

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

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DOS FRUTOS DO
TOMATEIRO DO GRUPO CEREJA CULTIVADO
EM SUBSTRATOS À BASE DE AREIA**

Carolina Fernandes

Orientador: **Prof. Dr. José Eduardo Corá**

Co-orientadora: **Profa. Dra. Leila Trevizan Braz**

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

Jaboticabal – SP
Janeiro de 2005

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CAROLINA FERNANDES – nascida aos 27 dias do mês de agosto de 1970 em Jaboticabal-SP. Obteve o grau de Engenheiro Agrônomo, em 2 de fevereiro de 1995, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal-SP. Prestou serviços profissionais nas propriedades, Fazenda Paineiras, Jaboticabal-SP; Fazenda Santo Antonio da Grama, Pirajuí-SP e Fazenda Santa Tereza, Guarantã-SP, com dedicação integral à área agrícola, de janeiro de 1995 a dezembro de 1998. Obteve o título de Mestre em Agronomia na Área de Produção Vegetal, em 22 de junho de 2001, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP. Recebeu, de agosto de 1999 a janeiro de 2001, bolsa do Programa de Demanda Social da CAPES. Iniciou, em março de 2001, o curso de doutorado em Agronomia (Produção Vegetal), na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal-SP. Realizou estágio de 1 de junho a 31 de julho de 2004, na Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, da Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, Espanha, com o objetivo de adquirir conhecimentos sobre métodos de caracterização e avaliação agronômica de substratos de cultivo. Recebe, desde setembro de 2001, bolsa de Formação de Pesquisador de Doutorado do CNPq.

“Ao longo da minha trajetória como pesquisador, percebi que a arte da dúvida é uma ferramenta fundamental para expandir o leque do pensamento. A morte de um cientista ocorre quando ele deixa de duvidar do seu conhecimento.

Duvidar das minhas convicções pode fortalecê-las se elas tiverem fundamento ou pode abrir novas possibilidades do pensamento se elas forem frágeis e superficiais. Quem sabe utilizar a arte da dúvida vai ao encontro da sabedoria superior e, por isso, sempre vai considerar todo seu conhecimento uma pequena gota num oceano.”

Augusto Jorge Cury

Aos meus pais, **José Antonio e Dejanira**,
ao meu irmão **Junior**, e a minha cunhada (irmã) **Carla**,

que, com a presença, o incentivo, a dedicação, a amizade e o amor,
facilitaram o transcorrer de mais essa etapa, possibilitando a
conquista de mais esse sonho.

OFEREÇO

Aos meus sobrinhos (afilhados), **Gabriela e Jaime**,

que, com a sinceridade e a sabedoria em amar, proporcionam
momentos de intensa felicidade.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, a oportunidade e o privilégio dessa conquista.

À **Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal**, as condições necessárias para a realização desse curso.

Ao **CNPq**, a concessão de bolsa de doutorado.

Ao **Prof. Dr. José Eduardo Corá**, a orientação, o incentivo, o ensinamento e a amizade.

À **Profa. Dra. Leila Trevizan Braz**, a co-orientação, o apoio e a amizade.

A **todos os professores e funcionários dos Departamentos de Solos e Adubos, Produção Vegetal e Ciências Exatas**, o carinho, a atenção e a amizade.

Ao **Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros**, a valiosa ajuda nas análises estatísticas.

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

Aos membros da Comissão Examinadora do Exame Geral de Qualificação, **Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho**, **Dr. Luiz Carlos Pavani**, **Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz** e **Dr. José Carlos Barbosa**, a importante contribuição científica.

Aos membros da Comissão Examinadora do Exame de Tese, **Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho**, **Dra. Cleide Aparecida de Abreu**, **Dra. Atelene Normann Kämpf** e **Dr. Luiz Carlos Pavani**, a importante contribuição científica.

Aos meus amigos e familiares que, próximos ou distantes, torcem pelas minhas conquistas.

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

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	ix
SUMMARY	x
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
Características gerais do tomateiro	1
Cultivo do tomateiro em substratos	2
Composição de substratos	4
Caracterização dos substratos	5
Irrigação e fertirrigação dos substratos	8
Reutilização dos substratos.....	9
Referências	10
CAPÍTULO 2 – SUBSTRATOS À BASE DE AREIA PARA O CULTIVO DO TOMATEIRO DO GRUPO CEREJA.....	16
Resumo	16
Introdução	17
Material e Métodos.....	19
Resultados e Discussão	23
Conclusões.....	30
Referências	30
CAPÍTULO 3 – CLASSES DE TAMANHO E PESO DOS FRUTOS PARA TOMATE CEREJA.....	34
Resumo	34
Introdução	35
Material e Métodos.....	36
Resultados e Discussão	40
Conclusões.....	41
Referências	41
CAPÍTULO 4 – REUTILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS À BASE DE AREIA NO CULTIVO DO TOMATEIRO DO GRUPO CEREJA	42
Resumo.....	42
Introdução	43
Material e Métodos.....	44
Resultados e Discussão	48
Conclusões.....	55
Referências	55

CAPÍTULO 5 – ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATOS REUTILIZADOS.....	59
Resumo	59
Introdução	60
Material e Métodos.....	61
Resultados e Discussão	67
Conclusões.....	77
Referências	78
CAPÍTULO 6 – IMPLICAÇÕES	80
APÊNDICES.....	83
Apêndice A. Preenchimento dos vasos.....	84
Apêndice B. Retirada dos anéis volumétricos	85

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DOS FRUTOS DO TOMATEIRO DO GRUPO CEREJA CULTIVADO EM SUBSTRATOS À BASE DE AREIA

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de utilização e reutilização de substratos à base de areia, para o cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, com dois volumes de água aplicados por irrigação. Definiu-se V_1 como o volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia. O volume de água aplicado por irrigação V_2 correspondeu a 75% do volume de V_1 . Os sete substratos resultaram da combinação de diferentes proporções volumétricas de três componentes: areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim. Os substratos foram utilizados em um cultivo e reutilizados em um segundo cultivo. O bagaço de cana-de-açúcar e a casca de amendoim podem ser utilizados na composição de substratos à base de areia, para o cultivo do tomateiro do grupo cereja. A maior produtividade foi obtida nos substratos não reutilizados e com o volume de água aplicado por irrigação V_1 . A reutilização do substrato composto por partes iguais dos três componentes promoveu aumento da densidade e do volume de água facilmente disponível, e redução da porosidade total, do espaço de aeração e do volume de água remanescente. Os teores de nutrientes foram maiores nos substratos reutilizados. A redução de 25% no volume de água aplicado por irrigação não alterou as propriedades físicas, mas proporcionou aumento dos teores de nutrientes nos substratos. A qualidade dos frutos não foi afetada pelos substratos, pelos volumes de água aplicados por irrigação e pela reutilização dos substratos. Pode-se propor a classificação, para tomate cereja, associando-se o diâmetro e o peso dos frutos.

Palavras-Chave: bagaço de cana-de-açúcar, casca de amendoim, cultivo sem solo, fertirrigação, *Lycopersicon esculentum*, propriedades dos substratos

YIELD AND FRUIT QUALITY OF CHERRY TOMATO GROWTH ON SUBSTRATES CONSISTED OF SAND

SUMMARY – The objective of this work was to evaluate the use and reuse of substrates consisted of sand, for cherry tomato growth, with two irrigation rates, at Jaboticabal, São Paulo, Brazil (21°14'05" S, 48°17'09" W). The substrates were used during a growth period and reuse in the second one. The irrigation rate I_1 was defined as the amount of water necessary to fall in drops from the pots filled up with sand. The irrigation rate I_2 was 75% of the irrigation rate I_1 . The seven substrates were consisted of different combinations of three materials: sand, crushed sugar-cane and peanut bark. The crushed sugar-cane and peanut bark can be used to compose the substrates consisted of sand for cherry tomato growth. The highest cherry tomato yield was obtained from the non reused substrate and with the irrigation rate I_1 . The reuse of the substrate consisted of equal parts of the three components caused an increasing of the bulk density and easily available water content, and a decreasing of the total porosity, aeration space and remaining water content. The nutrients levels were higher in the reused substrates. A 25% reduction in the irrigation rate did not affect the physical properties of the substrates, but increased the nutrient levels of them. The fruit quality was not affected by the substrates, the irrigation rates and the reuse of substrates. It is possible to classify the cherry tomato by diameter and weight.

Keywords: crushed sugar-cane, peanut bark, soilless growth, fertigation, *Lycopersicon esculentum*, substrates properties

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Características gerais do tomateiro

A espécie cultivada *Lycopersicon esculentum* Mill. tem como centro de origem a região andina, desde o Equador, passando por Colômbia, Peru e Bolívia, até o norte do Chile. Quanto a sua domesticação, parece não haver dúvidas de que ocorreu no México (TIGCHELAAR, 1986).

No Brasil, a introdução do tomate deve-se a imigrantes europeus, principalmente italianos, espanhóis e portugueses, no final do século XIX. Porém, a difusão e o incremento no consumo começaram a ocorrer apenas depois da Primeira Guerra Mundial, por volta de 1930 (ALVARENGA, 2004b).

O tomateiro cultivado comercialmente pertence à classe Dicotyledoneae, ordem Tubiflorae, família Solanaceae, gênero *Lycopersicon* e subgênero *Eulycopersicon* (TIGCHELAAR, 1986; ALVARENGA, 2004b).

As cultivares atualmente plantadas podem ser reunidas em cinco grupos ou tipos diferenciados: grupo santa cruz, grupo salada, grupo cereja, grupo italiano e grupo industrial (FILGUEIRA, 2000).

O grupo cereja trata-se de um novo tipo de cultivares para mesa, cuja cultura foi introduzida no início da década de 90. Esse grupo é caracterizado pelo minúsculo tamanho dos frutos, biloculares, que apresentam coloração vermelho-brilhante e excelente sabor, lembrando uma cereja. A maioria das cultivares são híbridas e as plantas, de crescimento indeterminado, conduzidas tutoradas (FILGUEIRA, 2000).

Ultimamente, esse tipo de tomate tem apresentado uma demanda crescente, sendo utilizado na ornamentação de saladas e considerado uma iguaria (FILGUEIRA, 2000; ALVARENGA, 2004a).

Os consumidores consideram o tomate cereja um produto de alta qualidade e com sabor reconhecidamente superior ao tomate de mesa tradicional. Por isso, geralmente, aceitam o preço mais elevado desse produto, que se deve, principalmente,

ao superior custo de colheita e à inferior produção por área, quando comparado ao tomate de mesa tradicional (HOBSON & BEDFORD, 1989).

A preferência pelo consumo de tomate, entre as hortaliças, deve-se as suas características de aparência, sabor, aroma, textura e valor nutricional (ALVARENGA, 2004c).

O fruto fresco do tomate apresenta baixo poder calórico, baixo teor de matéria seca e é muito rico em cálcio e vitamina C. Os açúcares, sacarose e frutose, constituem cerca de 65% dos sólidos solúveis totais e se acumulam na fase final da maturação. Com o início da maturação, ocorrem a degradação da clorofila e a síntese de pigmentos amarelos, principalmente xantofilas e caroteno, atingindo, posteriormente, a cor avermelhada em razão do acúmulo de licopeno. Esses três pigmentos são poderosos destruidores de radicais livres. Além disso, o licopeno é uma das substâncias que apresentam propriedades anticancerígenas (ALVARENGA, 2004c).

Cultivo do tomateiro em substratos

A crescente demanda por hortaliças de alta qualidade e ofertadas durante o ano todo tem contribuído para o investimento em novos sistemas de cultivo, que permitam produção adaptada a diferentes regiões e condições adversas do ambiente (CARRIJO et al., 2004).

No Brasil, o cultivo de hortaliças em substratos vem despertando interesse entre os produtores, principalmente quando a presença de patógenos no solo inviabiliza o seu cultivo em casas de vegetação. Além disso, pode-se intensificar os cultivos, sem a necessidade de realizar a rotação de culturas, prática imprescindível no cultivo de hortaliças no solo. A rotação de culturas previne problemas fitossanitários, por meio da redução de fontes de inóculo de fitopatógenos e também da diminuição de insetos-praga vetores de viroses, nematóides e plantas invasoras (FILGUEIRA, 2000).

ANDRIOLO et al. (1997) compararam o cultivo do tomateiro, cultivar Carmen, em substrato constituído por partes iguais de turfa, vermiculita e perlita com o cultivo no

solo. Os autores observaram que as plantas cultivadas em substrato apresentaram aproximadamente metade da matéria seca de folhas do que aquelas cultivadas no solo. Entretanto, a produção de massa seca de frutos foi semelhante nos dois casos. A diferença observada entre os cultivos foi devido unicamente à parte vegetativa das plantas. Portanto, os autores concluíram que a mesma produtividade, obtida no cultivo em substrato, onde as plantas apresentaram 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, a menor área foliar, observada nas plantas cultivadas no substrato, pode proporcionar melhor ventilação, reduzir o risco de doenças e facilitar o manejo das plantas.

Alguns autores têm avaliado o potencial de uso dos resíduos produzidos nas diferentes regiões como substratos. A casca de arroz carbonizada e o húmus proveniente da minhocultura constituíram-se em materiais apropriados para uso como substrato, apresentando características similares ao substrato comercial testado, proporcionando produtividade do tomateiro, cultivares Diva e Monte Carlo, de $5,5 \text{ kg m}^{-2}$ (ANDRIOLO et al., 1999). A utilização do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de amendoim, como componente de substrato para o cultivo do tomateiro, cultivar Carmen, forneceu condições para obter produtividade de $4,2 \text{ kg m}^{-2}$ (FERNANDES et al., 2002). As maiores produtividades do tomateiro, cultivares TX e Larissa, foram obtidas em substratos compostos por fibra da casca do coco ($10,4 \text{ kg m}^{-2}$), serragem ($9,3 \text{ kg m}^{-2}$), casca de arroz carbonizada ($9,3 \text{ kg m}^{-2}$) e maravalha ($9,0 \text{ kg m}^{-2}$) (CARRIJO et al., 2004).

Outros autores avaliaram a produtividade do tomateiro do grupo cereja em diferentes substratos. PÁDUA et al. (2002) observaram que não houve diferença significativa entre a produtividade das cultivares Cheri ($6,4 \text{ kg m}^{-2}$) e Sindy ($8,0 \text{ kg m}^{-2}$), conduzidas em substrato comercial. A produtividade do tomateiro, cultivares Mascot, Gisela, Cheri e Sweet Million, no solo descoberto, foi superior àquelas obtidas para os cultivos em substrato comercial, na areia e no solo coberto com filme de polietileno preto (GUSMÃO et al., 2004). Porém, os autores observaram que não havia fatores

restritivos à produção em solo, principal justificativa para se adotar o cultivo em substrato.

Composição de substratos

O termo substrato se aplica em horticultura ao meio onde se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas fora do solo. O substrato, colocado em um recipiente, permite a fixação do sistema radicular e desempenha papel de suporte para a planta (KÄMPF, 2000; ABAD et al., 2004).

Vários são os materiais utilizados como substratos para plantas, tais como, turfa, areia, isopor, espuma fenólica, argila expandida, perlita, vermiculita, bagaço de cana-de-açúcar, casca de amendoim, casca de arroz, casca de pínus, fibra da casca de coco, serragem, entre outros (VERDONCK, 1983; BURÉS, 1997; KÄMPF, 2000; MARTÍNEZ, 2002).

Raramente, um material cumpre por si só as características requeridas para determinadas condições de cultivo. Na maioria dos casos, é necessário recorrer à mistura de vários materiais, em diferentes proporções, com o objetivo de adequá-los às condições requeridas (BURÉS, 1997; KÄMPF, 2000; ABAD et al., 2004).

A mistura de um componente com outros materiais tem um efeito marcante nas propriedades físicas e químicas do substrato (ABAD et al., 1993). Quando se utilizam materiais muito leves como a base de um substrato, freqüentemente, adiciona-se areia média para aumentar a densidade (BUNT, 1983; KÄMPF, 2000; ABAD et al., 2004). Além disso, a utilização de areia, com granulometria adequada, pode favorecer a molhabilidade da mistura (BUNT, 1983; ABAD et al., 2004). Entretanto, efeitos indesejáveis, em virtude da adição de areia, são a redução da porosidade total e do espaço de aeração (BUNT, 1983) e a dificuldade de manipulação em decorrência do peso excessivo, especialmente quando úmida (ANDRIOLO, 1996).

A necessidade de se caracterizar produtos encontrados nas diferentes regiões do país e torná-los disponíveis como substratos é fundamental para reduzir o custo de

produção. Além disso, a questão ambiental deve ser considerada na escolha dessas matérias-primas para a produção de substratos (CARRIJO et al., 2004).

A mistura de materiais orgânicos e de disponibilidade regional tem apresentado resultados positivos para a produção, podendo-se citar, como exemplo, os trabalhos desenvolvidos com composto de lixo urbano (BACKES & KÄMPF, 1991), casca de arroz (KÄMPF & JUNG, 1991; ANDRIOLO et al., 1999), bagaço de cana-de-açúcar (BIASI et al., 1995; FERNANDES et al., 2002), composto de resíduos hortícolas (URRESTARAZU et al., 2000), composto de resíduo de uva (REIS et al., 2001), casca de amendoim (FERNANDES et al., 2002), fibra da casca de coco (NOGUERA et al., 1997; CARRIJO et al., 2004), entre outros.

A escolha de um substrato deve ser feita considerando-se a espécie a ser cultivada, já que as plantas apresentam diferentes exigências, em função da sua fisiologia e das condições ambientais. Substratos ótimos para cada grupo de plantas são muito difíceis de serem recomendados, porque os produtores têm diferentes técnicas de irrigação, usam diferentes fertilizantes e soluções nutritivas, não têm a mesma qualidade de água e alteram ou adaptam novas técnicas de cultivo constantemente. Assim, os substratos devem ser propostos para as condições do produtor e não para um grupo de plantas (VERDONCK & GABRIËLS, 1988).

Caracterização dos substratos

A avaliação da qualidade de um substrato baseia-se na sua caracterização física e química. Dentre as propriedades físicas, destacam-se a distribuição do tamanho das partículas, a densidade e a curva de retenção de água. Dentre as propriedades químicas, destacam-se o pH, a condutividade elétrica e o teor de nutrientes.

A composição granulométrica, que representa a distribuição do tamanho das partículas, é importante para descrever, em termos gerais, a qualidade física do material e sua adequação para o cultivo de determinada espécie vegetal, tendo influência determinante no volume de ar e água retidos pelo substrato (ANSORENA,

1994). Partículas com diâmetro menor que 0,25 mm formam poros em que a água neles armazenada, por estar mais fortemente retida, será de mais difícil disponibilidade às plantas; partículas com diâmetro entre 0,25 mm e 1,0 mm formam poros que reterão água com menor força, tornando-a mais facilmente disponível às plantas; e partículas com diâmetro maior que 1,0 mm formam poros responsáveis pelo armazenamento de ar (RICHARDS et al., 1986; ABAD et al., 2004).

De acordo com ANSORENA (1994), a composição granulométrica dos materiais utilizados como substratos pode ser muito variável, dependendo de muitos fatores, tais como origem dos materiais, sistema de coleta, condições de trituração e peneiras utilizadas, entre outros. Substratos que apresentam suas partículas distribuídas em diversas classes de tamanho podem sofrer acomodação das partículas em seu manuseio e/ou durante o cultivo, ou seja, as partículas menores ocupam os espaços entre as partículas maiores (ANSORENA, 1994). Essa acomodação pode provocar uma redução na porosidade total e no espaço de aeração dos substratos acondicionados em recipientes (SPOMER, 1979). Em contrapartida, esse fato pode aumentar a quantidade de água retida pelos substratos, pois o número de poros de menor diâmetro passa a ser maior (ANSORENA, 1994).

A densidade expressa a relação entre a massa e o volume ocupado pelas partículas que formam o substrato. Substratos com densidade muito baixa são indesejáveis, quando a máxima estabilidade do recipiente é requerida, ao passo que materiais com alta densidade tendem a ter menor volume de poros ocupados por ar (BUNT, 1983).

A densidade do substrato pode se alterar em função do manejo, conseqüentemente, as demais propriedades físicas do substrato também podem ser modificadas. A densidade do substrato pode ser afetada, no momento do preenchimento do recipiente com substrato, conforme o recipiente e a força aplicada ou durante algumas operações em casa de vegetação, tais como transporte do recipiente já preenchido e pressão do sistema radicular da planta durante o transplântio (KÄMPF et al., 1999). O próprio manejo da irrigação pode provocar um aumento da densidade do substrato, por compactação, e arrastar as partículas finas para as camadas

inferiores do recipiente (BUNT, 1983; KÄMPF et al., 1999). As duas situações ocorrem na prática e podem resultar em valores de espaço de aeração mais baixos (BUNT, 1983).

A determinação da curva de retenção de água para um substrato é importante, porque fornece dados sobre o volume de água em determinadas tensões (DE BOODT & VERDONCK, 1972). A partir desses valores, pode-se calcular porosidade total (volume de água presente nas amostras saturadas), espaço de aeração (volume que contém ar depois que o substrato foi saturado com água e deixado drenar a 10 hPa de tensão), água disponível (volume de água liberado entre 10 hPa e 100 hPa de tensão), água facilmente disponível (volume de água liberado entre 10 hPa e 50 hPa de tensão), água tamponante (volume de água liberado entre 50 hPa e 100 hPa de tensão) e água remanescente (volume de água que permanece nas amostras depois de aplicada a tensão de 100 hPa).

O valor do pH determina a acidez de um meio e é um critério químico importante para o desenvolvimento da planta, por causa do seu efeito direto na disponibilidade de nutrientes, principalmente micronutrientes (KÄMPF, 2000). Plantas cultivadas em ambientes ácidos têm quantidades menores de nutrientes a sua disposição (ANSORENA, 1994). No entanto, as espécies apresentam diferenças genéticas que lhes conferem graus de sensibilidade diferentes para o mesmo valor de pH (ANSORENA, 1994; KÄMPF, 2000).

A medida da condutividade elétrica fornece uma estimativa do conteúdo de sais solúveis de um meio de crescimento, em função de que íons dissolvidos na água conduzem corrente elétrica na proporção direta de sua concentração (ANSORENA, 1994; KÄMPF, 2000). É importante conhecer essa concentração, porque as plantas variam em sua tolerância ao estresse osmótico causado por altos níveis de salinidade (ANSORENA, 1994; KÄMPF, 2000).

A determinação do teor de nutrientes é necessária para a recomendação e monitoramento das adubações. A fertirrigação e a aplicação de adubos orgânicos e minerais têm sido praticadas de forma empírica pelos produtores, sendo freqüente o

uso de níveis excessivos de nutrientes, o que afeta a qualidade da colheita e o custo de produção (ABREU et al., 2002).

Irrigação e fertirrigação dos substratos

A irrigação dos cultivos em substratos acondicionados em recipientes, em comparação à irrigação dos cultivos no solo, apresenta as seguintes particularidades: elevadas necessidades instantâneas de água por unidade de massa radicular; reduzido volume de substrato para a planta e existência de uma parede impermeável na base do substrato (Lemaire et al. citados por ABAD et al., 1993). Tudo isso implica em risco de estresse hídrico, o qual deve ser prevenido com um rigoroso controle da irrigação, que se traduz na correta definição do volume e da frequência de irrigação (ABAD et al., 1993). Intervalos de irrigação muito curtos mantêm o teor de água do substrato sempre próximo de sua capacidade máxima, podendo reduzir a disponibilidade de oxigênio às raízes. Intervalos muito longos podem provocar um aumento excessivo da concentração salina em torno das raízes, impondo estresse hídrico às plantas (ANDRIOLO, 1996). Portanto o manejo da água deve evitar possíveis variações bruscas do potencial matricial do substrato, especialmente nos períodos de forte demanda evaporativa da atmosfera (ANDRIOLO et al., 1997).

Na irrigação dos substratos em recipientes, a água deve ser manejada com dois objetivos: conseguir uniformidade na distribuição de água no substrato e evitar, por lixiviação, o acúmulo de sais (ABAD et al., 1993). O excesso drenado deve oscilar entre 10% e 30% do volume de água aplicado, em função da época do ano, do estágio de desenvolvimento da planta e da qualidade da água de irrigação (ABAD et al., 1993; MILNER, 2002).

O objetivo da fertilização é colocar nutrientes à disposição da planta de forma contínua, em quantidades suficientes e bem equilibradas, visando obter o nível de crescimento requerido (ABAD et al., 1993; ANDRIOLO et al., 1997).

Para o fornecimento de nutrientes às plantas cultivadas em substratos, utiliza-se a fertirrigação proporcional, na qual os fertilizantes são aplicados em todas as irrigações. Quanto menor o volume do recipiente que acondiciona o substrato e a capacidade de troca iônica do substrato, maior a frequência da fertirrigação proporcional e da necessidade de monitoramento (MILNER, 2002).

Reutilização dos substratos

A reutilização de substratos tem como objetivo reduzir o custo de produção e o impacto ambiental causado pelo descarte dos substratos após a sua utilização. Algumas pesquisas têm evidenciado resultados econômicos interessantes com a reutilização de substratos por dois ou mais cultivos consecutivos sem reduzir a produção e a qualidade de hortaliças (BAEVRE, 1981; BAEVRE & GUTTORMSEN, 1984; VERLODT et al., 1985; ANDRIOLO et al., 1999; CELIKEL & CAGLAR, 1999; REIS et al., 2001). Entretanto, por causa da reutilização, deve-se atentar para a ocorrência de alguns efeitos possíveis, como problemas de doenças, alta concentração de nutrientes, desequilíbrio nutricional e alteração das propriedades dos substratos.

Para evitar problemas de ordem fitossanitária, CELIKEL & CAGLAR (1999) recomendaram que, após três anos de cultivo, os substratos devem ser esterilizados ou desinfetados antes do próximo cultivo.

Algumas pesquisas mostraram as alterações da concentração de nutrientes nos substratos reutilizados e nas folhas das plantas cultivadas nos mesmos. A reutilização do substrato no cultivo do tomateiro promoveu aumento de fósforo, potássio, magnésio e boro nos substratos e incrementou os teores de fósforo e boro nas folhas, mas não provocou desordem nutricional nas plantas (BAEVRE, 1981).

A utilização do mesmo substrato por três cultivos sucessivos promoveu acúmulo de fósforo, magnésio e boro nos substratos reutilizados e aumento nos teores de magnésio e boro nas folhas das plantas cultivadas nos mesmos (BAEVRE & GUTTORMSEN, 1984).

VERLODT et al. (1985) observaram que os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas folhas do tomateiro, praticamente, não foram alterados com a utilização do substrato por cinco cultivos. Mas observaram acúmulo nos teores foliares de zinco, cobre e manganês no quarto e quinto cultivo.

O acúmulo dos nutrientes nos substratos indica que a concentração desses nutrientes na solução nutritiva pode ser reduzida, para melhor se adequar às necessidades da planta (BAEVRE & GUTTORMSEN, 1984). Assim, diante da ausência de desordens nutricionais, nas plantas cultivadas nos substratos reutilizados, pode-se alterar a concentração da solução nutritiva a ser utilizada no cultivo subsequente, em conformidade com os resultados obtidos no cultivo anterior (BAEVRE, 1981).

Quanto às alterações nas propriedades físicas, BAEVRE & GUTTORMSEN (1984) observaram que a reutilização do substrato não alterou significativamente a porosidade total, mas reduziu o volume de poros maiores e aumentou o volume de poros menores. A reutilização do substrato por cinco anos proporcionou aumento da densidade, diminuição da porosidade total, aumento do conteúdo de água e diminuição do espaço de aeração (VERLODT et al., 1985). Os autores relacionaram essas alterações físicas com o aumento linear da decomposição do substrato de acordo com os anos de cultivo. A vida útil de um substrato orgânico é determinada, principalmente, pela velocidade das reações de decomposição, que modificam a granulometria do material e, conseqüentemente, a proporção entre as fases sólida, líquida e gasosa (ANDRIOLO et al., 1999).

Referências

ABAD, M. B.; NOGUERA, P. M.; CARRIÓN, C. B. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: URRESTARAZU, M. G. (Ed.). *Tratado de cultivo sin suelo*. Madrid: Mundi-Prensa, 2004. p. 113-158.

ABAD, M.; MARTÍNEZ, P. F. G.; MARTÍNEZ, M. D. H.; MARTÍNEZ, J. C. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura*, Córdoba, v. 11, p. 141-154, 1993.

ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; BATAGLIA, O. C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P. R.; GUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coord.). *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p. 17-28. (Documento IAC, 70).

ALVARENGA, M. A. R. Cultivares. In: _____. (Ed.). *Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia*. Lavras: UFLA, 2004a. p. 37-59.

ALVARENGA, M. A. R. Origem, botânica e descrição da planta. In: _____. (Ed.). *Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia*. Lavras: UFLA, 2004b. p. 13-23.

ALVARENGA, M. A. R. Valor alimentício. In: _____. (Ed.). *Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia*. Lavras: UFLA, 2004c. p. 25-30.

ANDRIOLO, J. L. *O cultivo de plantas com fertirrigação*. Santa Maria: UFSM, 1996. 47 p.

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

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

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

BACKES, M. A.; KÄMPF, A. N. Substratos à base de composto de lixo urbano para a produção de plantas ornamentais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 5, p. 753-758, 1991.

BAEVRE, O. A. Chemical and physical properties of re-used peat for tomato. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 126, p. 45-50, 1981.

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

BIASI, L. A.; BILIA, D. A. C.; SÃO JOSÉ, A. R.; FORNASIERI, J. L.; MINAMI, K. Efeito de misturas de turfa e bagaço-de-cana sobre a produção de mudas de maracujá e tomate. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 239-243, 1995.

BUNT, A. C. Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 150, p. 143-153, 1983.

BURÉS, S. *Sustratos*. Madrid: Agrotécnicas, 1997. 342 p.

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

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

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

FERNANDES, C.; ARAÚJO, J. A. C.; CORÁ, J. E. Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 559-563, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

GUSMÃO, M. T. A.; GUSMÃO, S. A. L.; ARAÚJO, J. A. C. Produtividade de minitomate cultivado em ambiente protegido e em diferentes substratos. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 2, 2004. Suplemento 2. 1 CD-ROM.

HOBSON, G. E.; BEDFORD, L. The composition of cherry tomatoes and its relation to consumer acceptability. *Journal of Horticultural Science*, London, v. 64, n. 3, p. 321-329, 1989.

KÄMPF, A. N. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254 p.

KÄMPF, A. N.; HAMMER, P. A.; KIRK, T. Impedância mecânica em substratos hortícolas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2157-2161, 1999.

KÄMPF, A. N.; JUNG, M. The use of carbonized rice hulls as an horticultural substrate. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 294, p. 271-283, 1991.

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de sustratos para horticultura. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P. R.; GUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coord.). *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p. 53-76. (Documento IAC, 70).

MILNER, L. Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P. R.; GUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coord.). *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p. 45-51. (Documento IAC, 70).

NOGUERA, P.; ABAD, M.; PUCHADES, R.; NOGUERA, V.; MAQUIEIRA, A.; MARTÍNEZ, J. Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 450, p. 365-373, 1997.

PÁDUA, J. G.; GUSMÃO, S. A. L.; GUSMÃO, M. T. A.; BRAZ, L. T. Densidade de plantio e produção de duas cultivares de tomateiro tipo cereja, cultivadas em substrato, sob condições protegidas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 2, 2002. Suplemento 2. 1 CD-ROM.

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

RICHARDS, D.; LANE, M.; BEARDSELL, D. V. The influence of particle-size distribution in pinebark:sand:brown coal potting mixes on water supply aeration and plant growth. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 29, p. 1-14, 1986.

SPOMER, L. A. Three simple demonstrations of the physical effects of soil amendment. *HortScience*, Alexandria, v. 14, n. 1, p. 75-77, 1979.

TIGCHELAAR, E. C. Tomato breeding. In: BASSETT, M. J. *Breeding vegetable crops*. Westport: AVI, 1986. p. 135-171.

URRESTARAZU, M.; SALAS, M. C.; RODRÍGUEZ, R.; ELORRIETA, M. A.; MORENO, J. Evaluación agronómica del uso del compost de residuos hortícolas como sustrato alternativo en cultivo sin suelo en tomate. *Actas de Horticultura*, Córdoba, v. 32, p. 327-332, 2000.

VERDONCK, O. Reviewing and evaluation of new materials used as substrates. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 150, p. 467-473, 1983.

VERDONCK, O.; GABRIËLS, R. Substrate requirements for plants. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 221, p. 19-23, 1988.

VERLODT, H.; ZOUAOUI, M.; SAIDANE, A.; WAELE, N.; HARBAOUI, Y. Influence of reutilization during five years on the physical and chemical properties of a *Posidonia oceanica* (L.) Del. substrate and on the behavior of a tomato crop. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 172, p. 157-173, 1985.

CAPÍTULO 2 – SUBSTRATOS À BASE DE AREIA PARA O CULTIVO DO TOMATEIRO DO GRUPO CEREJA

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e a qualidade dos frutos do tomateiro do grupo cereja cultivado em substratos e com dois volumes de água aplicados por irrigação. O delineamento experimental adotado foi em parcelas subdivididas com dois volumes de água aplicados por irrigação (nas parcelas) e sete substratos (nas subparcelas). As parcelas foram agrupadas em blocos casualizados, com quatro repetições. O volume de água aplicado por irrigação V_1 foi definido como o volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia. O volume de água aplicado por irrigação V_2 correspondeu a 75% do volume de V_1 . Durante o ciclo da cultura, o volume de água V_1 variou de 0,780 a 3,276 L planta⁻¹ dia⁻¹, e o volume de água V_2 variou de 0,585 a 2,457 L planta⁻¹ dia⁻¹. Os sete substratos resultaram da combinação de diferentes proporções volumétricas de três componentes: areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim. As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os substratos compostos por partes iguais de areia e bagaço de cana-de-açúcar ou por partes iguais de areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim proporcionaram as maiores produtividades do tomateiro do grupo cereja. Os diferentes substratos avaliados proporcionaram a mesma qualidade dos frutos produzidos. Os dois volumes de água aplicados por irrigação não alteraram a quantidade e a qualidade dos frutos de tomate cereja produzidos.

Palavras-Chave: bagaço de cana-de-açúcar, casca de amendoim, cultivo sem solo, fertirrigação, *Lycopersicon esculentum*, propriedades físicas

Introdução

A crescente demanda por hortaliças de alta qualidade tem impulsionado grandes alterações nas técnicas de produção. Verifica-se gradual substituição do cultivo de hortaliças em solo para o cultivo em substrato, principalmente quando a presença de patógenos no solo impossibilita o cultivo.

O substrato, que exerce a função de suporte às plantas, deve ser isento de fitopatógenos, de fácil manejo, baixo custo, alta disponibilidade e ter longa durabilidade.

A avaliação da qualidade de um substrato baseia-se na sua caracterização física, química e biológica. Dentre as propriedades físicas, destacam-se a densidade, o espaço de aeração e a capacidade de retenção de água do substrato.

A densidade de um substrato é definida como a massa de material sólido por unidade de volume do substrato. A densidade é uma importante propriedade para o manejo, uma vez que substrato e recipiente são transportados e manipulados, devendo seu peso ser levado em conta. A densidade do substrato também influencia o custo de transporte, a manipulação e a infra-estrutura necessária para sua utilização.

O espaço de aeração de um substrato é definido como a proporção do volume que contém ar depois que o substrato foi saturado com água e deixado drenar a 10 hPa de tensão (DE BOODT & VERDONCK, 1972). A capacidade de retenção de água se divide entre água facilmente disponível (volume de água liberado entre 10 hPa e 50 hPa de tensão), água tamponante (volume de água liberado entre 50 hPa e 100 hPa de tensão), e água remanescente (volume de água que permanece no substrato depois de aplicada a tensão de 100 hPa) (DE BOODT & VERDONCK, 1972). Entretanto, em relação ao cultivo em substratos, destacam-se o espaço de aeração e o conteúdo de água facilmente disponível às plantas e não o conteúdo relativo à capacidade de retenção de água do substrato (ABAD et al., 2004).

Vários são os materiais utilizados como substratos: areia, espuma fenólica, argila expandida, vermiculita, composto de lixo urbano, bagaço de cana-de-açúcar, casca de amendoim, casca de arroz, casca de pinus, fibra da casca de coco, serragem, entre outros.

A utilização de areia como substrato para o cultivo de hortaliças tem apresentado resultados positivos, pois, por ter baixíssima capacidade de troca iônica, considera-se a areia um substrato de fácil manejo (BURÉS, 1997; ABAD et al., 2004). A maior limitação para utilização da areia como substrato é a dificuldade de manipulação em consequência do peso excessivo, especialmente quando úmida (ANDRIOLO, 1996). Apesar da alta disponibilidade de areia atualmente, é prudente considerar que poderão ocorrer problemas em seu fornecimento no futuro, devido ao impacto ambiental causado pela sua extração (ABAD et al., 2004), demonstrando a necessidade de buscar materiais alternativos para substituí-la parcial ou totalmente no cultivo de hortaliças.

Considerando-se a disponibilidade e o baixo custo, tem sido investigada a possibilidade de utilizar, como componentes de substratos, os resíduos agrícolas produzidos em cada região. Assim, observa-se que vários autores desenvolveram pesquisas com os materiais predominantes em suas regiões como a casca de arroz (KÄMPF & JUNG, 1991; ANDRIOLO et al., 1999), bagaço de cana-de-açúcar (BIASI et al., 1995; FERNANDES et al., 2002), composto de resíduos hortícolas (URRESTARAZU et al., 2000), composto de resíduo de uva (REIS et al., 2001), casca de amendoim (FERNANDES et al., 2002), fibra da casca de coco (NOGUERA et al., 1997; CARRIJO et al., 2004).

As hipóteses deste trabalho foram: 1) o bagaço de cana-de-açúcar e a casca de amendoim, resíduos agrícolas disponíveis na região de Jaboticabal, podem ser utilizados na composição de substratos à base de areia, para o cultivo do tomateiro do grupo cereja; 2) a redução de 25% no volume de água, necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia, não prejudica a quantidade e a qualidade dos frutos de tomate cereja produzidos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e a qualidade dos frutos do tomateiro do grupo cereja cultivado em sete substratos, compostos por areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim, e com dois volumes de água aplicados por irrigação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais, na FCAV-UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP. A altitude local é de 614 m; com latitude de 21°14'05" S e longitude de 48°17'09" W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw com transição para Cwa (VOLPE¹). A casa de vegetação foi construída em estrutura metálica, do tipo teto em arco, com 3 m de pé-direito, 30 m de comprimento e 8 m de largura, coberta com filme de polietileno transparente, aditivado contra raios ultravioleta, com 150 micrômetros de espessura, e as laterais protegidas com telas de polipropileno preto com 50% de sombreamento. A temperatura e a umidade relativa do ar, no interior da casa de vegetação, foram obtidas por meio de um termohigrógrafo com registro contínuo dos valores. O aparelho foi instalado em abrigo de madeira, a 1,0 m de altura, no centro da casa de vegetação. Durante o ciclo da cultura, as médias mensais para a temperatura máxima diária, nos meses de fevereiro, março, abril e maio foram, respectivamente, 39, 36, 33 e 29 °C; para a temperatura mínima diária, 21, 18, 15 e 11 °C; para a umidade relativa do ar máxima diária, 93, 95, 97 e 99%; e para a umidade relativa do ar mínima diária, 37, 38, 39 e 40%.

O delineamento experimental adotado foi em parcelas subdivididas com dois volumes de água aplicados por irrigação (nas parcelas) e sete substratos (nas subparcelas). As parcelas foram agrupadas em blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental foi representada por quatro vasos, contendo uma planta por vaso. Os vasos utilizados foram de plástico marrom, com capacidade para 5 L, com 25 cm de diâmetro de boca, 17 cm de diâmetro de fundo, 18 cm de altura e 8 furos na base.

O volume de água aplicado por irrigação V_1 foi definido como o volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia, de acordo com o critério visual. O volume de água drenado não foi medido, mas foi o

¹ VOLPE, C. A. (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP - Câmpus de Jaboticabal). Comunicação pessoal, 2004.

mínimo necessário para perceber a drenagem dos vasos. A mínima drenagem dos vasos foi utilizada para garantir a uniformidade na distribuição de água no substrato acondicionado no vaso. O volume de água aplicado por irrigação V_2 correspondeu a 75% do volume de V_1 . Durante o cultivo, os volumes de água aplicados por irrigação V_1 e V_2 aumentaram de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura. O volume de água aplicado, em $L\ planta^{-1}\ dia^{-1}$, foi igual a 0,780 (V_1) e 0,585 (V_2), durante os primeiros 15 dias após o transplântio (DAT), com frequência de irrigação (FI) de quatro vezes ao dia; 0,975 (V_1) e 0,731 (V_2), do 16^o ao 30^o DAT, com FI de cinco vezes ao dia; 1,300 (V_1) e 0,975 (V_2), do 31^o ao 45^o DAT, com FI de cinco vezes ao dia; 1,560 (V_1) e 1,170 (V_2), do 46^o ao 60^o DAT, com FI de seis vezes ao dia; 1,950 (V_1) e 1,462 (V_2), do 61^o ao 75^o DAT, com FI de seis vezes ao dia; 2,548 (V_1) e 1,911 (V_2), do 76^o ao 90^o DAT, com FI de sete vezes ao dia; 3,276 (V_1) e 2,457 (V_2), do 91^o ao 122^o DAT, com FI de sete vezes ao dia. A irrigação foi realizada por gotejamento, utilizando-se um gotejador por vaso, com vazão de $13\ mL\ min^{-1}$.

Os substratos resultaram da combinação de diferentes proporções volumétricas de areia (A), bagaço de cana-de-açúcar (BC) e casca de amendoim (CA). A areia utilizada foi a conhecida comercialmente como areia média. O bagaço utilizado foi o resíduo fibroso resultante da extração do caldo dos colmos da cana-de-açúcar. A casca de amendoim utilizada foi moída e passada em peneira com abertura de 6 mm x 18 mm. As combinações obtidas foram: $S_1 = A$; $S_2 = 2/3\ A + 1/3\ BC$; $S_3 = 2/3\ A + 1/3\ CA$; $S_4 = 2/3\ A + 1/6\ BC + 1/6\ CA$; $S_5 = 1/2\ A + 1/2\ BC$; $S_6 = 1/2\ A + 1/2\ CA$ e $S_7 = 1/3\ A + 1/3\ BC + 1/3\ CA$.

Cada componente dos substratos foi caracterizado física e quimicamente. As propriedades físicas avaliadas foram: densidade (D), segundo Hoffmann, descrito por BACKES (1988); distribuição do tamanho de partículas (granulometria), utilizando-se peneiras de 4,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,125 mm de abertura, e espaço de aeração (EA) e água facilmente disponível (AFD), segundo DE BOODT & VERDONCK (1972). As propriedades químicas avaliadas foram: pH e condutividade elétrica (CE), segundo método de extração por volume, na proporção de 1:1,5 (substrato:água) (SONNEVELD et al., 1974). Os valores das propriedades avaliadas na caracterização dos

componentes foram: $D = 1691 \text{ kg m}^{-3}$, $EA = 2\%$, $AFD = 23\%$, $pH = 5,3$ e $CE = 0,02 \text{ dS m}^{-1}$ para a areia; $D = 58 \text{ kg m}^{-3}$, $EA = 27\%$, $AFD = 12\%$, $pH = 5,1$ e $CE = 0,08 \text{ dS m}^{-1}$ para o bagaço de cana-de-açúcar; $D = 186 \text{ kg m}^{-3}$, $EA = 24\%$, $AFD = 14\%$, $pH = 5,4$ e $CE = 0,82 \text{ dS m}^{-1}$ para a casca de amendoim. A distribuição do tamanho de partículas dos componentes encontra-se na Tabela 1.

Posteriormente, os componentes foram misturados nas diferentes combinações e a granulometria dos substratos (Tabela 1) foi determinada como descrito anteriormente.

Tabela 1. Distribuição do tamanho de partículas dos componentes e dos substratos utilizados no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, em casa de vegetação.

Componentes/Substratos	Diâmetro das partículas (mm)						
	< 0,125	0,125-0,25	0,25-0,5	0,5-1	1-2	2-4	> 4
	----- % em peso -----						
Bagaço de cana-de-açúcar (BC)	3	4	12	24	25	22	10
Casca de amendoim (CA)	2	6	7	12	23	49	1
Areia (A)	4	32	49	11	2	2	0
2/3 A + 1/3 BC	4	31	48	11	3	2	1
2/3 A + 1/3 CA	2	27	48	12	5	6	0
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	3	30	48	11	4	4	0
1/2 A + 1/2 BC	3	29	49	12	3	3	1
1/2 A + 1/2 CA	2	29	46	11	5	7	0
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	4	26	42	13	6	8	1

Procedeu-se, então, o preenchimento dos vasos com os diferentes substratos. No centro de cada vaso, foi colocado um anel volumétrico de PVC de 285 cm^3 (7,2 cm de diâmetro e 7,0 cm de altura), conforme descrito no Apêndice A, com o objetivo de determinar as propriedades físicas dos substratos no final do cultivo. Para tanto, após o cultivo, os vasos foram desmontados e os anéis foram cuidadosamente retirados, conforme descrito no Apêndice B, para a determinação de D , EA e AFD .

As mudas do tomateiro cultivar Sindy, híbrido F_1 do tipo cereja, foram transplantadas no estágio de quatro folhas definitivas. Conduziu-se uma planta por vaso, com duas hastes por planta, no espaçamento de $1,0 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ (2 plantas m^{-2}). A

desbrota e a condução vertical da cultura foram realizadas semanalmente. A poda dos ponteiros foi realizada quando as plantas atingiram dois metros de altura.

A fertirrigação foi realizada constantemente, ou seja, os fertilizantes foram aplicados em todas as irrigações. Para o fornecimento de nutrientes, utilizou-se a solução nutritiva recomendada por MORAES (1997) para o cultivo do tomateiro em sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes). Para o preparo de 1.000 L de solução nutritiva, foram utilizados 285 g de monoamôniofosfato; 600 g de sulfato de magnésio; 1.088 g de nitrato de cálcio; 423 g de sulfato de potássio; 340 g de cloreto de potássio; 3 g de sulfato de manganês; 0,45 g de sulfato de zinco; 2,94 g de ácido bórico; 10 g de sulfato de ferro; 0,41 g de sulfato de cobre e 0,02 g de molibdato de sódio. A quantidade total de cada nutriente aplicada ao longo do ciclo da cultura (122 dias), em g planta⁻¹, foi de: 41 de nitrogênio; 12 de fósforo; 72 de potássio; 42 de cálcio; 12 de magnésio; 31 de enxofre; 0,10 de boro; 0,02 de cobre; 0,41 de ferro; 0,15 de manganês; 0,02 de zinco e 0,002 de molibdênio. Independentemente do volume de água aplicado por irrigação, as plantas receberam a mesma quantidade de nutrientes. Portanto, quando se utilizou o menor volume de água aplicado por irrigação (V₂), a concentração da solução nutritiva aplicada foi maior.

Para o controle de pragas e doenças, foram realizadas, conforme a necessidade, pulverizações com defensivos nas doses e épocas recomendadas pelo fabricante para o tomateiro.

O período de colheita iniciou-se aos 62 dias após o transplantio e teve duração de 60 dias. A colheita dos frutos foi realizada duas vezes por semana.

Realizou-se a amostragem das folhas no período de pleno florescimento da cultura, que se deu aos 41 dias após o transplantio, segundo método proposto por MALAVOLTA et al. (1997). As amostras de folhas 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, segundo método descrito por BATAGLIA et al. (1983).

Na metade do período de colheita, determinaram-se os valores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável dos frutos, segundo MORETTI et al. (1998), e o

valor de pH diretamente no suco não diluído dos frutos. Durante o período de colheita, avaliou-se o número de frutos, o peso médio dos frutos e a produtividade total do tomateiro.

As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os teores de nutrientes nas folhas do tomateiro, as propriedades físicas dos substratos, a produtividade da cultura e a qualidade dos frutos produzidos foram estatisticamente iguais, para os dois volumes de água aplicados por irrigação, e diferentes, para os sete substratos avaliados. Entretanto, não foram observadas interações significativas entre os volumes de água aplicados por irrigação (V) e os substratos (S) para as variáveis avaliadas (Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6).

Embora as quantidades dos nutrientes fornecidos às plantas cultivadas nos diferentes substratos tenham sido as mesmas, os teores foliares, aos 41 dias após o transplântio, foram diferentes (Tabelas 2 e 3). Assim, os substratos avaliados proporcionaram ao sistema radicular diferentes condições para a absorção de nutrientes.

De maneira geral, independentemente do substrato, os teores de nutrientes nas folhas do tomateiro, aos 41 dias após o transplântio, foram superiores aqueles considerados adequados por MALAVOLTA et al. (1997) (Tabelas 2 e 3). Ainda que os próprios autores considerem esses valores indicações gerais, podendo as condições do meio radicular, do clima e da variedade influenciá-los, observou-se, nas condições deste experimento, teores foliares elevados. Essa constatação indica que o constante fornecimento da solução nutritiva com a concentração de nutrientes utilizada disponibilizou ao sistema radicular quantidade de nutrientes maior que a considerada adequada para a planta. Portanto verifica-se a necessidade de mais estudos a respeito

da concentração da solução nutritiva fornecida, via fertirrigação, para o cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, em substratos.

Tabela 2. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), aos 41 dias após o transplante, nas folhas do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, cultivado em sete substratos e com dois volumes de água aplicados por irrigação, em casa de vegetação.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
Volumes de Água ¹ (V)						
V ₁	60,5 a	5,4 a	32,2 a	17,2 a	5,2 a	11,0 a
V ₂	62,0 a	5,4 a	31,8 a	16,6 a	5,4 a	11,6 a
Teste F	0,88 ^{NS}	0,01 ^{NS}	1,58 ^{NS}	1,23 ^{NS}	0,13 ^{NS}	1,53 ^{NS}
DMS	5,0	0,5	1,0	1,7	1,6	1,6
Substratos ² (S)						
A	57,4 c	6,1 a	29,0 b	18,7 a	7,1 a	10,6 b
2/3 A + 1/3 BC	61,4 abc	5,4 b	32,7 ab	15,8 ab	4,8 bcd	11,1 ab
2/3 A + 1/3 CA	59,2 bc	5,5 ab	33,3 a	17,4 ab	5,8 b	11,4 ab
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	62,2 ab	5,4 b	33,0 a	17,9 ab	5,4 bc	11,6 a
1/2 A + 1/2 BC	62,4 ab	5,2 b	31,7 ab	15,5 b	4,4 d	11,2 ab
1/2 A + 1/2 CA	61,7 ab	5,2 b	32,0 ab	16,9 ab	5,1 bcd	11,3 ab
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	64,9 a	5,2 b	32,3 ab	16,0 ab	4,6 cd	11,7 a
Teste F	6,35**	4,97**	2,77*	2,91*	19,94**	3,12*
DMS	4,2	0,6	3,8	3,0	0,9	0,9
Teste F para Interação V x S	1,52 ^{NS}	2,15 ^{NS}	0,33 ^{NS}	1,19 ^{NS}	2,21 ^{NS}	1,85 ^{NS}
CV (%)	4,4	7,1	7,5	11,6	10,9	5,1
Teores adequados ³	30	3,5	40	14 - 18	4	3

¹ V₁ = volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia; V₂ = 0,75 V₁.

² A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

³ Teores foliares considerados adequados por Malavolta et al. (1997).

^{NS} = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade.

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

Tabela 3. Teores de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), aos 41 dias após o transplante, nas folhas do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, cultivado em sete substratos e com dois volumes de água aplicados por irrigação, em casa de vegetação.

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----				
Volumes de Água ¹ (V)					
V ₁	123 a	431 a	1104 a	332 a	52 a
V ₂	128 a	446 a	1402 a	438 a	63 a
Teste F	2,73 ^{NS}	0,22 ^{NS}	0,65 ^{NS}	2,45 ^{NS}	2,13 ^{NS}
DMS	10	108	1174	214	23
Substratos ² (S)					
A	141 a	518 a	2944 a	694 a	82 a
2/3 A + 1/3 BC	120 bc	405 a	875 b	281 bc	47 cd
2/3 A + 1/3 CA	134 ab	492 a	1262 b	369 bc	64 b
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	122 bc	428 a	1444 b	462 b	56 bcd
1/2 A + 1/2 BC	116 c	398 a	494 b	212 c	42 d
1/2 A + 1/2 CA	128 abc	441 a	1081 b	375 bc	61 bc
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	116 c	390 a	669 b	300 bc	51 bcd
Teste F	7,98**	2,12 ^{NS}	9,85**	9,75**	15,20**
DMS	15	148	1146	223	15
Teste F para Interação V x S	2,40 ^{NS}	0,57 ^{NS}	2,17 ^{NS}	1,67 ^{NS}	1,79 ^{NS}
CV (%)	7,7	21,6	58,6	37,2	16,8
Teores adequados ³	50 - 70	10 - 15	500 - 700	250 - 400	60 - 70

¹ V₁ = volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia; V₂ = 0,75 V₁.

² A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

³ Teores foliares considerados adequados por Malavolta et al. (1997).

^{NS} = não significativo; ** = significativo a 1% de probabilidade.

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

Os valores da densidade (D), no final do cultivo, decresceram com a diminuição do volume de areia e o aumento do bagaço de cana-de-açúcar (BC) e/ou da casca de amendoim (CA) (Tabela 4). Pode-se observar que, naqueles substratos nos quais a proporção de areia foi a mesma, os valores de D foram estatisticamente iguais, independentemente do componente ser BC, CA ou BC + CA. Assim, conforme o esperado, a areia foi o componente determinante no valor final da densidade dos diferentes substratos.

Tabela 4. Densidade (D), espaço de aeração (EA) e água facilmente disponível (AFD) dos sete substratos utilizados no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, com dois volumes de água aplicados por irrigação, em casa de vegetação.

	D kg m ⁻³	EA ----- % -----	AFD
Volumes de Água ¹ (V)			
V ₁	1251 a	8 a	22 a
V ₂	1230 a	8 a	22 a
Teste F	1,69 ^{NS}	2,53 ^{NS}	0,02 ^{NS}
DMS	51	1	1
Substratos ² (S)			
A	1613 a	2 e	23 a
2/3 A + 1/3 BC	1393 b	3 de	25 a
2/3 A + 1/3 CA	1370 b	4 d	23 a
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	1353 b	4 d	25 a
1/2 A + 1/2 BC	1135 c	9 c	24 a
1/2 A + 1/2 CA	1059 c	14 b	19 b
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	759 d	24 a	14 c
Teste F	235,7**	315,0**	48,62**
DMS	80	2	3
Teste F para Interação V x S	0,55 ^{NS}	1,01 ^{NS}	0,62 ^{NS}
CV (%)	4,2	14,3	7,2

¹ V₁ = volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia; V₂ = 0,75 V₁.

² A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

^{NS} = não significativo; ** = significativo a 1% de probabilidade.

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

Observaram-se diferenças significativas para os valores do espaço de aeração e da água facilmente disponível dos substratos no final do cultivo (Tabela 4). Provavelmente tais diferenças observadas foram influenciadas pela distribuição do tamanho das partículas dos substratos (Tabela 1), que afeta a distribuição do tamanho dos poros formados. Partículas com diâmetro entre 0,25 mm e 1,0 mm formam poros responsáveis pelo armazenamento de água facilmente disponível às plantas, e partículas com diâmetro maior que 1,0 mm formam poros responsáveis pelo armazenamento de ar (RICHARDS et al., 1986; ABAD et al., 2004).

O menor valor do espaço de aeração (EA) foi observado no substrato composto por areia (Tabela 4), que apresentou predominância de partículas com diâmetro entre 0,125 mm e 0,50 mm (Tabela 1). A redução da proporção volumétrica de areia e conseqüente aumento de BC e/ou CA proporcionou aumento nos valores de EA (Tabela 4), em virtude do aumento na porcentagem de partículas com diâmetro maior que 1,0 mm (Tabela 1). Comparando-se os substratos $1/2 A + 1/2 BC$ e $1/2 A + 1/2 CA$, observou-se que o substrato com BC apresentou menor valor de EA (Tabela 4), por causa da menor porcentagem de partículas com diâmetro maior que 1,00 mm, do que o substrato com CA (Tabela 1). O componente BC apresentou intervalo de tamanho de partículas mais amplo (diâmetro maior que 0,25 mm), quando comparado ao componente CA, com partículas entre 1,00 mm e 4,00 mm (Tabela 1). Portanto a utilização do componente CA contribuiu para aumentar o volume do espaço de aeração dos substratos.

Os menores valores de água facilmente disponível (AFD) foram observados nos substratos com $1/2 A + 1/2 CA$ e $1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA$ (Tabela 4), que apresentaram as menores porcentagens de partículas com diâmetro entre 0,25 mm e 1,0 mm (Tabela 1).

O maior valor de EA e o menor de AFD foi observado no substrato $1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA$ (Tabela 4), que apresentou a maior porcentagem de partículas com diâmetro maior que 1,0 mm e a menor porcentagem de partículas com diâmetro entre 0,25 mm e 1,0 mm (Tabela 1).

O peso médio dos frutos do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, cultivado nos diferentes substratos foi estatisticamente igual, com valor médio de 11,6 g por fruto (Tabela 5). As diferenças foram observadas para o número de frutos por planta e, conseqüentemente, para a produtividade total do tomateiro cultivado nos diferentes substratos. O cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, no substrato com $1/2 A + 1/2 BC$ ou $1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA$ proporcionou produtividade total de 10 kg m^{-2} , maior do que aquela observada no substrato composto por areia (Tabela 5). Considerando-se a menor quantidade de areia e o impacto ambiental causado pela sua extração (ABAD et al., 2004), a utilização do substrato com $1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA$

seria mais apropriada, tanto econômica quanto ambientalmente, quando comparada ao substrato com 1/2 A + 1/2 BC.

Tabela 5. Número de frutos (NF), peso médio dos frutos (PF) e produtividade total (PT) do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, cultivado em sete substratos e com dois volumes de água aplicados por irrigação, em casa de vegetação.

	NF Nº frutos m ⁻²	PF g fruto ⁻¹	PT kg m ⁻²
Volumes de Água ¹ (V)			
V ₁	830 a	11,8 a	9,8 a
V ₂	730 a	11,5 a	8,4 a
Teste F	4,94 ^{NS}	0,33 ^{NS}	7,97 ^{NS}
DMS	102	1,9	1,6
Substratos ² (S)			
A	712 b	10,8 a	7,7 b
2/3 A + 1/3 BC	803 ab	11,7 a	9,4 ab
2/3 A + 1/3 CA	721 b	10,8 a	7,8 b
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	762 ab	11,8 a	9,0 ab
1/2 A + 1/2 BC	844 a	12,2 a	10,3 a
1/2 A + 1/2 CA	775 ab	11,6 a	9,0 ab
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	814 a	12,4 a	10,1 a
Teste F	8,69**	1,37 ^{NS}	6,01**
DMS	92	1,7	1,8
Teste F para Interação V x S	1,76 ^{NS}	1,30 ^{NS}	2,04 ^{NS}
CV (%)	6,4	8,2	12,9

¹ V₁ = volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia; V₂ = 0,75 V₁.

² A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

^{NS} = não significativo; ** = significativo a 1% de probabilidade.

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

Outros autores conduziram experimentos com tomateiro na região de Jaboticabal. PÁDUA et al. (2002) observaram produtividade entre 6 e 8 kg m⁻² para as cultivares de tomate cereja Cheri e Sindy cultivadas em substrato comercial; GUSMÃO et al. (2004) obtiveram produtividade entre 5 e 6 kg m⁻² para as cultivares de minitomate Mascot, Gisela, Cheri e Sweet Million cultivadas em areia.

Por meio das análises realizadas nos frutos, observou-se que os diferentes substratos não influenciaram a qualidade dos frutos produzidos (Tabela 6). Os valores médios para as variáveis avaliadas foram de 6,7 °Brix para sólidos solúveis totais; 0,4 g de ácido cítrico por 100 g para acidez total titulável e 4,2 para o pH.

Tabela 6. Sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e pH dos frutos do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, cultivado em sete substratos e com dois volumes de água aplicados por irrigação, em casa de vegetação.

	SST	ATT	pH
	°Brix	g ácido cítrico por 100g	
Volumes de Água ¹ (V)			
V ₁	6,7 a	0,4 a	4,2 a
V ₂	6,7 a	0,4 a	4,2 a
Teste F	0,96 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,08 ^{NS}
DMS	0,2	0,1	0,1
Substratos ² (S)			
A	6,6 a	0,4 a	4,2 a
2/3 A + 1/3 BC	6,8 a	0,4 a	4,2 a
2/3 A + 1/3 CA	6,9 a	0,4 a	4,2 a
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	6,8 a	0,4 a	4,2 a
1/2 A + 1/2 BC	6,8 a	0,4 a	4,2 a
1/2 A + 1/2 CA	6,5 a	0,4 a	4,2 a
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	6,6 a	0,4 a	4,2 a
Teste F	1,75 ^{NS}	0,32 ^{NS}	0,95 ^{NS}
DMS	0,5	0,1	0,1
Teste F para Interação V x S	1,29 ^{NS}	1,18 ^{NS}	1,56 ^{NS}
CV (%)	4,6	14,6	0,9

¹ V₁ = volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia; V₂ = 0,75 V₁.

² A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

^{NS} = não significativo; ** = significativo a 1% de probabilidade.

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

GONZÁLEZ et al. (2004) apresentaram resultados de pesquisa de vários autores para diferentes cultivares do tomateiro do grupo cereja, cujos valores das variáveis

avaliadas foram entre 5,1 e 8,0 °Brix para sólidos solúveis totais; entre 0,4 e 0,8 g de ácido cítrico por 100 g para acidez total titulável; e entre 3,8 e 6,6 para pH.

Conclusões

O bagaço de cana-de-açúcar e a casca de amendoim podem ser utilizados na composição de substratos à base de areia, para o cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy.

Os substratos compostos por partes iguais de areia e bagaço de cana-de-açúcar ou por partes iguais de areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim proporcionaram as maiores produtividades do tomateiro do grupo cereja.

Os diferentes substratos avaliados proporcionaram a mesma qualidade dos frutos produzidos.

A redução de 25% no volume de água, necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia, não reduziu a quantidade e a qualidade dos frutos de tomate cereja produzidos.

Referências

ABAD, M. B.; NOGUERA, P. M.; CARRIÓN, C. B. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: URRESTARAZU, M. G. (Ed.). *Tratado de cultivo sin suelo*. Madrid: Mundi-Prensa, 2004. p. 113-158.

ANDRIOLO, J. L. *O cultivo de plantas com fertirrigação*. Santa Maria: UFSM, 1996. 47 p.

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

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

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 Agrônômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

BIASI, L. A.; BILIA, D. A. C.; SÃO JOSÉ, A. R.; FORNASIERI, J. L.; MINAMI, K. Efeito de misturas de turfa e bagaço-de-cana sobre a produção de mudas de maracujá e tomate. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 239-243, 1995.

BURÉS, S. *Sustratos*. Madrid: Agrotécnicas, 1997. 342 p.

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

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

FERNANDES, C.; ARAÚJO, J. A. C.; CORÁ, J. E. Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 559-563, 2002.

GONZÁLEZ, A. C.; SALAS, M. C. S.; URRESTARAZU, M. G. Producción y calidad en el cultivo de tomate cherry. In: URRESTARAZU, M. G. (Ed.). *Tratado de cultivo sin suelo*. Madrid: Mundi-Prensa, 2004. p. 703-748.

GUSMÃO, M. T. A.; GUSMÃO, S. A. L.; ARAÚJO, J. A. C. Produtividade de minitomate cultivado em ambiente protegido e em diferentes substratos. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 2, 2004. Suplemento 2. 1 CD-ROM.

KÄMPF, A. N.; JUNG, M. The use of carbonized rice hulls as an horticultural substrate. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 294, p. 271-283, 1991.

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

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

MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J.; CALBO, A. G.; PUSCHMANN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule, and placental tissues of tomatoes with internal bruising. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 656-660, 1998.

NOGUERA, P.; ABAD, M.; PUCHADES, R.; NOGUERA, V.; MAQUIEIRA, A.; MARTÍNEZ, J. Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 450, p. 365-373, 1997.

PÁDUA, J. G.; GUSMÃO, S. A. L.; GUSMÃO, M. T. A.; BRAZ, L. T. Densidade de plantio e produção de duas cultivares de tomateiro tipo cereja, cultivadas em substrato, sob condições protegidas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 2, 2002. Suplemento 2. 1 CD-ROM.

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

RICHARDS, D.; LANE, M.; BEARDSELL, D. V. The influence of particle-size distribution in pinebark:sand:brown coal potting mixes on water supply aeration and plant growth. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 29, p. 1-14, 1986.

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

URRESTARAZU, M.; SALAS, M. C.; RODRÍGUEZ, R.; ELORRIETA, M. A.; MORENO, J. Evaluación agronómica del uso del compost de residuos hortícolas como sustrato alternativo en cultivo sin suelo en tomate. *Actas de Horticultura*, Córdoba, v. 32, p. 327-332, 2000.

CAPÍTULO 3 – CLASSES DE TAMANHO E PESO DOS FRUTOS PARA TOMATE CEREJA

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi propor classes de tamanho e peso dos frutos para tomate cereja. Foram realizados dois cultivos do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, cultivado em substratos com fertirrigação. Para determinar a variação de diâmetro e peso dos frutos de tomate cereja, realizou-se, durante o período de colheita do primeiro cultivo, 10 amostragens de 100 frutos. Para os 1.000 frutos avaliados, observou-se que o maior diâmetro transversal variou de 20 mm a 35 mm, e o peso de 5 g a 25 g. Para facilitar o processo de separação de frutos de tomate cereja por tamanho e peso, foi desenvolvido um método no qual foram utilizadas cinco caixas plásticas. Quatro caixas tiveram suas bases perfuradas, com o diâmetro dos orifícios igual a 20, 25, 30 e 35 mm, de acordo com a variação do diâmetro dos frutos observada no primeiro cultivo. Uma quinta caixa sem orifícios foi utilizada sob as demais, para coletar os frutos que passaram pelas quatro caixas. Durante o período de colheita do segundo cultivo, os frutos que ficaram retidos na caixa coletora foram descartados, em virtude do seu tamanho diminuto, e os frutos que ficaram retidos em cada uma das quatro caixas foram pesados e contados. Com esses dados, calculou-se o peso médio dos frutos para cada classe de tamanho. Ao longo do período de colheita do segundo cultivo, esse processo de separação de frutos foi repetido por 350 vezes. Há correlação positiva entre o diâmetro e o peso do fruto para tomate cereja. Pode-se propor a classificação para tomate cereja associando-se o diâmetro e o peso dos frutos.

Palavras-Chave: *Lycopersicon esculentum*, normas de classificação

Introdução

O Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura surgiu como resposta aos principais problemas das cadeias de produção de frutas e hortaliças, entre os quais, a inexistência de padrões mensuráveis de qualidade (CEAGESP, 2004).

Atualmente, encontram-se normas de classificação de diversas hortaliças, entre elas, o tomate. A adoção voluntária das normas de classificação do tomate é o caminho que leva à transparência nas operações comerciais, beneficiando produtores, distribuidores, varejistas e consumidores (CEAGESP, 2004).

Classificação é a comparação do produto com os padrões pré-estabelecidos. O julgamento obtido dessa comparação é que permite fazer o enquadramento do produto em grupo, subgrupo, classe, calibre e tipo, tornando possível uma interpretação única. Um produto classificado é um produto separado por tamanho, cor e qualidade, de modo a se obter lotes homogêneos e caracterizados de maneira clara e mensurável (CEAGESP, 2004).

O tomate é classificado em dois grupos: oblongo, quando o diâmetro longitudinal for maior que o transversal, e redondo, quando o diâmetro longitudinal for menor ou igual ao transversal.

Quanto à coloração do fruto, em função do seu estágio de maturação, o tomate é classificado em cinco subgrupos: verde, salada, colorido, vermelho e molho.

De acordo com o maior diâmetro transversal do fruto, o tomate do grupo oblongo é classificado em três classes: grande, maior que 60 mm; médio, maior que 50 mm até 60 mm; e pequeno, maior que 40 mm até 50 mm. De acordo com o maior diâmetro transversal do fruto, o tomate do grupo redondo, com exceção da variedade ceraciforme (cereja), é classificado em quatro classes: gigante, maior que 100 mm; grande, maior que 90 mm até 100 mm; médio, maior que 65 mm até 90 mm; e pequeno, maior que 50 mm até 65 mm. Para complementar a classe, adiciona-se o calibre.

O tomate é classificado quanto ao tipo ou categoria, em razão dos índices de ocorrência de defeitos graves e leves na amostra: extra, tipo I, tipo II e tipo III.

Assim, verifica-se que o tomate cereja não se enquadra nessas normas de classificação apenas pelas classes de tamanho. Os valores considerados para o maior diâmetro transversal do fruto de tomate são maiores que aqueles observados no tomate cereja. Quanto aos outros parâmetros de classificação, como grupo, subgrupo e tipo, o tomate cereja pode ser enquadrado nas normas de classificação já existentes para tomate (CEAGESP, 2004).

As hipóteses deste trabalho foram: 1) há correlação entre o peso e o diâmetro do fruto para tomate cereja; 2) pode-se classificar o fruto associando-se essas duas características.

O objetivo deste trabalho foi propor classes de tamanho e peso dos frutos para tomate cereja.

Material e Métodos

Foram realizados dois cultivos em casa de vegetação, no Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais, na FCAV-UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP. A altitude local é de 614 m; com latitude de 21°14'05" S e longitude de 48°17'09" W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw com transição para Cwa (VOLPE²). A casa de vegetação foi construída em estrutura metálica, do tipo teto em arco, com 3 m de pé-direito, 30 m de comprimento e 8 m de largura, coberta com filme de polietileno transparente, aditivado contra raios ultravioleta, com 150 micrômetros de espessura, e as laterais protegidas com telas de polipropileno preto com 50% de sombreamento. A temperatura e a umidade relativa do ar, no interior da casa de vegetação, foram obtidas por meio de um termohigrógrafo com registro contínuo dos valores. O aparelho foi instalado em abrigo de madeira, a 1,0 m de altura, no centro da casa de vegetação. Durante o primeiro cultivo, as médias mensais para a temperatura máxima diária, nos meses de fevereiro, março, abril e maio foram, respectivamente, 39, 36, 33 e 29 °C;

² VOLPE, C. A. (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP - Câmpus de Jaboticabal). Comunicação pessoal, 2004.

para a temperatura mínima diária, 21, 18, 15 e 11 °C; para a umidade relativa do ar máxima diária, 93, 95, 97 e 99%; e para a umidade relativa do ar mínima diária, 37, 38, 39 e 40%. Durante o segundo cultivo, as médias mensais para a temperatura máxima diária, nos meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro foram, respectivamente, 33, 33, 35, 36 e 38 °C; para a temperatura mínima diária, 11, 11, 13, 14 e 16 °C; para a umidade relativa do ar máxima diária, 98, 98, 96, 95 e 94%; e para a umidade relativa do ar mínima diária, 40, 40, 39, 38 e 37%.

Os dois cultivos do tomateiro cultivar Sindy, híbrido F₁ do tipo cereja, foram conduzidos em substratos com a utilização de fertirrigação. Os substratos foram compostos por areia média, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim. Para o fornecimento de nutrientes, utilizou-se a solução nutritiva recomendada por MORAES (1997) para o cultivo do tomateiro em sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes).

As mudas do tomateiro do grupo cereja foram transplantadas no estágio de quatro folhas definitivas. Conduziu-se uma planta por vaso, com duas hastes por planta, no espaçamento de 1,0 m x 0,5 m (2 plantas m⁻²). Os vasos utilizados foram de plástico marrom, com capacidade para 5 L, com 25 cm de diâmetro de boca, 17 cm de diâmetro de fundo, 18 cm de altura e 8 furos na base. A desbrota e a condução vertical da cultura foram realizadas semanalmente. A poda dos ponteiros foi realizada quando as plantas atingiram dois metros de altura.

Para o controle de pragas e doenças, foram realizadas, conforme a necessidade, pulverizações com defensivos nas doses e épocas recomendadas pelo fabricante para o tomateiro.

O período de colheita do primeiro cultivo iniciou-se aos 62 dias após o transplantio e teve duração de 60 dias. O período de colheita do segundo cultivo iniciou-se aos 78 dias após o transplantio e teve duração de 57 dias. A colheita dos frutos foi realizada duas vezes por semana.

Com o objetivo de determinar a variação de diâmetro e peso dos frutos de tomate cereja, realizou-se, durante o período de colheita do primeiro cultivo, 10 amostragens de 100 frutos. Em cada amostragem, o maior diâmetro transversal dos

frutos foi medido com um paquímetro e os frutos foram pesados. Para os 1.000 frutos avaliados, observou-se que o maior diâmetro transversal variou de 20 mm a 35 mm, e o peso de 5 g a 25 g.

Para facilitar o processo de separação dos frutos de tomate cereja por tamanho e peso, foi desenvolvido um método no qual foram utilizadas cinco caixas plásticas, com 45 cm de comprimento, 28 cm de largura e 10 cm de altura (Figura 1). Quatro caixas tiveram suas bases perfuradas, com o diâmetro dos orifícios igual a 20, 25, 30 e 35 mm, de acordo com a variação do diâmetro dos frutos observada no primeiro cultivo. As caixas foram utilizadas sobrepostas, sendo a superior aquela com a base perfurada com os orifícios de maior diâmetro, e as demais seguindo a ordem decrescente do diâmetro dos orifícios. Uma quinta caixa sem orifícios foi utilizada sob as demais, para coletar os frutos que passaram pelas quatro caixas.

Durante o período de colheita do segundo cultivo, os frutos colhidos foram depositados na caixa superior e, em seguida, o conjunto de cinco caixas plásticas foi agitado, manualmente, até os frutos passarem ou ficarem retidos nas diferentes caixas. Os frutos que ficaram retidos na caixa coletora foram descartados, em virtude do seu tamanho diminuto, e os frutos que ficaram retidos em cada uma das quatro caixas foram pesados e contados. Posteriormente, com esses dados, calculou-se o peso médio dos frutos para cada classe de tamanho. Ao longo do período de colheita do segundo cultivo, esse processo de separação de frutos foi repetido por 350 vezes.

A correlação entre peso e diâmetro do fruto foi avaliada pela análise de regressão linear.

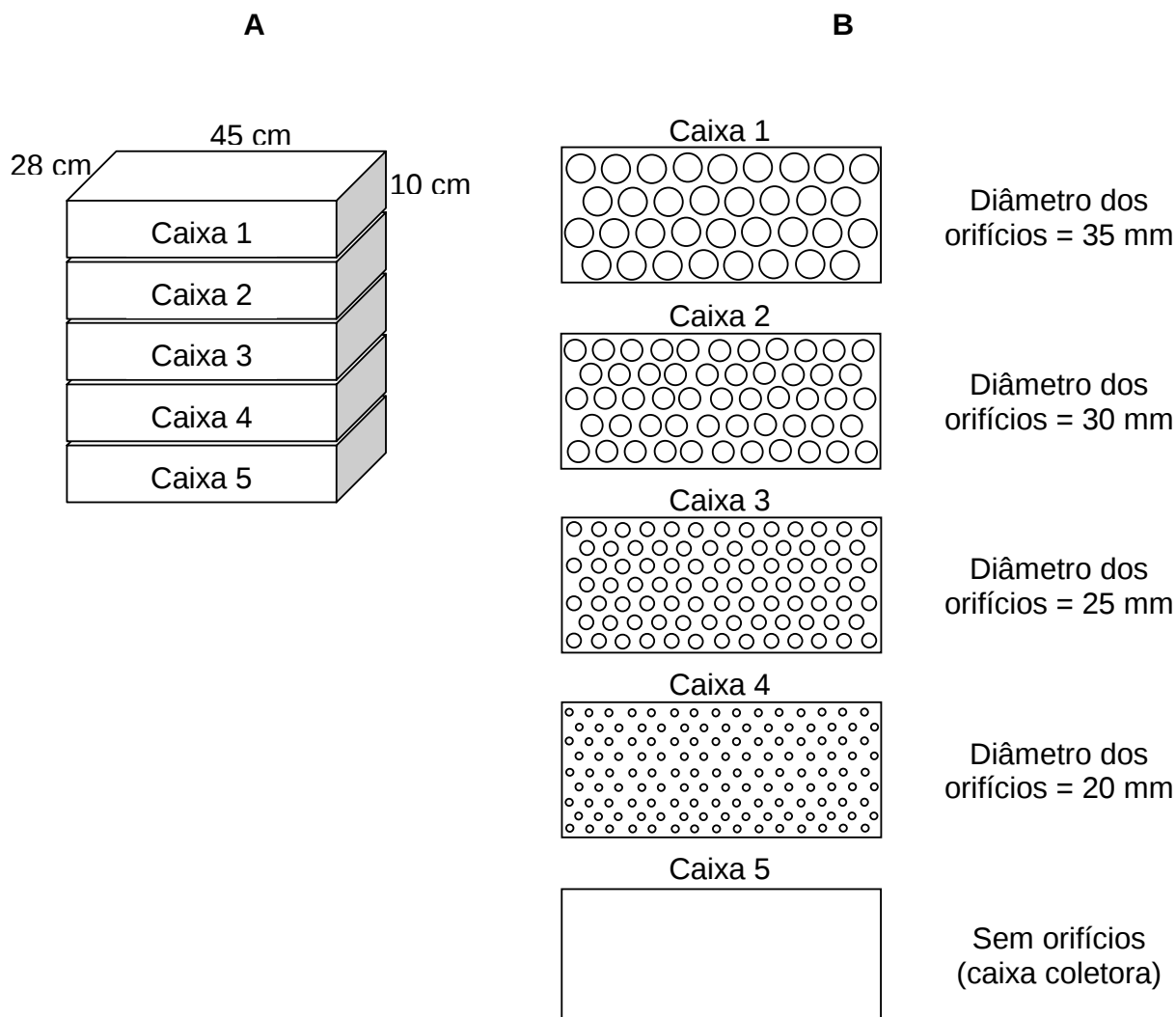


Figura 1. Esquema representativo das caixas utilizadas para a separação de tomate cereja em diferentes classes de tamanho. A) Conjunto das cinco caixas sobrepostas. B) Caixas individuais mostrando a distribuição dos orifícios nas bases.

Resultados e Discussão

Os valores de peso e diâmetro dos frutos correlacionaram-se linearmente, seguindo equação ajustada com coeficiente de correlação (R) igual a 0,99 e significativo a 1% de probabilidade (Figura 2). A existência dessa correspondência funcional confirma a dependência das variáveis avaliadas (BANZATTO & KRONKA, 1989; PIMENTEL-GOMES, 2000).

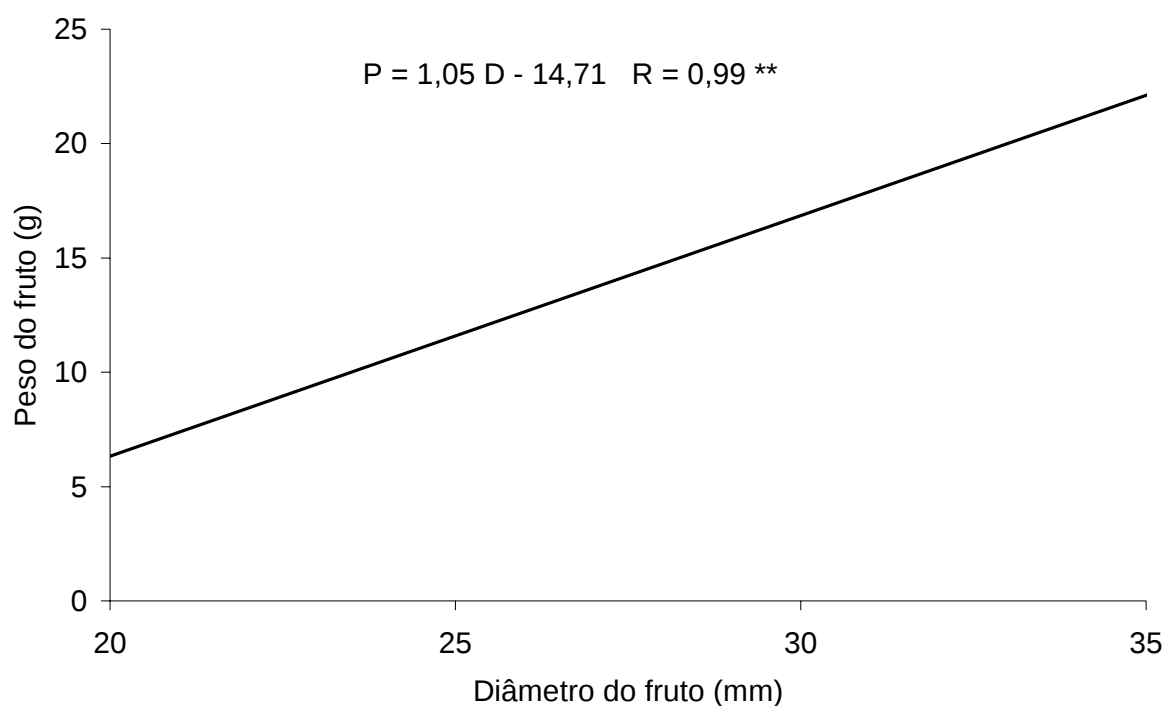


Figura 2. Correlação entre peso (P) e diâmetro (D) dos frutos de tomate cereja.

Acompanhando as características do sistema de classificação proposto por CEAGESP (2004) e baseando-se nos resultados obtidos no presente estudo, sugere-se que o tomate cereja seja classificado em quatro classes e quatro calibres (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação de tomate cereja em classes e calibres.

Classes	Calibres	Maior diâmetro transversal do fruto (mm)	Peso do fruto (g)
gigante	3 Gi	maior que 35	maior que 20
grande	3 Gr	maior que 30 até 35	maior que 15 até 20
médio	2 M	maior que 25 até 30	maior que 10 até 15
pequeno	2 P	maior que 20 até 25	maior que 5 até 10

Conclusões

Há correlação positiva entre o diâmetro e o peso do fruto para tomate cereja.

Pode-se propor a classificação para tomate cereja associando-se o diâmetro e o peso dos frutos.

Referências

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. *Experimentação agrícola*. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247 p.

CEAGESP. *Classificação do tomate*. Disponível em: <www.ceagesp.com.br>. Acesso em: 16 out. 2004.

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

PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 14.ed. Piracicaba: Degaspari, 2000, 477 p.

CAPÍTULO 4 – REUTILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS À BASE DE AREIA NO CULTIVO DO TOMATEIRO DO GRUPO CEREJA

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e a qualidade dos frutos do tomateiro do grupo cereja cultivado em substratos reutilizados e com dois volumes de água aplicados por irrigação. O delineamento experimental adotado foi em parcelas subdivididas com dois volumes de água aplicados por irrigação (nas parcelas) e o fatorial sete substratos e duas utilizações dos substratos (nas subparcelas). As parcelas foram agrupadas em blocos casualizados, com quatro repetições. O volume de água aplicado por irrigação V_1 foi definido como o volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia. O volume de água aplicado por irrigação V_2 correspondeu a 75% do volume de V_1 . Durante o ciclo da cultura, o volume de água V_1 variou de 0,780 a 3,380 L planta⁻¹ dia⁻¹, e o volume de água V_2 variou de 0,585 a 2,535 L planta⁻¹ dia⁻¹. Os sete substratos resultaram da combinação de diferentes proporções volumétricas de três componentes: areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim. Os substratos foram utilizados por um cultivo e reutilizados em um segundo cultivo. As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A maior produtividade do tomateiro do grupo cereja foi obtida nos substratos não reutilizados e com o volume de água aplicado por irrigação igual a V_1 . A qualidade dos frutos de tomate cereja não foi influenciada pelos volumes de água aplicados por irrigação e pela reutilização dos substratos avaliados.

Palavras-Chave: bagaço de cana-de-açúcar, casca de amendoim, classes de tamanho de frutos, cultivo sem solo, fertirrigação, *Lycopersicon esculentum*

Introdução

No Brasil, o cultivo de hortaliças em substratos vem despertando interesse entre os produtores, principalmente quando a presença de patógenos do solo inviabiliza o seu cultivo em casas de vegetação. Além disso, podem-se intensificar os cultivos, sem a necessidade de realizar a rotação de culturas, prática imprescindível no cultivo de hortaliças no solo. A rotação de culturas previne problemas fitossanitários, por meio da redução de fontes de inóculo de fitopatógenos e também da diminuição de insetos-praga vetores de viroses, nematóides e plantas invasoras (FILGUEIRA, 2000).

O substrato de cultivo pode ser composto por diversos materiais. Assim, a utilização de resíduos de atividades agrícolas, industriais ou urbanas, encontrados nas diferentes regiões do país, é fundamental para reduzir o custo de produção (CARRIJO et al., 2004).

A mistura de materiais orgânicos e de disponibilidade regional tem apresentado resultados positivos para a produção como demonstram os trabalhos desenvolvidos com composto de lixo urbano (BACKES & KÄMPF, 1991), casca de arroz (KÄMPF & JUNG, 1991; ANDRIOLO et al., 1999), bagaço de cana-de-açúcar (BIASI et al., 1995; FERNANDES et al., 2002), composto de resíduos hortícolas (URRESTARAZU et al., 2000), composto de resíduo de uva (REIS et al., 2001), casca de amendoim (FERNANDES et al., 2002), fibra da casca de coco (NOGUERA et al., 1997; CARRIJO et al., 2004).

A técnica de cultivo em substratos exige, além de conhecimento técnico, investimento econômico. Assim, a reutilização de substratos por mais de um cultivo caracteriza-se como uma tentativa de reduzir o custo de produção. Algumas pesquisas têm evidenciado resultados econômicos interessantes com a reutilização de substratos por dois ou mais cultivos consecutivos sem reduzir a produção e a qualidade das hortaliças (BAEVRE, 1981; BAEVRE & GUTTORMSEN, 1984; VERLODT et al., 1985; ANDRIOLO et al., 1999; CELIKEL & CAGLAR, 1999; REIS et al., 2001). Além disso, a questão ambiental deve ser considerada, uma vez que a reutilização do substrato reduz o volume descartado após o seu uso.

Entretanto, alguns autores destacaram a possibilidade de ocorrer alguns efeitos negativos, por causa da reutilização dos substratos, como problemas de doenças, alta concentração de nutrientes, desequilíbrio nutricional e alteração das propriedades dos substratos (BAEVRE, 1981; BAEVRE & GUTTORMSEN, 1984). CELIKEL & CAGLAR (1999) recomendaram que, depois de utilizados em três cultivos sucessivos, os substratos devem ser esterilizados ou desinfetados, antes do próximo plantio, para se evitar problemas de ordem fitossanitária.

A hipótese deste trabalho foi que a reutilização dos substratos, no cultivo do tomateiro do grupo cereja, e a redução de 25% no volume de água, necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia, não prejudicam a quantidade e a qualidade dos frutos de tomate cereja produzidos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e a qualidade dos frutos do tomateiro do grupo cereja cultivado em sete substratos reutilizados, compostos por areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim, e com dois volumes de água aplicados por irrigação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais, na FCAV-UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP. A altitude local é de 614 m; com latitude de 21°14'05" S e longitude de 48°17'09" W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw com transição para Cwa (VOLPE³). A casa de vegetação foi construída em estrutura metálica, do tipo teto em arco, com 3 m de pé-direito, 30 m de comprimento e 8 m de largura, coberta com filme de polietileno transparente, aditivado contra raios ultravioleta, com 150 micrômetros de espessura, e as laterais protegidas com telas de polipropileno preto com 50% de sombreamento. A temperatura e a umidade relativa do ar, no interior da casa de vegetação, foram obtidas

³ VOLPE, C. A. (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP - Câmpus de Jaboticabal). Comunicação pessoal, 2004.

por meio de um termohigrógrafo com registro contínuo dos valores. O aparelho foi instalado em abrigo de madeira, a 1,0 m de altura, no centro da casa de vegetação. Durante o ciclo da cultura, as médias mensais para a temperatura máxima diária, nos meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro foram, respectivamente, 33, 33, 35, 36 e 38 °C; para a temperatura mínima diária, 11, 11, 13, 14 e 16 °C; para a umidade relativa do ar máxima diária, 98, 98, 96, 95 e 94%; e para a umidade relativa do ar mínima diária, 40, 40, 39, 38 e 37%.

O delineamento experimental adotado foi em parcelas subdivididas com dois volumes de água aplicados por irrigação (nas parcelas) e o fatorial sete substratos e duas utilizações dos substratos (nas subparcelas). As parcelas foram agrupadas em blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental foi representada por dois vasos, contendo uma planta por vaso. Os vasos utilizados foram de plástico marrom, com capacidade para 5 L, com 25 cm de diâmetro de boca, 17 cm de diâmetro de fundo, 18 cm de altura e 8 furos na base.

O volume de água aplicado por irrigação V_1 foi definido como o volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia, de acordo com o critério visual. O volume de água drenado não foi medido, mas foi o mínimo necessário para perceber a drenagem dos vasos. A mínima drenagem dos vasos foi utilizada para garantir a uniformidade na distribuição de água no substrato acondicionado no vaso. O volume de água aplicado por irrigação V_2 correspondeu a 75% do volume de V_1 . Durante o cultivo, os volumes de água aplicados por irrigação V_1 e V_2 aumentaram de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura. O volume de água aplicado, em L planta⁻¹ dia⁻¹, foi igual a 0,780 (V_1) e 0,585 (V_2), durante os primeiros 15 dias após o transplântio (DAT), com frequência de irrigação (FI) de quatro vezes ao dia; 1,300 (V_1) e 0,975 (V_2), do 16^o ao 30^o DAT, com FI de cinco vezes ao dia; 1,820 (V_1) e 1,365 (V_2), do 31^o ao 45^o DAT, com FI de cinco vezes ao dia; 2,340 (V_1) e 1,755 (V_2), do 46^o ao 60^o DAT, com FI de seis vezes ao dia; 2,600 (V_1) e 1,950 (V_2), do 61^o ao 75^o DAT, com FI de seis vezes ao dia; 2,860 (V_1) e 2,145 (V_2), do 76^o ao 90^o DAT, com FI de sete vezes ao dia; 3,120 (V_1) e 2,340 (V_2), do 91^o ao 105^o DAT, com FI de sete vezes ao dia; 3,380 (V_1) e 2,535 (V_2), do 106^o ao 135^o DAT, com FI de sete

vezes ao dia. A irrigação foi realizada por gotejamento, utilizando-se um gotejador por vaso, com vazão de 13 mL min^{-1} .

Os substratos resultaram da combinação de diferentes proporções volumétricas de areia (A), bagaço de cana-de-açúcar (BC) e casca de amendoim (CA). A areia utilizada foi a conhecida comercialmente como areia média. O bagaço utilizado foi o resíduo fibroso resultante da extração do caldo dos colmos da cana-de-açúcar. A casca de amendoim utilizada foi moída e passada em peneira com abertura de $6 \text{ mm} \times 18 \text{ mm}$. As combinações obtidas foram: $S_1 = A$; $S_2 = 2/3 A + 1/3 BC$; $S_3 = 2/3 A + 1/3 CA$; $S_4 = 2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA$; $S_5 = 1/2 A + 1/2 BC$; $S_6 = 1/2 A + 1/2 CA$ e $S_7 = 1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA$.

Os substratos utilizados por um cultivo foram denominados substratos novos (S_N); e os utilizados por dois cultivos, foram chamados de substratos reutilizados (S_R). Para o primeiro cultivo, todos os vasos foram preenchidos com os diferentes substratos até então não utilizados. Para o segundo cultivo, metade dos vasos foi renovada, ou seja, os substratos utilizados no primeiro cultivo foram descartados, e os vasos foram novamente preenchidos com os diferentes substratos até então não utilizados, isto é, substratos novos (S_N). A outra metade dos vasos não foi renovada, ou seja, os substratos utilizados no primeiro cultivo foram novamente utilizados no segundo cultivo, sem que fossem removidos dos vasos, isto é, os substratos foram reutilizados (S_R). Somente a parte aérea da planta, proveniente do primeiro cultivo, foi retirada, cortando-se sua haste próximo à superfície do substrato, deixando-se o sistema radicular.

As mudas do tomateiro cultivar Sindy, híbrido F_1 do tipo cereja, foram transplantadas no estágio de quatro folhas definitivas. Conduziu-se uma planta por vaso, com duas hastes por planta, no espaçamento de $1,0 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ (2 plantas m^{-2}). A desbrota e a condução vertical da cultura foram realizadas semanalmente. A poda dos ponteiros foi realizada quando as plantas atingiram dois metros de altura.

A fertirrigação foi realizada constantemente, ou seja, os fertilizantes foram aplicados em todas as irrigações. Para o fornecimento de nutrientes, utilizou-se a solução nutritiva recomendada por MORAES (1997) para o cultivo do tomateiro em sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes), com reduções nas

concentrações de boro e cobre, em virtude dos elevados teores desses nutrientes nas folhas do tomateiro cultivar Sindy, obtidos no primeiro cultivo. Assim, na tentativa de adequar a concentração da solução fornecida, via fertirrigação, utilizaram-se 70% da concentração de boro e 50% da concentração de cobre. Para o preparo de 1.000 L de solução nutritiva, foram utilizados 285 g de monoamôniofosfato; 600 g de sulfato de magnésio; 1.088 g de nitrato de cálcio; 423 g de sulfato de potássio; 340 g de cloreto de potássio; 3 g de sulfato de manganês; 0,45 g de sulfato de zinco; 2,06 g de ácido bórico; 10 g de sulfato de ferro; 0,21 g de sulfato de cobre e 0,02 g de molibdato de sódio. A quantidade total de cada nutriente aplicada ao longo do ciclo da cultura (135 dias), em g planta⁻¹, foi de: 46 de nitrogênio; 14 de fósforo; 81 de potássio; 48 de cálcio; 14 de magnésio; 35 de enxofre; 0,08 de boro; 0,01 de cobre; 0,46 de ferro; 0,17 de manganês; 0,02 de zinco e 0,002 de molibdênio. Independentemente do volume de água aplicado por irrigação, as plantas receberam a mesma quantidade de nutrientes. Portanto, quando se utilizou o menor volume de água aplicado por irrigação (V_2), a concentração da solução nutritiva aplicada foi maior.

Para o controle de pragas e doenças, foram realizadas, conforme a necessidade, pulverizações com defensivos nas doses e épocas recomendadas pelo fabricante para o tomateiro.

O período de colheita iniciou-se aos 78 dias após o transplantio e teve duração de 57 dias. A colheita dos frutos foi realizada duas vezes por semana.

Realizou-se a amostragem das folhas no período de pleno florescimento da cultura, que se deu aos 50 dias após o transplantio, segundo método proposto por MALAVOLTA et al. (1997). As amostras de folhas 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, segundo método descrito por BATAGLIA et al. (1983).

Na metade do período de colheita, determinaram-se os valores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável dos frutos, segundo MORETTI et al. (1998), e o valor de pH diretamente no suco não diluído dos frutos.

Durante o período de colheita, realizou-se a classificação dos frutos em pequeno, médio, grande e gigante, com peso, respectivamente, entre 5 g e 10 g; entre 10 g e 15 g; entre 15 g e 20 g e maior que 20 g. Os frutos com peso menor que 5 g foram descartados por serem considerados frutos não comerciais. Avaliou-se a produtividade para cada uma das quatro classes de tamanho dos frutos e a produtividade total do tomateiro.

As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os resultados demonstraram que não houve interações significativas entre os volumes de água aplicados por irrigação (V) e os substratos (S), entre os volumes de água aplicados por irrigação (V) e as utilizações dos substratos (U), e entre os substratos (S) e as utilizações dos substratos (U) para as variáveis avaliadas (Tabelas 1, 2, 3 e 4).

Os teores de nutrientes nas folhas do tomateiro, a produtividade da cultura e a qualidade dos frutos produzidos foram estatisticamente iguais para os sete substratos avaliados (Tabelas 1, 2, 3 e 4).

Assim, para a escolha do substrato a ser utilizado deve-se levar em conta alguns aspectos, como menor impacto ambiental provocado pelo processo de extração ou descarte do substrato após sua utilização e menor custo de aquisição e transporte desse substrato. Considerando-se o impacto ambiental causado pela extração da areia (ABAD et al., 2004), a utilização do substrato com $1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA$ seria mais apropriada, uma vez que apresenta a menor quantidade desse componente. Além disso, por ser um material mais pesado, certamente, o custo de transporte da areia é mais elevado. Com isso, a redução da quantidade de areia na composição do substrato proporciona a redução do custo de produção.

Tabela 1. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), aos 50 dias após o transplante, nas folhas do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, cultivado em sete substratos, reutilizados ou não, com dois volumes de água aplicados por irrigação, em casa de vegetação.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Volumes de Água ¹ (V)						
V ₁	54,3 a	5,9 a	27,6 a	13,0 a	3,0 a	7,9 a
V ₂	55,3 a	6,0 a	28,2 a	11,8 a	3,0 a	8,1 a
Teste F	0,69 ^{NS}	8,79 ^{NS}	1,52 ^{NS}	12,40 ^{NS}	0,06 ^{NS}	1,88 ^{NS}
DMS	3,9	0,2	1,5	1,3	0,4	0,4
Substratos ² (S)						
A	54,0 a	5,9 a	27,7 a	12,1 a	3,2 a	7,9 a
2/3 A + 1/3 BC	55,4 a	5,8 a	27,2 a	11,8 a	2,9 a	7,8 a
2/3 A + 1/3 CA	54,2 a	5,9 a	28,7 a	12,5 a	3,0 a	8,4 a
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	55,0 a	6,0 a	29,0 a	13,1 a	3,2 a	8,2 a
1/2 A + 1/2 BC	54,7 a	5,9 a	26,9 a	12,4 a	2,8 a	7,9 a
1/2 A + 1/2 CA	54,8 a	6,0 a	27,5 a	12,3 a	3,0 a	8,0 a
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	55,6 a	6,2 a	28,2 a	12,6 a	2,9 a	7,9 a
Teste F	1,63 ^{NS}	4,53 ^{NS}	2,46 ^{NS}	1,58 ^{NS}	3,79 ^{NS}	2,74 ^{NS}
DMS	1,9	0,5	2,2	1,4	0,6	0,8
Utilizações dos Substratos ³ (U)						
S _N	55,2 a	6,1 a	27,8 a	12,3 a	2,9 b	8,3 a
S _R	54,4 b	5,8 b	27,9 a	12,5 a	3,1 a	7,7 b
Teste F	6,04*	34,47**	0,05 ^{NS}	0,30 ^{NS}	13,82**	36,37**
DMS	0,7	0,1	0,8	0,5	0,1	0,2
Teste F para Interação V x S	1,07 ^{NS}	3,69 ^{NS}	2,10 ^{NS}	2,79 ^{NS}	1,93 ^{NS}	0,89 ^{NS}
Teste F para Interação V x U	0,93 ^{NS}	0,31 ^{NS}	0,73 ^{NS}	0,37 ^{NS}	1,69 ^{NS}	5,84 ^{NS}
Teste F para Interação S x U	0,65 ^{NS}	1,62 ^{NS}	1,52 ^{NS}	2,07 ^{NS}	0,65 ^{NS}	3,18 ^{NS}
CV (%)	3,2	4,5	7,2	9,9	10,5	6,6
Teores adequados ⁴	30	3,5	40	14 - 18	4	3

¹ V₁ = volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia; V₂ = 0,75 V₁.

² A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

³ S_N = substratos novos; S_R = substratos reutilizados.

⁴ Teores foliares considerados adequados por Malavolta et al. (1997).

^{NS} = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade.

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

Tabela 2. Teores de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), aos 50 dias após o transplante, nas folhas do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, cultivado em sete substratos, reutilizados ou não, com dois volumes de água aplicados por irrigação, em casa de vegetação.

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----				
Volumes de Água ¹ (V)					
V ₁	60 a	708 a	403 a	170 a	36 a
V ₂	63 a	676 a	306 a	145 a	38 a
Teste F	4,34 ^{NS}	0,58 ^{NS}	4,97 ^{NS}	11,19 ^{NS}	0,53 ^{NS}
DMS	4	135	139	30	6
Substratos ² (S)					
A	62 a	772 a	395 a	162 a	36 a
2/3 A + 1/3 BC	63 a	688 a	353 a	153 a	36 a
2/3 A + 1/3 CA	63 a	719 a	324 a	150 a	36 a
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	63 a	609 a	383 a	152 a	38 a
1/2 A + 1/2 BC	61 a	653 a	329 a	139 a	36 a
1/2 A + 1/2 CA	60 a	669 a	317 a	152 a	40 a
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	60 a	734 a	310 a	165 a	39 a
Teste F	2,49 ^{NS}	2,31 ^{NS}	5,96 ^{NS}	3,47 ^{NS}	2,25 ^{NS}
DMS	4	173	96	31	6
Utilizações dos Substratos ³ (U)					
S _N	62 a	679 a	244 b	138 b	36 a
S _R	61 a	704 a	445 a	177 a	38 a
Teste F	1,89 ^{NS}	0,85 ^{NS}	114,5**	123,3**	5,55 ^{NS}
DMS	2	54	34	7	3
Teste F para Interação V x S	1,85 ^{NS}	2,23 ^{NS}	2,57 ^{NS}	1,63 ^{NS}	0,82 ^{NS}
Teste F para Interação V x U	0,34 ^{NS}	2,72 ^{NS}	6,52 ^{NS}	6,23 ^{NS}	0,68 ^{NS}
Teste F para Interação S x U	2,72 ^{NS}	0,63 ^{NS}	2,75 ^{NS}	1,08 ^{NS}	0,86 ^{NS}
CV (%)	6,6	20,7	25,2	12,2	13,0
Teores adequados ⁴	50 - 70	10 - 15	500 - 700	250 - 400	60 - 70

¹ V₁ = volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia; V₂ = 0,75 V₁.

² A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

³ S_N = substratos novos; S_R = substratos reutilizados.

⁴ Teores foliares considerados adequados por Malavolta et al. (1997).

^{NS} = não significativo; ** = significativo a 1% de probabilidade.

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

Os teores de nutrientes nas folhas do tomateiro, aos 50 dias após o transplântio, não foram influenciados pelos volumes de água aplicados por irrigação, mas foram influenciados pelas utilizações dos substratos (Tabelas 1 e 2). As plantas conduzidas nos substratos reutilizados (S_R) apresentaram menores teores foliares de nitrogênio, fósforo e enxofre e maiores de magnésio, ferro e manganês, quando comparadas às plantas conduzidas nos substratos novos (S_N).

Comparando os teores de nutrientes nas folhas do tomateiro, aos 50 dias após o transplântio, com aqueles considerados adequados por MALAVOLTA et al. (1997) (Tabelas 1 e 2), observou-se que os teores de nitrogênio, fósforo e enxofre estiveram acima; os teores de potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês e zinco estiveram abaixo; o teor de boro esteve dentro da faixa e o teor de cobre esteve muito acima. Deve-se ressaltar que esses valores são considerados indicações gerais, podendo as condições do meio radicular, do clima e da variedade influenciá-los (MALAVOLTA et al., 1997). Entretanto, o elevado teor de cobre nas folhas do tomateiro indica que a concentração do nutriente na solução fornecida, via fertirrigação, não foi adequada para o cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, em substratos. Porém, constatou-se que a redução da concentração de boro na solução nutritiva foi satisfatória, já que o teor do nutriente nas folhas do tomateiro foi considerado adequado. Portanto, ainda se verifica a necessidade de mais estudos a respeito da concentração da solução nutritiva fornecida, via fertirrigação, para o cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, em substratos.

Outros autores observaram alterações nos teores foliares do tomateiro cultivado em substratos reutilizados. BAEVRE (1981) verificou que a reutilização de substrato no cultivo do tomateiro incrementou os teores de fósforo e boro nas folhas. Entretanto, não observou desordem nutricional. BAEVRE & GUTTORMSEN (1984) observaram que os teores de magnésio e boro, nas folhas, foram maiores quando as plantas foram cultivadas nos substratos reutilizados, mas nenhum sintoma de toxicidade foi observado. VERLODT et al. (1985) observaram que os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, nas folhas do tomateiro, não foram alterados com a

reutilização do substrato por cinco cultivos. Mas observaram acúmulo nos teores foliares de zinco, cobre e manganês no quarto e quinto cultivo.

De acordo com BAEVRE (1981), diante da ausência de desordens nutricionais, pode-se alterar a concentração da solução nutritiva a ser utilizada, no cultivo subsequente, em conformidade com os resultados obtidos no cultivo anterior.

Independentemente dos diferentes substratos, reutilizados ou não, o cultivo do tomateiro com o volume de água aplicado por irrigação V_1 proporcionou maior produtividade total de frutos ($8,7 \text{ kg m}^{-2}$), por causa da produção de um maior número de frutos com peso maior que 15 g (classes grande e gigante) (Tabela 3).

Independentemente dos diferentes substratos e dos volumes de água aplicados por irrigação utilizados, o cultivo do tomateiro, nos substratos novos (S_N), também proporcionou produção de maior número de frutos das classes grande e gigante e, conseqüentemente, maior produtividade total de frutos ($8,0 \text{ kg m}^{-2}$), quando comparado ao cultivo nos substratos reutilizados (S_R) (Tabela 3).

Outros pesquisadores verificaram que a reutilização dos substratos não prejudicou a produtividade. A reutilização do substrato por dois cultivos (REIS et al., 2001), três cultivos (BAEVRE, 1981) ou quatro cultivos (BAEVRE & GUTTORMSEN, 1984), sem nenhuma esterilização, não reduziu a produtividade do tomateiro.

Tabela 3. Produtividade para cada classe de tamanho de frutos, pequeno (entre 5 g e 10 g), médio (entre 10 g e 15 g), grande (entre 15 g e 20 g) e gigante (maior que 20 g), e produtividade total do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, cultivado em sete substratos, reutilizados ou não, com dois volumes de água aplicados por irrigação, em casa de vegetação.

	Pequeno	Médio	Grande	Gigante	Total
	----- kg m ⁻² -----				
Volumes de Água ¹ (V)					
V ₁	1,0 a	4,0 a	3,0 a	0,7 a	8,7 a
V ₂	1,3 a	3,6 a	1,4 b	0,2 b	6,5 b
Teste F	8,97 ^{NS}	5,79 ^{NS}	52,66**	47,60**	211,6**
DMS	0,5	0,6	0,7	0,2	0,5
Substratos ² (S)					
A	1,1 a	3,7 a	2,1 a	0,3 a	7,2 a
2/3 A + 1/3 BC	1,1 a	3,6 a	2,5 a	0,5 a	7,7 a
2/3 A + 1/3 CA	1,2 a	3,9 a	2,0 a	0,4 a	7,5 a
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	1,0 a	3,7 a	2,3 a	0,4 a	7,4 a
1/2 A + 1/2 BC	1,2 a	3,6 a	2,3 a	0,6 a	7,7 a
1/2 A + 1/2 CA	1,1 a	4,0 a	2,1 a	0,5 a	7,7 a
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	1,1 a	4,0 a	2,2 a	0,6 a	7,9 a
Teste F	1,27 ^{NS}	0,90 ^{NS}	0,77 ^{NS}	1,31 ^{NS}	1,35 ^{NS}
DMS	0,4	0,9	0,7	0,4	1,0
Utilizações dos Substratos ³ (U)					
S _N	1,1 a	3,8 a	2,5 a	0,6 a	8,0 a
S _R	1,2 a	3,8 a	1,9 b	0,3 b	7,2 b
Teste F	0,87 ^{NS}	0,02 ^{NS}	10,85**	46,21**	10,52**
DMS	0,2	0,3	0,3	0,1	0,3
Teste F para Interação V x S	1,32 ^{NS}	0,63 ^{NS}	1,38 ^{NS}	1,20 ^{NS}	1,90 ^{NS}
Teste F para Interação V x U	0,45 ^{NS}	2,88 ^{NS}	1,84 ^{NS}	1,78 ^{NS}	0,24 ^{NS}
Teste F para Interação S x U	1,36 ^{NS}	1,05 ^{NS}	1,34 ^{NS}	1,03 ^{NS}	1,19 ^{NS}
CV (%)	34,8	21,8	31,4	50,3	11,7

¹ V₁ = volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia; V₂ = 0,75 V₁.

² A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

³ S_N = substratos novos; S_R = substratos reutilizados.

^{NS} = não significativo; ** = significativo a 1% de probabilidade.

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

A qualidade dos frutos de tomate cereja produzidos foi estatisticamente igual nos sete substratos, reutilizados ou não, com os dois volumes de água aplicados por

irrigação (Tabela 4). Os valores médios para as variáveis avaliadas foram de 6,7 °Brix para sólidos solúveis totais; 0,6 g de ácido cítrico por 100 g para acidez total titulável e 4,2 para o pH.

Tabela 4. Sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e pH dos frutos do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, cultivado em sete substratos, reutilizados ou não, com dois volumes de água aplicados por irrigação, em casa de vegetação.

	SST	ATT	pH
	°Brix	g ácido cítrico por 100 g	
Volumes de Água ¹ (V)			
V ₁	6,5 a	0,6 a	4,2 a
V ₂	6,8 a	0,6 a	4,2 a
Teste F	7,12 ^{NS}	6,91 ^{NS}	4,26 ^{NS}
DMS	0,4	0,1	0,1
Substratos ² (S)			
A	6,5 a	0,6 a	4,2 a
2/3 A + 1/3 BC	6,7 a	0,6 a	4,2 a
2/3 A + 1/3 CA	6,7 a	0,6 a	4,2 a
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	6,8 a	0,6 a	4,2 a
1/2 A + 1/2 BC	6,7 a	0,6 a	4,2 a
1/2 A + 1/2 CA	6,7 a	0,6 a	4,2 a
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	6,6 a	0,6 a	4,2 a
Teste F	1,02 ^{NS}	0,34 ^{NS}	1,81 ^{NS}
DMS	0,4	0,1	0,1
Utilizações dos Substratos ³ (U)			
S _N	6,6 a	0,6 a	4,2 a
S _R	6,7 a	0,6 a	4,2 a
Teste F	0,28 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,42 ^{NS}
DMS	0,2	0,1	0,1
Teste F para Interação V x S	2,18 ^{NS}	0,98 ^{NS}	1,97 ^{NS}
Teste F para Interação V x U	0,17 ^{NS}	0,97 ^{NS}	0,69 ^{NS}
Teste F para Interação S x U	0,71 ^{NS}	2,13 ^{NS}	1,96 ^{NS}
CV (%)	4,8	8,2	0,6

¹ V₁ = volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia; V₂ = 0,75 V₁.

² A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

³ S_N = substratos novos; S_R = substratos reutilizados.

^{NS} = não significativo.

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

GONZÁLEZ et al. (2004) apresentaram resultados de pesquisa de vários autores para diferentes cultivares de tomate cereja, cujos valores das variáveis avaliadas foram entre 5,1 e 8,0 °Brix para sólidos solúveis totais; entre 0,4 e 0,8 g de ácido cítrico por 100 g para acidez total titulável e entre 3,8 e 6,6 para pH.

CHARLO et al. (2004) conduziram um experimento em casa de vegetação ao lado do descrito no presente trabalho e na mesma época. Os autores avaliaram o desempenho do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, cultivado no solo e obtiveram produtividade de 8 kg m⁻² e 4,1 °Brix para sólidos solúveis totais. Entretanto, os autores avaliaram a produtividade sem eliminar os frutos com peso menor que 5 g, classe de tamanho considerada não comercial neste experimento.

Conclusões

A maior produtividade do tomateiro do grupo cereja foi obtida nos substratos não reutilizados e com a aplicação por irrigação do volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia.

A qualidade dos frutos de tomate cereja não foi afetada pelos volumes de água aplicados por irrigação e pela reutilização dos substratos avaliados.

Referências

ABAD, M. B.; NOGUERA, P. M.; CARRIÓN, C. B. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: URRESTARAZU, M. G. (Ed.). *Tratado de cultivo sin suelo*. Madrid: Mundi-Prensa, 2004. p. 113-158.

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

BACKES, M. A.; KÄMPF, A. N. Substratos à base de composto de lixo urbano para a produção de plantas ornamentais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 5, p. 753-758, 1991.

BAEVRE, O. A. Chemical and physical properties of re-used peat for tomato. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 126, p. 45-50, 1981.

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

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. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

BIASI, L. A.; BILIA, D. A. C.; SÃO JOSÉ, A. R.; FORNASIERI, J. L.; MINAMI, K. Efeito de misturas de turfa e bagaço-de-cana sobre a produção de mudas de maracujá e tomate. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 239-243, 1995.

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

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

CHARLO, H. C. O.; CASTOLDI, R.; CONTI, P. L.; FARIA, A. U.; BRAZ, L. T.; FERNANDES, C. Desempenho de minitomate em casa de vegetação, conduzido em diferentes espaçamentos e poda. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 2, 2004. Suplemento 2. 1 CD-ROM.

FERNANDES, C.; ARAÚJO, J. A. C.; CORÁ, J. E. Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 559-563, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

GONZÁLEZ, A. C.; SALAS, M. C. S.; URRESTARAZU, M. G. Producción y calidad en el cultivo de tomate cherry. In: URRESTARAZU, M. G. (Ed.). *Tratado de cultivo sin suelo*. Madrid: Mundi-Prensa, 2004. p. 703-748.

KÄMPF, A. N.; JUNG, M. The use of carbonized rice hulls as an horticultural substrate. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 294, p. 271-283, 1991.

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

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

MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J.; CALBO, A. G.; PUSCHMANN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule, and placental tissues of tomatoes with internal bruising. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 656-660, 1998.

NOGUERA, P.; ABAD, M.; PUCHADES, R.; NOGUERA, V.; MAQUIEIRA, A.; MARTÍNEZ, J. Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 450, p. 365-373, 1997.

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

URRESTARAZU, M.; SALAS, M. C.; RODRÍGUEZ, R.; ELORRIETA, M. A.; MORENO, J. Evaluación agronómica del uso del compost de residuos hortícolas como sustrato alternativo en cultivo sin suelo en tomate. *Actas de Horticultura*, Córdoba, v. 32, p. 327-332, 2000.

VERLODT, H.; ZOUAOUI, M.; SAIDANE, A.; WAELE, N.; HARBAOUI, Y. Influence of reutilization during five years on the physical and chemical properties of a *Posidonia oceanica* (L.) Del. substrate and on the behavior of a tomate crop. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 172, p. 157-173, 1985.

CAPÍTULO 5 – ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATOS REUTILIZADOS

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações nas propriedades físicas e químicas de substratos reutilizados no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, com dois volumes de água aplicados por irrigação. O delineamento experimental adotado foi em parcelas sub-subdivididas com dois volumes de água (nas parcelas), sete substratos (nas subparcelas) e épocas de caracterização dos substratos (nas sub-subparcelas). Foram três épocas de caracterização física e duas épocas de caracterização química dos substratos. As parcelas foram agrupadas em blocos casualizados, com quatro repetições. Definiu-se V_1 como o volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia. O volume de água V_2 correspondeu a 75% do volume de V_1 . Durante os cultivos, V_1 variou de 0,780 a 3,380 L planta⁻¹ dia⁻¹, e V_2 variou de 0,585 a 2,535 L planta⁻¹ dia⁻¹. Os sete substratos resultaram da combinação de diferentes proporções volumétricas de três componentes: areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim. As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A reutilização do substrato composto por partes iguais dos três componentes promoveu aumento da densidade e do volume de água facilmente disponível, e redução da porosidade total, do espaço de aeração e do volume de água remanescente. Os teores de nutrientes foram maiores nos substratos reutilizados. A redução de 25% no volume de água aplicado por irrigação não alterou as propriedades físicas, mas proporcionou aumento dos teores de nutrientes nos substratos.

Palavras-Chave: areia, bagaço de cana-de-açúcar, casca de amendoim, cultivo sem solo, fertirrigação, *Lycopersicon esculentum*

Introdução

A crescente demanda por hortaliças de alta qualidade e ofertadas durante o ano todo tem contribuído para o investimento em novos sistemas de cultivo, que permitam produção adaptada a diferentes regiões e condições adversas do ambiente (CARRIJO et al., 2004). No Brasil, nota-se um crescente interesse dos produtores pelo cultivo de hortaliças em substratos.

A reutilização de substratos caracteriza-se como uma possibilidade de reduzir o custo de produção, uma vez que dispensa a aquisição de novos substratos. Além disso, pode-se conseguir um menor impacto ambiental, uma vez que a reutilização possibilita a redução do volume de substrato descartado após o cultivo.

Algumas pesquisas têm evidenciado resultados econômicos positivos com a reutilização de substratos por dois ou mais cultivos consecutivos, sem reduzir a produção e a qualidade de hortaliças (BAEVRE, 1981; BAEVRE & GUTTORMSEN, 1984; VERLODT et al., 1985; ANDRIOLO et al., 1999; CELIKEL & CAGLAR, 1999; REIS et al., 2001). Entretanto, deve-se avaliar as alterações nas propriedades físicas e químicas dos substratos reutilizados em cultivos sucessivos.

Quanto às alterações nas propriedades físicas, BAEVRE & GUTTORMSEN (1984) observaram que a reutilização do substrato não alterou significativamente a porosidade total, mas reduziu o volume de poros maiores e aumentou o volume de poros menores. A reutilização do substrato por cinco anos proporcionou aumento da densidade, diminuição da porosidade total, aumento do conteúdo de água e diminuição do espaço de aeração (VERLODT et al., 1985). Os autores relacionaram essas alterações físicas com o aumento linear da decomposição do substrato em função dos anos de cultivo.

A decomposição de substratos orgânicos promove a redução no tamanho das partículas, conseqüentemente, no tamanho dos poros formados pelas mesmas (ANSORENA, 1994). De acordo com ANDRIOLO et al. (1999), a vida útil de um substrato orgânico é determinada, principalmente, pela velocidade das reações de

decomposição, que modificam a granulometria do material e, conseqüentemente, a proporção entre as fases sólida, líquida e gasosa.

Algumas pesquisas mostraram as alterações nas propriedades químicas. A reutilização do substrato no cultivo do tomateiro promoveu aumento de pH, condutividade elétrica, fósforo, potássio, magnésio e boro determinados nos substratos (BAEVRE, 1981). A utilização do mesmo substrato por três cultivos sucessivos promoveu acúmulo de fósforo, magnésio e boro nos substratos reutilizados (BAEVRE & GUTTORMSEN, 1984).

O acúmulo dos nutrientes nos substratos sugere que a concentração desses nutrientes na solução nutritiva pode ser reduzida, para melhor se adequar às necessidades da planta (BAEVRE & GUTTORMSEN, 1984). Assim, diante da ausência de sintomas de desordens nutricionais nas plantas cultivadas nos substratos reutilizados, pode-se alterar a concentração da solução nutritiva a ser utilizada no cultivo subsequente, em função dos resultados obtidos no cultivo anterior (BAEVRE, 1981).

A hipótese deste trabalho foi que a reutilização dos substratos e a redução de 25% no volume de água, necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia, promovem alterações nas propriedades físicas e químicas dos substratos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações nas propriedades físicas e químicas de sete substratos, compostos por areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim, reutilizados no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, com dois volumes de água aplicados por irrigação.

Material e Métodos

Foram realizados dois cultivos do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, em casa de vegetação, no Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais, na FCAV-UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP. A altitude local é de 614 m; com latitude de

21°14'05" S e longitude de 48°17'09" W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw com transição para Cwa (VOLPE⁴). A casa de vegetação foi construída em estrutura metálica, do tipo teto em arco, com 3 m de pé-direito, 30 m de comprimento e 8 m de largura, coberta com filme de polietileno transparente, aditivado contra raios ultravioleta, com 150 micrômetros de espessura, e as laterais protegidas com telas de polipropileno preto com 50% de sombreamento. A temperatura e a umidade relativa do ar, no interior da casa de vegetação, foram obtidas por meio de um termohigrógrafo com registro contínuo dos valores. O aparelho foi instalado em abrigo de madeira, a 1,0 m de altura, no centro da casa de vegetação. Durante o primeiro cultivo, as médias mensais para a temperatura máxima diária, nos meses de fevereiro, março, abril e maio foram, respectivamente, 39, 36, 33 e 29 °C; para a temperatura mínima diária, 21, 18, 15 e 11 °C; para a umidade relativa do ar máxima diária, 93, 95, 97 e 99%; e para a umidade relativa do ar mínima diária, 37, 38, 39 e 40%. Durante o segundo cultivo, as médias mensais para a temperatura máxima diária, nos meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro foram, respectivamente, 33, 33, 35, 36 e 38 °C; para a temperatura mínima diária, 11, 11, 13, 14 e 16 °C; para a umidade relativa do ar máxima diária, 98, 98, 96, 95 e 94%; e para a umidade relativa do ar mínima diária, 40, 40, 39, 38 e 37%.

O delineamento experimental adotado foi em parcelas sub-subdivididas com dois volumes de água aplicados por irrigação (nas parcelas), sete substratos (nas subparcelas) e épocas de caracterização dos substratos (nas sub-subparcelas). Foram três épocas de caracterização física e duas épocas de caracterização química dos substratos. As parcelas foram agrupadas em blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental foi representada por dois vasos, contendo uma planta por vaso. Os vasos utilizados foram de plástico marrom, com capacidade para 5 L, com 25 cm de diâmetro de boca, 17 cm de diâmetro de fundo, 18 cm de altura e 8 furos na base.

⁴ VOLPE, C. A. (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP - Câmpus de Jaboticabal). Comunicação pessoal, 2004.

O volume de água aplicado por irrigação V_1 foi definido como o volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia, de acordo com o critério visual. O volume de água drenado não foi medido, mas foi o mínimo necessário para perceber a drenagem dos vasos. A mínima drenagem dos vasos foi utilizada para garantir a uniformidade na distribuição de água no substrato acondicionado no vaso. O volume de água aplicado por irrigação V_2 correspondeu a 75% do volume de V_1 . Durante os dois cultivos, os volumes de água aplicados por irrigação V_1 e V_2 aumentaram de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura. Durante o primeiro cultivo, o volume de água aplicado, em $L\ planta^{-1}\ dia^{-1}$, foi igual a 0,780 (V_1) e 0,585 (V_2), durante os primeiros 15 dias após o transplântio (DAT), com frequência de irrigação (FI) de quatro vezes ao dia; 0,975 (V_1) e 0,731 (V_2), do 16º ao 30º DAT, com FI de cinco vezes ao dia; 1,300 (V_1) e 0,975 (V_2), do 31º ao 45º DAT, com FI de cinco vezes ao dia; 1,560 (V_1) e 1,170 (V_2), do 46º ao 60º DAT, com FI de seis vezes ao dia; 1,950 (V_1) e 1,462 (V_2), do 61º ao 75º DAT, com FI de seis vezes ao dia; 2,548 (V_1) e 1,911 (V_2), do 76º ao 90º DAT, com FI de sete vezes ao dia; 3,276 (V_1) e 2,457 (V_2), do 91º ao 122º DAT, com FI de sete vezes ao dia. Durante o segundo cultivo, o volume de água aplicado, em $L\ planta^{-1}\ dia^{-1}$, foi igual a 0,780 (V_1) e 0,585 (V_2), durante os primeiros 15 DAT, com FI de quatro vezes ao dia; 1,300 (V_1) e 0,975 (V_2), do 16º ao 30º DAT, com FI de cinco vezes ao dia; 1,820 (V_1) e 1,365 (V_2), do 31º ao 45º DAT, com FI de cinco vezes ao dia; 2,340 (V_1) e 1,755 (V_2), do 46º ao 60º DAT, com FI de seis vezes ao dia; 2,600 (V_1) e 1,950 (V_2), do 61º ao 75º DAT, com FI de seis vezes ao dia; 2,860 (V_1) e 2,145 (V_2), do 76º ao 90º DAT, com FI de sete vezes ao dia; 3,120 (V_1) e 2,340 (V_2), do 91º ao 105º DAT, com FI de sete vezes ao dia; 3,380 (V_1) e 2,535 (V_2), do 106º ao 135º DAT, com FI de sete vezes ao dia. As diferenças entre os volumes de água aplicados por irrigação, durante os dois cultivos, foram decorrentes da diferente demanda de água pelas plantas, devido às diferenças de temperatura e umidade relativa do ar, no interior da casa de vegetação, durante os dois períodos do desenvolvimento da cultura. A irrigação foi realizada por gotejamento, utilizando-se um gotejador por vaso, com vazão de $13\ mL\ min^{-1}$.

A fertirrigação foi realizada constantemente, ou seja, os fertilizantes foram aplicados em todas as irrigações. Para o fornecimento de nutrientes, durante o primeiro cultivo, utilizou-se a solução nutritiva recomendada por MORAES (1997) para o cultivo do tomateiro em sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes). Para o preparo de 1.000 L de solução nutritiva, foram utilizados 285 g de monoamoniofosfato; 600 g de sulfato de magnésio; 1.088 g de nitrato de cálcio; 423 g de sulfato de potássio; 340 g de cloreto de potássio; 3 g de sulfato de manganês; 0,45 g de sulfato de zinco; 2,94 g de ácido bórico; 10 g de sulfato de ferro; 0,41 g de sulfato de cobre e 0,02 g de molibdato de sódio. A quantidade total de cada nutriente aplicada ao longo do ciclo da cultura (122 dias), em g planta⁻¹, foi de: 41 de nitrogênio; 12 de fósforo; 72 de potássio; 42 de cálcio; 12 de magnésio; 31 de enxofre; 0,10 de boro; 0,02 de cobre; 0,41 de ferro; 0,15 de manganês; 0,02 de zinco e 0,002 de molibdênio. Para o fornecimento de nutrientes, durante o segundo cultivo, utilizou-se a mesma solução nutritiva recomendada por MORAES (1997), com reduções de 30% na concentração de boro e 50% na concentração de cobre, na tentativa de adequar a concentração da solução fornecida, via fertirrigação, uma vez que foram observados, no primeiro cultivo, elevados teores desses nutrientes nas folhas do tomateiro. A quantidade total de cada nutriente aplicada ao longo do ciclo da cultura (135 dias), em g planta⁻¹, foi de: 46 de nitrogênio; 14 de fósforo; 81 de potássio; 48 de cálcio; 14 de magnésio; 35 de enxofre; 0,08 de boro; 0,01 de cobre; 0,46 de ferro; 0,17 de manganês; 0,02 de zinco e 0,002 de molibdênio. A maior quantidade dos nutrientes, com exceção de boro e cobre, aplicada no segundo cultivo, foi decorrente do maior ciclo da cultura. Durante os dois cultivos, independentemente do volume de água aplicado por irrigação, as plantas receberam a mesma quantidade de nutrientes. Portanto, quando se utilizou o menor volume de água aplicado por irrigação (V_2), a concentração da solução nutritiva aplicada foi maior.

Os substratos resultaram da combinação de diferentes proporções volumétricas de areia (A), bagaço de cana-de-açúcar (BC) e casca de amendoim (CA). A areia utilizada foi a conhecida comercialmente como areia média. O bagaço utilizado foi o resíduo fibroso resultante da extração do caldo dos colmos da cana-de-açúcar. A casca de amendoim utilizada foi moída e passada em peneira com abertura de

6 mm x 18 mm. As combinações obtidas foram: $S_1 = A$; $S_2 = 2/3 A + 1/3 BC$; $S_3 = 2/3 A + 1/3 CA$; $S_4 = 2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA$; $S_5 = 1/2 A + 1/2 BC$; $S_6 = 1/2 A + 1/2 CA$ e $S_7 = 1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA$.

Para cada componente dos substratos, determinou-se a densidade (D), segundo Hoffmann, descrito por BACKES (1988); distribuição do tamanho de partículas (granulometria), utilizando-se peneiras de 4,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,125 mm de abertura, e pH, condutividade elétrica (CE) e teor de amônio, nitrato, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, segundo método de extração por volume na proporção de 1:1,5 (substrato:água) (SONNEVELD et al., 1974). Os valores das propriedades avaliadas na caracterização dos componentes foram: $D = 1691 \text{ kg m}^{-3}$, $\text{pH} = 5,3$ e $\text{CE} = 0,02 \text{ dS m}^{-1}$ para a areia; $D = 58 \text{ kg m}^{-3}$, $\text{pH} = 5,1$ e $\text{CE} = 0,08 \text{ dS m}^{-1}$ para o bagaço de cana-de-açúcar; $D = 186 \text{ kg m}^{-3}$, $\text{pH} = 5,4$ e $\text{CE} = 0,82 \text{ dS m}^{-1}$ para a casca de amendoim. A distribuição do tamanho de partículas dos componentes encontra-se na Tabela 1, e o teor de nutrientes dos componentes encontra-se na Tabela 2.

Posteriormente, os componentes foram misturados nas diferentes combinações e a granulometria dos substratos (Tabela 1) foi determinada como descrito anteriormente.

Tabela 1. Distribuição do tamanho de partículas dos componentes e dos substratos utilizados no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, em casa de vegetação.

Componentes/Substratos	Diâmetro das partículas (mm)						
	< 0,125	0,125-0,25	0,25-0,5	0,5-1	1-2	2-4	> 4
	----- % em peso -----						
Bagaço de cana-de-açúcar (BC)	3	4	12	24	25	22	10
Casca de amendoim (CA)	2	6	7	12	23	49	1
Areia (A)	4	32	49	11	2	2	0
$2/3 A + 1/3 BC$	4	31	48	11	3	2	1
$2/3 A + 1/3 CA$	2	27	48	12	5	6	0
$2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA$	3	30	48	11	4	4	0
$1/2 A + 1/2 BC$	3	29	49	12	3	3	1
$1/2 A + 1/2 CA$	2	29	46	11	5	7	0
$1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA$	4	26	42	13	6	8	1

Tabela 2. Valores de amônio (NH₄), nitrato (NO₃), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro, (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) dos componentes dos substratos utilizados no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, em casa de vegetação.

Componentes ¹	NH ₄	NO ₃	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg L ⁻¹ -----											
BC	1,8	0,5	1,8	18,1	0,6	0,7	3,6	0,03	0,03	0,35	0,04	0,02
CA	8,5	2,1	31,4	222,2	15,6	17,5	20,7	0,26	0,21	0,78	0,26	0,11
A	1,5	1,8	0	2,0	0,5	0,7	0	0,03	0,02	1,96	0,04	0,01

¹ BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim; A = areia.

Procedeu-se, então, o preenchimento dos vasos com os diferentes substratos. No centro de cada vaso, foi colocado um anel volumétrico de PVC de 285 cm³ (7,2 cm de diâmetro e 7,0 cm de altura), conforme descrito no Apêndice A, com o objetivo de determinar densidade (D), e porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água remanescente (AR), segundo DE BOODT & VERDONCK (1972), nas três épocas de caracterização física dos substratos.

As épocas de caracterização física dos substratos foram: C₀ = antes do primeiro cultivo, C₁ = após o primeiro cultivo e antes do segundo cultivo, e C₂ = após o segundo cultivo.

Antes do transplântio das mudas para o primeiro cultivo, os vasos já preenchidos com os diferentes substratos foram alocados na casa de vegetação e irrigados, durante uma semana, a fim de promover a acomodação natural das partículas dos substratos e uniformizar a umidade dos substratos dentro do vaso. Depois desse período, realizou-se a determinação das propriedades físicas dos substratos, antes do primeiro cultivo (C₀). Porém, como a casa de vegetação não comportava o número de vasos necessários para realizar essa caracterização, reproduziu-se essa fase em laboratório. Para tanto, foram utilizados 35 vasos (cinco replicações de cada um dos sete substratos), que foram preenchidos com os diferentes substratos, conforme descrito anteriormente. Diariamente, os 35 vasos receberam, manualmente, o mesmo volume de água que os vasos alocados na casa de vegetação receberam, via irrigação. Após

uma semana, os 35 vasos foram desmontados e os anéis volumétricos foram cuidadosamente retirados dos vasos, conforme descrito no Apêndice B, para a determinação das propriedades físicas dos substratos, antes do primeiro cultivo (C_0).

Para o primeiro cultivo, todos os vasos foram preenchidos com os diferentes substratos até então não utilizados. Para o segundo cultivo, os mesmos substratos foram reutilizados, sem que fossem removidos dos vasos. Somente a parte aérea da planta, proveniente do primeiro cultivo, foi retirada, cortando-se a sua haste próximo à superfície do substrato, deixando-se o sistema radicular.

Após cada cultivo, os vasos foram desmontados, e os anéis foram cuidadosamente retirados dos vasos, conforme descrito no Apêndice B, para a determinação das propriedades físicas dos substratos, no final do primeiro (C_1) e do segundo cultivo (C_2).

A caracterização química dos substratos foi realizada antes do primeiro cultivo (C_0) e após o segundo cultivo (C_2). Para tanto, retirou-se uma amostra de, aproximadamente, 1 L de cada vaso e colocou-se para secar em temperatura ambiente. Nessas amostras, determinou-se o pH, a condutividade elétrica e o teor de amônio, nitrato, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, conforme descrito anteriormente.

As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Para as propriedades físicas dos substratos, com exceção do volume de água tamponante, observou-se interação significativa entre os substratos (S) e as épocas de caracterização dos substratos (C). Entretanto, os resultados demonstraram que não houve interações significativas entre os volumes de água aplicados por irrigação (V) e os substratos (S) e entre os volumes de água aplicados por irrigação (V) e as épocas de caracterização dos substratos (C) (Tabela 3).

As propriedades físicas dos substratos foram estatisticamente iguais, independentemente dos volumes de água aplicados por irrigação durante os cultivos (Tabela 3).

Quanto aos substratos, observaram-se diferenças significativas nas suas propriedades físicas, exceto para o volume de água tamponante (Tabela 3).

Os valores da densidade dos substratos (D) decresceram com a diminuição do volume de areia e o aumento do bagaço de cana-de-açúcar (BC) e/ou da casca de amendoim (CA) (Tabela 3), provavelmente, porque os valores de densidade dos componentes BC (58 kg m^{-3}) e CA (186 kg m^{-3}) foram menores, quando comparados com a densidade da areia (1.691 kg m^{-3}).

Os valores da porosidade total dos substratos (PT) aumentaram com a diminuição do volume de areia e o aumento do bagaço de cana-de-açúcar (BC) e/ou da casca de amendoim (CA) (Tabela 3), possivelmente, em decorrência da redução na quantidade de partículas menores, provenientes do componente areia, e aumento na quantidade de partículas maiores, provenientes dos componentes BC e CA. A areia apresentou predominância de partículas com diâmetro entre 0,125 mm e 0,50 mm, o bagaço de cana-de-açúcar com diâmetro maior que 0,25 mm e a casca de amendoim com diâmetro entre 1,00 e 4,00 mm (Tabela 1).

O maior valor do espaço de aeração (EA) e o menor valor da água facilmente disponível (AFD) foram observados no substrato com $1/3 \text{ A} + 1/3 \text{ BC} + 1/3 \text{ CA}$ (Tabela 3), provavelmente, por causa da sua granulometria. Esse substrato apresentou a maior porcentagem de partículas com diâmetro maior que 1,0 mm e a menor porcentagem de partículas com diâmetro entre 0,25 mm e 1,0 mm (Tabela 1). De acordo com RICHARDS et al. (1986) e ABAD et al. (2004), partículas com diâmetro maior que 1,0 mm formam poros responsáveis pelo armazenamento de ar e partículas com diâmetro entre 0,25 mm e 1,0 mm formam poros responsáveis pelo armazenamento de água facilmente disponível às plantas.

Tabela 3. Densidade (D), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água remanescente (AR), em três épocas de caracterização, dos sete substratos utilizados no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, com dois volumes de água aplicados por irrigação, em casa de vegetação.

	D	PT	EA	AFD	AT	AR
	kg m ⁻³	----- % -----				
Volumes de Água ¹ (V)						
V ₁	1234 a	46 a	8 a	22 a	3 a	13 a
V ₂	1219 a	46 a	8 a	22 a	3 a	13 a
Teste F	6,20 ^{NS}	1,97 ^{NS}	5,41 ^{NS}	0,35 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,03 ^{NS}
DMS	20	1	1	1	1	1
Substratos ² (S)						
A	1614 a	34 d	2 e	23 b	3 a	6 e
2/3 A + 1/3 BC	1370 b	42 c	3 de	25 a	3 a	11 d
2/3 A + 1/3 CA	1337 b	42 c	4 d	24 ab	3 a	11 d
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	1352 b	43 c	4 d	25 a	3 a	11 d
1/2 A + 1/2 BC	1110 c	51 b	9 c	24 ab	3 a	15 c
1/2 A + 1/2 CA	1062 c	50 b	11 b	20 c	3 a	16 b
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	738 d	61 a	23 a	16 d	3 a	19 a
Teste F	501,9**	467,1**	220,3**	97,40**	1,57 ^{NS}	217,1**
DMS	56	2	2	2	1	1
Épocas de Caracterização ³ (C)						
C ₀	1220 a	46 a	9 a	22 a	3 a	12 a
C ₁	1240 a	46 a	9 a	22 a	3 a	12 a
C ₂	1219 a	45 a	8 b	22 a	3 a	12 a
Teste F	3,09 ^{NS}	2,78 ^{NS}	31,10**	2,18 ^{NS}	2,81 ^{NS}	2,50 ^{NS}
DMS	23	2	1	1	1	1
Teste F para Interação V x S	0,47 ^{NS}	0,71 ^{NS}	0,64 ^{NS}	0,42 ^{NS}	0,91 ^{NS}	0,43 ^{NS}
Teste F para Interação V x C	0,20 ^{NS}	2,07 ^{NS}	2,32 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,66 ^{NS}	1,25 ^{NS}
Teste F para Interação S x C	3,53**	5,69**	15,73**	8,12**	1,79 ^{NS}	5,70**
CV (%)	4,2	4,5	16,6	9,0	21,4	15,1

¹ V₁ = volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia; V₂ = 0,75 V₁.

² A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

³ C₀ = antes do primeiro cultivo; C₁ = após o primeiro cultivo e antes do segundo cultivo; C₂ = após o segundo cultivo.

^{NS} = não significativo; ** = significativo a 1% de probabilidade.

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

Somente o substrato S_7 ($1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA$) apresentou alterações nas propriedades físicas em função da sua utilização nos dois cultivos (Tabela 4).

Tabela 4. Densidade (D), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD) e água remanescente (AR), em três épocas de caracterização, dos sete substratos utilizados no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, em casa de vegetação.

Épocas de Caracterização ¹		Substratos ²						
		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
D kg m ⁻³	C_0	1631 a	1342 a	1313 a	1387 a	1082 a	1104 a	680 b
	C_1	1613 a	1393 a	1370 a	1354 a	1135 a	1059 a	759 a
	C_2	1600 a	1376 a	1329 a	1316 a	1114 a	1022 a	776 a
PT %	C_0	32 a	43 a	40 a	41 a	51 a	50 a	65 a
	C_1	34 a	43 a	41 a	43 a	53 a	51 a	60 b
	C_2	34 a	41 a	40 a	42 a	51 a	52 a	58 b
EA %	C_0	2 a	4 a	4 a	3 a	10 a	10 a	28 a
	C_1	2 a	3 a	4 a	4 a	10 a	12 a	23 b
	C_2	2 a	2 a	3 a	3 a	8 a	11 a	19 c
AFD %	C_0	23 a	26 a	24 a	26 a	24 a	20 a	12 c
	C_1	23 a	25 a	23 a	25 a	24 a	20 a	16 b
	C_2	22 a	24 a	23 a	24 a	24 a	22 a	20 a
AR %	C_0	4 a	11 a	10 a	10 a	14 a	17 a	23 a
	C_1	6 a	12 a	12 a	12 a	15 a	16 a	18 b
	C_2	6 a	12 a	11 a	12 a	15 a	15 a	16 b

¹ C_0 = antes do primeiro cultivo; C_1 = após o primeiro cultivo e antes do segundo cultivo; C_2 = após o segundo cultivo.

² S_1 = A; S_2 = $2/3 A + 1/3 BC$; S_3 = $2/3 A + 1/3 CA$; S_4 = $2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA$; S_5 = $1/2 A + 1/2 BC$; S_6 = $1/2 A + 1/2 CA$ e S_7 = $1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA$; onde A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

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

Comparando-se as épocas de caracterização física dos substratos, antes do primeiro cultivo (C_0) e depois do primeiro cultivo (C_1), observou-se que o valor da densidade (D) aumentou e proporcionou a redução da porosidade total (PT) (Tabela 4). Os volumes do espaço de aeração (EA) e da água remanescente (AR) diminuíram, e o volume da água facilmente disponível (AFD) aumentou. Assim, durante o primeiro

cultivo, constatou-se a redução do volume total de poros e a alteração no tamanho dos poros do substrato S_7 . Esses resultados corroboram com aqueles obtidos por VERLODT et al. (1985), que observaram aumento da densidade, diminuição da porosidade total, aumento do volume de água e diminuição do volume de ar.

Comparando-se as épocas de caracterização física dos substratos, antes do segundo cultivo (C_1) e depois do segundo cultivo (C_2), observou-se redução do EA e aumento da AFD (Tabela 4). Assim, durante o segundo cultivo, constatou-se apenas a alteração no tamanho dos poros do substrato S_7 . Esses resultados corroboram com aqueles obtidos por BAEVRE & GUTTORMSEN (1984), que observaram redução do volume de poros maiores e aumento do volume de poros menores, sem, entretanto, alterar a porosidade total.

A redução do volume total de poros do substrato S_7 , observada durante o primeiro cultivo, pode ter sido provocada pela irrigação, que, independentemente do volume de água aplicado, promoveu a movimentação das partículas do substrato, fazendo com que as menores ocupassem os espaços formados entre as maiores. Além disso, o desenvolvimento do sistema radicular do tomateiro também pode ter promovido o arrastamento das partículas do substrato. Essa movimentação e acomodação das partículas promoveram o adensamento do substrato e, conseqüentemente, a redução da porosidade total. Porém, durante o segundo cultivo, não se observou redução do volume total de poros, possivelmente, porque a relação entre massa e volume do substrato S_7 acondicionado no vaso estabilizou-se durante o primeiro cultivo.

A alteração no tamanho dos poros do substrato S_7 , observada durante os dois cultivos, pode ter sido provocada pela decomposição do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de amendoim, reduzindo o tamanho das partículas desses componentes. Assim, as partículas maiores, que proporcionavam a formação de poros maiores, responsáveis pelo armazenamento de ar, reduziram de tamanho e passaram a formar poros menores, responsáveis pelo armazenamento de água.

A redução do volume de água remanescente (AR) do substrato S_7 , observada durante o primeiro cultivo, pode ter sido provocada pelo desenvolvimento de raízes finas entre as partículas do substrato, promovendo o aumento do diâmetro dos poros.

Assim, reduziu o volume de poros responsáveis pelo armazenamento de água remanescente e aumentou o volume de poros responsáveis pelo armazenamento de água facilmente disponível.

Ao contrário do substrato S_7 ($1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA$), os demais substratos não apresentaram alterações nas propriedades físicas em função da utilização nos dois cultivos (Tabela 4). Possivelmente, por possuir maior volume de poros, quando comparado aos demais, o substrato S_7 foi mais susceptível ao adensamento. Além disso, o substrato S_7 apresentou a maior proporção volumétrica do bagaço de cana-de-açúcar (BC) e da casca de amendoim (CA), somando 67% do volume total, quando comparado aos substratos S_5 ($1/2 A + 1/2 BC$) e S_6 ($1/2 A + 1/2 CA$), com 50% de BC ou CA, e aos substratos S_2 ($1/3 A + 1/3 BC$), S_3 ($1/3 A + 1/3 CA$) e S_4 ($1/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA$), com 33% de BC e/ou CA. Provavelmente, a decomposição também tenha ocorrido nos substratos com menor proporção volumétrica de BC e/ou CA, porém, até o final do segundo cultivo, a intensidade da decomposição não foi suficiente para promover alterações significativas no tamanho das partículas e, conseqüentemente, no tamanho dos poros formados, como observado para o substrato S_7 .

Para as propriedades químicas dos substratos, observou-se interação significativa entre os substratos (S) e as épocas de caracterização dos substratos (C) para os valores de pH e amônio. Entretanto, os resultados demonstraram que não houve interações significativas entre os volumes de água aplicados por irrigação (V) e os substratos (S), e entre os volumes de água aplicados por irrigação (V) e as épocas de caracterização dos substratos (C) (Tabelas 5, 6 e 7).

Os substratos que receberam o volume de água aplicado por irrigação V_1 apresentaram menor valor de condutividade elétrica (CE) e menor teor de amônio (NH_4), nitrato (NO_3), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B) e ferro (Fe), quando comparado aos substratos que receberam o volume de água aplicado por irrigação V_2 (Tabelas 5, 6 e 7). Provavelmente, a aplicação de maior volume de água (V_1) promoveu a lixiviação de maior quantidade de nutrientes, reduzindo a retenção dos mesmos nos substratos.

Tabela 5. Valores de pH; condutividade elétrica (CE), amônio (NH₄) e nitrato (NO₃), em duas épocas de caracterização, dos sete substratos utilizados no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, com dois volumes de água aplicados por irrigação, em casa de vegetação.

	pH H ₂ O	CE dS m ⁻¹	NH ₄ ----- mg L ⁻¹ -----	NO ₃ -----
Volumes de Água ¹ (V)				
V ₁	5,9 a	1,4 b	7,3 b	42,8 b
V ₂	5,7 a	1,8 a	12,0 a	78,5 a
Teste F	7,15 ^{NS}	87,87**	21,98*	260,3**
DMS	0,3	0,2	3,2	7,0
Substratos ² (S)				
A	5,9 a	1,0 e	4,7 c	32,1 d
2/3 A + 1/3 BC	5,8 a	1,2 de	6,8 bc	43,1 cd
2/3 A + 1/3 CA	5,9 a	1,7 bc	12,6 a	63,2 bc
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	5,9 a	1,5 cd	10,1 ab	60,1 bc
1/2 A + 1/2 BC	5,9 a	1,5 cd	7,4 bc	58,9 bcd
1/2 A + 1/2 CA	5,6 b	2,0 ab	11,0 ab	72,2 ab
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	5,5 b	2,3 a	14,8 a	95,2 a
Teste F	20,41**	18,55**	9,24**	10,70**
DMS	0,2	0,5	5,1	27,3
Épocas de Caracterização ³ (C)				
C ₀	5,5 b	0,2 b	5,1 b	0,9 b
C ₂	6,1 a	3,0 a	14,2 a	120,4 a
Teste F	201,4**	1057,7**	91,08**	598,6**
DMS	0,1	0,2	1,9	9,9
Teste F para Interação V x S	1,15 ^{NS}	1,92 ^{NS}	1,45 ^{NS}	1,53 ^{NS}
Teste F para Interação V x C	1,14 ^{NS}	1,45 ^{NS}	1,95 ^{NS}	1,32 ^{NS}
Teste F para Interação S x C	12,70**	2,09 ^{NS}	11,96**	1,03 ^{NS}
CV (%)	3,7	27,9	52,6	42,6

¹ V₁ = volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia; V₂ = 0,75 V₁.

² A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

³ C₀ = antes do primeiro cultivo; C₂ = após o segundo cultivo.

^{NS} = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade.

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

Tabela 6. Valores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em duas épocas de caracterização, dos sete substratos utilizados no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, com dois volumes de água aplicados por irrigação, em casa de vegetação.

	P	K	Ca	Mg	S
	----- mg L ⁻¹ -----				
Volumes de Água ¹ (V)					
V ₁	31,4 a	121,2 b	95,9 b	55,4 b	104,0 b
V ₂	38,1 a	206,0 a	126,9 a	83,1 a	120,7 a
Teste F	1,46 ^{NS}	299,3**	42,44**	35,24**	19,33**
DMS	17,4	15,6	15,1	14,9	12,1
Substratos ² (S)					
A	20,7 c	83,7 d	81,7 d	34,7 e	75,3 d
2/3 A + 1/3 BC	25,6 c	104,0 cd	100,4 cd	50,6 de	88,1 cd
2/3 A + 1/3 CA	31,6 bc	179,5 b	106,4 c	62,0 cd	115,2 abc
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	35,9 abc	156,2 bc	116,2 bc	70,7 bc	119,0 abc
1/2 A + 1/2 BC	31,0 bc	146,9 bcd	101,6 cd	82,7 b	105,5 bcd
1/2 A + 1/2 CA	45,0 ab	213,2 ab	142,1 a	77,1 bc	137,5 ab
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	53,6 a	216,7 a	131,5 ab	106,9 a	145,8 a
Teste F	7,03**	15,92**	14,04**	29,93**	7,91**
DMS	18,9	67,9	24,0	18,8	39,6
Épocas de Caracterização ³ (C)					
C ₀	3,9 b	50,2 b	3,8 b	3,7 b	4,4 b
C ₂	65,6 a	277,0 a	219,0 a	134,8 a	220,3 a
Teste F	259,2**	355,4**	2097,9**	1395,5**	986,0**
DMS	7,7	24,3	9,5	7,1	13,9
Teste F para Interação V x S	0,92 ^{NS}	1,50 ^{NS}	1,61 ^{NS}	2,64 ^{NS}	0,80 ^{NS}
Teste F para Interação V x C	2,98 ^{NS}	1,70 ^{NS}	1,47 ^{NS}	2,48 ^{NS}	2,88 ^{NS}
Teste F para Interação S x C	2,12 ^{NS}	3,30 ^{NS}	3,78 ^{NS}	1,57 ^{NS}	2,58 ^{NS}
CV (%)	58,3	38,9	22,3	26,8	32,4

¹ V₁ = volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia; V₂ = 0,75 V₁.

² A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

³ C₀ = antes do primeiro cultivo; C₂ = após o segundo cultivo.

^{NS} = não significativo; ** = significativo a 1% de probabilidade.

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

Tabela 7. Valores de boro, (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em duas épocas de caracterização, dos sete substratos utilizados no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, com dois volumes de água aplicados por irrigação, em casa de vegetação.

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg L ⁻¹				
Volumes de Água ¹ (V)					
V ₁	0,14 b	0,23 a	1,54 b	0,47 a	0,13 a
V ₂	0,21 a	0,21 a	1,62 a	0,63 a	0,11 a
Teste F	69,78**	3,47 ^{NS}	22,92*	11,12 ^{NS}	8,19 ^{NS}
DMS	0,03	0,04	0,05	0,17	0,03
Substratos ² (S)					
A	0,07 e	0,13 b	1,19 c	0,24 d	0,06 e
2/3 A + 1/3 BC	0,11 de	0,19 b	2,30 a	0,35 cd	0,10 d
2/3 A + 1/3 CA	0,19 c	0,21 b	1,17 c	0,48 cd	0,11 cd
2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA	0,20 bc	0,19 b	1,80 b	0,55 bc	0,11 cd
1/2 A + 1/2 BC	0,12 d	0,23 ab	2,51 a	0,59 bc	0,13 c
1/2 A + 1/2 CA	0,24 ab	0,24 ab	1,09 c	0,75 ab	0,16 b
1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA	0,28 a	0,35 a	1,00 c	0,87 a	0,20 a
Teste F	45,12**	4,90**	134,0**	14,19**	68,17**
DMS	0,05	0,13	0,24	0,25	0,02
Épocas de Caracterização ³ (C)					
C ₀	0,08 b	0,06 b	2,39 a	0,14 b	0,04 b
C ₂	0,27 a	0,38 a	0,77 b	0,95 a	0,20 a
Teste F	441,8**	181,8**	2263,4**	325,6**	1427,1**
DMS	0,02	0,05	0,07	0,09	0,01
Teste F para Interação V x S	1,62 ^{NS}	1,53 ^{NS}	1,76 ^{NS}	0,84 ^{NS}	0,80 ^{NS}
Teste F para Interação V x C	2,13 ^{NS}	0,85 ^{NS}	2,73 ^{NS}	2,36 ^{NS}	2,03 ^{NS}
Teste F para Interação S x C	1,60 ^{NS}	1,36 ^{NS}	1,27 ^{NS}	1,13 ^{NS}	1,55 ^{NS}
CV (%)	27,3	55,7	11,4	43,1	18,3

¹ V₁ = volume de água necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia; V₂ = 0,75 V₁.

² A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

³ C₀ = antes do primeiro cultivo; C₂ = após o segundo cultivo.

^{NS} = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade.

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

O substrato composto somente por areia apresentou os menores teores de nutrientes, quando comparado aos demais substratos (Tabelas 5, 6 e 7), possivelmente,

por causa da sua baixíssima capacidade de troca iônica. De maneira geral, os substratos que apresentaram a casca de amendoim na sua composição apresentaram maiores teores de nutrientes, com exceção do ferro, quando comparados aos substratos que apresentaram o bagaço de cana-de-açúcar, provavelmente, em virtude da presença de maior quantidade de nutrientes no componente casca de amendoim (Tabela 2).

O valor da condutividade elétrica (CE) dos substratos foi maior no final do segundo cultivo (C_2), quando comparado ao valor determinado antes do primeiro cultivo (C_0), devido aos maiores teores de nutrientes determinados nos substratos (Tabelas 5, 6 e 7). Observou-se que, independentemente dos substratos, os valores dos nutrientes, com exceção do ferro, foram maiores no final do segundo cultivo (C_2). Além dos substratos terem recebido nutrientes constantemente, via fertirrigação, outros fatores podem ter contribuído para esse aumento no teor de nutrientes nos substratos. Possivelmente, a decomposição do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de amendoim, observada durante os dois cultivos, disponibilizou os nutrientes presentes nos componentes (Tabela 2). Além disso, a redução no tamanho das partículas dos substratos, provocada pela decomposição, aumentou a superfície específica das mesmas, o que pode ter aumentado a capacidade de retenção de nutrientes dos substratos.

A utilização dos substratos nos dois cultivos promoveu aumento do valor de pH para todos os substratos, com exceção do substrato S_6 ($1/2 A + 1/2 CA$), que apresentou o mesmo valor de pH antes do primeiro cultivo (C_0) e após o segundo cultivo (C_2) (Tabela 8). Os valores de amônio (NH_4) nos substratos foram maiores após os dois cultivos para todos os substratos, com exceção dos substratos S_3 ($2/3 A + 1/3 CA$) e S_6 ($1/2 A + 1/2 CA$) (Tabela 8). Os substratos S_3 e S_6 apresentaram maiores valores de amônio que os demais substratos, possivelmente, por causa da maior quantidade de amônio presente no componente casca de amendoim (CA) (Tabela 2).

Tabela 8. Valores de pH e amônio (NH₄), em duas épocas de caracterização, dos sete substratos utilizados no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, em casa de vegetação.

Épocas de Caracterização ¹		Substratos ²						
		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇
pH (H ₂ O)	C ₀	5,3Db	5,6Bb	5,7Ab	5,7Ab	5,5Cb	5,6Ba	5,1Eb
	C ₂	6,6Aa	6,1Ba	6,1Ba	6,2ABa	6,2ABa	5,6Ca	5,8BCa
NH ₄ (mg L ⁻¹)	C ₀	1,5Eb	0,8Fb	11,3Ba	6,2Cb	1,6Eb	11,9Aa	2,0Db
	C ₂	7,8Ba	12,9ABa	13,9ABa	14,0ABa	13,2ABa	10,0Ba	27,5Aa

¹ C₀ = antes do primeiro cultivo; C₂ = após o segundo cultivo.

² S₁ = A; S₂ = 2/3 A + 1/3 BC; S₃ = 2/3 A + 1/3 CA; S₄ = 2/3 A + 1/6 BC + 1/6 CA; S₅ = 1/2 A + 1/2 BC; S₆ = 1/2 A + 1/2 CA e S₇ = 1/3 A + 1/3 BC + 1/3 CA; onde A = areia; BC = bagaço de cana-de-açúcar; CA = casca de amendoim.

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

Outros autores também observaram aumento no valor de pH, da condutividade elétrica e no teor de nutrientes determinados nos substratos reutilizados em cultivos sucessivos (BAEVRE, 1981; BAEVRE & GUTTORMSEN, 1984).

Conclusões

A reutilização do substrato, composto por partes iguais de areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim, promoveu aumento da densidade e do volume de água facilmente disponível, e redução da porosidade total, do espaço de aeração e do volume de água remanescente. Os teores de nutrientes foram maiores nos substratos reutilizados.

A redução de 25% no volume de água, necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia, não alterou as propriedades físicas dos substratos, mas proporcionou aumento dos teores de nutrientes determinados nos substratos.

Referências

ABAD, M. B.; NOGUERA, P. M.; CARRIÓN, C. B. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: URRESTARAZU, M. G. (Ed.). *Tratado de cultivo sin suelo*. Madrid: Mundi-Prensa, 2004. p. 113-158.

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

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

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

BAEVRE, O. A. Chemical and physical properties of re-used peat for tomato. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 126, p. 45-50, 1981.

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

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

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

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

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

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

RICHARDS, D.; LANE, M.; BEARDSELL, D. V. The influence of particle-size distribution in pinebark:sand:brown coal potting mixes on water supply aeration and plant growth. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 29, p. 1-14, 1986.

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

VERLODT, H.; ZOUAOU, M.; SAIDANE, A.; WAELE, N.; HARBAOUI, Y. Influence of reutilization during five years on the physical and chemical properties of a *Posidonia oceanica* (L.) Del. substrate and on the behavior of a tomato crop. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 172, p. 157-173, 1985.

CAPÍTULO 6 – IMPLICAÇÕES

No Brasil, o cultivo de hortaliças em substratos vem despertando o interesse dos produtores, principalmente pela possibilidade de utilizar as áreas comprometidas pela presença de patógenos do solo.

Dentro desse contexto, a possibilidade de utilizar os resíduos agrícolas encontrados nas diferentes regiões para a composição de substratos caracteriza-se como uma alternativa de viabilizar essa técnica de cultivo, principalmente, nas pequenas propriedades rurais, já que possibilita a redução do custo de produção. Além disso, deve-se considerar que a utilização dos resíduos agrícolas reduz o impacto ambiental causado pelo seu descarte.

O bagaço de cana-de-açúcar e a casca de amendoim, resíduos agrícolas disponíveis na região de Jaboticabal, podem ser utilizados na composição de substratos à base de areia. Nas condições deste experimento, a produtividade total do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, cultivado em substrato composto por partes iguais de areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim foi de 10 kg m^{-2} .

A possibilidade de reutilizar os substratos, em cultivos sucessivos, também pode proporcionar redução no custo de implantação da cultura, uma vez que dispensa a aquisição de novos substratos e a mão-de-obra necessária para o preenchimento dos vasos. Além disso, com a reutilização dos substratos pode-se obter redução no impacto ambiental, provocado pelo descarte do substrato após a sua utilização.

A reutilização dos substratos avaliados promoveu redução de 10% na produtividade do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, cultivado nos substratos avaliados. A produção de frutos maiores que 5 g nos substratos reutilizados foi de $7,2 \text{ kg m}^{-2}$. Porém, pode-se obter maior relação benefício/custo se a redução do custo de produção for maior que a redução da produtividade.

Entretanto, a reutilização modifica as propriedades físicas e químicas dos substratos. A reutilização do substrato composto por partes iguais de areia, bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim promoveu aumento da densidade e,

conseqüentemente, redução da porosidade total; e aumento do volume de água facilmente disponível, em detrimento da redução do espaço de aeração. Por isso, o manejo da irrigação nos substratos reutilizados deve ser modificado em função das alterações nas propriedades físicas desses substratos. Os teores de nutrientes foram maiores nos substratos reutilizados. Assim, a quantidade de nutrientes fornecida durante o cultivo nos substratos reutilizados deve ser reduzida. Portanto, é indispensável o acompanhamento das alterações nas propriedades físicas e químicas dos substratos em decorrência da sua reutilização, a fim de adequar-se o manejo da irrigação e da fertirrigação nos cultivos sucessivos.

Os dois volumes de água aplicados por irrigação avaliados não foram suficientes para definir o manejo da irrigação. Entretanto, foi possível observar que a redução de 25% no volume de água, necessário para promover a drenagem dos vasos preenchidos com o substrato areia, não alterou as propriedades físicas dos substratos, mas promoveu aumento dos teores de nutrientes determinados nos substratos. Portanto, ainda se verifica a necessidade de mais estudos com o objetivo de definir o volume de água aplicado e a frequência de irrigação para o cultivo do tomateiro em substratos.

A definição da concentração de nutrientes, baseando-se na solução nutritiva recomendada para o cultivo em sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes), não foi eficaz, já que os teores de nutrientes determinados nas folhas do tomateiro não permaneceram dentro da faixa considerada adequada. Assim, a obtenção da marcha de absorção de nutrientes do tomateiro cultivado em substratos deve ser objetivo de estudos posteriores.

Por meio das análises realizadas nos frutos, observou-se que os diferentes substratos avaliados, a sua reutilização no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, e os volumes de água aplicados por irrigação proporcionaram a mesma qualidade dos frutos produzidos.

Quanto aos aspectos relacionados com a classificação do tomate cereja, verificou-se que há correlação positiva entre o diâmetro e o peso do fruto para tomate cereja. Portanto, pode-se propor a classificação para tomate cereja associando-se o

diâmetro e o peso dos frutos. Além disso, o método proposto é viável pela praticidade e simplicidade.

Considerando a diversidade de resíduos agrícolas encontrados em todo o território nacional, ressalta-se que se torna difícil a comparação de resultados de pesquisa com aqueles obtidos por outros autores. Conseqüentemente, a definição do manejo adequado para o desenvolvimento de uma cultura em um determinado substrato sob condições climáticas locais exige o desenvolvimento de uma série de pesquisas multidisciplinares.

Ao contrário do cultivo em solo, que possui tecnologia desenvolvida para diversas culturas e regiões, o cultivo em substratos ainda é uma técnica incipiente, que necessita do desenvolvimento de pesquisas nas diversas áreas do conhecimento, como a caracterização de materiais com potencial de utilização e reutilização como substratos, a definição do volume de água aplicado e da frequência de irrigação para diferentes substratos, o fornecimento adequado de nutrientes para as culturas conduzidas em substratos, entre outras.

Se, por um lado, as dificuldades são muitas, principalmente pela carência de literatura nacional sobre o assunto, por outro, encontram-se inúmeras oportunidades para o desenvolvimento de pesquisas sobre o cultivo de hortaliças em substratos.

APÊNDICES

Apêndice A. Preenchimento dos vasos.

1. Colocou-se 1 L de substrato no fundo do vaso e posicionou-se o anel volumétrico no centro do vaso.



2. Adicionou-se substrato lentamente para preencher o anel volumétrico e o vaso.



3. Prosseguiu-se com o preenchimento do vaso e do anel volumétrico.



4. Vaso e anel volumétrico totalmente preenchidos.



Apêndice B. Retirada dos anéis volumétricos.

1. Entornou-se o vaso dentro de uma bandeja.



2. Retirou-se o substrato até encontrar o anel volumétrico.



3. Nivelou-se as duas extremidades do anel volumétrico.



4. Anel volumétrico pronto para a caracterização física.

