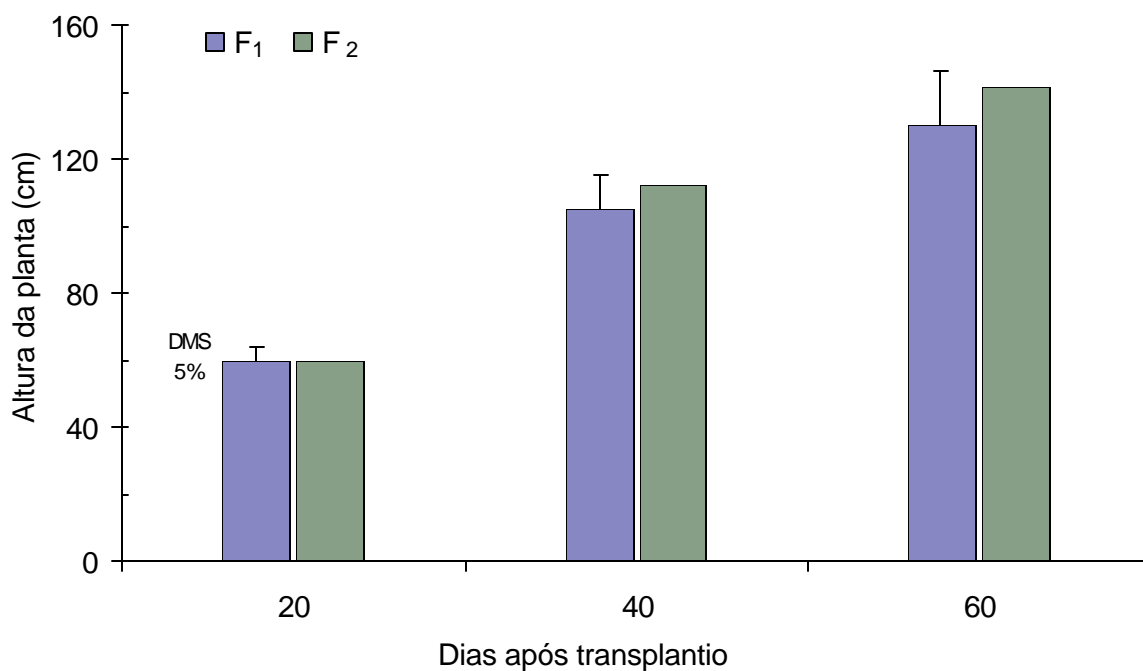


Figura 12: Efeito de manejos de fertirrigação sobre a altura média das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura.

De maneira geral, independentemente do manejo de fertirrigação utilizado, as plantas apresentaram contínuo crescimento (Figura 12), emissão de cachos (Figura 13) e desenvolvimento do diâmetro do caule (Figura 14) durante os primeiros 60 dias após o transplântio. Por outro lado, a altura do primeiro cacho praticamente não se alterou entre os 40 e 60 dias após o transplântio (Figura 15). Com comportamento semelhante, o diâmetro da haste apresentou desenvolvimento mais acentuado até os 40 dias após o transplântio (Figura 16).

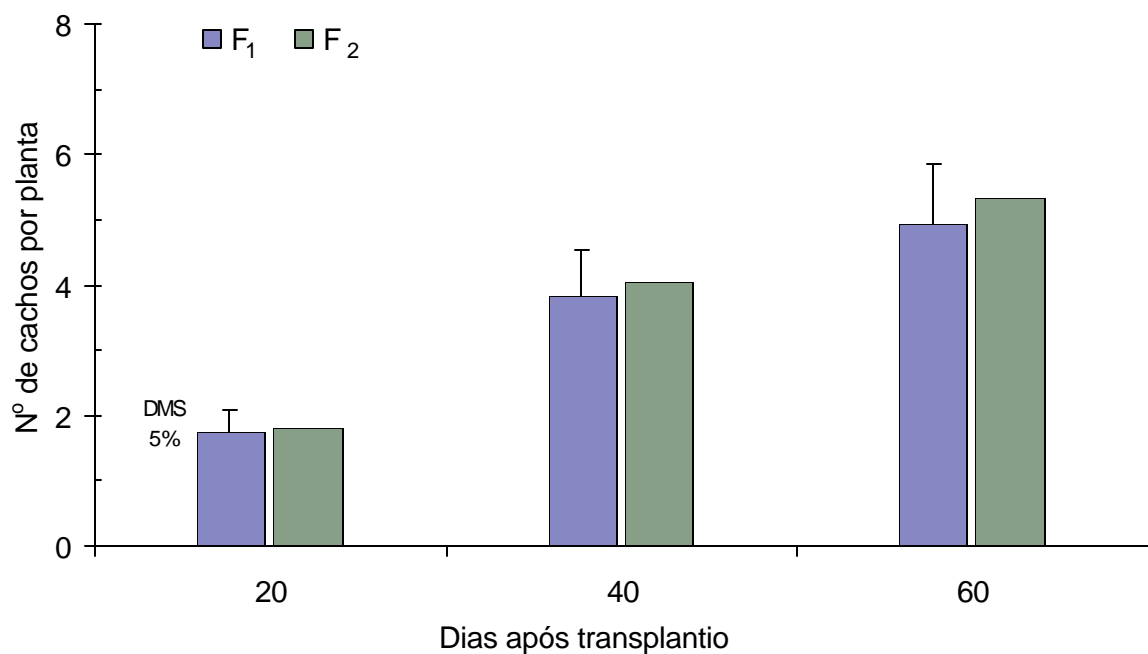


Figura 13: Efeito de manejos de fertirrigação sobre o número médio de cachos por planta do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura.

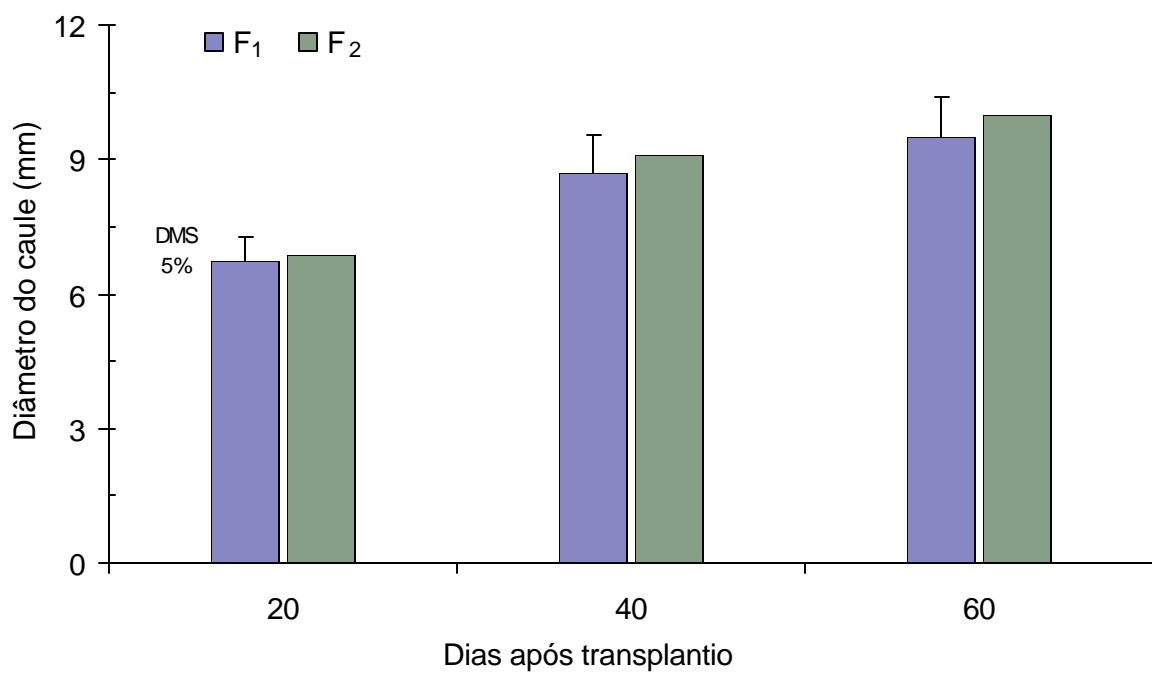


Figura 14: Efeito de manejos de fertirrigação sobre o diâmetro médio do caule logo acima do colo das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura.

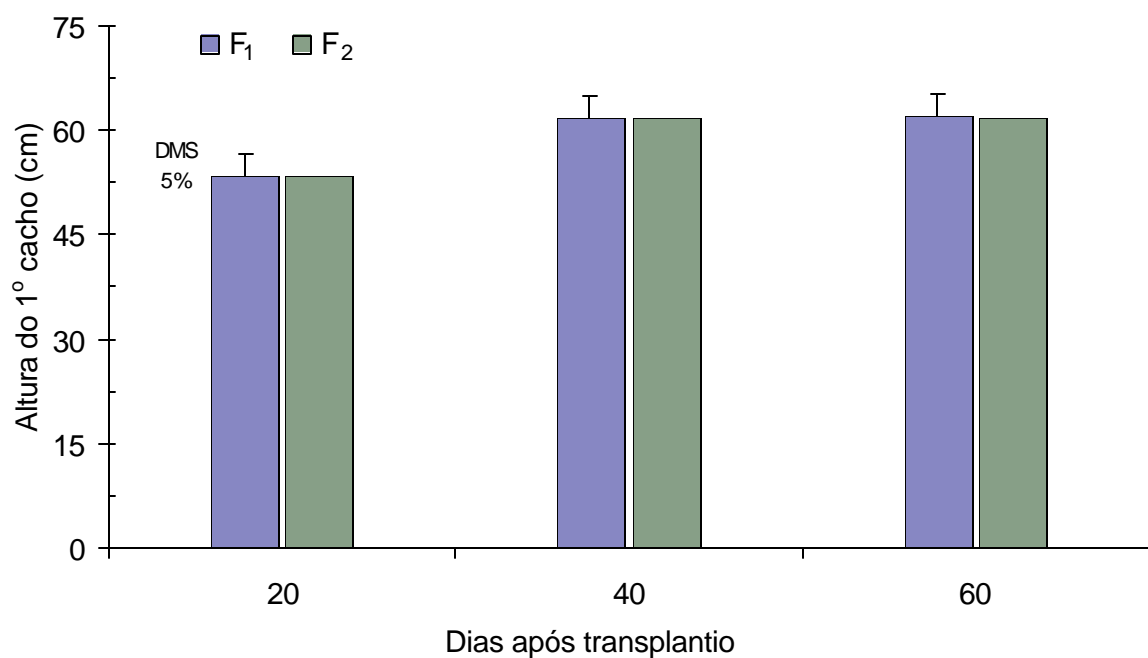


Figura 15: Efeito de manejos de fertirrigação sobre a altura média do primeiro cacho das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura.

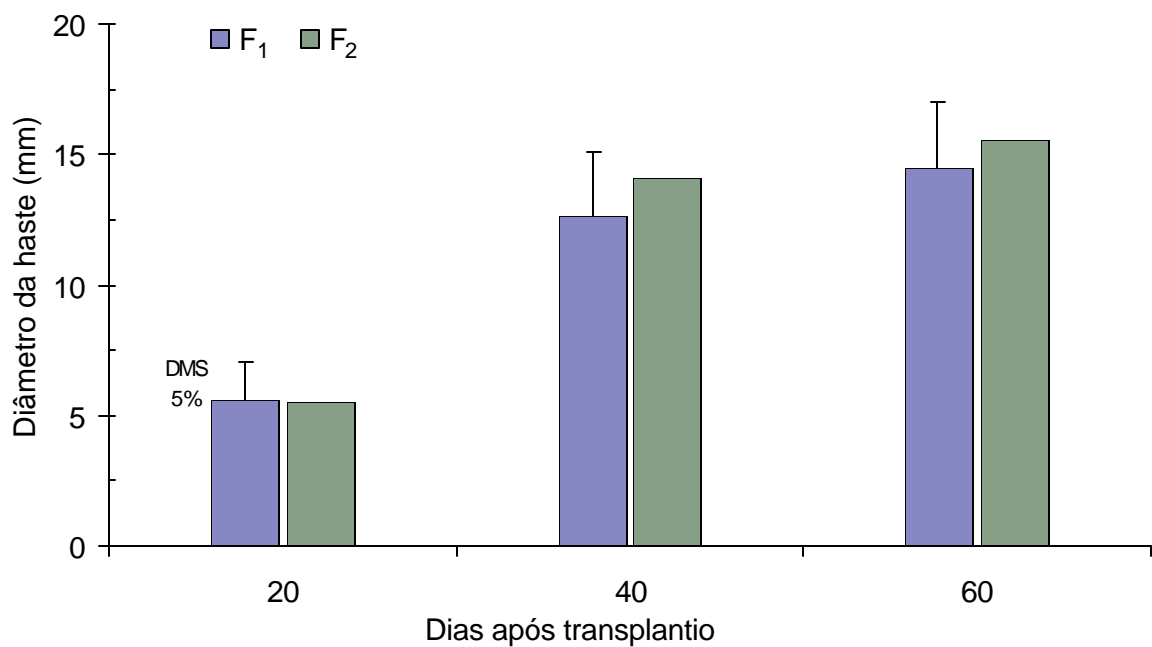


Figura 16: Efeito de manejos de fertirrigação sobre o diâmetro médio da haste na altura do primeiro cacho das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura.

Os manejos de fertirrigação não alteraram o peso dos frutos. As plantas que receberam a fertirrigação parcelada (F_2) apresentaram maior número de frutos e maior produtividade em relação às que receberam a fertirrigação realizada em uma aplicação (F_1) (Tabela 12).

Tabela 12: Peso médio dos frutos (PMF), número médio de frutos por planta (NMF), produtividade média (PM) e produtividade média comercial (PMC) do tomateiro cultivado em dois manejos de fertirrigação.

Manejos de fertirrigação ¹	PMF (g)	NMF	PM (kg.planta ⁻¹)	PMC (t.ha ⁻¹)
F_1	92,85 a	9,42 b	0,93 b	18,54 b
F_2	92,03 a	11,51 a	1,08 a	21,65 a
DMS	6,92	1,33	0,14	2,73

¹: F_1 = fertirrigação realizada uma vez por semana e F_2 = fertirrigação realizada duas vezes por semana.

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

O peso médio dos frutos durante o período de colheita não apresentou diferenças acentuadas (Figura 17), conferindo boa uniformidade de produção.

Verificou-se que, ao se analisar individualmente as épocas avaliadas, aos 70, 84, 98 e 112 dias após o transplante, os manejos de fertirrigação não proporcionaram diferenças significativas para o número de frutos por planta e produtividade (Figuras 18, 19 e 20). Entretanto, observou-se que as diferenças proporcionadas pelos manejos de fertirrigação em cada uma das épocas analisadas estiveram próximas das diferenças mínimas significativas (DMS) a 5% de probabilidade. Assim, analisando os valores médios obtidos no experimento, verificou-se que as plantas que receberam a fertirrigação parcelada (F_2) apresentaram maior número de frutos e maior produtividade, quando comparadas àquelas que receberam a fertirrigação em uma aplicação (F_1) (Tabela 12).

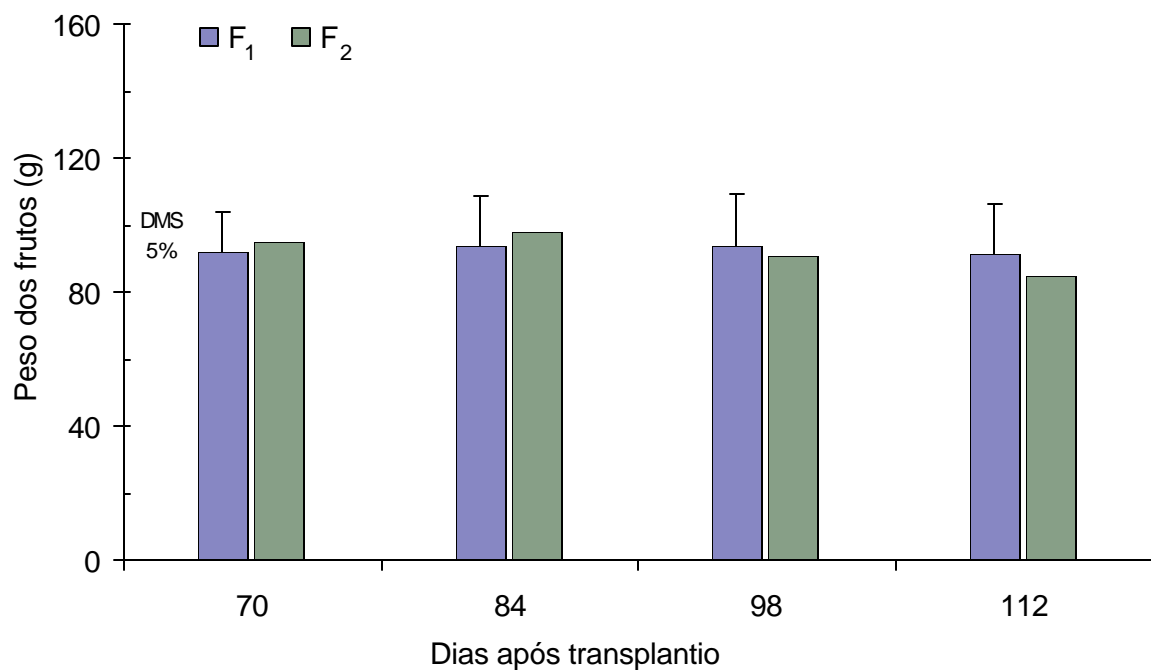


Figura 17: Efeito de manejos de fertirrigação sobre o peso médio dos frutos do tomateiro durante o período de colheita da cultura.

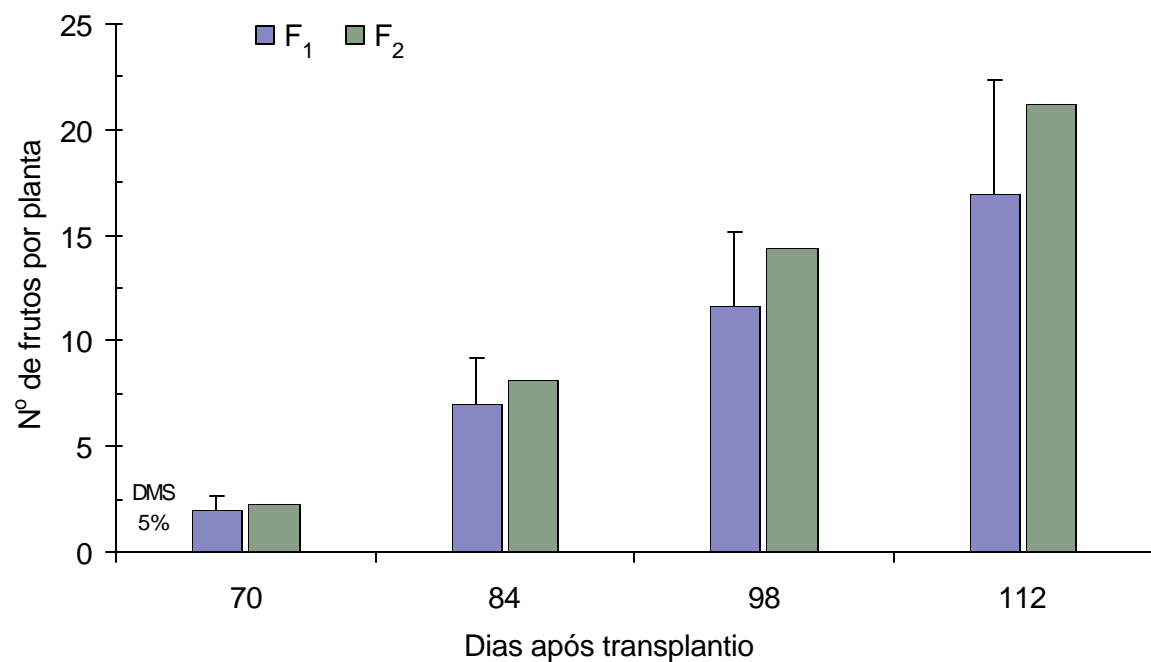


Figura 18: Efeito de manejos de fertirrigação sobre o número médio de frutos por planta do tomateiro durante o período de colheita da cultura.

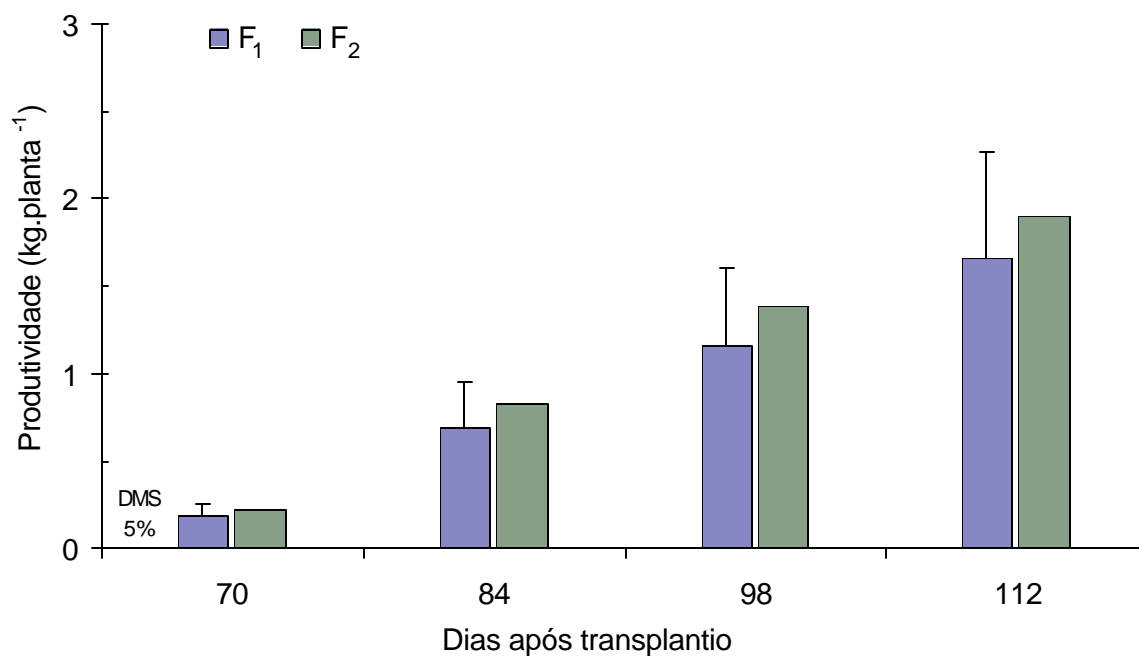


Figura 19: Efeito de manejos de fertirrigação sobre a produtividade média do tomateiro durante o período de colheita da cultura.

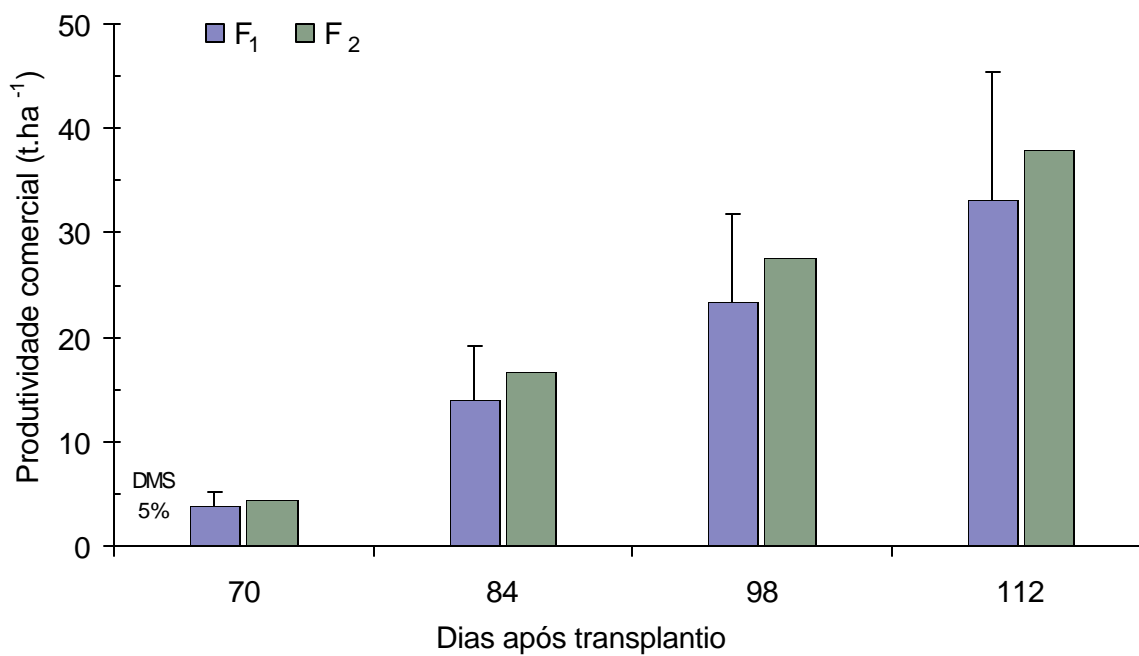


Figura 20: Efeito de manejos de fertirrigação sobre a produtividade média comercial do tomateiro durante o período de colheita da cultura.

Embora se conheçam os benefícios do parcelamento de adubação em cultivos no solo, principalmente para nitrogênio e potássio, são escassos, na literatura, trabalhos que tratam de parcelamento da oferta de nutrientes, através de fertirrigação, para culturas conduzidas em substratos sob ambientes protegidos. Os resultados do presente trabalho sugerem que o efeito benéfico do parcelamento da oferta de nutrientes também se fez presente nestas condições, visto que o fornecimento dos nutrientes de maneira mais uniforme, durante todo o ciclo da cultura, proporcionou às plantas maiores teores de macro e micronutrientes nas folhas (Tabelas 9 e 10), portanto maior eficiência na absorção dos nutrientes. Além do maior crescimento das plantas, o parcelamento da fertirrigação também pode ter induzido ao maior pegamento de frutos, uma vez que proporcionou maior número de frutos colhidos, sem ter levado à formação de um maior número de cachos por planta. Portanto, nas condições do presente trabalho, a fertirrigação parcelada em duas aplicações (F_2) condicionou maior produtividade que a fertirrigação em uma aplicação (F_1).

4.2.2 Substratos

De um modo geral, para os quatro substratos estudados, as plantas do tomateiro apresentaram teores de macronutrientes nas folhas (Tabela 13) considerados adequados ($N=30$, $P=3,5$, $K=40$, $Ca=14-18$, $Mg=4$, $S=3$, em $g.kg^{-1}$), segundo MALAVOLTA et al. (1997), enquanto que para micronutrientes (Tabela 14) os teores estiveram abaixo dos considerados adequados ($B=50-70$, $Cu=10-15$, $Fe=500-700$, $Mn=250-400$, $Zn=60-70$, em $mg.kg^{-1}$) pelo mesmo autor. Entretanto, não foram observados sintomas de deficiência de micronutrientes na cultura durante a condução do experimento. Deve-se salientar que estes valores, segundo o próprio autor, são indicações gerais, podendo as condições de solo, clima e variedade influenciar nos mesmos. Portanto estes valores podem não ser perfeitamente ajustáveis para o híbrido em estudo.

Tabela 13: Concentração de macronutrientes (g.kg^{-1}) nas folhas do tomateiro cultivado em quatro substratos aos 66 dias após o transplântio.

Substratos ¹	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
S ₁	23,91	3,43	26,71	20,71	5,28	3,86
S ₂	13,33	3,61	22,41	21,30	4,71	3,36
S ₃	27,54	3,09	38,70	15,40	6,23	4,98
S ₄	23,18	3,55	30,86	18,71	6,26	5,09

¹: S₁ = areia fina; S₂ = 1/2 areia fina + 1/2 bagaço de cana-de-açúcar; S₃ = 1/2 areia fina + 1/2 casca de amendoim moída e S₄ = 1/3 areia fina + 1/3 bagaço de cana-de-açúcar + 1/3 casca de amendoim moída.

Tabela 14: Concentração de micronutrientes (mg.kg^{-1}) nas folhas do tomateiro cultivado em quatro substratos aos 66 dias após o transplântio.

Substratos ¹	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
S ₁	61,00	2,50	75,75	103,13	12,25
S ₂	54,00	5,63	76,00	106,75	10,38
S ₃	48,88	3,50	79,88	32,13	14,38
S ₄	53,38	2,88	70,63	38,75	13,38

¹: S₁ = areia fina; S₂ = 1/2 areia fina + 1/2 bagaço de cana-de-açúcar; S₃ = 1/2 areia fina + 1/2 casca de amendoim moída e S₄ = 1/3 areia fina + 1/3 bagaço de cana-de-açúcar + 1/3 casca de amendoim moída.

De maneira geral, as plantas conduzidas nos substratos S₁, S₃ e S₄ apresentaram maior altura, maiores diâmetros do caule e da haste e maior número de cachos por planta, quando comparadas àquelas desenvolvidas no substrato S₂. A altura do primeiro cacho não foi alterada pelos diferentes substratos (Tabela 15).

Tabela 15: Altura média das plantas (AMP), diâmetro médio do caule logo acima do colo (DMC), altura média do primeiro cacho (AMC), diâmetro médio da haste na altura do primeiro cacho (DMH) e número médio de cachos por planta (NMC) do tomateiro cultivado em quatro substratos.

Substratos ¹	AMP (cm)	DMC (mm)	AMC (cm)	DMH (mm)	NMC
S ₁	109,02 a	8,68 a	61,20 a	12,11 a	3,95 a
S ₂	84,94 b	7,19 b	60,23 a	7,40 b	2,47 b
S ₃	106,80 a	9,21 a	57,00 a	12,74 a	4,09 a
S ₄	104,99 a	8,84 a	57,64 a	12,99 a	3,97 a
DMS	9,48	0,77	4,94	1,92	0,58

¹: S₁ = areia fina; S₂ = 1/2 areia fina + 1/2 bagaço de cana-de-açúcar; S₃ = 1/2 areia fina + 1/2 casca de amendoim moída e S₄ = 1/3 areia fina + 1/3 bagaço de cana-de-açúcar + 1/3 casca de amendoim moída.

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

Observou-se que a altura do primeiro cacho praticamente não se alterou entre os 40 e 60 dias após o transplântio para os quatro substratos utilizados (Figura 21). Assim, a altura do primeiro cacho não sofreu influência do cultivo em substratos com fertirrigação, comportando-se provavelmente como uma característica do material genético.

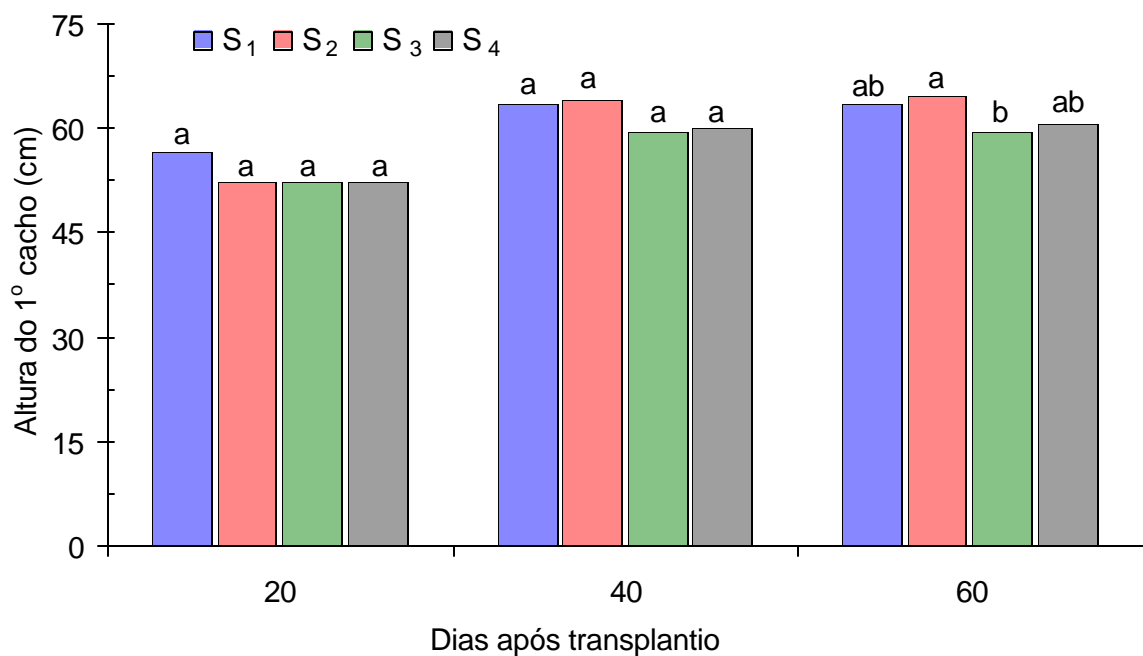


Figura 21: Efeito de substratos sobre a altura média do primeiro cacho das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura.

O crescimento das plantas conduzidas nos quatro substratos foram semelhantes até os 20 dias após o transplântio. Após este período, observou-se uma redução no crescimento das plantas conduzidas no substrato S₂, que resultou em alturas significativamente inferiores que as das plantas conduzidas nos demais substratos, aos 40 e 60 dias após o transplântio (Figura 22). As demais características de desenvolvimento apresentaram comportamentos semelhantes. Assim, a partir dos 40 dias após o transplântio, as plantas conduzidas no substrato S₂ apresentaram menor diâmetro do caule (Figura 23), menor diâmetro da haste (Figura 24) e menor número de cachos por planta (Figura 25).

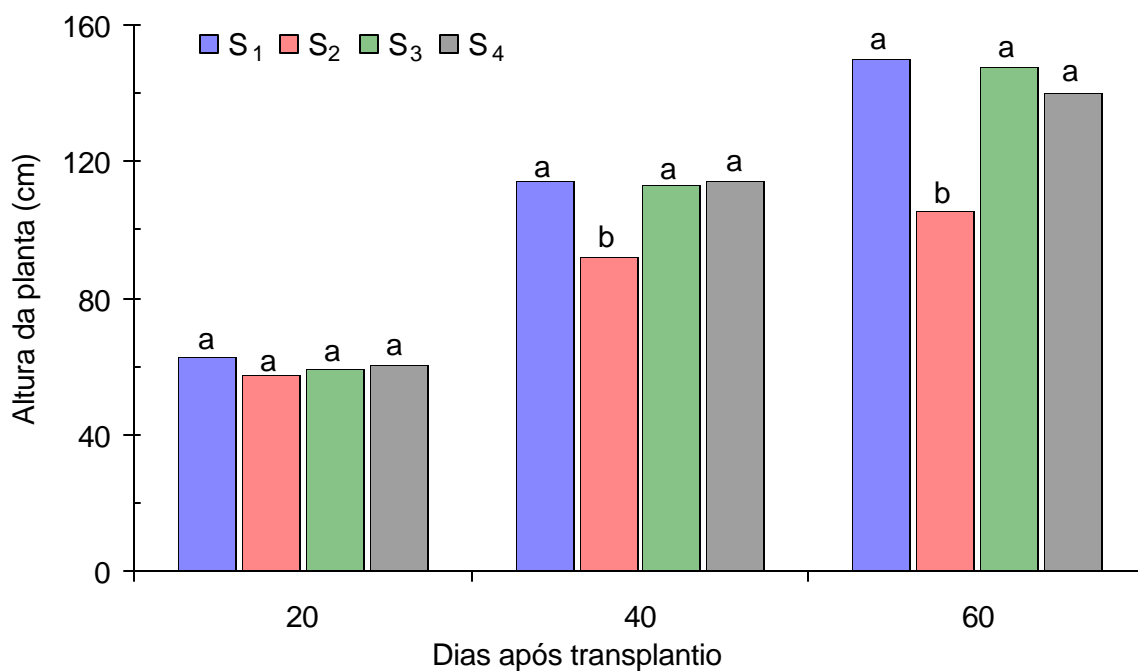


Figura 22: Efeito de substratos sobre a altura média das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura.

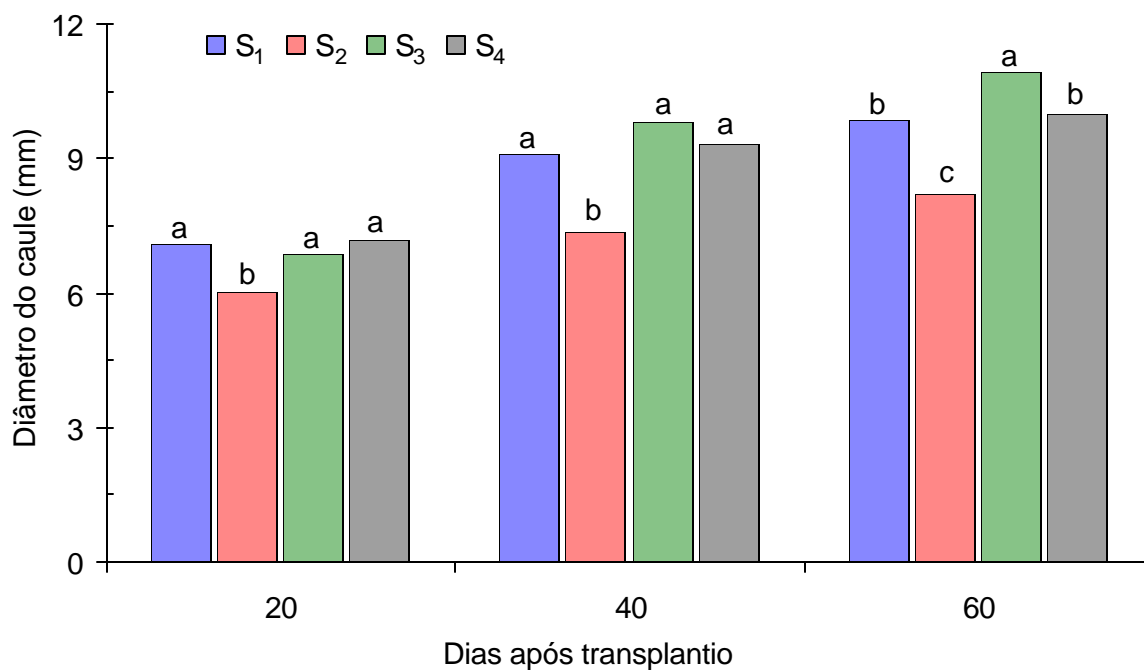


Figura 23: Efeito de substratos sobre o diâmetro médio do caule logo acima do colo das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura.

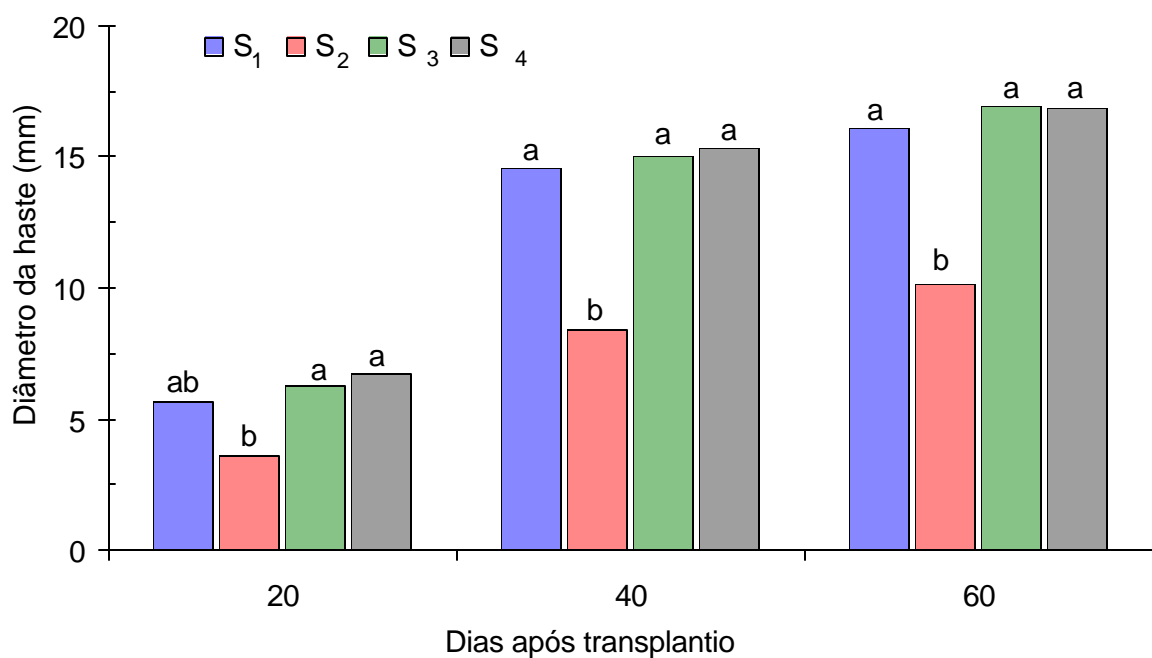


Figura 24: Efeito de substratos sobre o diâmetro médio da haste na altura do primeiro cacho das plantas do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura.

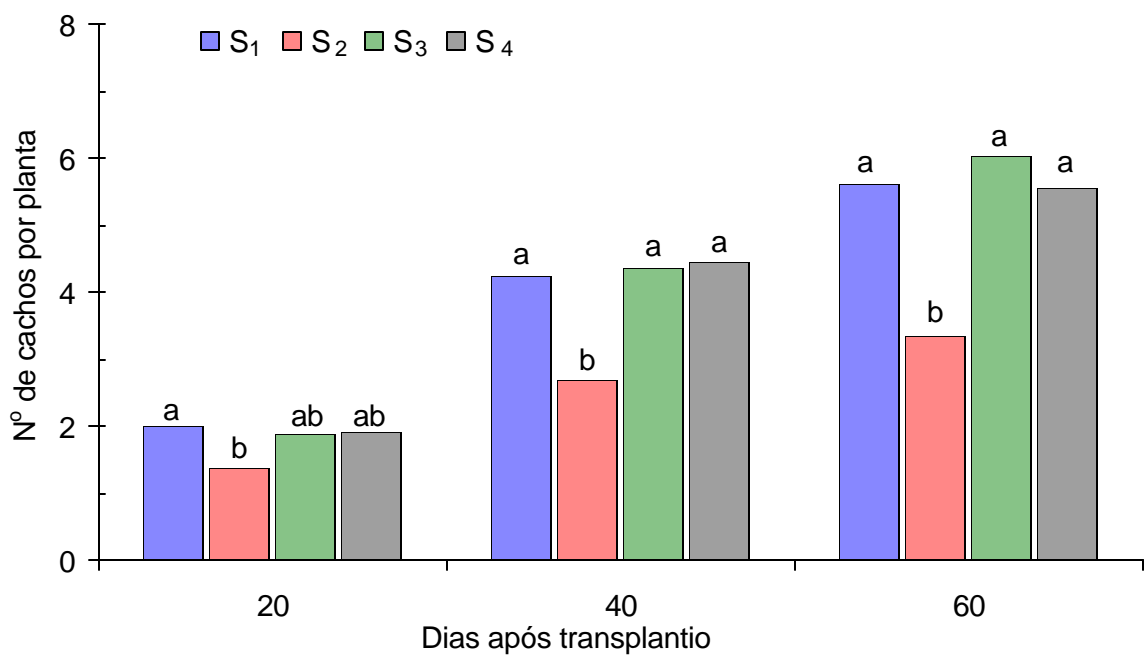


Figura 25: Efeito de substratos sobre o número médio de cachos por planta do tomateiro durante os 60 dias após o transplântio da cultura.

O reduzido crescimento das plantas conduzidas no substrato S_2 refletiu em menor número e peso dos frutos, proporcionando produtividade menor, quando comparada àquelas obtidas nos demais substratos (Tabela 16).

Tabela 16: Peso médio dos frutos (PMF), número médio de frutos por planta (NMF), produtividade média (PM) e produtividade média comercial (PMC) do tomateiro cultivado em quatro substratos.

Substratos ¹	PMF (g)	NMF	PM (kg.planta ⁻¹)	PMC (t.ha ⁻¹)
S_1	100,87 a	12,34 a	1,23 a	24,51 a
S_2	67,05 b	5,18 b	0,35 b	7,07 b
S_3	96,07 a	11,93 a	1,14 a	22,87 a
S_4	105,77 a	12,42 a	1,30 a	25,93 a
DMS	13,11	2,52	0,26	5,18

¹: S_1 = areia fina; S_2 = 1/2 areia fina + 1/2 bagaço de cana-de-açúcar; S_3 = 1/2 areia fina + 1/2 casca de amendoim moída e S_4 = 1/3 areia fina + 1/3 bagaço de cana-de-açúcar + 1/3 casca de amendoim moída.

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

Verificou-se que as plantas conduzidas no substrato S_2 apresentaram pequeno aumento no número de frutos durante o período de colheita, enquanto nos demais substratos o número de frutos colhidos aumentou significativamente (Figura 26). O peso dos frutos não apresentou variações acentuadas para cada substrato avaliado ao longo do período de colheita. Entretanto, as condições oferecidas pelo substrato S_2 proporcionaram frutos significativamente mais leves, quando comparados aos demais substratos (Figura 27). Assim, com menor número de frutos e frutos mais leves, a produtividade alcançada pelas plantas conduzidas neste substrato foi inferior aos demais durante todo o período de colheita (Figuras 28 e 29).

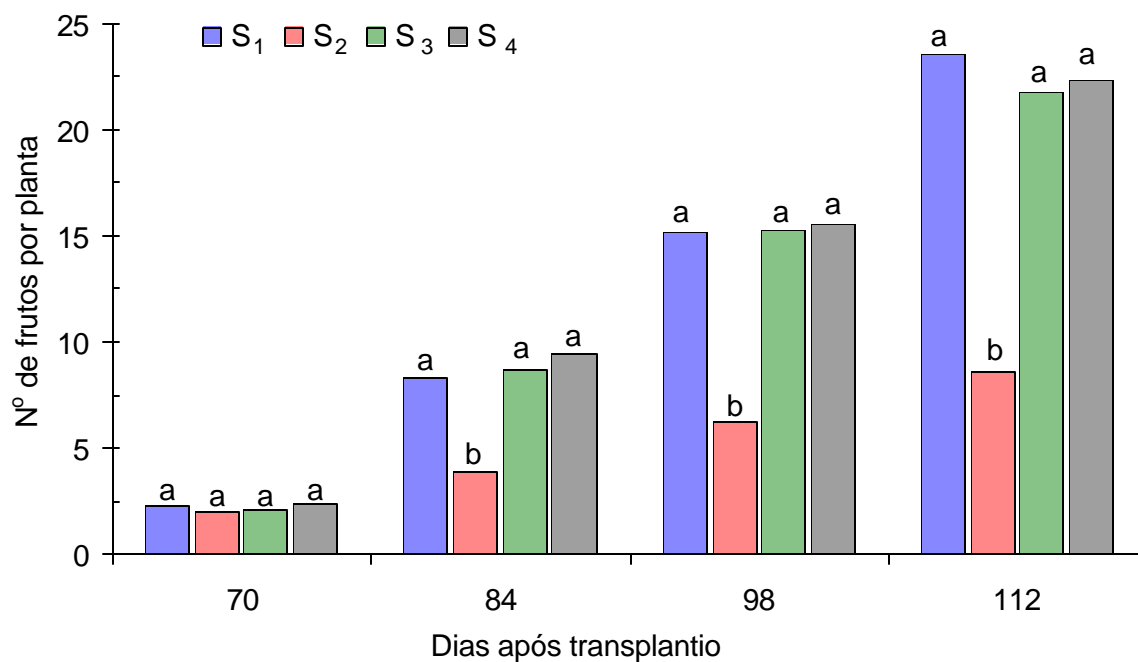


Figura 26: Efeito de substratos sobre o número médio de frutos por planta do tomateiro durante o período de colheita da cultura.

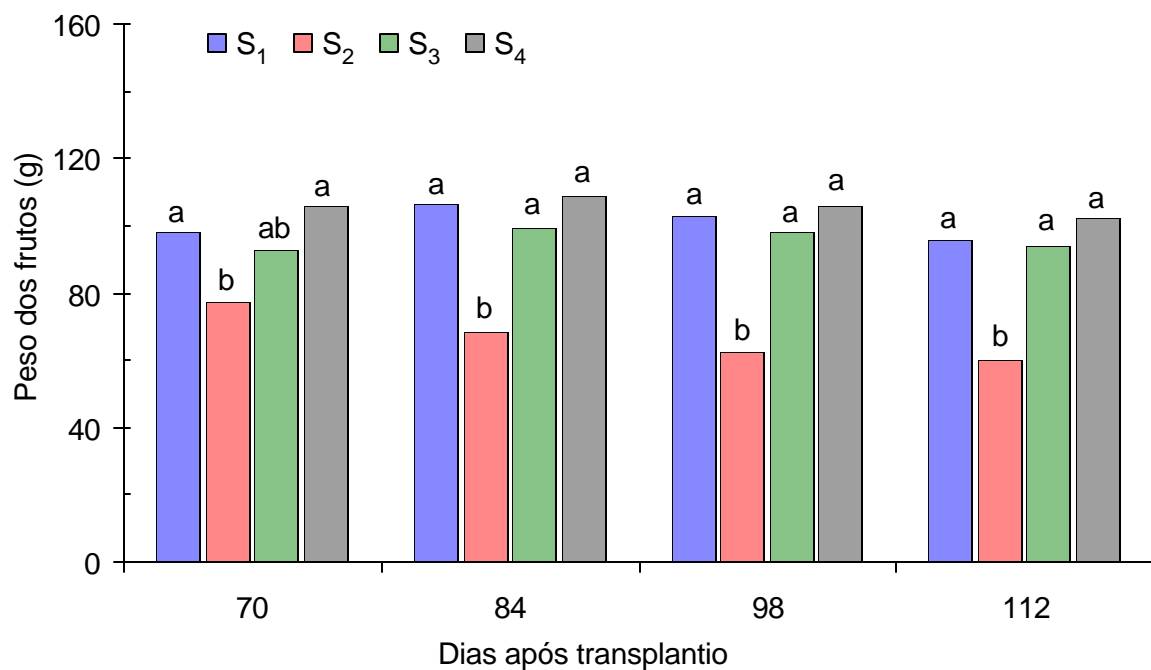


Figura 27: Efeito de substratos sobre o peso médio dos frutos do tomateiro durante o período de colheita da cultura.

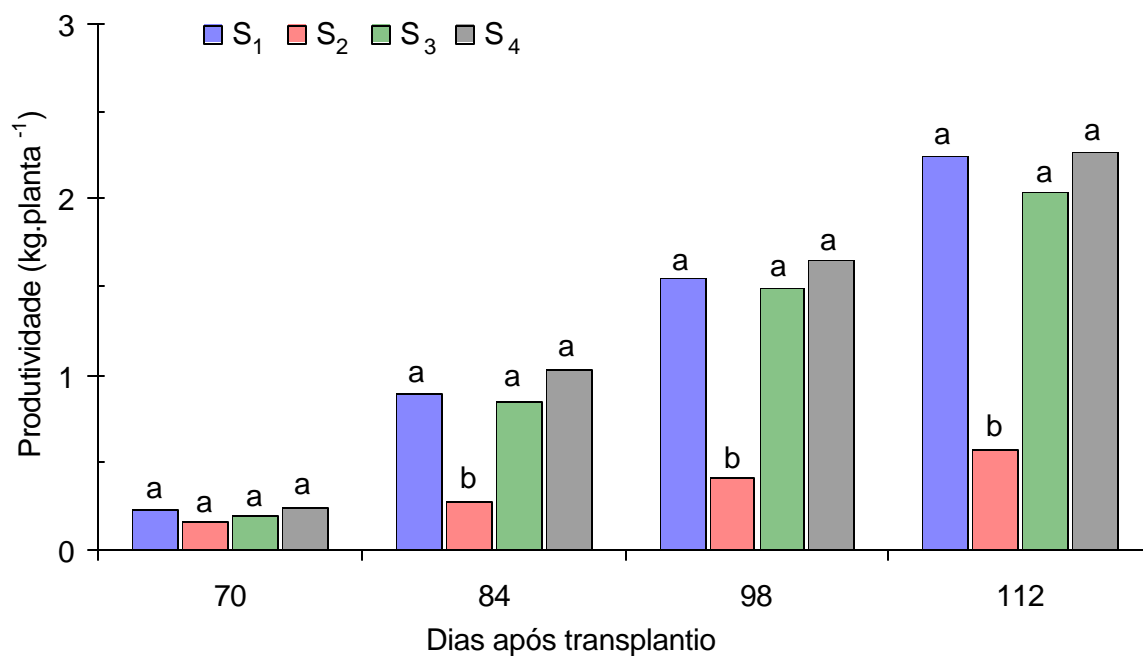


Figura 28: Efeito de substratos sobre a produtividade média do tomateiro durante o período de colheita da cultura.

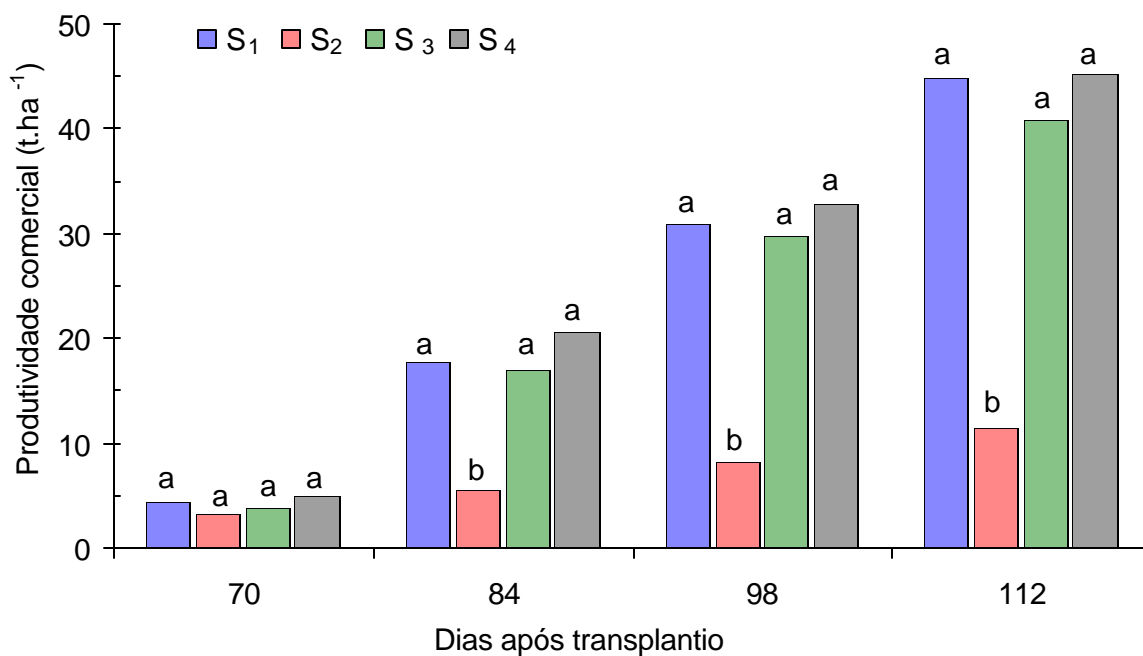


Figura 29: Efeito de substratos sobre a produtividade média comercial do tomateiro durante o período de colheita da cultura.

Entretanto, verificou-se que o desenvolvimento insatisfatório das plantas no substrato S_2 , a partir dos 40 dias após o transplântio, foi provavelmente influenciado pelos aumentos sucessivos da lâmina de água aplicada à cultura a partir dos 37 dias após o transplântio. Conforme descrito anteriormente, a estimativa da demanda de água pela cultura, com base na evaporação do tanque classe A, não foi suficiente para suprir a necessidade hídrica das plantas após os primeiros trinta dias de desenvolvimento. Esta situação também foi descrita por LOURES et al. (1998), ao estudar a produção de tomate cultivado em substrato comercial. Como a lâmina de água aplicada no presente trabalho foi a mesma para os quatro substratos, observou-se a ocorrência de períodos relativamente longos de encharcamento nas parcelas que continham o substrato S_2 , possivelmente devido à maior capacidade de retenção de água e menor drenagem proporcionadas pelo bagaço de cana-de-açúcar. O excesso de água pode ter ocasionado deficiência de oxigênio nas raízes, nas condições destas parcelas, prejudicando o crescimento das plantas, uma vez que o sistema radicular paralisa seu desenvolvimento por não conseguir absorver os nutrientes (GOTO, 1995). O oxigênio é indispensável para a respiração das raízes a fim de suprir a energia necessária à absorção dos nutrientes (ADAMS, 1994; CORNILLON, 1994). Em relação ao crescimento e à atividade radicular, um substrato deve armazenar um determinado volume de água e, ao mesmo tempo, manter teor adequado de oxigênio em torno das raízes (SALSAC et al., 1987), condições que não foram satisfatórias no substrato S_2 . Observou-se menor desenvolvimento no sistema radicular das plantas conduzidas neste substrato (Figura 30). Portanto, nas condições desenvolvidas neste trabalho, os substratos S_1 , S_3 e S_4 forneceram melhores condições para o desenvolvimento e a produção das plantas que o substrato S_2 .



Figura 30: Sistema radicular das plantas do tomateiro conduzidas nos substratos S_1 (A), S_2 (A + B), S_3 (A + C) e S_4 (A + B + C).

Corroborando os resultados obtidos por LOURES et al. (1998), verificou-se, no presente trabalho, que a estimativa da evapotranspiração, pelo método do tanque classe A, não foi eficaz para calcular as reais exigências hídricas das culturas em ambientes protegidos. Considerando-se que as condições em ambientes protegidos são bastante diferentes, faz-se necessário ajustar os modelos clássicos de transpiração, desenvolvidos para as condições a céu aberto, no sentido de permitir, com suficiente precisão, a estimativa da necessidade de água pelas plantas cultivadas nestes ambientes.

Com relação aos manejos de fertirrigação, verificou-se que o parcelamento da oferta de nutrientes à cultura, desenvolvida em substratos sob ambiente protegido, resultou em consideráveis melhorias de desenvolvimento e produção, visto que os nutrientes foram oferecidos de maneira mais uniforme, durante todo o ciclo da cultura.

Os substratos utilizados no presente trabalho, com exceção do S_2 (areia fina + bagaço de cana-de-açúcar), apresentaram potencial de uso para a produção de tomate. Embora o substrato S_2 tenha se mostrado inferior aos demais, acredita-se que, se mantido o teor de umidade próximo a sua capacidade máxima de retenção, não ocorram os problemas apresentados neste trabalho.

Em função dos resultados obtidos, recomendam-se maiores estudos, objetivando desenvolvimento e caracterização de substratos, quantidades e/ou parcelamentos de nutrientes fornecidos através de fertirrigação, bem como modelos para estimar as necessidades hídricas das culturas em ambientes protegidos.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições do presente trabalho permitem concluir que:

- A estimativa da evapotranspiração, pelo método do tanque classe A, não foi eficaz para calcular as reais exigências hídricas do tomateiro cultivado em ambiente protegido.

- O parcelamento da fertirrigação proporcionou às plantas maior altura, maior número de frutos e maior produtividade.

- Os substratos compostos por areia fina, areia fina + casca de amendoim moída e areia fina + bagaço de cana-de-açúcar + casca de amendoim moída forneceram boas condições para o desenvolvimento e a produção de tomate em ambiente protegido.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAK, K.; CELIKEL, G. Comparison of some Turkish originated organic and inorganic substrates for tomato soilless culture. Acta Horticulturae, n.366, p.423-427, 1994.

ADAMS, P. Some effects of the environment on the nutrition of greenhouse tomatoes. Acta Horticulturae, v.366, p.405-416, 1994.

ALAN, R.; ZULKADIR, A.; PADEM, H. The influence of growing media on growth, yield and quality of tomato grown under greenhouse conditions. Acta Horticulturae, v.366, p.429-436, 1994.

ANDRIOLO, J. L. Fisiologia das culturas protegidas. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p.

ANDRIOLO, J. L.; DUARTE, T. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. Horticultura Brasileira, v.15, n.1, p.28-32, 1997.

ANDRIOLO, J. L.; DUARTE, T. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. Horticultura Brasileira, v.17, n.3, p.215-219, 1999.

BAKKER, J. C. Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Journal of Horticultural Science, v.65, n.3, p.323-331, 1990.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

BLANC, D. Les substrats. In: BLANC, M. Les cultures hors sol, Paris: INRA, 1987. p.9-13.

CERMEÑO, Z. S. Estufas: instalações e manejo. Lisboa: Litexa, 1990. 355p.

CORNILLON, P. Mineral nutrition of vegetables under protected cultivation in mild winter climate. Acta Horticulturae, v.357, p.63-82, 1994.

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

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Las necesidades de agua de los cultivos. Roma: FAO, 1976. 193p. (FAO, Riego e Drenaje, 24).

FARIAS, J. R. B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S. R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.2, p.17-22, 1994.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; ARAUJO, J. A. C. Caracterização físico-hídrica de substratos utilizados no cultivo de hortaliças. Horticultura Brasileira, v.18, p.471-473, 2000. Suplemento.

GALVANI, E.; DANTAS, R.T.; ESCOBEDO, J. F.; KLOSOWSKI, E. S. Parâmetros meteorológicos em cultura de alface (*Lactuca sativa*, L.), cultivada em casas de vegetação com orientações leste-oeste, norte-sul e condições externas. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.6, n.2, p.157-163, 1998.

GOSSELIN, A.; TRUDEL, M. J. Interactions between air and root temperatures on greenhouse tomato: I. Growth, development, and yield. Journal of the American Society for Horticultural Science, v.108, n.6, p.901-905, 1983a.

GOSSELIN, A.; TRUDEL, M. J. Interactions between air and root temperatures on greenhouse tomato: II. Mineral composition of plants. Journal of the American Society for Horticultural Science, v.108, n.6, p.905-909, 1983b.

GOTO, R. Manejo nutricional no cultivo de hortaliças em estufas. In: ENCONTRO DE HORTALIÇAS, 9, ENCONTRO DE PLASTICULTURA DA REGIÃO SUL, 6, 1994, Maringá. Palestras e trabalhos apresentados... Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1995. p.11-18.

GRANGE, R. I.; HAND, D. W. A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops. Journal of Horticultural Science, v.62, n.2, p.125-134, 1987.

GRAS, R. Propriétés physiques des substrats. In: INRA. Les cultures hors sol. Paris, 1987. p.80-126.

HEUVELINK, E. Effect of temperature on biomass allocation in tomato (*Lycopersicon esculentum*). Physiologia Plantarum, v.94, p.447-452, 1995.

HOLDER, R.; COCKSHULL, K. E. Effects of humidity on the growth and yield of glasshouse tomatoes. Journal of Horticultural Science, v.65, n.1, p.31-39, 1990.

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

LOPES, P. R. A. Influência da cobertura do solo e sistema de condução das plantas, na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivado em casa-de-vegetação e no campo. 1997. 125f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

LOURES, J. L.; FONTES, P. C. R.; SEDIYAMA, M. A. N.; CASALI, V. W. D.; CARDOSO, A. A. Produção e teores de nutrientes no tomateiro cultivado em substrato contendo esterco de suínos. Horticultura Brasileira, v.16, n.1, p.50-55, 1998.

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

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. Manejo da irrigação em hortaliças. 5.ed. Brasília: Embrapa, 1996. 72p.

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: Universidade Estadual Paulista, FUNEP, 1991. p.212-218.

MINAMI, K.; HAAG, H. P. O tomateiro. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 397p.

MONTERO, J. I.; CASTILLA, N.; GUTIERREZ de RAVÉ, E.; BRETONES, F. Climate under plastic in the Almeria. Acta Horticulturae, v.170, p.227-234, 1985.

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

OLIVEIRA, M. R. V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.30, n.8, p.1049-1060, 1995.

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

PICKEN, A. J. F. A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Journal of Horticultural Science, v.59, n.1, p.1-13, 1984.

REGHIN, M. Y. Fisiologia do desenvolvimento das hortaliças em ambiente protegido. Botucatu: Departamento de Horticultura, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1996a. 14p. (Mimeogr.).

REGHIN, M. Y. Fisiologia do desenvolvimento em tomateiro. Botucatu: Departamento de Horticultura, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1996b. 12p. (Mimeogr.).

ROCHA, P. Adaptação de um sistema de previsão de pinta preta e um de requeima para a cultura do tomateiro. 1998. 87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

ROSENBERG, N. J.; MCKENNEY, M. S.; MARTIN, P. Evapotranspiration in a greenhouse-warmed world: a review and a simulation. Agricultural and Forest Meteorology, v.47, p.303-320, 1989.

SALSAC, L.; CHAILLOU, S.; MOROT-GAUDRY, J.; LESAIN, C.; JOLIVET, E. Nitrate and ammonium nutrition in plants. Plant Physiology and Biochemistry, v.25, n.6, p. 805-812, 1987.

SCALOPPI, E. A. G. Desenvolvimento de um sistema de previsão de septoriose do tomateiro - PREVSEPT. 1999. 94f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

VESCAMBRE, D.; VAYSSE, P. Measurement of evaporation in glasshouses for determining the water requirements of plants. Horticulture, v.14, p.207-221, 1980.

ABSTRACT

Tomato yield on different substrates with parceled fertigation in greenhouse conditions.

The experiment was conducted at the Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal (21°15'22" S, 48°18'58" W). The tomato plants, long-life hybrid cv. Carmen, were grown on different substrates with fertigation and in greenhouse conditions. The experimental design was a randomized complete block, with a factorial array of 4 x 2 (four substrates and two fertigations), with four replications. The substrates used were: S₁ = fine sand (0.250 - 0.105 mm); S₂ = 1/2 fine sand + 1/2 crushed sugar-cane; S₃ = 1/2 fine sand + 1/2 ground peanut bark (screened by 7 x 18 mm); S₄ = 1/3 fine sand + 1/3 crushed sugar-cane + 1/3 ground peanut bark. The fertigation managements were: F₁ = fertigation applied once a week and F₂ = fertigation applied twice a week. The hydric dotation was established based upon the measurements of the class A pan. The highest tomato yields were obtained when fertigation was applied twice a week. The performance of the substrates S₁, S₃ and S₄ was similar and better when compared to the performance of the substrate S₂. The hydric dotation based upon the measurements of the class A pan was not efficient for suppling the water plant needs.

Fernandes, Carolina

F363p Produção de tomate em diferentes substratos com parcelamento da fertirrigação sob ambiente protegido / Carolina Fernandes. -- Jaboticabal, 2001
x , 59p. : il. ; 28 cm

Dissertação (Mestre) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2001

Orientador: Jairo Augusto Campos de Araújo

Banca examinadora: João Antonio Galbiatti, Max José de Araújo Faria Júnior

Bibliografia

1. Lycopersicon esculentum. 2. Cultivo sem solo. 3. Solução nutritiva. I. Título. II. Jaboticabal – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 635.64

Ficha Catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
e-mail: carol@fcav.unesp.br