DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DOS SUBSTRATOS COMERCIALIZADOS EM PIRACICABA-SP

ELIANE GOMES FABRI

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **KEIGO MINAMI**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade
de São Paulo, para obtenção do Título de
Mestre em Agronomia, Área de Concentração:
Fitotecnia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Novembro - 2004

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Fabri, Eliane Gomes

Determinação da qualidade dos substratos comercializados em Piracicaba-SP / Eliane
Gomes Fabri. -- Piracicaba, 2004.
88 p.

Dissertação (Mestrado) -- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.
Bibliografia.

1. Alface 2. Condutividade 3. Muda - Produção 4. Pepino 5. PH 6. Propriedade físico-
química 7. Substrato de cultura 8. Tomate I. Título

CDD 635.52

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte -- O autor"

Data de depósito junto à CPG/ESALQ

29/11/04

Aos meus pais Claudeci e Eujácio

Pelo apoio, incentivo e confiança

A minha irmã Ieda e meu cunhado Ricardo

Ao meu irmão Alexsandro e minha cunhada Priscila

Pelo carinho e apoio em todos os momentos

As minhas sobrinhas Letícia e Bianca

Pela alegria que proporcionam à minha vida

A minha avó Alzira

Pelo amor e cumplicidade

Ofereço

Ao meu namorado Fernando Cesar Sala,

Amigo e companheiro dos meus estudos e pesquisas

Pela compreensão, apoio e carinho

Dedico

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, pela dádiva da vida.

Ao **Prof. Dr. Keigo Minami**, pela oportunidade, orientação, amizade e incentivo durante as atividades realizadas.

Ao **Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq)**, pela concessão de bolsa de mestrado;

Aos **Profs. Drs. Cyro Paulino da Costa e Paulo César Tavares de Melo**, pelo apoio e amizade durante o curso.

À Secretaria de Pós-Graduação da Fitotecnia, **Luciane Lopes**, pela amizade e auxílio durante o curso.

Aos **Funcionários** do Campo Experimental da Horticultura do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP.

Ao **Laboratorista Gilmar Batista Gricolon**, pelo auxílio nas análises físicas.

Ao Laboratório de Análises Químicas de Substratos do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, pela realização das análises químicas.

À **Drª Mônica Ferreira de Abreu**, pelo auxílio nas análises químicas.

Ao **Prof. Dr. Carlos Tadeu**, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos meus queridos amigos **Denise, Eltiza, Isabel, Dayse, Patrícia Favoreto, Rafael, Hector e Fernando Azevedo**, pelo apoio e compreensão em todos os momentos.

As minhas amigas especiais **Circe, Márcia Regina, Maria Ap., Luciana Claudia, Adriana, Maria e Zilmar**, pelo incentivo e apoio nos momentos mais difíceis desta trajetória.

Aos meus pais **Claudeci e Eujácio** pela vida, pelo amor, pela educação, pelas oportunidades, pelo nosso lar, pelos sacrifícios que nunca mediram por mim e por acreditarem sempre. Muito obrigado amo vocês.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vii
SUMMARY.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Substratos.....	3
2.2 Caracterização dos substratos.....	4
2.3 Características físicas.....	7
2.4 Características químicas.....	13
2.5 Produção de mudas.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Instalação dos experimentos.....	19
3.1.1 Caracterização física e química.....	19
3.1.2 Teste biológico.....	23
3.1.2.1 Alface.....	23
3.1.2.2 Pepino.....	25
3.1.2.3 Tomate.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 Valor de pH.....	32
4.2 Condutividade elétrica.....	33
4.3 Densidade.....	34
4.4 Porosidade de aeração.....	35
4.5 Espaço preenchido com água.....	39

4.6 Espaço poroso total.....	42
4.7 Granulometria.....	47
4.8 Qualidade hortícola das mudas avaliadas no ponto de transplante.....	51
4.8.1 Teste biológico para produção de mudas de alface.....	51
4.8.2 Teste biológico para produção de mudas de pepino.....	56
4.8.3 Teste biológico para produção de mudas de tomate.....	60
4.8.4 Considerações finais.....	70
5 CONCLUSÕES.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DOS SUBSTRATOS COMERCIALIZADOS EM PIRACICABA-SP

Autora: ELIANE GOMES FABRI

Orientador: Prof. Dr. KEIGO MINAMI

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo caracterizar física e quimicamente 41 substratos comerciais e testar biologicamente para produção de mudas de alface, pepino e tomate. Na caracterização física foram avaliadas as seguintes características: densidade, porosidade de aeração, espaço preenchido com água, espaço poroso total e granulometria. Na caracterização química foram avaliados pH e condutividade elétrica. O teste biológico foi avaliado através de escala de notas para as mudas das três culturas e massa seca de parte aérea e massa seca do sistema radicular para as mudas de pepino e tomate. No teste biológico para mudas de alface os tratamentos S₁₃ e S₂₁ apresentaram mudas de excelente qualidade, para mudas de pepino o melhor resultado, foi obtido pelo tratamento S₁₅ e para mudas de tomate, o melhor resultado foi obtido pelos tratamentos S₃₅ e S₁₈, para qualidade hortícola das mudas no ponto de transplante. Foram avaliadas as características físicas e químicas dos tratamentos, observando-se que as mudas de alface desenvolveram-se melhor nos tratamentos S₂₁ e S₁₃ de densidades 0,43 e 0,76 g.cm⁻³, pH igual a 6,60 e 5,79 e condutividade elétrica de 3,73 e 4,87 mS cm⁻¹ respectivamente, sendo o substrato Adubo esterco de curral-West Garden e Húmus de minhoca- sem marca registrada os mais indicados. As mudas de pepino desenvolveram-se melhor no tratamento S₁₅ de densidade 0,46 g.cm⁻³, pH igual a 8,13 e condutividade

elétrica de $3,06 \text{ mS cm}^{-1}$, sendo o substrato Húmus esterco de minhoca- Xaxins Campinas o mais indicado. As mudas de tomate se desenvolveram melhor nos tratamentos S_{35} e S_{18} de densidades $0,38$ e $0,66 \text{ g.cm}^{-3}$, pH igual a $4,74$ e $6,40$ e condutividade elétrica de $2,82$ e $5,35 \text{ mS cm}^{-1}$ respectivamente, sendo os substratos Plantmax®-HT e Húmus –A.M.Beloto os mais indicados. Do total de substratos analisados apenas $19,5 \%$ apresentaram boa qualidade.

QUALITY DETERMINATION OF SUBSTRATES COMMERCIALIZED IN PIRACICABA - SP

Author: ELIANE GOMES FABRI

Adviser: Prof. Dr. KEIGO MINAMI

SUMMARY

This work aimed at characterizing physically and chemically 41 commercial substrates and biologically evaluating them for the production of lettuce, cucumber and tomato seedlings. For the physical characterization, the following parameters were evaluated: density, air-filled porosity, water-filled porosity, total porosity and granulometry. For the chemical characterization, pH and electrical conductivity were evaluated. The biological test of the substrates is evaluated through rating scale seedling root system and the aerial part dry mass for cucumber and tomato seedlings. In the biological test for quality of seedlings at transplanting-point, the following results were observed: for the lettuce seedlings the S13 and S21 treatments produced seedlings of excellent quality; for the cucumber seedlings S15 treatment presented the best result; for the tomato seedlings, treatments S35 and S18 presented the best results. It was observed that the lettuce seedlings developed better in the S21 and S13 treatments, with densities of 0,76 and 0,43 g.cm⁻³, pH equal to 6,60 and 5,79 and electrical conductivity of 4,87 and 3,73 mS cm⁻¹, respectively, being the fertilizer substratum of cow dung -West Garden and earthworm humus, without a registered trademark, the two most indicated substrates. Cucumber seedlings developed better in the S15 treatment with density of 0,46 g.cm⁻³, pH equal to 8,13 and electrical conductivity of 3,06 mS cm⁻¹, being Húmus

esterco de minhoca Xaxins Campinas the most indicated substrate. The tomato seedlings developed better in the S35 and S18 treatments with density of 0,66 and 0,38 g.cm⁻³, pH equal to 4,74 and electrical conductivity of 6,40 and 5,35 mS cm⁻¹, respectively, being Plantmax®-HT and Húmus - A.M.Beloto the most indicated substrates. Among substrates evaluated, 19,5 % were of good quality.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, mudanças importantes ocorreram na produção de hortaliças, desde a forma de produção de mudas até o estabelecimento das plântulas no campo.

Estima-se que a área ocupada por hortaliças no Brasil chegue a 800 mil hectares, com produção de 16 milhões de toneladas de hortaliças, 2,4 milhões de empregos diretos e renda superior a 20 bilhões de reais (Hora et al., 2004).

O sistema de produção de mudas em bandejas é atualmente o principal método de estabelecimento das lavouras para as mais diversas oleráceas cultivadas no Brasil. Neste sistema, o uso de substrato tem contribuído para a obtenção de mudas de alta qualidade, além de proporcionar o sucesso no estabelecimento inicial da cultura. Essa demanda por mudas de alta qualidade tem feito com que as empresas produtoras de substratos e os produtores de mudas, dos mais variados segmentos, busquem por substratos adequados para cada espécie e tipo de cultivo (Fabri et al., 2004).

O cultivo em substrato possibilitou grande aumento de produção de biomassa, regularização do hábito de crescimento e aumento do pegamento pós-transplante, além de maior facilidade de organizar e programar a produção (Lemaire, 1995).

Internacionalmente, a indústria de substratos vem se tornando cada vez mais forte, devido ao crescente interesse pela produção vegetal em ambientes protegidos (Gabriëls & Verdonck, 1991).

A comercialização de substrato com melhor formulação possibilitou o desenvolvimento e crescimento desse setor no Brasil (Minami, 1982). Atualmente, encontram-se no mercado substratos formulados pelos mais variados tipos de materiais e proporções de misturas sem quaisquer restrições quanto sua origem desses componentes

ou composição das misturas. Isso ocorre porque as normas para produção e fiscalização de substratos no Brasil, ainda não estão definidas (Fabri et al., 2004).

O desenvolvimento das plantas em recipientes se dá em condições restritas, portanto, as características físicas são fatores determinantes na escolha de um substrato (Salvador, 2000).

Atualmente são usados diferentes substratos, já preparados, com diferentes composições, que podem ser encontrados no comércio (Ballester-Olmos, 1992). Para assegurar uma mistura adequada é recomendado fazer análise física do substrato para cada cultura, porque não se podem generalizar recomendações físicas para todas as espécies de plantas, pois cada espécie tem suas próprias necessidades (Salvador, 1995).

Para avaliação da qualidade do substrato, as características químicas normalmente determinadas são: pH, CE (condutividade elétrica), os macronutrientes e micronutrientes (Abreu et al., 2002). Entre essas características químicas, as análises mais realizadas são valor de pH e salinidade, avaliada através da condutividade elétrica (Salvador, 1995; Kämpf, 2000).

Verdonck (1983b) e Waller & Wilson (1983) consideram que a característica química mais importante é o pH, pois, pode alterar o suprimento de fertilizantes. Cada planta tem um pH ideal para o seu crescimento, sendo este um fator importante no seu desenvolvimento (Verdonck et al., 1981).

A maioria dos produtores de mudas não se preocupam com análise das características físicas e químicas do substrato. Sua caracterização se faz necessária para auxiliar na produção de mudas. Além da caracterização do substrato o teste biológico com a utilização de plantas, contribui para a recomendação do substrato.

O presente trabalho teve como objetivos avaliar as características físicas e químicas de substratos comerciais encontrados em Piracicaba - SP e posterior teste biológico com a produção de mudas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Substratos

Referências sobre uso de substratos na agricultura podem ser encontradas na literatura desde o princípio do século XVI. Substratos são utilizados no mundo todo para cultivo de plantas, chamado cultivo sem solo (soiless culture). Este termo refere-se a qualquer sistema de produção de plantas baseada em qualquer meio, distinto de solo, para o estabelecimento das raízes, embalado em recipientes de qualquer material, forma e tamanho (Milner, 2002).

Em Horticultura, substrato é definido como um meio físico, natural ou sintético, onde se desenvolvem as raízes das plantas que crescem em um recipiente, com um volume limitado (Ballester-Olmos, 1992). O substrato é um componente fundamental, pois qualquer variação na sua composição pode significar perda total das mudas (Souza & Ferreira, 1997). A produção hortícola está baseada cada vez mais em substratos artificiais (Wilson, 1983).

Para o cultivo em recipientes, há necessidade de substratos uniformes e de boa qualidade quanto às propriedades físicas, químicas e biológicas (Bunt, 1973).

Um substrato ideal seria um material que possuísse uma distribuição harmoniosa entre as fases sólida, líquida e gasosa, tendo pH adaptado à cultura, com poder tampão razoável e constante (Anstett & Pasquier, 1981).

Atualmente são usados diferentes substratos, já preparados, com diferentes composições, que podem ser encontrados no comércio (Ballester-Olmos, 1992). A utilização de substratos padronizados permite a automatização de programas de irrigação

e adubação, a eliminação de doenças de solo, além de reduzir o período de cultivo (Bellé, 1990).

No Brasil, há vários materiais com potencial de uso como substratos, entretanto, a falta de testes e informações limitam sua exploração (Backes & Kämpf, 1991).

2.2 Caracterização dos substratos

O substrato substitui o solo na produção vegetal (Minami & Puchala, 2000). Inicialmente os substratos tentavam imitar as condições em que as plantas cresciam naturalmente. Os substratos combinam condições físicas e químicas favoráveis, que permitem a automação de programas de adubação e irrigação, padronização de produção, colheitas uniformes e redução de custos (Verdonck et al., 1981).

Os substratos podem ser de origem animal, vegetal, mineral e sintética (Gonçalves, 1995).

A qualidade de um substrato é determinada por suas características físicas (Verdonck et al., 1981) e, é fundamental, que a qualidade do substrato selecionado permaneça a mesma por longo período, a fim de que os processos do sistema de cultivo possam ser padronizados (Röber, 2000). Dentre as características físicas, a aeração e retenção de umidade são as mais importantes, pois, deve haver espaço poroso suficiente para permitir a difusão de oxigênio e fornecimento de água para as raízes (Souza et al., 1995).

A adequada relação água/ar é uma característica importante, devido ao pequeno volume e pequena profundidade dos recipientes, que criam para os substratos propriedades físicas diferentes do solo (Hartmann et al., 1981).

O uso de recipientes muda a relação física normal entre raízes e substrato da seguinte forma: o volume pequeno do recipiente leva a alta concentração de raízes, conseqüentemente aumenta a demanda por suprimento de oxigênio e remoção de gás carbônico (Bunt, 1961; Klepper, 1991).

Segundo Salvador (1995), diversos autores apresentam opiniões variadas, preconizando inúmeras características que um substrato ideal deve apresentar. Para

Kämpf (1992), essa variedade de opiniões pode ser interpretada como resultado das diversas necessidades geradas por ambientes e culturas diferentes.

O rígido controle de componentes e substratos devem ser evidentes. Substratos são comercializados internacionalmente e, na maioria dos países, existem diferentes métodos de análise e interpretação (Günther, 1983).

Os laboratórios desenvolveram seus próprios métodos para analisar e caracterizar substratos, de forma que, fazer comparação entre os resultados é problemática e confusa (Gabriëls, 1995; Verdonck et al., 1995).

As análises físicas devem seguir uma metodologia unificada, assim é possível analisar e comparar os resultados às especificações padrões (Boertje, 1983). A insuficiência de precisão em expressar os resultados analíticos é lamentada por vários pesquisadores, pois, desta forma muitos dados citados em bibliografias não podem ser explorados (Anstett & Pasquier, 1981). Em função da variabilidade dos resultados, o grupo de substratos em Horticultura do ISHS (International Society of Horticultural Science) busca uma metodologia de referência com o objetivo de unificar os resultados. A caracterização física dos substratos fornece informações sobre a distribuição de sólidos, água e ar, que podem ser usadas para estabelecer o manejo da irrigação (Terés et al., 1995).

O desenvolvimento das plantas em recipientes ocorre em condições restritas de água e ar, desta forma as características físicas e químicas tornam-se fatores determinantes na escolha do substrato. Pesquisadores, têm procurado estabelecer valores considerados ideais para um substrato (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas e químicas consideradas ideais para substratos

Autores	DA g.cm⁻³	PT (%v/v)	EA (%v/v)	CRA (% v/v)	Granul. (mm)	pH	CE mS cm⁻¹
Conover (1967)	0,35-0,50	-	10-20	-		5,5-6,5	
De Boodt & Verdonck (1972)	-	85	20-30	-		-	-
Bunt (1973)	0,40-0,50	-	10-15	-		-	-
Goh & Haynes (1977)	-	85	20-30	-		-	-
Riviere (1980)	-	75	-	-		-	-
Verdonck et al. (1981)	-	-	30-40	40-50		5,0-5,8	-
Verdonck (1983)	-	-	>10	10-15		4,0-6,5	-
Penningsfeld (1983)	-	-	30-40	40-50		5,5-6,5	-
Boertje (1984)	-	85	20	55-80		-	-
Rac (1985)	-	85	20-30	26-40		-	-
Verdonck & Gabriëls (1988)	0,17-0,19	85	20-30	-		4,5-6,0	-
Cadahía & Eymar (1992)	-	-	-	-		5,0-6,5	0,7-3,5
Abad et al. (1992)	< 0,4	> 85	10-30	25-70	0,25-2,50	5,2-6,3	0,75-3,49
Ballester-Olmos (1992)	-	-	-	-	-	-	0,75-2,00
Fermino & Bellé (2000)	-	-	-	-	-	5,5-6,5	-
Kämpf (2000)	0,10-0,30	-	-	-	-	5,2-5,5	-
Milner (2002)	-	70-85	30-40	-		5,5-6,0	-

DA=densidade; PT=porosidade total; EA=espaço de aeração; CRA=capacidade de retenção de água; Granul.=granulometria; CE=condutividade elétrica.

2.3 Características físicas

Segundo Verdonck (1983a), as características físicas são as mais importantes em um substrato, porque as relações entre água e ar não podem ser mudadas durante o cultivo. A adequada relação água/ar é uma característica importante, devido ao pequeno volume e pequena profundidade dos recipientes, que criam para os substratos propriedades físicas diferentes do solo (Hartmann et al., 1981). Rac (1985) relata que a utilização de mistura de substratos proporciona maior aeração e menor déficit hídrico.

Segundo Grolli (1991) e Kämpf (1992), é difícil encontrar um material que, sozinho, atenda a todas essas exigências, além daquelas determinadas pela planta a ser cultivada. Gonçalves (1992) relata que isto leva à formulação de misturas onde, com a adição de vários substratos, tenta-se obter o maior número possível de características desejáveis.

Para assegurar uma mistura adequada, recomenda-se a análise física do substrato para cada cultura. As características físicas do substrato incluem porosidade total, densidade, espaço de aeração e capacidade de retenção de água (Salvador, 1995).

A porosidade é um dos aspectos físicos mais importantes dos substratos, porque a presença de estrutura porosa proporciona aeração adequada, com capacidade de estocar e fornecer água para as plantas. Quando a porosidade não for ideal, muitos dos poros estarão cheios de água, diminuindo o espaço de aeração, causando um mal desenvolvimento das plantas (Boggie, 1970; Verdonck et al., 1983a).

A porosidade é o volume total do substrato não preenchido por minerais ou partículas orgânicas (Lemaire, 1995). Já Fonteno (1989) define porosidade total como volume do meio não ocupado pela fração sólida (0 hPa). Para Rac (1985), a porosidade é o espaço livre deixado entre as partículas do substrato, e se divide em macro e microporos.

O espaço poroso total é importante, mas a forma e o tamanho dos poros são ainda mais importantes. Mais importante do que o volume de poros totais é a relação entre o volume de água e de ar presente no substrato. Esta relação é determinada pelo tamanho dos poros e pela forma como estes se interligam (Handreck & Black, 1999).

Os macroporos são os poros maiores, responsáveis pela circulação de água e ar, os microporos são os poros menores e que armazenam água (Hénin et al., 1976).

Para Handreck & Black (1999) e Martinez (2002), os poros são classificados em microporos ou poros capilares, aqueles que apresentam diâmetro inferior a $30\mu\text{m}$ e que permanecem com água; e macroporos, aqueles que apresentam diâmetro superior a $30\mu\text{m}$, ocupados por ar, na capacidade de recipiente.

A maioria dos materiais utilizados apresenta poros internos além dos poros externos, formados dentro das partículas. Os poros internos podem estar fechados, sem contato com o meio externo, como ocorre nos materiais sintéticos como o isopor, não interferindo na porosidade, mas se estiverem abertos, como nos materiais orgânicos como as turfas, formam uma rede de canais com o meio externo (Burés, 1997; Martinez, 2002). Os poros internos apresentam tamanhos reduzidos, capazes de reter água a tensões mais elevadas que a tensão na amostra saturada, determinada pela altura do recipiente. Desta forma, um substrato com partículas grandes e com poros internos abertos assegura, água disponível a tensões muito baixas e altos níveis de aeração (Burés, 1997).

As propriedades físicas dos substratos dependem, na sua maioria, da distribuição do tamanho das partículas, pois, modificando e/ou selecionando adequadamente o tamanho das partículas, pode-se conseguir substratos com ótimas propriedades físicas (Miner, 1994).

Os substratos são constituídos por partículas com as mais diversas características e que se organizam de forma aleatória. O comportamento do substrato é complexo e pode ser entendido pelas múltiplas combinações de diferentes partículas e suas distintas formas de organização (Burés, 1997).

O valor da análise de distribuição do tamanho de partículas descreve, a qualidade física do substrato e sua adequação para o cultivo de determinada espécie vegetal, influenciando sobre o volume de água e ar do substrato (Waller & Wilson, 1984).

As partículas dos meios de cultivo não são esféricas e não apresentam um tamanho único. A porosidade tende a aumentar à medida que se aumenta o tamanho médio da partícula, mas, a combinação de partículas de tamanhos diferentes pode levar a

uma redução da porosidade em comparação com valores apresentados pelo conjunto formado só com as partículas do mesmo tamanho. Isto explica o efeito cimentante, quando as partículas menores se alojam entre os espaços livres formados pelo arranjo das partículas maiores (Fermino, 2003).

Nos substratos com partículas de tamanhos entre 1 e 10 mm, tanto a porosidade como a quantidade de água retida varia pouco com o tamanho da partícula. Partículas menores que 1mm causam decréscimo da porosidade e aumento da retenção de água (Miner, 1994). Para Burés (1997), esta observação não é válida para todos os substratos porque outras características das partículas, como rugosidade e estrutura interna, definem o comportamento físico do substrato. Desta forma, as múltiplas combinações possíveis de partículas distintas e sua disposição explicam a complexidade da caracterização física sendo o tamanho das partículas apenas mais um fator.

A distribuição das frações granulométricas de um substrato, quando conhecida, permite sua manipulação e, conseqüentemente, sua melhor adaptação a diversas situações de cultivo, porque possibilita diferentes proporções entre microporosidade e macroporosidade e, conseqüentemente diferentes relações entre ar e água (Burés, 1997; Hillel (1980) citado por Milks et al., 1989).

Segundo Fermino (2003), na literatura predominam formulações para substratos baseadas nas proporções entre os componentes, omitindo a distribuição do tamanho das partículas. Para Burés (1997), a distribuição do tamanho de partículas quando realizada, é apresentada sob diversos diâmetros de malha (Tabela 2).

Tabela 2. Diâmetro de malhas de peneira utilizadas por diversos autores para determinar a granulometria de substratos

Autores	Malha das peneiras (mm)
Smith & Pokorny (1977)	40,0; 30,0; 20,0; 18,0; 10,0; 8,0; 4,0
Prasad (1979)	4,76; 2,0; 1,0; 0,71; 0,59; 0,25; 0,125
Bilderbach et al. (1982)	4,76; 2,0; 1,0; 0,71; 0,59; 0,25; 0,125
Miner (1994)	40,0; 25,0; 12,5; 6,3; 5,0; 2,0
Heiskanen (1995)	20,0; 10,0; 5,0; 1,0; 0,06
Gauland (1997)	4,75; 2,00; 1,4; 0,71; 0,42; 0,25; 0,106
Burés (1997) – ASTM*	4,7; 2,38; 2,00; 1,00; 0,84; 0,60; 0,42; 0,297; 0,149; 0,074
Handreck & Black (1999)	5,0; 0,5; 0,25; 0,1; 0,05
Aendekerk et al. (2000)	64,0; 31,5; 16,0; 8,0; 4,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,125; 0,064
Oliveira (2000)	2,0; 1,4; 0,7; 0,5; 0,1
Gruszynski (2002)	30,0; 16,0; 9,5; 4,75
Martinez (2002)	16,0; 8,0; 4,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,125

ASTM* - Sociedade Americana para testes de materiais

A porosidade total pode ser determinada pela curva de retenção de água, e corresponde ao teor de umidade a zero de pressão, ou seja, quando se encontra no ponto de saturação (Verdonck et al., 1981; Fonteno, 1989).

A porosidade total pode chegar a 95% do volume total do substrato. Riviere (1980) indica como valor ideal de porosidade total 75%, e De Boodt & Verdonck (1972), Bix (1973), Goh & Haynes (1977), Boertje (1983), Verdonck (1983a), Rac (1985) e Verdonck & Gabriëls (1988) indicam como valor ideal 85% de porosidade total.

A densidade do substrato é a relação entre a massa e o volume de uma amostra de substrato (Bunt, 1983; Bellé, 1990; Ballester-Olmos, 1992), sendo, atualmente, expressa em gramas por centímetro cúbico (Salvador, 2000). O valor da densidade é importante, pois, auxilia na interpretação de outras características físicas importantes como porosidade total, espaço de aeração e espaço preenchido com água.

A densidade do substrato deve ser suficiente para dar sustentação às plantas, variando de 0,1 a 0,8 g.cm⁻³, porém, é considerado como valor ideal o intervalo de 0,3 a 0,4 g.cm⁻³, para a maioria das plantas em vaso (Ballester-Olmos, 1992). Bunt (1983) considera como referência para substratos valores de densidade seca entre 400 e 500 kg m⁻³. Quanto menor for o recipiente, menor deve ser a densidade do substrato nele utilizado (Fermino, 2003). Para bandejas multicelulares, Kämpf (2000) recomenda utilizar substratos com densidade entre 100 a 300 kg m⁻³, para vasos de até 15 cm de altura substratos com densidade entre 250 a 400 kg m⁻³, para vasos de 20 a 30 cm de altura substratos com densidade entre 300 a 500 kg m⁻³ e para vasos maiores de 30 cm substratos com densidade entre 500 a 800 kg m⁻³. Contudo, Salvador (2000) obteve para, gloxínia densidade de 0,55 g.cm⁻³, para lisianthus, densidade entre 0,75 0,95 g.cm⁻³ e para violeta, densidade 0,75 g.cm⁻³, indicando que cada espécie desenvolve-se melhor em substratos com densidade adequada.

Há vários métodos desenvolvidos para determinar a densidade dos substratos (De Boodt et al., 1973; Pokorny & Henry, 1984; Verdonck & Gabriëls, 1988). Para Burés et al. (1991) observaram que os resultados das análises de laboratório não são condizentes com as condições de campo, porque esses métodos não avaliam o encolhimento inesperado ao se misturar diferentes partículas, de diferentes formas e tamanhos.

O espaço de aeração de um substrato é o percentual mínimo de ar encontrado após a irrigação e cessado a livre drenagem. À medida que este substrato for secando, este espaço ocupado pelo ar (macroporos) vai aumentando, enquanto diminui o espaço ocupado pela água facilmente disponível (mesoporos) (Bunt, 1973; Bugbee & Frink, 1986; Fermino, 2003).

Segundo Miner (1994), as raízes das plantas necessitam de oxigênio, e a aeração dependerá principalmente do tamanho dos poros do meio de cultivo. Para que o oxigênio atinja a camada de água das raízes é necessário que haja um mínimo de porosidade ocupada pelo ar.

O substrato deve ter sempre um espaço de aeração que seja suficiente para o desenvolvimento das raízes e crescimento das plantas. O ideal que seja próximo de 10 a

20% do volume de substrato (De Boodt & Verdonck, 1972; Bix, 1973). Para Ballester-Olmos (1992) a maioria das espécies necessita de espaço poroso entre 10 e 30%, enquanto que para Gislerød (1982), o teor ideal de ar, para a formação de raízes de plantas cultivadas em recipientes, é em torno de 20% e, em alguns casos 45%.

A escolha de um substrato com um determinado valor de espaço de aeração deve ser feita considerando-se a espécie cultivada, a frequência e o tipo de irrigação, e as características do ambiente de cultivo, se natural ou protegido (Bunt, 1984).

Para Puchalski & Kämpf, (2000) substratos com altos valores de aeração são recomendados para uso em recipientes pequenos como bandejas multicelulares, de maneira a aumentar a drenagem limitada pela altura do recipiente.

A capacidade de retenção de água em um substrato é definida por Veihmeyer & Hendrickson (1931), como a quantidade de água que este retém depois que o excesso for drenado e a taxa de movimento descendente decresce.

Segundo Bordas et al. (1988), não existe definição exata do valor de retenção de água por um substrato, pois as exigências são bastante variadas entre as espécies. Para Conover (1967), o percentual de água que deve ficar retido no substrato é em torno de 50% do volume do substrato.

A capacidade de o solo reter água é chamada de capacidade de campo. A capacidade do substrato em reter água é comparada a este termo utilizado para solos e é denominada de capacidade de recipiente. Indica o limite superior de água disponível às plantas (White & Mastakerz, 1966). O valor de capacidade de recipiente varia de acordo com o diâmetro, altura, forma e volume do recipiente utilizado (Spomer, 1974).

Para Fonteno (1993), os recipientes apresentam dois problemas com relação ao suprimento de água: reservatório pequeno para o suprimento de água e colunas de substrato curto que afetam a drenagem.

A pequena profundidade dos recipientes resulta em muita água, com conseqüente redução na aeração, enquanto que o pequeno volume do recipiente limita a quantidade de água para o desenvolvimento da planta (Milks et al., 1989).

Diferentes substratos têm diferentes capacidades de disponibilidade de água, sendo esta propriedade muito importante em programas de irrigação (Verdonck et al., 1981).

Um substrato deve ter capacidade de reter o suficiente de água para que a planta absorva sem gastar muita energia e também não reter água em demasia para não causar encharcamento (Bordas et al., 1988).

2.4 Características químicas

Para avaliação da qualidade do substrato, as características químicas normalmente determinadas são: pH, CE (condutividade elétrica), macronutrientes e micronutrientes (Abreu et al., 2002). Entre essas características químicas, as análises mais realizadas são valores de pH e salinidade, avaliada através da condutividade elétrica (Salvador, 1995; Kämpf, 2000).

A importância do valor de pH no crescimento das plantas é devido ao efeito deste sobre a disponibilidade de nutrientes, especialmente de N, S e P e, particularmente dos micronutrientes, assim como na biologia dos microorganismos presentes no substrato (Appleton, 1974; Waller & Wilson, 1983; Kämpf, 2000).

Verdonck (1983b) e Waller & Wilson (1983) consideram que a característica química mais importante é o pH, pois, pode alterar o suprimento de fertilizantes. Cada planta tem um pH ideal para o seu crescimento, sendo este um fator importante no seu desenvolvimento (Verdonck et al., 1981).

A reação dos substratos medida pelo valor do pH, deve ficar entre 5,5 e 6,0, em misturas de alta percentagem de matéria orgânica, e mais elevado quando houver mais material mineral (Kämpf, 1992).

Para Bunt (1988) e Miner (1994), a presença de concentrações elevadas de sais em alguns dos componentes do substrato, podem ocorrer quando as quantidades adicionadas, através de fertilizantes, forem maiores que a capacidade de absorção das plantas, somadas às perdas por lixiviação e, mineralização incontroladas de determinados fertilizantes orgânicos ou de liberação lenta.

Salinidade é o acúmulo de sais solúveis dissolvidos no substrato. A salinidade influencia o crescimento das plantas do seguinte modo: longo tempo - reduz o tamanho das plantas e da área foliar; curto tempo – provoca redução na expansão celular e abertura dos estômatos (Hsiao, 1973).

A medida da CE (condutividade elétrica) também é conhecida por EC (electrical conductivity) e pode ser medido em:

- deciSiemens por metro (dS/m ou dS m⁻¹)
- miliSiemens por centímetro (mS/cm ou mS cm⁻¹)
- microSiemens por centímetro (μS/cm ou μS cm⁻¹)

Onde: 1 dS/m = 1 mS/cm = 1000 μS/cm

Os valores de CE para diferentes proporções de substratos e água foram adaptados de Bik & Boertje (1975) e Bunt (1988) e apresentados na (Tabela 3).

Tabela 3. Interpretação dos valores de CE (condutividade elétrica) para diferentes proporções de substrato: água (Bik & Boertje, 1975; Bunt, 1988)

Sais solúveis totais	Pasta saturada mS cm ⁻¹	1:1,5 mS cm ⁻¹	1:2 mS cm ⁻¹
Muito baixo	< 0,74	< 0,7	< 0,15
Baixo	0,75 – 1,99	0,7 – 1,2	0,15 – 0,50
Moderado	2,00 – 3,49	1,3 – 1,8	0,15 – 0,50
Ligeiramente alto	3,50 – 4,99	1,9 – 2,7	1,80 – 2,25
Alto	5,00 – 5,99	2,8 – 3,6	2,26 – 3,40
Muito alto	> 6,00	> 3,6	> 3,40

A interpretação dos dados é feita como segue:

- muito baixo: deficiência de nutrientes, havendo necessidade de adubação;
- baixo: adequado para produção de mudas e substrato rico em matéria orgânica, mas exige adubação;
- moderado: satisfatório para a maioria das plantas. O crescimento de algumas espécies sensíveis pode ser prejudicado;

- ligeiramente alto: pouco alto para a maioria das espécies, sendo aceitável para plantas vigorosas;
- alto: crescimento reduzido, plantas atrofiadas, murchas e queimas leves de folhas;
- muito alto: injúria severa e morte de plantas.

Para Kämpf (2000), quanto à sensibilidade aos sais, as plantas divide-se entre aquelas muito sensíveis (ex. alface, ervilha, avenca, *Pinus*), cuja adubação não pode exceder ao nível total de 1,0 grama de sais por litro de substrato; plantas tolerantes à salinidade (ex. cebola, pepino, violeta africana, *Crataegus*), aceitam concentrações entre 1,0 e 2,0 gramas de sais por litro de substrato; plantas muito exigentes (quantitativamente) em nutrientes, que necessitam de adubo em dose de até 3,0 gramas de sais por litro de substrato (ex. couve, crisântemo, gerânio).

Ainda de acordo com Kämpf (2000), tendo em vista a classificação das plantas quanto a sua sensibilidade aos sais, convém avaliar essa característica no substrato, sempre que se tratar de uma nova mistura, ou de um produto feito com componentes de origem diversas. O valor final da salinidade na mistura deve ser o mais baixo possível, para que o produtor tenha a liberdade de adicionar a adubação necessária.

2.5 Produção de mudas

No Brasil, durante muitos anos, a produção de mudas manteve-se inalterada em relação às técnicas. A introdução em 1984, do sistema de bandeja, fez com que a produção de mudas, de um modo geral, começasse a se modernizar (Minami, 1995).

Estufas e sistemas automatizados foram desenvolvidos para obter um melhor desenvolvimento das plantas (Verdonck, 1983a). Dessa forma com a mudança do cultivo em solos para o cultivo em recipientes, novos materiais começaram a ser usado como substratos, facilitando a automatização dos demais sistemas (Gabriëls, 1995). Para Anisko et al. (1994), a produção em recipientes está baseada em substratos artificiais e, em cultivos sem solo.

A grande vantagem do sistema de mudas é o estabelecimento da cultura com espaçamento ou população pré-determinada de plantas, com mudas de tamanho

selecionado e uniforme, diminuição dos problemas fitossanitários, e menor competição inicial (Minami, 1995). Uma muda mal formada, debilitada, compromete todo o desenvolvimento da cultura, aumentando seu ciclo e ocasionando perda da produção. Desta forma, esta fase é de extrema importância, pois dela depende todo o desenvolvimento da cultura (Souza et al., 1995).

A utilização de substratos é um importante pilar da produção de mudas, sendo imprescindível quando se quer agregar a produção de mudas de alta qualidade num período de tempo e com os menores custos de produção possíveis (Minami & Puchala, 2000).

Vários fatores devem ser considerados, na escolha de um método de produção, como a espécie, métodos de propagação, as fases do preparo da muda, disponibilidade de mão-de-obra e custos, pois, qualquer sistema utilizado deve produzir mudas que sejam produtivas no campo (Barret, 1981).

Segundo Hartmann & Kester (1994), para obter bons resultados durante a germinação de sementes e enraizamento de estacas na produção de mudas, são necessárias as seguintes características no meio: deve ser suficientemente denso para manter as estacas ou sementes no lugar durante o enraizamento ou germinação, o volume deve ser constante, deve reter umidade suficiente para evitar irrigá-lo com muita frequência, poroso o suficiente para escoar a água excessiva e permitir aeração adequada.

O conhecimento das condições ideais para a germinação da semente, principalmente o tipo de substrato, assume grande importância neste processo, tendo em vista que fatores como estrutura, aeração, capacidade de retenção de água, grau de infestação de patógenos, dentre outros, podem interferir na germinação das sementes (Figliola et al., 1993; Carvalho & Nakagawa, 2000).

A produção de mudas de alta qualidade torna-se estratégica para quem deseja tornar mais competitiva sua produção, e aumentar a exportação. Considera-se que 60% do sucesso de uma cultura está em implantá-la com mudas de alta qualidade (Minami, 1995).

O uso de bandejas de isopor para a produção de mudas tem se mostrado um sistema eficiente sob diversos aspectos, como economia de substrato e de espaço dentro

da casa-de-vegetação, menor custo no controle de pragas e doenças, produção de mudas de alta qualidade e alto índice de pegamento após o transplante (Oliveira et al., 1993).

A alface é a hortaliça folhosa de maior importância no Brasil (Sala et al., 2003). O estado de São Paulo é o maior produtor desta hortaliça. O sistema de produção de alface vem passando por mudanças quanto ao manejo em cultivo protegido, frente ao tradicional cultivo em campo aberto (Goto et al., 1997).

A melhor forma de produção de mudas de alface são as bandejas de 200 células (Goto, 1998), porém Filgueira (2000), recomenda bandejas de 288 células. Na prática entre os produtores de alface americana, tem se observado uma preferência por bandejas de 200 células, embora existam produtores que utilizam as bandejas de 128 ou 288 células (Yuri et al., 2002).

O pepino tem crescido em importância na comercialização de hortaliças, sendo muito apreciado e consumido em todo Brasil (Cardoso & Silva, 2003).

Para a produção de mudas de pepino é recomendado o uso de bandejas de isopor de 128 células (Filgueira, 2000). A obtenção de mudas de pepino normalmente é feita em diferentes tipos de substratos, compostos de materiais orgânicos leves, corrigidos e enriquecidos de nutrientes solúveis, oferecendo a muda condições físicas adequadas de arejamento e retenção de água (Minami, 1995).

O tomate é uma das hortaliças mais importante por sua popularidade, sua ampla adaptação às diferentes condições climáticas e pela grande quantidade de ingressos no comércio de produtos comestíveis, frescos e industrializados (Cásseres, 1984).

Nas últimas três décadas, o cultivo de hortaliças como o tomate, em substratos quer no cultivo convencional quer em casa de vegetação vem experimentando um incremento constante, tendo em vista as possibilidades de minimizar ou até mesmo eliminar os problemas fitossanitários causados pelos patógenos do solo, a maior facilidade do manejo das irrigações ou fertirrigações e produtividades superiores às alcançadas pelos sistemas convencionais (Carrijo et al., 2004).

Para a produção de mudas de tomate recomenda-se o uso de bandejas de isopor de 128 células (Filgueira, 2000). Porém, muitos produtores de mudas de tomate para indústria estão utilizando bandejas de isopor de 200 células. Atualmente, a região Centro-

Oeste, é a principal região produtora de tomate para indústria e os produtores vêm utilizando bandejas de plástico rígido preto com 400 ou 450 células para produção de mudas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados no Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, no município de Piracicaba-SP, que apresenta como coordenadas geográficas 22° 43’ de latitude Sul, 47° 38’ de longitude Oeste de Greenwich e 540 m de altitude, sendo o clima CWa.

O trabalho foi realizado em duas fases distintas:

- Primeira fase: análises das características físicas (granulometria, densidade, porosidade de aeração, espaço preenchido com água e espaço poroso total) e análises das características químicas (pH e condutividade elétrica - CE).

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Análises Físicas de Substratos do Departamento de Produção Vegetal - Setor Horticultura da ESALQ/USP.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas do Instituto Agrônomo de Campinas-SP (IAC).

- Segunda fase: teste biológico com a produção de mudas de alface, pepino e tomate.

3.1 Instalação dos experimentos

3.1.1 Caracterização física e química

A primeira fase dos experimentos foi de 20 de janeiro de 2004 até 30 de março de 2004. Amostras de 41 substratos comerciais foram adquiridas no comércio de

Piracicaba-SP e eventualmente em outras localidades. O nome comercial dos substratos utilizados e suas respectivas empresas estão descritos na Tabela 4.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com 41 tratamentos e três repetições para as análises das características físicas (densidade aparente, porosidade de aeração, espaço preenchido com água, espaço poroso total e granulometria) e para as análises das características químicas (pH e CE) utilizou-se uma única amostra por substrato.

As análises das características físicas: densidade aparente, porosidade de aeração, espaço preenchido com água e espaço poroso total foram adaptadas da metodologia descrita por Smith & Pokorny (1977).

Nesta análise, 3 amostras dos substratos foram colocadas em cilindros de aço inoxidável de 3 cm de altura por 4,7 cm de diâmetro, correspondendo há um volume de 52,02 cm³.

O cilindro teve o seu fundo vedado com um material não tecido fino e afixado com elástico para manter a amostra no cilindro.

O preenchimento dos cilindros foram feito de forma cuidadosa, sendo que após o seu enchimento, os cilindros foram batidos levemente por 3 vezes na parte inferior do cilindro sobre uma superfície firme e plana. Em seguida retirou-se o excesso de substrato, rasando a superfície com o auxílio de uma régua ou espátula.

As amostras foram mantidas em uma bandeja com altura superior a altura do cilindro. Adicionou-se água deionizada na bandeja, mantendo até 1/3 da altura do cilindro, para não molhar as amostras na superfície superior. As amostras foram mantidas nesta bandeja para saturação por um período de 24 horas ou por tempo necessário até que as mesmas apresentavam-se saturadas.

Após a saturação, obteve-se a massa de cada amostra e acondicionou-as em mesa de tensão, a 10, 30 e 50 cm de coluna d'água deionizada. Após 24 horas das amostras na mesa de 10 cm de coluna d'água retirou-se as amostras desta e procedeu-se a pesagem. Em seguida transferiu para a mesa de 30 cm de coluna d'água, onde permaneceram por mais 24 horas, retirou-se as amostras e fez nova pesagem. Logo após, acondicionou as amostras na mesa de 50 cm de coluna d'água, onde permaneceram por

mais 24 horas, retirou-se as amostras e fez a pesagem. Em seguida levou as amostras para a estufa de secagem a 65°C por 24 horas, retirou-se as amostras e obteve o peso seco das amostras. Imediatamente após a secagem, mediu-se a altura da coluna do substrato para obtenção do volume real, já que em algumas amostras, reduzia-se o volume do substrato no interior do cilindro durante o processo de secagem.

Após este procedimento, calcularam-se as características físicas de cada substrato, através das equações abaixo:

$$\text{Densidade aparente} = \frac{P_s}{\text{Volume do cilindro}} \text{ g cm}^{-3} \text{ ou g/mL}$$

$$\text{Porosidade de aeração} = \frac{(P_{\text{sat}} - P_{10:30:50})}{\text{Volume do cilindro}} \times 100$$

$$\text{Espaço preenchido com água} = \frac{(P_{10:30:50} - P_s)}{\text{Volume do cilindro}} \times 100$$

$$\text{Espaço poroso total} = \frac{(P_{\text{sat}} - P_s)}{\text{Volume do cilindro}} \times 100$$

Onde:

P_{sat} = peso da amostra saturada

P_{10} = peso da amostra após drenagem na mesa de tensão a 10 cm de coluna d'água

P_{30} = peso da amostra após drenagem na mesa de tensão a 30 cm de coluna d'água

P_{50} = peso da amostra após drenagem na mesa de tensão a 50 cm de coluna d'água

P_s = peso seco da amostra após secagem por 24 horas em estufa a 65°C

Para todas essas medidas Desconsiderou-se o peso do anel + tecido + elástico.

A análise granulométrica foi adaptada da metodologia descrita por Prasad (1979) e Bilderback et al. (1982).

Para a análise granulométrica coletou-se ao acaso, três amostras homogêneas de 100 g de cada substrato seco ao ar ou em estufa de convecção forçada à temperatura inferior a 40°C. As amostras foram adicionadas no agitador mecânico (modelo: Bertel/Marconi) composto por peneiras ordenadas por seis diâmetros de malhas diferentes (4,75; 2,0; 1,0; 0,71; 0,60; 0,297 mm) dos quais foram agitadas por 2 minutos a 240 agitações por minuto. Após, obteve-se o peso do conteúdo retido em cada peneira e calcularam-se as porcentagens sobre o peso total da amostra. As análises de pH e condutividade elétrica (CE), foram realizadas através do método de extração por volume 1:1,5 de acordo com metodologia descrita por Sonnenveld et al. (1974).

No procedimento de extração, todos os substratos foram colocados primeiramente em estado de saturação. Para a padronização deste estado de saturação, adotou-se o padrão de adição de 25 mL de água deionizada para cada 50 g de substrato. Ocorriam ligeiras variações, conforme o tipo do substrato, entretanto de modo geral as amostras eram umedecidas até o ponto em que se percebia um pouco de água fluindo por entre os dedos da mão, quando o material era ligeiramente apertado. Para o substrato fibra de côco, a quantidade de água utilizada foi duplicada. A água foi adicionada vagarosamente, aguardando-se pelo menos 5 minutos para que ocorresse a absorção da água pelo substrato. Em seguida verificou-se que o estado de saturação foi atingido, apertando-se levemente as amostras com a mão. Logo após, preparou-se dois anéis de aço inox com diâmetro de 48 mm e altura de 54 mm, unidos um sobre o outro com o auxílio de uma fita adesiva, e em seguida foram preenchidos sem pressionar com a amostra saturada até a borda superior. Colocou-se sobre a amostra saturada, dentro dos cilindros um peso com diâmetro inferior aos anéis (~1,8 kg), para compactação por 10 segundos. Logo após, retirou-se o peso e separaram-se os anéis de aço inox com o auxílio de uma faca. Cuidadosamente removeu-se o anel inferior, e com a ajuda de uma espátula, colocou-se o substrato compacto dentro de um recipiente de 200 mL de abertura com o mesmo diâmetro do anel de metal. Adicionou-se 150mL de água deionizada e fechou-se

o frasco. Levou-os para agitação em mesa horizontal 175 rpm por 30 minutos. Após, filtrou-se as amostras em filtro de papel (médio). O líquido filtrado foi levado até um pHmetro calibrado para obtenção do pH e o mesmo líquido foi levado, em seguida até um condutivímetro calibrado para a obtenção da condutividade elétrica (Abreu et al., 2000).

3.1.2 Teste biológico

Para verificar se o substrato apresentava características desejáveis para a produção de mudas de oleráceas realizaram-se os testes biológicos para as seguintes culturas: alface, pepino e tomate.

Os testes biológicos foram realizados em estufas com as seguintes dimensões: 5 m de largura e 15 m de comprimento e com 2 m de pé direito. A altura do vão central era de 4,0 m. Esta estufa é de modelo em arco e a orientação da construção foi no sentido norte-sul de acordo com o seu comprimento.

A cobertura da estufa e seu fechamento lateral foram feitos com plástico transparente de 70 micras de espessura.

3.1.2.1 Alface

O experimento teve início em 30 de março de 2004 com a semeadura de alface cv. Cristina (Tipo Crespa), em bandejas de 200 células, previamente preenchidas com substratos de acordo com cada tratamento. As bandejas foram lavadas e desinfetadas com uma solução de hipoclorito de sódio comercial a 10%.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com 41 tratamentos (Tabela 4), quatro repetições e vinte plantas por parcela, perfazendo um total de 3280 plantas. Para avaliação foram coletadas aleatoriamente 5 plantas de cada parcela.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação até o dia 30 de abril de 2004, quando as mudas atingiram o ponto de transplante. Durante este período, as

irrigações foram feitas por microaspersão através de um sistema automatizado e intermitente.

A avaliação do experimento foi feita seguindo um critério de análise qualitativa das mudas através de uma escala diagramática de notas, baseada na qualidade hortícola das mudas no ponto de transplante (Figura 1).

Para análise visual, lavou-se o sistema radicular em água corrente para a retirada do substrato do sistema radicular.

Figura 1 - Escala visual de notas da esquerda para a direita, notas: 5, 4, 3, 2 e 1 para qualidade hortícola das mudas de alface no ponto de transplante

Nota 5 = excelente (mudas com 4 folhas, 6,0 cm de comprimento e 4,0 cm de largura e com sistema radicular bem desenvolvido);

Nota 4 = boa (mudas com 4 folhas, 4,0 cm de comprimento e 3,5 cm de largura e com sistema radicular desenvolvido);

Nota 3 = regular (mudas com 2 folhas, 3,0 cm de comprimento e 2,5 cm de largura e com sistema radicular com poucas raízes);

Nota 2 = ruim (mudas com 2 folhas, 2,0 cm de comprimento e 1,5 cm de largura e com sistema radicular mal desenvolvido e poucas raízes);

Nota 1 = péssima (mudas com 1 folha, com 1,0 cm de comprimento e 0,5 cm de largura e sistema radicular pouco desenvolvido);

A análise estatística foi feita através de comparação de médias pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise, utilizou-se o programa estatístico SAS.

Visando a classificação das mudas quanto a qualidade hortícola ideal no ponto de transplante, adotaram-se três grupos de classificação quanto a qualidade hortícola, baseada na característica ideal de transplante. Para efeito de identificação dos tratamentos com as melhores características, adotou-se o intervalo de: 4-5 mudas excelentes, 3-3,9 mudas intermediárias e 1-2,9 mudas péssimas.

3.1.2.2 Pepino

O experimento foi iniciado em 17 de maio de 2004 com a semeadura de pepino Híbrido F₁ Safira (Tipo Caipira), em bandejas de 128 células, previamente preenchidas com substratos de acordo com cada tratamento. As bandejas foram lavadas e desinfetadas com uma solução de hipoclorito de sódio comercial a 10%.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com 38 tratamentos (Tabela 4), quatro repetições e dezesseis plantas por parcela, perfazendo um total de 2432 plantas. Para avaliação foram coletadas casualmente 5 plantas de cada parcela.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação até o dia 17 de junho de 2004, quando as mudas atingiram o ponto de transplante. Durante este período, as irrigações foram feitas por microaspersão através de um sistema automatizado e intermitente.

A avaliação do experimento foi feita seguindo um critério de análise qualitativa das mudas através de uma escala diagramática de notas, baseada na qualidade hortícola das mudas no ponto de transplante (Figura 2).

Para análise visual, lavou-se o sistema radicular em água corrente para a retirada do substrato do sistema radicular.

Figura 2 - Escala visual de notas da esquerda para a direita, notas: 5, 4, 3, 2 e 1 para qualidade hortícola das mudas de pepino no ponto de transplante

Nota 5 = excelente (mudas com 10,0 cm de altura, 4 folhas com 6,0 cm de comprimento e 6,5 cm de largura e sistema radicular bem desenvolvido);

Nota 4 = boa (mudas com 7,5 cm de altura, 3 folhas com 6,5 cm de comprimento e 4,5 cm de largura e sistema radicular desenvolvido);

Nota 3 = regular (mudas com 4,5 cm de altura, 2 folhas com 3,5 cm de comprimento e 3,0 cm de largura e sistema radicular desenvolvido);

Nota 2 = ruim (mudas com 4,5 cm de altura, 1 folha com 2,5 cm de comprimento e 2,0 cm de largura e sistema radicular mal desenvolvido com poucas raízes);

Nota 1 = péssima (mudas com 3,0 cm de altura, 1 folha com 1,2 cm de comprimento e 1,0 cm de largura e sistema radicular pouco desenvolvido);

Além da análise qualitativa, avaliou-se também a massa seca do sistema radicular (MSSR) e a massa seca da parte aérea (MSPA). Para isso, após análise qualitativa, as mudas foram separadas (parte aérea e sistema radicular) e acondicionadas separadamente em sacos de papel tipo Kraft identificados e levadas para secagem em estufa (Modelo: MA 035/Marconi) a 65°C até obter peso constante.

A análise estatística foi feita através de comparação de médias pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise, utilizou-se o programa estatístico SAS.

Visando a classificação das mudas quanto a qualidade hortícola ideal no ponto de transplante, adotaram-se três grupos de classificação quanto a qualidade hortícola, baseada na característica ideal de transplante. Para efeito de identificação dos tratamentos com as melhores características, adotou-se o intervalo de: 4-5 mudas excelentes, 3-3,9 mudas intermediárias e 1-2,9 mudas péssimas.

3.1.2.3 Tomate

O experimento foi iniciado em 10 de junho de 2004 com a semeadura tomate cv. Santa Clara I 5300 (Tipo Santa Cruz), em bandejas de 128 células, previamente preenchidas com substratos de acordo com cada tratamento. As bandejas foram lavadas e desinfetadas com uma solução de hipoclorito de sódio comercial a 10%.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com 31 tratamentos (Tabela 4), quatro repetições e dezesseis plantas por parcela, perfazendo um total de 1984 plantas. Para avaliação foram coletadas casualmente 5 plantas de cada parcela.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação até o dia 10 de julho de 2004, quando as mudas atingiram o ponto de transplante. Durante este período as irrigações foram feitas por microaspersão através de um sistema automatizado e intermitente.

A avaliação do experimento foi feita seguindo um critério de análise qualitativa das mudas através de uma escala diagramática de notas, baseada na qualidade hortícola das mudas no ponto de transplante (Figura 3).

Para análise visual, lavou-se o sistema radicular em água corrente para a retirada do substrato do sistema radicular.

Figura 3 - Escala visual de notas da esquerda para a direita notas: 5, 4, 3, 2 e 1 para qualidade hortícola das mudas de tomate no ponto de transplante

Nota 5 = excelente (mudas com 8,0 cm de altura, 2 folhas com 7,0 cm de comprimento e sistema radicular bem desenvolvido);

Nota 4 = boa (mudas com 6,0 cm de altura, 2 folhas com 4,0 cm de comprimento e sistema radicular desenvolvido);

Nota 3 = regular (mudas com 4,5 cm de altura, 2 folhas com 3,0 cm de comprimento e sistema radicular pouco desenvolvido);

Nota 2 = ruim (mudas com 4,5 cm de altura, 2 folhas com 1,5 cm de comprimento e sistema radicular mal desenvolvido com poucas raízes);

Nota 1 = péssima (mudas com 2,0 cm de altura, folhas cotiledonares e sistema radicular pouco desenvolvido);

Além da análise qualitativa, avaliou-se também a massa seca do sistema radicular (MSSR) e a massa seca da parte aérea (MSPA). Para isso, após análise

qualitativa, as mudas foram separadas (parte aérea e sistema radicular) e acondicionadas separadamente em sacos de papel tipo Kraft identificados e levadas para secagem em estufa (Modelo: MA 035/Marconi) a 65°C até obter peso constante.

A análise estatística foi feita através de comparação de médias pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise, utilizou-se o programa estatístico SAS.

Visando a classificação das mudas quanto a qualidade hortícola ideal no ponto de transplante, adotaram-se três grupos de classificação quanto a qualidade hortícola, baseada na característica ideal de transplante. Para efeito de identificação dos tratamentos com as melhores características, adotou-se o intervalo de: 4-5 mudas excelentes, 3-3,9 mudas intermediárias e 1-2,9 mudas péssimas.

Tabela 4. Nome comercial dos substratos e respectivas empresas, utilizados para análises de caracterização física, química e teste biológico. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 2004

Tratamentos	Nome comercial	Empresa fabricante do produto
S ₁	Terra vegetal	Casa dos Xaxins Ltda-Me.
S ₂	Terra vegetal – Xaxins Campinas	Comercial A. A. Produtos Ornamentais Ltda.
S ₃	Terra vegetal	A. M. Beloto
S ₄	Terra vegetal-Criativa Garden	Criativa Garden Comércio de insumos agrícolas Ltda.
S ₅	Terra vegetal-West Garden	West Garden Indústria e Comércio Ltda.
S ₆	Terra vegetal-Agro Flora	Agro Flora Cristina Ltda.
S ₇	Big terra para violeta adubada	SONAE Distribuição Brasil S.A.
S ₈	Terra especial para samambaia- Semprebom - Nutriplan	Nutriplast- Indústria e Comércio Ltda.
S ₉	Big terra para samambaias	SONAE Distribuição Brasil S.A.
S ₁₀	Terra especial para violetas- Semprebom - Nutriplan	Nutriplast- Indústria e Comércio Ltda.
S ₁₁	Terra vegetal-Dimy	Serv-San Saneamento Técnico e Comércio Ltda.
S ₁₂	Terra vegetal Holanda	Olímpia Bonaldo Viana
S ₁₃	Húmus	Não consta
S ₁₄	Húmus de minhoca	Casa dos Xaxins Ltda-Me.
S ₁₅	Húmus esterco de minhoca- Xaxins Campinas	Comercial A. A. Produtos Ornamentais Ltda.
S ₁₆	Húmus de minhoca-Criativa Garden	Criativa Garden Comércio de Insumos Agrícolas Ltda.
S ₁₇	Húmus de minhoca: minhoca vermelha da Califórnia	Nutriplast- Indústria e Comércio Ltda.
S ₁₈	Húmus	A. M. Beloto
S ₁₉	Não consta	Não consta
S ₂₀	West Garden substrato	West Garden Indústria e Comércio Ltda.
S ₂₁	Adubo de curral West Garden	West Garden Indústria e Comércio Ltda.
S ₂₂	Plantbem	F.A.B. DE A.
S ₂₃	Pó de xaxim	A. M. Beloto

Tabela 4. Nome comercial dos substratos e respectivas empresas, utilizados para análises de caracterização física, química e teste biológico. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 2004

Tratamentos	Nome comercial	Empresa fabricante do produto
S ₂₄	Pó de xaxim Agro Flora Cristina	Agro Flora Cristina Ltda.
S ₂₅	Pó de xaxim	Agro Comercial Felipe Ltda.
S ₂₆	Pó de xaxim	Casa dos Xaxins Ltda-Me.
S ₂₇	Pó de xaxim Holanda	Olímpia Bonaldo Viana
S ₂₈	Bio Fibra de Xaxim Plantas & Flores	Adubos Sempre Verde Ltda.
S ₂₉	Fibra fértil	Não consta
S ₃₀	Não consta	Não consta
S ₃₁	Mecplant-Horta 1	MecPrec- Mecânica de precisão Indústrias e Comércio Ltda.
S ₃₂	Mecplant-MPO	MecPrec- Mecânica de precisão Indústrias e Comércio Ltda.
S ₃₃	Mecplant-Horta 2	MecPrec- Mecânica de precisão Indústrias e Comércio Ltda.
S ₃₄	Plantmax- HA	Eucatex Química e Mineral Ltda.
S ₃₅	Plantmax- HT	Eucatex Química e Mineral Ltda.
S ₃₆	Rendmax- Estufas	Eucatex Química e Mineral Ltda.
S ₃₇	Solomax-Plus	Eucatex Química e Mineral Ltda.
S ₃₈	Bioplant	Biopant Misturadora Agrícola Ltda.
S ₃₉	Tropstrato	Vida Verde Ind. Com. De Insumos Orgânicos Ltda.
S ₄₀	Golden Mix	Amafibra-Fibras e substratos agrícolas da Amazônia
S ₄₁	Multisoil	Terra do Paraíso

Os tratamentos: S₁₁, S₁₃ e S₂₉ não foram utilizados no experimento de produção de mudas de pepino;

Os tratamentos: S₄, S₆, S₇, S₉, S₁₁, S₁₃, S₁₆, S₁₇, S₂₄ e S₂₉ não foram utilizados no experimento de produção de mudas de tomate.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Valor de pH

Na Tabela 5 encontram-se os resultados referentes às análises das características físicas de densidade, porosidade de aeração, espaço preenchido com água, espaço poroso total e características químicas de pH e condutividade elétrica (CE) para os 41 tratamentos utilizados neste experimento.

Observa-se na Figura 4, com relação ao pH, que apenas 4,8% dos tratamentos apresentaram valores de pH dentro da faixa ideal. Do total, 22,1% apresentaram valores de pH acima da faixa ideal e 73,1% estavam abaixo do ideal.

Os tratamentos S₁₃ e S₁₈ apresentaram valores de pH dentro do ideal de 5,79 e 6,40, respectivamente. O tratamento S₇ apresentou valor de pH de 3,89 sendo este o menor valor de pH observado dentre os tratamentos. O tratamento S₁₅ apresentou valor de pH de 8,13 sendo este o maior valor de pH observado dentre os tratamentos.

O valor de pH é importante no desenvolvimento das plantas, pois, atua sobre a disponibilidade de nutrientes como o N, S e P e particularmente dos micronutrientes, bem como na biologia dos microorganismos do substrato (Appleton, 1974; Waller & Wilson, 1983; Kämpf, 2000).

A característica química considerada mais importante por Verdonck (1983b) e Waller & Wilson (1984) é o pH, pois, pode alterar o suprimento de fertilizantes. Para (Verdonck et al., 1981) cada planta tem um pH ideal para o seu crescimento, sendo este um fator importante no seu desenvolvimento.

Figura 4 - Porcentagem dos valores de pH dos tratamentos avaliados dentro da faixa considerada ideal

4.2 Condutividade elétrica (CE)

Observou-se com relação à característica química condutividade elétrica (CE) que 34,1% dos tratamentos apresentaram valores de CE dentro da faixa ideal. Dos 41 tratamentos, 34,1% apresentaram valores de CE acima da faixa ideal e 31,8% estavam abaixo do recomendado por Ballester-Olmos (1992) que é de $0,75 - 2,00 \text{ mS cm}^{-1}$ (Figura 5).

O tratamento S₁₈ apresentou valor de CE de $5,35 \text{ mS cm}^{-1}$ sendo este o maior valor de CE observado dentre os tratamentos. O tratamento S₄₁ apresentou valor de CE de $0,09 \text{ mS cm}^{-1}$ sendo este o menor valor de CE observado dentre os tratamentos.

Para Salvador (1995) e Kämpf (2000), o pH e a salinidade, avaliada através da condutividade elétrica, são as análises mais realizadas, para um melhor controle do desenvolvimento das plantas. Segundo Hsiao (1973), a salinidade tem influência sobre o crescimento das plantas, em longo prazo provoca redução no tamanho das plantas e em curto prazo reduz a expansão celular e aberturas dos estômatos.

Figura 5 - Porcentagem dos valores de condutividade elétrica dos tratamentos avaliados dentro da faixa considerada ideal

4.3 Densidade (DA)

Observou-se com relação à característica física de densidade (DA) que 17,1% dos tratamentos apresentaram valores de densidade dentro da faixa ideal. Dos 41 tratamentos, 68,3% apresentaram valores de densidade acima da faixa ideal e 14,6% estavam abaixo (Figura 6), do recomendado por Kämpf (2000).

Os tratamentos S₂₄, S₂₈, S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₆ e S₄₁ apresentaram valores de DA de: 0,10; 0,11; 0,23; 0,27; 0,23; 0,26 e 0,19 g.cm⁻³ estando dentro da faixa ideal. O tratamento S₁₁ apresentou valor de DA de 1,12 g.cm⁻³ sendo este o maior valor de DA observado dentre os tratamentos. Os tratamentos S₂₆ e S₄₀ apresentaram valor de DA de 0,07 g.cm⁻³ sendo este o menor valor de DA observado entre os tratamentos.

A densidade (DA) do substrato é um dos aspectos mais importante para a recomendação do tamanho de recipiente, na produção de mudas.

A densidade do substrato deve ser suficiente para dar sustentação às plantas, variando de 0,1 a 0,8 g.cm⁻³, porém é considerado como valor ideal o intervalo de 0,3 a 0,4 g.cm⁻³, para a maioria das plantas cultivadas em vaso (Ballester-Olmos, 1992).

Observa-se com relação aos valores de DA que os tratamentos S₂₄, S₂₈, S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₆ e S₄₁ apresentaram valores satisfatórios para produção de mudas em bandejas multicelulares, segundo proposto por Kämpf (2000).

O valor da densidade é importante, pois, auxilia na interpretação de outras características físicas como porosidade total, porosidade de aeração e espaço preenchido com água.

Figura 6 - Porcentagem dos valores de densidade dos tratamentos avaliados dentro da faixa considerada ideal

4.4 Porosidade de aeração (PA)

Com relação à característica física de porosidade de aeração (PA₁₀), verifica-se na Figura 7 que 24,4% dos tratamentos apresentaram valores de PA₁₀ dentro da faixa ideal. Dos 41 tratamentos, 31,7% apresentaram valores de PA₁₀ acima da faixa ideal e 43,9% estavam abaixo do recomendado por De Boodt & Verdonck (1972), Goh & Haynes (1977), Rac (1985) e Verdonck & Gabriëls (1988).

Os tratamentos S₇, S₉, S₁₀, S₁₃, S₁₅, S₂₅, S₂₆, S₂₇, S₃₉ e S₄₀ apresentaram valores de PA₁₀ de: 28,38; 29,67; 29,61; 23,91; 23,10; 25,74; 24,00; 23,16; 22,20 e 26,22 % (v/v) estando dentro da faixa ideal. O tratamento S₂₁ apresentou valor de PA₁₀ de 50 % (v/v) sendo este o maior valor de PA₁₀ observado dentre os tratamentos. O tratamento S₃₄

apresentou valor de PA_{10} de 7,97 % (v/v) sendo este o menor valor de PA_{10} observado entre os tratamentos.

Figura 7 - Porcentagem dos valores de porosidade de aeração na mesa de tensão a 10 cm de coluna d'água, avaliados dentro da faixa considerada ideal

Com relação à característica física porosidade de aeração (PA_{30}), verifica-se na Figura 8 que 19,5 % dos tratamentos apresentaram valores de PA_{30} dentro da faixa ideal. Desses 41 tratamentos 80,5 % apresentaram valores de PA_{30} acima da faixa ideal do recomendado por De Boodt & Verdonck (1972), Goh & Haynes (1977), Rac (1985) e Verdonck & Gabriëls (1988).

Os tratamentos S_1 , S_2 , S_3 , S_5 , S_{14} , S_{22} , S_{30} e S_{39} apresentaram valores de PA_{30} de: 29,75; 26,00; 24,41; 29,63; 29,23; 28,57; 20,64 e 27,64 % (v/v) estando dentro da faixa ideal. O tratamento S_{32} apresentou valor de PA_{30} de 63,37 % (v/v) sendo este o maior valor de PA_{30} observado entre os tratamentos. O tratamento S_{30} apresentou valor de PA_{30} de 20,64 % (v/v) sendo este o menor valor de PA_{30} observado dentre os tratamentos.

Figura 8 - Porcentagem dos valores de porosidade de aeração na mesa de tensão a 30 cm de coluna d'água, avaliados dentro da faixa considerada ideal

Com relação à característica física porosidade de aeração (PA_{50}), verifica-se na Figura 9 que 14,6 % dos tratamentos apresentaram valores de PA_{50} dentro da faixa ideal. Dos 41 tratamentos, 85,4 % apresentaram valores de PA_{50} acima da faixa ideal do recomendado por De Boodt & Verdonck (1972), Goh & Haynes (1977), Rac (1985) e Verdonck & Gabriëls (1988).

Os tratamentos S_2 , S_3 , S_5 , S_{14} , S_{15} , S_{30} e S_{39} apresentaram valores de PA_{50} de: 28,45; 26,86; 28,17; 30,69; 24,89 e 27,64 % (v/v) estando dentro da faixa ideal. O tratamento S_{40} apresentou valor de PA_{50} de 78,49 % (v/v) sendo este o maior valor de PA_{50} observado entre os tratamentos. O tratamento S_{30} apresentou valor de PA_{50} de 24,89 % (v/v) sendo este o menor valor de PA_{50} observado dentre os tratamentos.

Figura 9 - Porcentagem dos valores de porosidade de aeração na mesa de tensão a 50 cm de coluna d'água, avaliados dentro da faixa considerada ideal

De um modo em geral, observou-se que o valor de PA aumenta com o aumento da pressão, para a maioria dos tratamentos (Tabela 5).

A escolha de um substrato com um determinado valor de espaço de aeração deve ser feita considerando-se a espécie cultivada, a frequência e o tipo de irrigação, e as características do ambiente de cultivo, se natural ou protegido (Bunt, 1984).

Para Puchalski & Kämpf (2000) substratos com altos valores de aeração, são recomendados para uso em recipientes pequenos como bandejas multicelulares, de maneira a aumentar a drenagem limitada pela altura do recipiente.

No entanto, nos tratamentos S₁₃, S₁₄, S₁₅, S₁₆, S₁₇, S₁₈, S₂₃, S₂₉, S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₄, S₃₅ e S₃₆ o comportamento das amostras dos tratamentos na mesa de tensão a 30 cm de coluna d'água para a mesa de tensão de 50 cm de coluna d'água, foi diferente do normal, ocorrendo uma diminuição da porosidade de aeração (PA) e, conseqüentemente, houve um aumento no espaço preenchido com água (EPA), valores esses descritos na Tabela 5.

Uma possível explicação para esse comportamento pode ser dada através dos componentes dessas misturas que compõem cada um desses tratamentos já que não há uma regra quanto ao tamanho de partículas e tipo de materiais que podem ser utilizados para formulações de substratos. Portanto, como na maioria dos tratamentos não há

discrição dos componentes que compõem sua formulação, torna-se difícil inferir sobre qual componente poderia estar causando este comportamento atípico.

4.5 Espaço preenchido com água (EPA)

Observa-se na Figura 10 em relação à característica física espaço preenchido com água (EPA_{10}) que 56 % (v/v) dos tratamentos apresentaram valores de EPA_{10} dentro da faixa ideal, 22 % apresentaram valores de EPA_{10} acima da faixa ideal e 22 % apresentaram valores de EPA_{10} abaixo do recomendado por Boertje (1983).

Os tratamentos S_2 , S_3 , S_4 , S_5 , S_7 , S_9 , S_{10} , S_{11} , S_{12} , S_{13} , S_{14} , S_{15} , S_{17} , S_{18} , S_{19} , S_{20} , S_{21} , S_{22} , S_{29} , S_{30} , S_{37} e S_{39} apresentaram valores de EPA_{10} de: 77,37; 66,97; 73,03; 78,53; 64,41; 58,12; 62,26; 72,69; 67,50; 66,20; 67,18; 60,76; 65,01; 66,40; 70,84; 73,21; 63,62; 62,69; 65,62; 63,38; 63,36; 80,42 e 58,89 % (v/v), respectivamente, dentro da faixa ideal. O tratamento S_{32} apresentou valor de EPA_{10} de 96,43 % (v/v) sendo este o maior valor de EPA_{10} observado entre os tratamentos. O tratamento S_{23} apresentou valor de EPA_{10} de 34,17 % (v/v) sendo este o menor valor de EPA_{10} observado entre os tratamentos.

Figura 10 - Porcentagem dos valores de espaço preenchido com água, na mesa de tensão a 10 cm de coluna d'água, avaliados dentro da faixa considerada ideal

Observa-se na Figura 11 em relação à característica física espaço preenchido com água (EPA₃₀) que 36,6 % (v/v) dos tratamentos apresentaram valores de EPA₃₀ dentro da faixa ideal. Dos 41 tratamentos, 63,4 % apresentaram valores de EPA₃₀ abaixo do recomendado por Boertje (1983).

Os tratamentos S₁, S₃, S₄, S₆, S₈, S₁₅, S₁₇, S₁₈, S₁₉, S₂₀, S₂₁, S₂₂, S₃₆, S₃₇ e S₄₀ apresentaram valores de EPA₃₀ de: 60,16; 66,63; 58,29; 70,62; 67,11; 56,61; 55,75; 56,07; 65,27; 55,97; 55,30; 56,79; 57,27; 73,69 e 68,42 % (v/v), respectivamente, dentro da faixa ideal. O tratamento S₂₇ apresentou valor de EPA₃₀ de 27,50 % (v/v) sendo este o menor valor de EPA₃₀ observado entre os tratamentos.

Figura 11 - Porcentagem dos valores de porosidade de aeração na mesa de tensão a 30 cm de coluna d'água, avaliados dentro da faixa considerada ideal

Observa-se na Figura 12 em relação à característica física espaço preenchido com água (EPA₅₀) que 34,1 % (v/v) dos tratamentos apresentaram valores de EPA₅₀ dentro da faixa ideal. Dos 41 tratamentos, 65,9 % apresentaram valores de EPA₅₀ abaixo do recomendado por Boertje (1983).

Os tratamentos S₁, S₃, S₄, S₆, S₈, S₁₅, S₁₇, S₁₈, S₁₉, S₂₀, S₂₁, S₂₉, S₃₆ e S₃₇ apresentaram valores de EPA₅₀ de: 57,06; 64,17; 57,16; 67,91; 65,10; 57,41; 57,06; 58,40; 64,80; 55,26; 55,05; 64,20; 59,00 e 73,69 % (v/v), respectivamente, dentro da

faixa ideal. O tratamento S₂₆ apresentou valor de EPA₅₀ de 25,79 % (v/v), sendo este o menor valor de EPA₅₀ observado entre os tratamentos.

Figura 12 - Porcentagem dos valores de porosidade de aeração na mesa de tensão a 50 cm de coluna d'água, avaliados dentro da faixa considerada ideal

Dos resultados avaliados, observou-se que para o valor de EPA₁₀ cerca de 56 % (v/v) dos tratamentos avaliados, ficaram dentro da faixa ideal. Para EPA₃₀ e EPA₅₀, os valores foram de 36,6 % (v/v) e 34,1 % (v/v), respectivamente, dentro da faixa ideal. Estes resultados mostram que houve um decréscimo de EPA ideal com o aumento da pressão, para a maioria dos tratamentos.

No entanto, nos tratamentos S₁₃, S₁₄, S₁₅, S₁₆, S₁₇, S₁₈, S₂₃, S₂₉, S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₄, S₃₅ e S₃₆ observou-se que o comportamento das amostras dos tratamentos na mesa de tensão a 30 cm de coluna d'água quando levadas a mesa de tensão a 50 cm de coluna d'água foi diferente do normal, ocorrendo um aumento do espaço preenchido com água (EPA) nestes tratamentos e conseqüentemente, houve uma diminuição na porosidade de aeração (PA), como pode ser verificado na Tabela 5.

Os macroporos são os poros maiores, responsáveis pela circulação de água e ar, os microporos são os poros menores e que armazenam água (Hénin et al., 1976).

A maioria dos materiais utilizados nas formulações de substratos apresenta poros internos além dos poros externos, formados entre as partículas. Os poros internos

podem estar fechados, sem contato com o meio externo, como ocorre nos materiais sintéticos como o isopor, não interferindo na porosidade, mas se estiverem abertos, como nos materiais orgânicos como as turfas, formam uma rede de canais com o meio externo (Burés, 1997; Martinez, 2002). Os poros internos apresentam tamanhos reduzidos, capazes de reter água a tensões mais elevadas que a tensão na amostra saturada, determinada pela altura do recipiente. Desta forma, um substrato com partículas grandes e com poros internos abertos assegura água disponível a tensões muito baixas e altos níveis de aeração (Burés, 1997).

Nos tratamentos S₂₄, S₃₇, S₃₈, S₃₉ e S₄₁ verificou-se um equilíbrio no espaço preenchido com água a partir da mesa de tensão de 30 cm de coluna d'água para mesa de tensão de 50 cm de coluna d'água (Tabela 5).

4.6 Espaço poroso total (EPT)

Observa-se na Figura 13 em relação à característica física espaço poroso total (EPT) que 97,5 % (v/v) dos tratamentos apresentaram valores de EPT fora do ideal sugerido por De Boodt & Verdonck (1972) que é de 85 % (v/v). Deste total, 70,7 % dos tratamentos apresentaram valores de EPT acima do ideal e 26,8 % dos tratamentos apresentaram valores de EPT abaixo do ideal segundo De Boodt & Verdonck (1972).

O tratamento S₂₂ apresentou 85,37 % (v/v) de EPT sendo o único substrato com valor dentro do limite considerado ideal por De Boodt & Verdonck (1972), correspondendo a 2,5 % dos tratamentos.

Verificou-se que para os tratamentos S₆, S₈, S₁₀, S₁₇, S₁₈, S₁₉, S₂₁, S₂₉, S₃₁, S₃₂, S₃₇ e S₄₀ os valores de EPT foram superiores a 100% (Tabela 5).

Figura 13 - Porcentagem dos valores de espaço poroso total, avaliados dentro da faixa considerada ideal

A porosidade é o volume total do substrato não preenchido por minerais ou partículas orgânicas (Lemaire, 1995). Para Rac (1985), a porosidade é o espaço livre deixado entre as partículas do substrato, e se divide em macro e microporos. Os macroporos são responsáveis pela circulação de água e ar, enquanto os microporos são responsáveis pelo armazenamento de água (Hénin et al., 1976).

O espaço poroso total é importante, mas a forma e o tamanho dos poros são ainda mais importantes. Mais importante do que o volume de poros totais é a relação entre o volume de água e de ar presente no substrato. Esta relação é determinada pelo tamanho dos poros e pela forma como estes se interligam (Handreck & Black, 1999).

A porosidade não permanece constante durante todo o cultivo, devido a fenômenos como compactação, evolução biológica de materiais orgânicos e segregação de partículas finas pela irrigação, que se acumulam no fundo do recipiente (Lemaire, 1995). A porosidade é inversamente proporcional a densidade (Bunt, 1983). A porosidade pode ser relacionada com a densidade, mas seus componentes separadamente, espaço de aeração e capacidade de retenção de água, não podem. Isto porque a relação entre macro e microporos varia consideravelmente de substrato para substrato (Beardsell et al., 1979).

Bunt (1983), observou que não existe nenhuma interação entre tamanho de partícula e porosidade. Diferentes substratos têm diferentes teores de ar e água por causa do tamanho de suas partículas e de suas características específicas (forma e estrutura interna). Na prática não se faz um substrato com características de ar e água específicas, considerando apenas o tamanho das partículas. Para Burés et al. (1995), para se ter precisão é necessário avaliar as propriedades internas dos seus componentes. Salvador (2000), observou que misturas de turfa com materiais finos (perlita, vermiculita, areia, argila) apresentaram menor espaço de aeração do que os materiais separados. Já materiais grossos aumentaram o espaço de aeração das misturas.

Neste aspecto, uma provável explicação para os valores elevados de EPT nos tratamentos S₆, S₈, S₁₀, S₁₇, S₁₈, S₁₉, S₂₁, S₂₉, S₃₁, S₃₂, S₃₇ e S₄₀, seria uma mal combinação de tamanhos, formas e tipo de partículas que constituem cada um desses tratamentos. Ressaltando dessa forma, a importância de não apenas caracterizar fisicamente as misturas prontas, mas sim, cada componente que constituirá uma nova mistura.

A porosidade é um dos aspectos físicos mais importantes dos substratos, porque a presença de estrutura porosa proporciona aeração adequada, com capacidade de estocar e fornecer água para as plantas. Quando a porosidade não for ideal, muitos dos poros estarão cheios de água, diminuindo o espaço de aeração, causando um mal desenvolvimento das plantas (Boggie, 1970; Verdonck et al., 1983a).

A distribuição das frações granulométricas de um substrato, quando conhecida, permite sua manipulação e, conseqüentemente, sua melhor adaptação a diversas situações de cultivo, porque possibilita diferentes proporções entre microporosidade e macroporosidade e, conseqüentemente diferentes relações entre ar e água (Burés, 1997; Hillel, 1980 citado por Milks et al., 1989).

Tabela 5. Valores médios dos resultados das características físicas: densidade (DA), porosidade de aeração (PA), espaço preenchido com água (EPA), espaço poroso total (EPT) e valores das características químicas: pH e condutividade elétrica (CE) dos substratos avaliados. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 2004

Trat.	DA g.cm ⁻³	PA ₁₀ % (v/v)	PA ₃₀ % (v/v)	PA ₅₀ % (v/v)	EPA ₁₀ % (v/v)	EPA ₃₀ % (v/v)	EPA ₅₀ % (v/v)	EPT % (v/v)	pH	CE mScm ⁻¹
S ₁	0,65	12,54	29,75*	32,86	77,37*	60,16*	57,06*	89,92	7,76	2,84
S ₂	0,94	13,10	26,00*	28,45*	66,97*	54,07	51,62	80,08	7,78	1,09*
S ₃	0,93	18,01	24,41*	26,86*	73,03*	66,63*	64,17*	91,04	6,73	1,66*
S ₄	0,75	13,94	34,18	35,31	78,53*	58,29*	57,16*	92,47	4,67	0,05
S ₅	1,11	13,84	29,63*	31,96	64,41*	48,62	46,29	78,25	4,79	0,26
S ₆	0,52	18,64	33,49	36,20	85,47	70,62*	67,91*	104,11	4,56	0,62
S ₇	0,62	28,38*	42,18	42,25	58,12*	44,32	44,25	86,51	3,89	1,67*
S ₈	0,55	19,23	40,10	42,11	87,99	67,11*	65,10*	107,22	4,77	1,72*
S ₉	0,95	29,67*	44,45	44,45	62,26*	47,49	47,49	91,94	4,09	1,23*
S ₁₀	0,52	29,61*	50,00	50,07	72,69*	52,30	52,23	102,33	4,80	1,68*
S ₁₁	1,12	18,54	34,90	34,72	67,50*	51,14	51,32	86,00	4,66	0,15
S ₁₂	0,76	14,30	32,90	33,74	66,20*	47,60	46,76	80,50	5,34	0,50
S ₁₃	0,76	23,91*	39,63	37,06	67,18*	51,46	54,03	91,10	5,79*	3,73
S ₁₄	0,53	19,35	29,23*	28,17*	60,76*	50,88	51,94	80,12	7,46	2,78
S ₁₅	0,46	23,10*	31,50	30,69*	65,01*	56,61*	57,41*	88,11	8,13	3,06
S ₁₆	0,73	36,76	44,81	43,89	51,62	43,57	44,49	88,39	4,94	3,45
S ₁₇	0,55	33,67	44,32	43,01	66,40*	55,75*	57,06*	100,07	4,55	2,00*
S ₁₈	0,66	32,48	47,26	44,93	70,84*	56,07*	58,40*	103,33	6,40*	5,35
S ₁₉	0,43	37,55	45,49	45,96	73,21*	65,27*	64,80*	110,76	7,10	4,26
S ₂₀	0,43	33,24	40,89	41,59	63,62*	55,97*	55,26*	96,86	4,23	2,05*
S ₂₁	0,43	50,00	57,39	57,63	62,69*	55,30*	55,05*	112,69	6,60	4,87
S ₂₂	0,64	19,74	28,57*	32,86	65,62*	56,79*	52,50	85,37*	7,70	1,02*

Tabela 5. Valores médios dos resultados das características físicas: densidade (DA), porosidade de aeração (PA), espaço preenchido com água (EPA), espaço poroso total (EPT) e valores das características químicas: pH e condutividade elétrica (CE) dos substratos avaliados. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 2004

Trat.	DA g.cm ⁻³	PA ₁₀ % (v/v)	PA ₃₀ % (v/v)	PA ₅₀ % (v/v)	EPA ₁₀ % (v/v)	EPA ₃₀ % (v/v)	EPA ₅₀ % (v/v)	EPT % (v/v)	pH	CE mScm ⁻¹
S ₂₃	0,09	47,57	53,21	52,94	34,17	28,54	28,81	81,75	4,51	0,29
S ₂₄	0,10*	47,07	53,52	53,56	43,56	37,11	37,07	90,64	4,01	0,29
S ₂₅	0,09	25,74*	44,92	46,62	50,62	31,44	29,73	76,36	4,62	0,41
S ₂₆	0,07	24,00*	39,29	41,46	43,25	27,97	25,79	67,26	4,76	0,31
S ₂₇	0,08	23,16*	38,06	39,31	42,40	27,50	26,25	65,57	4,16	0,37
S ₂₈	0,11*	18,95	34,40	36,08	48,25	32,79	31,12	67,20	4,46	0,68
S ₂₉	0,08	36,90	57,80	36,08	63,38*	42,48	64,20*	100,28	4,39	1,40*
S ₃₀	0,86	48,44	20,64*	24,89*	63,36*	47,55	43,31	68,20	6,97	1,08*
S ₃₁	0,23*	14,84	59,27	56,25	87,41	42,98	46,00	102,25	4,63	2,75
S ₃₂	0,27*	13,14	63,37	58,02	96,43	46,21	51,55	109,58	5,27	1,40*
S ₃₃	0,23*	11,22	56,54	52,58	88,48	43,16	47,12	99,71	4,64	2,43
S ₃₄	0,35	7,97	41,79	37,25	80,75	46,93	51,48	88,73	4,50	2,37
S ₃₅	0,38	10,12	44,39	40,48	84,35	50,07	53,99	94,47	4,74	2,82
S ₃₆	0,26*	11,44	42,69	40,96	88,53	57,27*	59,00*	99,97	4,50	0,44
S ₃₇	0,42	31,90	38,63	38,63	80,42*	73,69*	73,69*	112,33	4,63	0,85*
S ₃₈	0,34	40,75	42,41	42,41	54,05	52,38	52,38	94,80	4,75	2,38
S ₃₉	0,38	22,20*	27,64*	27,64*	58,89*	53,45	53,45	81,09	4,61	3,68
S ₄₀	0,07	26,22*	48,51	78,49	90,71	68,42*	38,44	116,94	4,54	1,38*
S ₄₁	0,19*	46,87	47,31	47,31	46,82	46,38	46,38	93,70	5,00	0,09
Ideal*	0,10-0,30	20-30	20-30	20-30	55-80	55-80	55-80	85	5,5-6,5	0,75-2,0

* Médias de valores considerados ideais de acordo com: DA (Kämpf, 2000); PA: De Boodt & Verdonck (1972), Goh & Haynes (1977), Rac (1985) e Verdonck & Gabriëls (1988); EPA: Boertje (1984); EPT: De Boodt & Verdonck (1972), Goh & Haynes (1977), Boertje (1984), Rac (1985) e Verdonck & Gabriëls (1988)

4.7 Granulometria

Observou-se os substratos analisados na granulometricamente que a distribuição das partículas entre os tratamentos foi predominante nas seguintes peneiras (Figura 14): 26,8% na peneira um ($> 4,75$ mm), 29,3% na peneira dois (2,00-4,75 mm), 19,5% na peneira três (1,00-2,00 mm), 4,9% na peneira seis (0,295 -0,60 mm) e 19,5% no prato coletor ($< 0,297$ mm). Na peneira quatro (0,71-1,00 mm) e na peneira cinco (0,60-0,71 mm) não apresentaram valores predominantes sobre as demais peneiras.

Figura 14 - Porcentagem das malhas das peneiras predominantes nos tratamentos analisados

Os tratamentos S₄, S₇, S₁₁, S₁₄, S₁₅, S₂₀, S₂₃, S₂₅, S₂₆, S₂₇ e S₂₈ apresentaram maior quantidade de partículas na peneira um ($> 4,75$ mm). Já os tratamentos S₆, S₉, S₁₇, S₁₉, S₂₁, S₃₁, S₃₃, S₃₄, S₃₅, S₃₆, S₃₇ e S₄₁ apresentaram maior quantidade de partículas na peneira dois (2,00-4,75 mm). Para os tratamentos S₈, S₁₆, S₁₈, S₂₄, S₂₉, S₃₂, S₃₈ e S₄₀ apresentaram maior quantidade de partículas na peneira seis (0,297-0,60 mm). Os

tratamentos S₁, S₃, S₅, S₁₂, S₁₃, S₂₂, S₃₀ e S₃₉ apresentaram maior quantidade no prato coletor onde as partículas são menores que 0,297 mm.

Nos substratos com partículas de tamanhos entre 1 e 10 mm, tanto a porosidade como a quantidade de água retida varia pouco com o tamanho da partícula. Partículas de tamanho menor a 1mm causam decréscimo da porosidade e aumento da retenção de água (Miner, 1994). Para Burés (1997), esta observação não é válida como regra para todos os substratos porque outras características das partículas, como rugosidade e estrutura interna, definem o comportamento físico do substrato. Desta forma, as múltiplas combinações possíveis de partículas distintas e sua disposição explicam a complexidade da caracterização física, e o tamanho das partículas é apenas mais um fator.

Os substratos são constituídos por partículas com as mais diversas características e que se organizam de forma aleatória. O comportamento do substrato é complexo e pode ser entendido pelas múltiplas combinações de diferentes partículas e suas distintas formas de organização (Burés, 1997).

O valor da análise de distribuição do tamanho de partículas descreve, a qualidade física do substrato e sua adequação para o cultivo de determinada espécie vegetal, influenciando sobre o volume de água e ar do substrato (Waller & Wilson, 1984).

A formulação do substrato visa à mistura com diferentes componentes, ou seja, diferentes materiais e com granulometria diferente. A identificação e classificação do tamanho das partículas é importante para saber o quanto misturar, qual sua porcentagem e como irá comportar suas características físicas e químicas, (ex. areia + turfa)

Tabela 6. Distribuição do tamanho de partículas dos substratos nas diferentes peneiras utilizadas. Piracicaba-SP, SALQ/USP,

2004

Tratamentos	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
S ₁	11,66	14,10	10,98	5,91	2,53	16,32	38,47
S ₂	13,55	19,12	16,70	10,81	5,28	21,27	13,25
S ₃	11,61	18,95	12,90	6,72	3,80	20,57	25,42
S ₄	23,39	22,46	15,90	7,27	2,82	15,21	12,94
S ₅	3,56	20,76	16,49	8,89	3,97	21,22	25,10
S ₆	7,36	22,75	21,74	9,73	3,80	18,69	15,90
S ₇	28,75	18,48	17,75	11,78	7,29	10,57	5,37
S ₈	16,07	16,91	18,40	10,35	7,48	17,85	12,91
S ₉	23,42	25,25	22,02	11,07	3,33	7,96	6,92
S ₁₀	9,60	11,53	12,43	19,37	12,23	25,25	9,57
S ₁₁	19,79	19,62	16,82	10,72	3,21	14,03	15,75
S ₁₂	5,11	13,26	14,47	6,74	2,50	19,25	38,64
S ₁₃	0,25	19,07	20,72	11,82	4,31	16,46	27,34
S ₁₄	24,48	20,03	15,36	5,66	2,73	13,63	18,08
S ₁₅	33,49	23,82	15,73	7,81	6,47	9,13	3,54
S ₁₆	3,38	19,40	34,09	17,47	4,56	10,50	10,56
S ₁₇	5,96	22,73	21,48	15,59	5,54	17,66	11,04
S ₁₈	12,29	17,72	18,51	12,28	5,24	18,13	16,88
S ₁₉	17,02	25,18	23,73	21,47	8,04	3,28	1,26
S ₂₀	23,80	23,29	16,88	8,15	6,82	14,62	5,10
S ₂₁	15,97	30,55	26,64	15,77	5,07	3,53	2,45
S ₂₂	5,48	7,09	7,63	6,11	3,00	20,17	50,50
S ₂₃	70,68	6,37	9,59	3,69	0,63	1,87	6,47
S ₂₄	21,34	29,53	30,25	6,89	3,51	4,22	4,23
S ₂₅	55,90	18,48	17,72	3,23	1,06	0,76	2,83
S ₂₆	73,62	10,76	11,88	2,55	0,18	0,24	0,67

Tabela 6. Distribuição do tamanho de partículas dos substratos nas diferentes peneiras utilizadas. Piracicaba-SP, SALQ/USP, 2004

Tratamentos	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
S ₂₇	73,19	9,00	12,71	3,02	1,08	0,67	1,43
S ₂₈	54,39	17,40	15,11	3,81	1,59	1,45	6,23
S ₂₉	5,26	16,57	31,75	14,56	3,59	16,24	12,01
S ₃₀	6,52	7,32	8,50	6,89	3,55	25,42	41,78
S ₃₁	12,78	24,49	22,69	12,31	7,30	12,30	7,43
S ₃₂	0,20	15,05	25,59	14,16	6,16	20,89	17,93
S ₃₃	3,12	26,53	23,97	12,83	6,14	16,73	10,66
S ₃₄	2,22	23,49	23,15	10,14	4,81	18,14	18,52
S ₃₅	10,80	21,90	21,40	10,94	9,17	15,97	9,80
S ₃₆	26,66	31,70	28,77	7,66	2,06	1,75	1,38
S ₃₇	14,87	27,88	23,36	7,62	3,45	11,15	8,31
S ₃₈	1,30	27,37	27,66	14,04	13,25	10,22	6,13
S ₃₉	1,63	18,97	21,72	6,74	2,57	17,16	31,27
S ₄₀	9,48	17,59	38,93	25,30	10,03	0,78	2,63
S ₄₁	10,19	32,78	24,91	14,49	8,23	3,23	6,48

$P_1 = (> 4,75 \text{ mm})$; $P_2 = (2,00-4,75 \text{ mm})$; $P_3 = (1,00-2,00 \text{ mm})$; $P_4 = (0,71-1,00 \text{ mm})$; $P_5 = (0,60-0,71 \text{ mm})$; $P_6 = (0,297-0,60 \text{ mm})$; $P_7 = (< 0,297 \text{ mm prato coletor})$

4.8 Qualidade hortícola das mudas avaliadas no ponto de transplante

Na Tabela 7 encontram-se os valores médios da análise qualitativa através de notas para a produção de mudas das culturas de alface, pepino e tomate.

4.8.1 Teste biológico para produção de mudas de alface

Verificou-se, que houve diferenças significativas para os diferentes tratamentos utilizados, com relação às qualidades hortícolas das mudas de alface no ponto de transplante (Tabela 7).

Observou-se com relação às características hortícolas no ponto de transplante, que, para a cultura da alface, 4,9 % dos tratamentos apresentaram mudas de excelente qualidade, 9,7 % dos tratamentos apresentaram mudas intermediárias e 85,4 % apresentaram mudas de péssima qualidade (Figura 15), indicando que não serve para esta finalidade.

Figura 15 - Porcentagem das notas da qualidade hortícola no ponto de transplante, observadas nas mudas de alface

As melhores mudas com características hortícolas para o transplante foram obtidas nos tratamentos S₂₁ e S₁₃, apresentando médias de notas iguais a 4,75 e 4,25, respectivamente.

Os tratamentos S₃, S₁₅, S₁₉ e S₃₅ foram semelhantes estatisticamente e apresentaram médias de notas iguais a 3,00; 3,25; 3,00 e 3,00, respectivamente, sendo essas mudas classificadas, de acordo com a qualidade hortícola no ponto de transplante como mudas intermediárias.

Os demais tratamentos (85,4%) que apresentaram mudas de péssimas qualidade com relação às características hortícolas no ponto de transplante, apresentando médias de notas que variaram de 1,00 e 2,99 (Tabela 7).

Observou-se que o tratamento S₂₁ a base de esterco de curral, produziu mudas de excelente qualidade com média de notas igual a 4,75 (Tabela 7). Algumas das suas características físico-químicas apresentaram-se fora da faixa ideal, com exceção dos valores de EPA₁₀, EPA₃₀ e EPA₅₀ (Tabela 5). Porém, Leal & Barros (2003), estudando o efeito da misturas de substratos na produção de mudas de alface, constataram que a presença de esterco bovino acima de 75% (1:3) foi desfavorável para o processo de desenvolvimento das mudas.

O tratamento S₂₁, possivelmente forneceu as mudas os nutrientes necessários para um melhor desenvolvimento das mudas, visto que os experimento foi conduzido com ausência de fertirrigação.

Observou-se que o tratamento S₁₃ composto por húmus de minhoca, produziu mudas de excelente qualidade com média de notas igual a 4,25. Esse tratamento apresentou características de PA₁₀, EPA₁₀ e pH dentro do ideal, já os valores de EPT e CE ficaram acima dos valores ideais (Tabela 5).

A principal característica da matéria orgânica de origem animal ou vegetal, não está no fato de serem um fornecedor de nutrientes às plantas, mas sim, por contribuir para melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo (Jorge, 1983).

Segundo Kiehl (1985), a matéria orgânica de origem animal ou vegetal se constitui numa boa fonte de macro e micronutrientes para as plantas. Estes elementos

desempenham a função de melhorar a estrutura do solo, pela capacidade de reter umidade e troca catiônica favorecendo o crescimento das plantas.

O uso de húmus de minhoca tem sido recomendados por pesquisadores (Blank et al., 2003; Castro et al, 1996; Arrigoni-Blank et al., 1997; Setúbal & Neto, 2000; Oliveira et al, 2002) na produção de mudas de *Muntingia calabura*, *Ocimum gratissimum* L., *Camponesi rufa*, *Capsicum annum*, puros ou na constituição de novas misturas para substrato. Blank et al. (2003), avaliando os efeitos de composições de substratos na produção de mudas de quiôio (*Ocimum gratissimum* L.), observaram que o substrato a base de húmus, apesar de não ter sido o melhor em número de folhas, foi eficiente no acúmulo de massa seca, compensando o menor número de folhas por planta. Isso mostra a importância da presença da adubação orgânica presente no húmus, para o desenvolvimento de mudas. Esse mesmo resultado foi identificado para espécies como *Muntingia calabura* L. (Castro et al., 1996).

Blank et al. (2003) notaram que, ao reduzir a quantidade de húmus nas formulações, houve um decréscimo de altura de planta, peso de matéria seca de folha, caule, parte aérea e total por planta. Esses resultados indicam que o húmus contém características nutricionais e estruturais que implicam no melhor desenvolvimento das mudas de *O. gratissimo*. Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2002), na produção de erva cidreira-verdadeira (*Melissa officinalis* L.).

O tratamento S₁₃, utilizado para produção de mudas de alface, apresentou boa aeração (Tabela 5), proporcionando um melhor desenvolvimento radicular das mudas e conseqüentemente da parte aérea. A boa porosidade desse substrato deve-se a grande quantidade de macroporos.

O húmus de minhoca mostra-se uma alternativa eficiente para a produção de mudas de oleráceas de alta qualidade. Por se tratar de um substrato de origem puramente orgânica, mostra-se como uma alternativa para a produção de mudas do segmento orgânico.

Convém destacar que dentre os tratamentos analisados, os mais recomendados comercialmente para a produção de mudas são: S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₄, S₃₅, S₃₆, S₃₇, S₃₈, S₃₉,

S₄₀ e S₄₁. Entretanto, neste trabalho verificou que esses substratos foram impróprios para a produção de mudas de alface (Tabela 5).

Observou-se mudas de alface de péssima qualidade hortícola no ponto de transplante nos tratamentos S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₄, S₃₆, S₃₇, S₃₈, S₃₉, S₄₀ e S₄₁ e no tratamento S₃₅ observou-se mudas consideradas intermediária para qualidade hortícola no ponto de transplante.

Para as análises químicas dos tratamentos S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₄, S₃₅, S₃₆, S₃₇, S₃₈, S₃₉, S₄₀ e S₄₁ os valores de pH apresentaram-se abaixo da faixa ideal. Já para condutividade elétrica (CE) os tratamentos S₃₂, S₃₇ e S₄₀, apresentaram valores dentro da faixa ideal, os tratamentos S₃₁, S₃₃, S₃₄, S₃₅, S₃₈ e S₃₉, apresentaram valores de CE acima da faixa ideal e os tratamentos S₃₆ e S₄₁ apresentaram valores de CE abaixo da faixa ideal (Tabela 5).

Observou-se nos tratamentos S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₅, S₃₈ e S₄₁, que para todas as características físicas analisadas, os valores apresentaram-se fora da faixa ideal. No tratamento S₃₄, EPA₁₀ apresentou valor de 80,75 % (v/v) estando dentro da faixa sugerida como ideal. No tratamento S₃₆, EPA₃₀ e EPA₅₀ apresentaram valores de 57,27 % (v/v) e 59,00 % (v/v) respectivamente, dentro da faixa sugerida como ideal. No tratamento S₃₇, EPA₁₀, EPA₃₀ e EPA₅₀ apresentaram valores de 80,42 % (v/v), 73,69 % (v/v) e 73,69 % (v/v), respectivamente, dentro da faixa ideal. No tratamento S₃₉, observou-se que PA₁₀, PA₃₀, PA₅₀ e EPA₁₀ apresentaram valores de 22,20 % (v/v), 27,64 % (v/v), 27,67 % (v/v) e 58,89 % (v/v), respectivamente, dentro da faixa sugerida como ideal. No tratamento S₄₀, PA₁₀ e EPA₃₀ apresentaram valores de 26,22 % (v/v) e 68,42 % (v/v), respectivamente, da faixa sugerida como ideal (Tabela 5).

Arruda Júnior et al. (2004), avaliando diferentes substratos na produção de mudas de alface Crespa Cacheada, verificaram que o substrato comercial Plantmax®, não apresentou um bom desenvolvimento das mudas para todas as características avaliadas. Porém, estes resultados divergem de outros autores:

Trani et al. (2004), estudando a produção de mudas de alface em diferentes bandejas e substratos comerciais, verificaram que o substrato Plantmax® proporcionou a obtenção de mudas de alface mais desenvolvidas quando comparados aos outros substratos.

Duarte et al. (2003), estudando a produção de mudas de alface e couve-flor em substrato à base de vermicomposto, observaram que para as cultivares de alface Verônica e Tainá os melhores resultados para as variáveis analisadas foram obtidos nos tratamentos que continham o substrato comercial Plantmax®.

Martins et al. (2003) trabalhando com mudas de alface em substratos comerciais verificou os melhores resultados no substrato comercial Plantmax®.

Arruda Júnior et al. (2004), avaliando diferentes substratos na produção de mudas de alface Crespa Cacheada, observaram que substrato a base de pó-de-côco, apresentou o melhor desempenho para todas as características avaliadas.

Para Trani et al. (2004), o substrato Golden Mix não se revelou bom substrato quanto ao desenvolvimento das mudas, mesmo realizando fertirrigação de acordo com a sugerida pelo fabricante do substrato.

Neste trabalho, não se fez uso da fertirrigação e os resultados observados foram semelhantes aos citados por Trani et al (2004).

Segundo Pragma (1998), citado por Silveira et al. (2002) e Carrijo et al. (2002), o substrato Golden Mix apresenta baixo teor de nutrientes sendo necessário misturá-lo com outro material ou fornecê-lo de acordo com as necessidades das espécies adicionando adubos em pré-plantio ou principalmente, em fertirrigação.

A fibra de côco tem como característica física alta retenção de água, devendo a irrigação ser manejada corretamente.

A baixa qualidade das mudas de alface produzidas no tratamento S₄₀ pode ser explicada pela não realização da fertirrigação durante o desenvolvimento das mudas afetando o mesmo.

Uma possível explicação para o insucesso na produção de mudas de alta qualidade para alface, nos tratamentos S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₄, S₃₅, S₃₆, S₃₇, S₃₈, S₃₉, S₄₀ e S₄₁, pode ter sido acentuada pela ausência de características físicas e químicas adequadas para o desenvolvimento da cultura.

Na Tabela 1, encontram-se as faixas de valores para as características físico-químicas que são muito ampla e variável entre os autores. Apesar das recomendações das faixas ideais para produção de mudas presente na Tabela 5, verificou-se que para a

produção de mudas de alface, esses valores de referência não se aplica, portanto, a realização de testes biológicos pode ser a melhor maneira de se comprovar a qualidade físico-química do substrato.

Figura 16 - Valores das médias das notas da qualidade hortícola no ponto de transplante observadas nas mudas de alface

4.8.2 Teste biológico para produção de mudas de pepino

Verificou-se que houve diferenças significativas nos diferentes tratamentos utilizados, para qualidade hortícola das mudas de pepino no ponto de transplante (Tabela 7).

Os tratamentos S₃, S₇, S₈, S₉, S₁₀, S₁₄, S₁₅, S₁₆, S₁₇, S₁₈, S₁₉, S₂₁, S₃₁, S₃₄, S₃₅ e S₃₉ foram semelhantes estatisticamente entre si (Tabela 7). Porém, do ponto de vista

fitotécnico, as melhores mudas foram obtidas de acordo com a qualidade hortícola no ponto de transplante, nos tratamentos S₉, S₁₅, S₁₆, S₁₉ e S₃₅, classificadas como excelentes. As melhores mudas para as características hortícola no ponto de transplante são de 13,2% dos tratamentos, sendo consideradas excelentes (Figura 17). As mudas obtidas nos tratamentos S₃, S₇, S₈, S₁₀, S₁₄, S₁₇, S₁₈, S₂₁, S₃₁, S₃₄ e S₃₉ foram classificadas como intermediárias do ponto de vista fitotécnico (Figura 18 e Tabela 7).

Figura 17 - Porcentagem das notas da qualidade hortícola no ponto de transplante, observadas nas mudas de pepino

Os tratamentos S₉, a base de terra vegetal, o tratamento S₁₆, a base de húmus de minhoca e o tratamento S₁₉, a base de compostagem, produziram mudas excelentes quanto à qualidade hortícola das mudas no ponto de transplante (Figura 18 e Tabela 7).

O tratamento S₉ apresentou valor de pH igual a 4,09 valor este abaixo do ideal e apresentou valor de CE igual a 1,23 mS cm⁻¹, estando dentro da faixa ideal (Tabela 5). Para as características físicas PA₁₀ e EPA₁₀ apresentaram valores dentro da faixa ideal, 29,67 % (v/v) e 62,26 % (v/v), respectivamente. Para DA e EPT, os valores apresentados encontram-se acima do ideal.

O tratamento S₁₉, a base de compostagem apresentou valores de pH igual a 7,1 e CE igual a 4,26 mS cm⁻¹, valores considerados acima da faixa ideal (Tabela 5). Para as

características físicas, apenas os valores de EPAs, encontraram-se dentro do ideal e para as demais características físicas, todos os valores estão acima do ideal (Tabela 5).

O tratamento S₁₆ a base de húmus de minhoca, apresentou valor de pH igual a 4,94 estando abaixo do ideal e valor de CE igual a 3,45 mS cm⁻¹ estando acima do ideal (Tabela 5). Para todas as características físicas analisadas os valores observados estavam um pouco abaixo ou um pouco acima do ideal (Tabela 5).

Verificou-se na Tabela 8 os teores médios da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSSR) das mudas de pepino.

Para MSPA, observaram-se maiores teores nos tratamentos S₃, S₇, S₈, S₉, S₁₀, S₁₅, S₁₆, S₁₇, S₁₈, S₁₉, S₂₀, S₂₁, S₃₁, S₃₄, S₃₅ e S₃₉ correspondendo a 42,1 % dos tratamentos. Para os teores da massa seca do sistema radicular, observaram-se maiores teores nos tratamentos S₃, S₇, S₈, S₉, S₁₀, S₁₅, S₁₆, S₁₈, S₁₉, S₂₀, S₂₁, S₃₁, S₃₄, S₃₅ e S₃₉ correspondendo a 39,5 % dos tratamentos.

Esses tratamentos quando avaliados pela escala de notas para qualidade hortícola no ponto de transplante, estatisticamente foram semelhantes. Porém do ponto de vista fitotécnico, as melhores mudas (excelente), de acordo com a qualidade hortícola no ponto de transplante, foram obtidas nos tratamentos S₁₅, S₉, S₁₆, S₁₉ e S₃₅, coincidindo com os valores encontrados para MSPA e MSSR.

Dentre os tratamentos analisados os mais conhecidos e conseqüentemente os mais recomendados para a produção de mudas são os tratamentos S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₄, S₃₅, S₃₆, S₃₇, S₃₈, S₃₉, S₄₀ e S₄₁.

Observou-se mudas de pepino de péssima qualidade hortícola no ponto de transplante nos tratamentos S₃₂, S₃₃, S₃₆, S₃₇, S₃₈, S₄₀ e S₄₁, no tratamento S₃₅ observou-se mudas de excelente qualidade hortícola no ponto de transplante e nos tratamentos S₃₁, S₃₄ e S₃₉, observou-se mudas intermediárias para o ponto de transplante (Figura 18 e Tabela 7).

Para as análises químicas dos tratamentos S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₄, S₃₅, S₃₆, S₃₇, S₃₈, S₃₉, S₄₀ e S₄₁ os valores de pH apresentaram-se abaixo da faixa ideal. Já para condutividade elétrica (CE) os tratamentos S₃₂, S₃₇ e S₄₀, apresentaram valores dentro da faixa ideal, os

tratamentos S₃₁, S₃₃, S₃₄, S₃₅, S₃₈ e S₃₉, apresentaram valores de CE acima da faixa ideal e os tratamentos S₃₆ e S₄₁ apresentaram valores de CE abaixo da faixa ideal (Tabela 5).

Observou-se nos tratamentos S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₅, S₃₈ e S₄₁, que para todas as características físicas analisadas, os valores apresentaram-se fora da faixa ideal. No tratamento S₃₄, EPA₁₀ apresentou valor de 80,75 % (v/v) estando dentro da faixa sugerida como ideal. No tratamento S₃₆, EPA₃₀ e EPA₅₀ apresentaram valores de 57,27 % (v/v) e 59,00 % (v/v) respectivamente, dentro da faixa sugerida como ideal. No tratamento S₃₇, EPA₁₀, EPA₃₀ e EPA₅₀ apresentaram valores de 80,42 % (v/v), 73,69% (v/v) e 73,69 % (v/v), respectivamente, dentro da faixa ideal. No tratamento S₃₉, observou-se que PA₁₀, PA₃₀, PA₅₀ e EPA₁₀ apresentaram valores de 22,20 % (v/v), 27,64 % (v/v), 27,67 % (v/v) e 58,89 % (v/v), respectivamente, dentro da faixa sugerida como ideal. No tratamento S₄₀, PA₁₀ e EPA₃₀ apresentaram valores de 26,22 % (v/v) e 68,42 % (v/v), respectivamente, da faixa sugerida como ideal (Tabela 5).

Lopes et al. (2001), avaliando a germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de pepino em diferentes tipos de substrato, observaram que o Plantmax® e o Agrissolo puro ofereceram as melhores condições para a germinação e desenvolvimento das plântulas.

Duarte et al. (2003), avaliando a produção de mudas de pepino e repolho, em substrato a base de vermicomposto, observaram que não houve diferença entre os tratamentos para a germinação das sementes de repolho. Já para as duas cultivares de pepino, o Plantmax® apresentou os melhores resultados.

Moraes et al. (2003), avaliando efeitos de substratos orgânicos na germinação de sementes orgânicas de pepino, observaram que todos os substratos (Terra pura; Terra + esterco de curral; Terra + Húmus de minhoca) mostraram-se eficientes na germinação de sementes de pepino orgânico.

Leal et al. (2003), avaliando a produção de mudas de pepino utilizando húmus de minhoca e cama de aviário como substrato e o biofertilizante Agrobio como adubação foliar observaram que os substratos húmus enriquecido com 5 e 10 % de cama de aviário, promoveram um maior desenvolvimento das mudas quando comparados ao substrato comercial Plantmax®.

Figura 18 - Valores das médias das notas da qualidade hortícola no ponto de transplante observadas nas mudas de pepino

4.8.3 Teste biológico para produção de mudas de tomate

Verifica-se que houve influência dos diferentes tratamentos na produção de mudas de tomate (Tabela 7).

As melhores mudas com características hortícolas para transplante foram obtidas no tratamento S₃₅ apresentando média de notas igual a 5, sendo consideradas excelentes (Tabela 7).

Os tratamentos S₃, S₁₅, S₁₈, S₁₉, S₂₁ e S₃₉ apresentaram médias de notas que variaram de 3,75 a 4,75, sendo semelhantes entre si e não diferindo estatisticamente do

tratamento S₃₅. No entanto, do ponto de vista fitotécnico, os tratamentos S₃ e S₃₉ produziram mudas no ponto de transplante consideradas intermediárias e não excelentes (Figura 20 e Tabela 7).

Os tratamentos S₁, S₈, S₂₆ e S₃₄ apresentaram médias de notas que variaram de 3 a 3,75 sendo semelhantes estatisticamente. Do ponto de vista da qualidade hortícola, os tratamentos S₃ e S₃₉ foram semelhantes aos tratamentos S₁, S₈, S₂₆ e S₃₄, produzindo mudas intermediárias (Figura 20 e Tabela 7).

Para os tratamentos avaliados quanto à qualidade hortícola das mudas no ponto de transplante para a cultura do tomate, 16,1 % apresentaram mudas de excelente qualidade no ponto de transplante, com médias de notas variando de 4,25 a 5,0. Já 19,3 % apresentaram mudas com qualidade hortícola intermediária, com médias de notas variando de 3,0 a 3,75 e 64,5 % dos tratamentos apresentaram mudas de péssima qualidade hortícola, com média de notas variando de 1 a 2,5 (Figura 19 e Tabela 7).

Figura 19 - Porcentagem das notas da qualidade hortícola no ponto de transplante, observadas nas mudas de tomate

De acordo com os resultados obtidos nas análises químicas do tratamento S₃₅ apresentou valor de pH igual a 4,74 e valor da CE de 2,82 mS cm⁻¹, estando o valor de pH abaixo do recomendado como ideal e para a CE o valor observado estava acima do limite considerado ideal (Tabela 5). De suas características físicas observou-se que para

todas as características os valores apresentaram-se fora do ideal para produção de mudas (Tabela 5).

Os tratamentos S₁₅ e S₁₈, a base de húmus de minhoca, o tratamento S₁₉ a base de compostagem e o tratamento S₂₁, a base de esterco bovino, apresentaram mudas excelentes quanto à qualidade hortícola no ponto de transplante, mesmo não apresentando todas as características físicas e químicas dentro dos parâmetros ideais (Tabela 5).

O tratamento S₃₉ de acordo com as análises químicas apresentou valor de pH igual a 4,61 e valor de CE igual a 3,68 mS cm⁻¹, estando o pH abaixo da faixa ideal e o valor da CE um pouco acima do limite considerado ideal. Das características físicas analisadas, para PA₁₀, PA₃₀, PA₅₀ e EPA₁₀ apresentou valor de 22,20 % (v/v), 27,64 % (v/v), 27,67 % (v/v) e 58,89 % (v/v), respectivamente, dentro da faixa sugerida como ideal (Tabela 5). Observou-se no teste biológico para o tratamento S₃₉ mudas de tomate intermediárias, para qualidade hortícola no ponto de transplante (Figura 20 e Tabela 7).

Apesar das qualidades físicas apresentadas por este tratamento, apenas obteve mudas intermediárias no ponto de transplante, visto que o experimento foi conduzido com ausência de fertirrigação. Esses resultados diferem dos observados por Campanharo et al. (2004), quando avaliaram diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro, com relação às características fitotécnicas. Porém, para as características físicas do substrato, o Topstrato apresentou bons resultados como neste experimento.

Verifica-se na (Tabela 8) os teores da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSSR) das mudas de tomate.

Para os teores de MSPA, detectou-se uma superioridade dos tratamentos S₁₈, S₃₅, S₂₁, S₁₅ e S₃₉, que correspondem a 16,1 % dos tratamentos avaliados.

Para os teores de MSSR, detectou-se uma superioridade dos tratamentos S₁₈, S₃₅, S₂₁, S₁₅, S₃₉ e S₁₉ que correspondem a 22,6 % dos tratamentos avaliados. Esses tratamentos também apresentaram superioridade quando avaliados através da escala de notas para qualidade hortícola no ponto de transplante. Observou-se menor teor de MSPA para 77,4 % dos tratamentos, 6,5 % dos tratamentos apresentaram teor de MSPA intermediários. Observou-se menor teor de MSSR, para 74,2 % dos tratamentos e apenas

3,2 % dos tratamentos apresentaram teor de MSSR intermediários. Esses tratamentos quando avaliados pela escala de notas para qualidade hortícola no ponto de transplante, estatisticamente foram semelhantes. Porém do ponto de vista fitotécnico, as melhores mudas, de acordo com as qualidades hortícolas no ponto de transplante, foram obtidas nos tratamentos S₁₅, S₉, S₁₆, S₁₉ e S₃₅, coincidindo com os valores encontrados para MSPA e MSSR.

Dentre os tratamentos analisados, os mais recomendados para produção de mudas são os tratamentos S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₄, S₃₅, S₃₆, S₃₇, S₃₈, S₃₉, S₄₀ e S₄₁. Entretanto, neste trabalho, verificou-se que apenas o tratamento S₃₅ apresentou mudas de excelente qualidade, nos tratamentos S₃₂, S₃₃, S₃₆, S₃₇, S₃₈, S₄₀ e S₄₁ apresentaram mudas de péssimas qualidade e nos tratamentos S₃₄ e S₃₉, observaram-se mudas de qualidade intermediária para o ponto de transplante (Figura 20 e Tabela 7).

Para as análises químicas dos tratamentos S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₄, S₃₆, S₃₇, S₃₈, S₄₀ e S₄₁ os valores de pH apresentaram-se abaixo da faixa ideal. Já para condutividade elétrica (CE) os tratamentos S₃₂, S₃₇ e S₄₀, apresentaram valores dentro da faixa ideal, os tratamentos S₃₁, S₃₃, S₃₄ e S₃₈ apresentaram valores de CE acima da faixa ideal e os tratamentos S₃₆ e S₄₁ apresentaram valores de CE abaixo da faixa ideal (Tabela 5).

Observou-se nos tratamentos S₃₁, S₃₂, S₃₃, S₃₈ e S₄₁, que para todas as características físicas analisadas, os valores apresentaram-se fora da faixa ideal. No tratamento S₃₄, EPA₁₀ apresentou valor de 80,75 % (v/v) estando dentro da faixa sugerida como ideal. No tratamento S₃₆, EPA₃₀ e EPA₅₀ apresentaram valores de 57,27 % (v/v) e 59,00 % (v/v) respectivamente, dentro da faixa sugerida como ideal. No tratamento S₃₇, EPA₁₀, EPA₃₀ e EPA₅₀ apresentaram valores de 80,42 % (v/v), 73,69 % (v/v) e 73,69 % (v/v), respectivamente, dentro da faixa ideal. No tratamento S₄₀, PA₁₀ e EPA₃₀ apresentaram valores de 26,22 % (v/v) e 68,42 % (v/v), respectivamente, da faixa sugerida como ideal (Tabela 5).

Resende et al. (2004), estudando a utilização de resíduos agroindustriais como substrato na produção de mudas de tomateiro, verificaram que os tratamentos Plantmax® + maravalha carbonizada nas proporções 1:1 e 1:2 e maravalha carbonizada, promoveram os melhores desenvolvimentos das mudas de tomateiro.

Oliveira et al. (2004) avaliando a produção de mudas de tomateiro rasteiro com a utilização de substratos alternativos ao produto comercialmente utilizado Plantmax®, observaram que os melhores resultados para as variáveis avaliadas foram obtidos com o Plantmax®.

Rocha et al. (2003) ao avaliarem diferentes substratos, também verificaram superioridade do Plantmax®.

Souza et al. (2003), avaliando a produção de mudas de tomateiro, utilizando húmus de minhoca e cama de aviário como substrato e o biofertilizante Agrobio, como adubação foliar, observaram que o húmus de minhoca enriquecido com 5 % de cama de aviário promoveu um melhor desenvolvimento das mudas, quando comparado ao substrato comercial Plantmax®.

Duarte et al. (2002) avaliando a produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos orgânicos, verificaram a viabilidade de produção de mudas vigorosas de tomateiro em substratos formulados com vermicomposto bovino + casca de arroz carbonizada sem a utilização de fertilização.

Camapanharo et al. (2004) avaliando os efeitos de diferentes substratos para a produção de mudas de tomateiro, verificaram que os substratos que apresentaram melhores resultados quanto as variáveis analisadas foram, composto orgânico e pó de coco + composto orgânico.

Fior et al (2004), estudando substrato para emergência de *Combretum fruticosum* (Loefl.) Stuntz, ornamental, popularmente conhecida por escova de macaco, verificaram que os melhores resultados foram obtidos em composto orgânico produzido a partir de resíduos de poda e varredura do parque Jardim Botânico, enriquecido com cama de cavalaria, apresentando plântulas com melhor aspecto visual e sem sintomas de deficiência nutricional.

Vale et al. (2004), avaliando diferentes misturas de substrato na produção de mudas de jiló, verificaram os melhores resultados para as variáveis analisadas utilizando vermicomposto, areia, solo e pó-de-coco em diferentes proporções. Os mesmos autores obtiveram resultados similares na produção de mudas de pimentão.

Os substratos a base de terra vegetal, húmus de minhoca, compostagem e esterco bovino, possivelmente forneceram as mudas os nutrientes necessários para um bom desenvolvimento, das mudas visto que o experimento foi conduzido com ausência de fertirrigação.

Na (Tabela 1), apresentam as faixas referencias de valores para as características físicas e químicas muito ampla e variável entre os pesquisadores. Apesar das recomendações da faixa ideal para produção de mudas presentes na (Tabela 5), verificou-se que para a produção de mudas de tomate, esses valores de referência não se aplica.

A realização de teste biológico pode ser a melhor maneira de se comprovar a qualidade físico-química do substrato.

Figura 20 - Valores das médias das notas da qualidade hortícola no ponto de transplante observadas nas mudas de tomate

Tabela 7. Valores médios das notas observadas na análise visual de acordo com a qualidade hortícola das mudas no ponto de transplante. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 2004

Tratamentos	Média das notas (alface)	Tratamentos	Média das notas (Pepino)	Tratamentos	Média das notas (Tomate)
S ₂₁	4,75 A	S ₁₅	4,75 A	S ₃₅	5,00 A
S ₁₃	4,25 A	S ₉	4,50 AB	S ₁₅	4,75 AB
S ₁₅	3,25 B	S ₁₆	4,25 AB	S ₁₉	4,75 AB
S ₁₉	3,00 BC	S ₃₅	4,25 AB	S ₂₁	4,75 AB
S ₃	3,00 BC	S ₁₉	4,00 ABC	S ₁₈	4,25 ABC
S ₃₅	3,00 BC	S ₃	3,75 ABCD	S ₃	3,75 ABCD
S ₁₆	2,25 CD	S ₇	3,75 ABCD	S ₃₉	3,75 ABCD
S ₁₈	2,25 CD	S ₁₈	3,75 ABCD	S ₃₄	3,50 BCDE
S ₃₄	2,25 CD	S ₃₉	3,75 ABCD	S ₁	3,25 CDEF
S ₃₉	2,00 DE	S ₈	3,50 ABCDE	S ₈	3,00 CDEFG
S ₃₃	2,00 DE	S ₂₁	3,50 ABCDE	S ₂₆	3,00 CDEFG
S ₈	1,75 DEF	S ₃₄	3,50 ABCDE	S ₂	2,50 DEFGH
S ₃₁	1,75 DEF	S ₁₀	3,00 ABCDEF	S ₃₆	2,50 DEFGH
S ₇	1,50 DEF	S ₁₄	3,00 ABCDEF	S ₂₅	2,50 DEFGH
S ₂	1,25 EF	S ₁₇	3,00 ABCDEF	S ₂₀	2,25 EFGHI
S ₁₇	1,25 EF	S ₃₁	3,00 ABCDEF	S ₃₇	2,25 EFGHI
S ₂₆	1,25 EF	S ₂₀	2,75 BCDEFG	S ₁₄	2,25 EFGHI
S ₁	1,00 F	S ₃₆	2,75 BCDEFG	S ₄₀	2,25 EFGHI
S ₄	1,00 F	S ₂₈	2,75 BCDEFG	S ₄₁	2,25 EFGHI
S ₅	1,00 F	S ₃₂	2,75 BCDEFG	S ₃₁	2,25 EFGHI
S ₆	1,00 F	S ₁₂	2,25 CDEFG	S ₃₃	2,25 EFGHI
S ₃₆	1,00 F	S ₂	2,25 CDEFG	S ₅	2,00 FGHI
S ₃₇	1,00 F	S ₃₇	2,25 CDEFG	S ₁₀	2,00 FGHI
S ₃₈	1,00 F	S ₅	2,25 CDEFG	S ₃₂	2,00 FGHI
S ₂₅	1,00 F	S ₃₃	2,25 CDEFG	S ₃₈	1,75 HI
S ₄₀	1,00 F	S ₁	2,00 DEFG	S ₂₃	1,50 HI
S ₄₁	1,00 F	S ₆	2,00 DEFG	S ₁₂	1,50 HI
S ₉	1,00 F	S ₂₂	2,00 DEFG	S ₂₂	1,25 HI
S ₁₀	1,00 F	S ₃₀	2,00 DEFG	S ₂₇	1,00 I

Tabela 7. Valores médios das notas observadas na análise visual de acordo com a qualidade hortícola das mudas no ponto de transplante. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 2004

Tratamentos	Média das notas (alface)		Tratamentos	Média das notas (Pepino)		Tratamentos	Média das notas (Tomate)	
S ₁₁	1,00	F	S ₄₁	2,00	DEFG	S ₂₈	1,00	I
S ₁₂	1,00	F	S ₃₈	1,75	EFG	S ₃₀	1,00	I
S ₁₄	1,00	F	S ₂₅	1,75	EFG	-	-	
S ₂₀	1,00	F	S ₄	1,25	FG	-	-	
S ₂₂	1,00	F	S ₂₆	1,25	FG	-	-	
S ₂₃	1,00	F	S ₄₀	1,00	G	-	-	
S ₂₄	1,00	F	S ₂₃	1,00	G	-	-	
S ₂₉	1,00	F	S ₂₄	1,00	G	-	-	
S ₃₀	1,00	F	S ₂₇	1,00	G	-	-	
S ₂₇	1,00	F	-	-		-	-	
S ₂₈	1,00	F	-	-		-	-	
S ₃₂	1,00	F	-	-		-	-	
CV (%)	22,29		CV (%)	25,04		CV (%)	19,98	

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

Tabela 8. Valores médios de massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSSR), para as plântulas de pepino e tomate no ponto de transplante. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 2004

Tratamentos	MSPA (PEPINO)	MSSR (PEPINO)	Tratamentos	MSPA (TOMATE)	MSSR (TOMATE)
S ₁₅	0,190 A	0,095 A	S ₁₈	0,114 A	0,054 A
S ₁₉	0,176 AB	0,090 ABCDE	S ₃₅	0,113 A	0,055 A
S ₃₅	0,175 AB	0,091 ABC	S ₂₁	0,092 AB	0,047 AB
S ₇	0,173 ABC	0,084 ABCDEFG	S ₁₅	0,089 AB	0,035 ABC
S ₁₆	0,173 ABC	0,093 AB	S ₃₉	0,070 ABC	0,034 ABCD
S ₁₈	0,171 ABCD	0,090 ABCD	S ₃	0,064 BCD	0,029 BCDE
S ₉	0,168 ABCD	0,079 ABCDEFGHI	S ₃₄	0,060 BCDE	0,035 ABC
S ₃	0,159 ABCDE	0,081 ABCDEFGH	S ₁₉	0,038 CDEF	0,056 A
S ₈	0,158 ABCDE	0,086 ABCDEF	S ₁₄	0,032 CDEF	0,010 DEF
S ₁₀	0,155 ABCDE	0,065 ABCDEFGHIJ	S ₃₆	0,032 CDEF	0,014 CDEF
S ₃₉	0,152 ABCDEF	0,059 ABCDEFGHIJKL	S ₁	0,030 CDEF	0,017 CDEF
S ₂₁	0,143 ABCDEFG	0,078 ABCDEFGHI	S ₂₆	0,028 CDEF	0,006 EF
S ₁₇	0,139 ABCDEFG	0,050 FGHIJKL	S ₄₀	0,026 CDEF	0,011 CDEF
S ₂₀	0,134 ABCDEFGH	0,060 ABCDEFGHIJK	S ₂₀	0,025 CDEF	0,016 CDEF
S ₃₄	0,134 ABCDEFGH	0,066 ABCDEFGHIJ	S ₃₂	0,023 DEF	0,016 CDEF
S ₃₁	0,131 ABCDEFGH	0,058 BCDEFGHIJKL	S ₂	0,022 DEF	0,020 CDEF
S ₃₂	0,121 BCDEFGHI	0,049 FGHIJKL	S ₁₀	0,019 DEF	0,018 CDEF
S ₁₄	0,112 BCDEFGHIJ	0,044 HIJKL	S ₄₁	0,019 DEF	0,012 CDEF
S ₆	0,111 BCDEFGHIJ	0,044 HIJKL	S ₃₇	0,018 DEF	0,013 CDEF
S ₃₆	0,109 DEFGHIJK	0,055 CDEFGHIJKL	S ₈	0,018 EF	0,022 CDEF

Tabela 8. Valores médios de massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSSR), para as plântulas de pepino e tomate no ponto de transplante. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 2004

Tratamentos	MSPA (PEPINO)	MSSR (PEPINO)	Tratamentos	MSPA (TOMATE)	MSSR (TOMATE)
S ₃₃	0,108	DEFGHIJK	S ₃₁	0,017	EF
S ₂₈	0,108	DEFGHIJK	S ₃₃	0,014	EF
S ₃₀	0,099	EFGHIJKL	S ₂₅	0,012	F
S ₂₂	0,098	EFGHIJKL	S ₁₂	0,012	F
S ₂	0,097	EFGHIJKL	S ₂₈	0,011	F
S ₁₂	0,096	EFGHIJKL	S ₅	0,011	F
S ₃₈	0,089	FGHIJKL	S ₃₈	0,010	F
S ₁	0,087	FGHIJKL	S ₂₂	0,007	F
S ₄₁	0,087	FGHIJKL	S ₂₃	0,007	F
S ₃₇	0,086	GHIJKL	S ₃₀	0,006	F
S ₅	0,085	GHIJKL	S ₂₇	0,004	F
S ₂₅	0,085	GHIJKL	-	-	-
S ₂₄	0,072	HJKL	-	-	-
S ₄₀	0,072	HJKL	-	-	-
S ₄	0,059	IJKL	-	-	-
S ₂₆	0,047	JKL	-	-	-
S ₂₇	0,045	KL	-	-	-
S ₂₃	0,035	L	-	-	-
CV(%)	19,87	23,49	CV (%)	15,54	12,96

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

4.8.4 Considerações finais

No comércio de Piracicaba há uma variedade muito grande de substratos para produção de mudas. Porém, muitos destes substratos apresentaram características físicas e químicas fora da faixa considerada ideal, para a obtenção de mudas de alta qualidade.

Os substratos a base de fibra de xaxim, não apresentaram bons resultados nas análises físicas e químicas e nos testes biológicos. A utilização deste substrato no experimento foi em função da disponibilidade no mercado, mesmo sendo um material não recomendado para produção de mudas de oleráceas. É importante ressaltar que a comercialização destes substratos está proibida.

Os substratos a base de terra vegetal, húmus de minhoca e esterco de curral, apresentaram alguns resultados satisfatórios para a produção de mudas de oleráceas. Podendo ser estes substratos recomendados para a produção de mudas orgânicas. Porém, estes substratos podem ser veículo de propágulos de doenças e de plantas daninhas, para o viveiro de produção de mudas, visto que não são esterilizados.

Neste trabalho observou-se que, dos substratos comercializados em Piracicaba a maioria não apresentou resultado satisfatório para produção de mudas de oleráceas. Esta observação só é possível através do teste biológico a partir da produção de mudas, que complementa os resultados laboratoriais das características físicas e químicas dos substratos. Nem sempre o substrato que apresentou resultados satisfatórios nas análises laboratoriais apresentou um bom desempenho no teste biológico. Desta forma mostra que é importante adequar o substrato às exigências de cada espécie.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- para a produção de mudas de alface, os substratos S₁₃ (Húmus de minhoca) e S₂₁ (Adubo de curral West Garden) foram os que apresentaram melhores resultados, para a qualidade hortícola das mudas no ponto de transplante;
- para a produção de mudas de pepino, o substrato S₁₅ (Húmus esterco de minhoca – Xaxins Campinas), foi o que apresentou melhor resultado, para a qualidade hortícola das mudas no ponto de transplante;
- para a produção de mudas de tomate, os substratos S₁₈ (Húmus – A.M.Beloto) e S₃₅ (Plantmax® – HT) foram os que apresentaram melhores resultados, para a qualidade hortícola das mudas no ponto de transplante;
- para a caracterização física e química o substrato S₃ (Terra vegetal-A.M.Beloto) apresentou os melhores resultados para as características avaliadas;
- do total de substratos analisados, 19,5 % apresentaram resultados excelentes, 26,83 % intermediários e 53,67 % péssimos no teste biológico para mudas das oleráceas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, M.; MARTINEZ, M.D.; MARTINEZ, P.F.; MARTINEZ, J. Evaluation agronômica de los substratos de cultivo. **Actas de Horticultura**, v.11, p.141-154, 1992.
- ABREU, M.F de; ABREU, C.A. de; BATAGLIA, O.C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., Campinas, 2002. Campinas: IAC, 2002. p.17-28 (IAC. Documentos, 70).
- AENDEKERK, Th.G.L.; AENDEKERK, G.L.; CEVAT, H.; DOLMANS, N.; ELDEREN, C. van; KIPP, J.A.; KREIJ, C. de; SONNEVELD, C.; VERHAGEN, J.B.G.M.; WEVER, G. **International substrate manual**. Doetinchem: Elsevier International Business, 2000. 94p.
- ANISKO, T.; NESMITH, D.S.; LINDSTROM, O.M. Time-domain reflectometry for measuring water content of organic growing media in containers. **HortScience**, v.29, n.12, p.1511-1513, 1994.
- ANSTETT, A.; PASQUIER, P. Quesques reflexions sur lês analyses de substrat. **Acta Horticulturae**, n.126, p.245-249, 1981.
- APPLETON, E. Soil problems and diagnostic aspects of mineral nutrition. **Plant mineral nutrition**. London: The English University Press, 1974. p.105-144.

- ARRIGONI-BLANK, M.F.; BLANK, A.F.; LAURA, V.A.; CARVALHO, D.A. de. Efeito do substrato na produção de mudas de casaqueira [*Campomanesia rufa* (Berg) Nied.]. **Ensaios e Ciência**, v.1, p.75-84, 1997.
- ARRUDA JÚNIOR, S.J. de; MENEZES, J. C.; MELO, E.C. de; SILVA, M.O.; SILVA, M.D.R.O.; RODRIGUES, J.J.V. Avaliação de diferentes substratos na produção de mudas de alface. In: BARBOSA, J.G.; MARTINEZ, H.E.P.; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p.409.
- BACKES, M.A.; KÄMPF, A.N. Substrato a base de composto de lixo urbano para a produção de plantas ornamentais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.5, p.753-758, maio1991.
- BALLESTER-OLMOS, J.F. **Substratos para el cultivo de plantas ornamentales**. Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrárias, 1992. 44p. (Hojas Divulgadoras, 11).
- BARRET, R.L. The use of planter flats for raising Forest nurse stock. **South African Forestry Journal**, v.117, p.65-67, 1981.
- BEARDSSELL, D.V.; NICHOLS, D.G.; JONES, D.L. Physical properties of nurse potting-mixtures. **Scientia Horticulturae**, v.11, p.1-8, 1979.
- BELLE, S. Uso da turfa “Lagoa dos Patos” (Viamão/RS) como substrato hortícola. Porto Alegre, 1990. 143p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BIK, A.R.; BOERTJE, G.A. Fertilising standards for potting compost base don the 1:1 $\frac{1}{2}$ volume extratction method of soil testing. **Acta Horticuulturae**, n.50, p.153-156, 1975.

- BILDERBACK, T.E.; FONTENO, W.C.; JOHNSON, D.R. Physical properties of media compared of peat hulls, pine bark and peatmoss and their effects on azalea growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.107, p.522-525, 1982.
- BIX, R. Some thoughts on physical properties of substrates with special reference to aeration. **Acta Horticulturae**, n.31, p.149-160, 1973.
- BLANC, M. **Lês cultures hors sol**. Paris: INRA, p.9-13, 1987.
- BLANK, A.F.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; SILVA, P.A.; TORRES, M.E.R.; MENEZES, H.J.A. Efeitos de composições de substratos na produção de mudas de quiôio (*Ocimum gratissimum* L.). **Ciência Agronômica**, v.34, n.1, p.5-8, 2003.
- BOERTJE, G.A. Physical laboratory analyses of potting composts. **Acta Horticulturae**, n.150, p.47-50, 1983.
- BOGGIE, R. Moisture characteristics of some peat-sand mixtures. **Scientia Horticulturae**, v.22, p.87-91, 1970.
- BORDAS, J.M.C.; BACKES, M.A.; KÄMPF, A.N. Características físicas e químicas de substratos comerciais. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 6., Nova Prata, 1988. **Anais**. Nova Prata: Secretaria de Agricultura do RS, 1988. p.427-435.
- BUGBEE, G.J.; FRINK, C.R. Aeration of potting media and plant growth. **Soil Science**, v.141, n.6, p.438-441, 1986.

- BUNT, A.C. Some physical properties of pot-plant composts and their effect on plant growth. Bulky physical conditioners. **Plant and Soil**, v.4, p.322-332, 1961.
- BUNT, A.C. Factors contributing to the delay in the flowering of pot chrysanthemums grown in peat-sand substrates. **Acta Horticulturae**, n.31, p.163-174, 1973.
- BUNT, A.C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot plant substrates and their relation to plant growth. **Plant and Soil**, v.38, n.4, p.1954-1965, 1983.
- BUNT, A.C. Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. **Acta Horticulturae**, n.31, p.143-153, 1984.
- BUNT, A.C. **Media and mixes for container-grown plants**. London: Unwin Hyman, 1988.
- BURÉS, S. **Substratos**. Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 1997. 341p.
- BURÉS, S.; MARTINEZ, F.X.; PEREZ, N. Monte Carlo computer simulation in horticulture: A model for container media characterization. **Acta Horticulturae**, n.294, p.207-214, 1991.
- CADAHÍA, C.; EYMAR, E. Caracterización química y fisicoquímica de substratos, **Actas de Horticultura**, v.11, p.19-25, 1992.

- CAMPANHARO, M.; MENEVES, J.C.; LIMA, P.A.; BARROS, F.M.; COSTA, J.V.T. da.; RODRIGUES, J.J.V. Efeito de diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro. In: BARBOSA, J.G.; MARTINEZ, H.E.P.; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p.345.
- CARDOSO, A.I.I.; SILVA, N. Avaliação de híbridos de pepino tipo japonês sob ambiente protegido em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, p.170-175, 2003.
- CARRIJO, O.A.; LIZ, R.S; MAHISHIMA, N. Fibra de casca de côco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.533-535, 2002.
- CARRIJO, O.A.; MELO, W.F. de; MAKISHIMA, N. Efeito de diferentes volumes de substrato na produção do tomateiro cultivado em casa-de-vegetação (compact disc). **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, jul.2004. Suplemento.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 2000. 588p.
- CASSERES, E. **Producción de hortalizas**. San Jose: Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura, 1984. 387p.
- CASTRO, E.M. de; ALVARENGA, A.A. de; GOMIDE, M.B.; GEISENHOFF, L.O. Efeito de substratos na produção de mudas de calabura (*Muntingia calabura* L.) **Ciência e Agrotecnologia**, v.20, n.3, p.366-370, 1996.
- CONOVER, C.A. Soil amendment for pot and field growth flower. **Florida Flower Grower**, v.4, n.4, p.1-4, 1967.

- De BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in Horticulture. **Acta Horticulturae**, n.26, p.37-44, 1972.
- De BOODT, M.; VERDONCK, O.; CAPPAERT, I. Method for measuring the waterrelease curve of organic substrates. **Acta Horticulturae**, n.37, p.2054-2063, 1973.
- DUARTE, L.C.; LUZ, J.M.Q.; MARTINS, S.T.; DINIZ, K.A. Produção de mudas de alface e couve-flor em substrato à base de verimcomposto (compact disc). **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, jul. 2003. Suplemento.
- DUARTE, L.C.; LUZ, J.M.Q.; MARTINS, S.T.; DINIZ, K.A. Produção de mudas de repolho e pepino em substrato à base de verimcomposto (compact disc). **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, jul. 2003. Suplemento.
- FABRI, E.G.; SALA, F.C.; MINAMI, K. Caracterização física e química de diferentes substratos. In: BARBOSA, J.G.; MARTINEZ, H.E.P.; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. (Ed). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p.318.
- FERMINO, M.H. Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas. Porto Alegre, 2003. 89p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FERMINO, M.H.; BELLÉ, S. **Substratos hortícolas**. In: PETRY, C. (org.). **Plantas Ornamentais – aspectos para produção**. Passo Fundo: Universitária, 2000. p.29-35.

- FIGLIOLA, M.B.; OLIVEIRA, E.C.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M., FIGLIOLA, M.B. (Ed.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.173-174.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2 ed. Viçosa: UFV, 2003. 402 p.
- FIOR, C.S.; LEONHARDT, C.; CALIL, A.C.; KÄMPF, A.N. Substratos para emergência de *Combretum fruticosum* (Loefl.) Stuntz. In: BARBOSA, J.G.; MARTINEZ, H.E.P.; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. (Ed). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p.367.
- FONTENO, W.C. Na approach to modeling air and water status of horticultural substrates. Substrates in Horticulture. **Acta Horticulturae**, n.238, p.67-74, 1989.
- FONTENO, W.C. Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, n.342, p.197-204, 1993.
- GABRIËLS, R. Standartization of growing media analysis and evaluation. **Acta Horticulturae**, n.401, p.555-557, 1995.
- GABRIËLS, R.; VERDONCK, O. Physical and chemical characterization of plant substrates: towards a European standatization. **Acta Horticulturae**, n.294, p.259-271, 1991.

- GAULAND, D.C.S.P. Relações hídricas em substratos à base de turfas sob o uso dos condicionadores casca de arroz carbonizada ou queimada. Porto Alegre, 1997. 107p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- GISLERØD, H.R. Physical conditions of propagation media and their influence on the rooting of cuttings. **Plant and Soil**, v.69, p.445-456, 1982.
- GOH, K.M.; HAYNES, R.J. Evaluation of potting media for comercial nursey production of container grow plants: 1. Physical and chemical characteristics of soil and soilless media and their constituents. **New Zeland Journal of Agricultural Research**. v.20, p.363-370, 1977.
- GONÇALVES, A.L. Substratos artificiais para a produção de mudas de calanchoe, *Kalanchoe blossfeldiana* cv. Singapur, Crassulaceae. Piracicaba, 1992. 112p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- GONÇALVES, A.L. Substratos para produção de mudas de plantas ornamentais. In: MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: Ed. T.A. Queiroz, 1995. p.107-115.
- GOTO, R.; IOZI, R.N.; CAÑIZARES, K.A.L.; STRIPARI, P.C. Alfaca novas técnicas, melhor qualidade. In: FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **AGRIANUAL 97**: anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo, 1997. p.76-78.
- GOTO, R. A cultura da alfaca. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (org.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**: São Paulo: Funep, 1998, p.137-159.

GROLI, P.R. Composto de lixo domiciliar como condicionador de substratos para plantas arbóreas. Porto Alegre, 1991. 125p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

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

GUNTHER, J. Analytics of substrates and problems by transmitting the results into horticultural practice. **Acta Horticulturae**, n. 150, p. 33-40, 1983.

HANDRECK, K.A.; BLACK, N.D. **Growing media for ornamental plants and turf**. Kensington: New South Wales University Press, 1989.

HANDRECK, K.A.; BLACK, N.D. **Growing media for ornamental plants and turf**. Sydney: Unsw Press, 1999. 448p.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E. **Propagação de plantas: princípios y prácticas**. México: Compañia Editorial Continental, 1994. 760p.

HARTMANN, H.T.; FLOCKER, W.J.; KOFRANEK, A.M. **Plant science: growth, development, and utilization of cultivated plants**. New York: Prentice-hall, 1981. 637p.

HEISKANEN, J. Physical properties of two-component growth media base don Sphagnum peat and their implications for plant-available water and aeration. **Plant and Soil**, v.172, p.45-54, 1995.

HENIN, S.; GRAS, R.; MONNIER, G. **Os solos agrícolas**. São Paulo: EDUSP, 1976. 327p.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. New York: Academic Press, 1980.

HORA, R.C. da, GOTO, R.; BRANDÃO FILHO, J.U.T. O lugar especial da produção de hortaliças no agronegócio. In: FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **AGRIANUAL 2004**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2004. p.322-323.

HSIAO, T.C. Plant responses to water stresses. **Annual Review of Plant Physiology**, v.24, p.519-570, 1973.

JORGE, J.A. **Manejo e adubação**. Compêndio de Edafologia. 2.ed. São PAULO, Ed. Nobel, 1983, 309p.

KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed.). **Substrato para plantas**: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Gênese, 2000. 312p.

KÄMPF, A.N. Substratos para floricultura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, Maringá, 1992, **Manual de floricultura**. Maringá: SBFPO, 1992. p.36-43.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Editora Ceres, 1985. 492p.

KLEPPER, B. Root-shoot relationships. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, V. **Plants root the hidden half**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 265-286.

LEAL, F.R.; BARROS, W. S. Efeitos da mistura de substratos no desenvolvimento de mudas de alface (compact disc). **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, jul. 2003. Suplemento.

- LEAL, M.A. de A.; SOUZA, J.M.P.F. de.; ARAÚJO, M.L. de. Produção de mudas de pepino utilizando húmus de minhoca e cama de aviário como substrato e o biofertilizante Agrobio como adubação foliar (compact disc). **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, jul. 2003. Suplemento.
- LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties as growing médium. **Acta Horticulturae**, n.396, p.273-284, 1995.
- LOPES, J.C.; CATEN, A.; PEREIRA, M.D.; LIMA, R.V.; REIS, L.S.; SOARES, A.S. Germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de pepino em diferentes tipos de substratos (compact disc). **Horticultura Brasileira**, v.21, jul. 2001. Suplemento.
- MARTINS, S.T.; LUZ, J.M.Q.; DINIZ, K.A. Produção de mudas de alface em substrato a base de vermicomposto. (compact disc). **Horticultura Brasileira**, v.19, n.2, jul. 2003. Suplemento.
- MARTINEZ, P.F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A.M.C. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. 122p. (IAC. Documentos, 70).
- MILKS, R.R.; FONTENO, W.C.; LARSON, R.A. Hydrology of horticultural substrates. II. Predicting air and water content of limited plug ulls. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.114 n.1: p.57-61, 1989.
52-56
- MILNER, L. Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., Campinas, 2002. Campinas: IAC, 2002. p.45-51. (IAC. Documentos, 70).

MINAMI, K. Vermiculita. In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA, 7., Jaboticabal, 1982. Jaboticabal: Funep, 1982. p.5.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T. A. Editor, 1995. 128p.

MINAMI, K.; PUCHALA, B. Produção de mudas de hortaliças de alta qualidade. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 162-163, jul. 2000. Suplemento.

MINER, J.A. **Substratos: propiedades y caracterización**. Madrid: Mundi-Prensa, 1994. 172p.

MORAES, R.L.C.; SILVA, R.R.; LOPES, J.C.; MARTINS FILHO, S. Efeitos de substratos orgânicos na germinação de sementes orgânicas de pepino. (compact disc). **Horticultura Brasileira**. v.21, n.2, jul. 2003. Suplemento.

OLIVEIRA, A.S.; SANTOS, M.F.; SIMÕES, R.A.; AMANCIO, V.F.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; SILVA, A. de; MENDONÇA, M.C.; SILVA-MANN, R.; BLANK, A.F. Avaliação da composição e concentração do adubo orgânico na produção de mudas de erva cidreira verdadeira (*Melissa officinalis* L.). In: SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DA BAHIA, 3., Feira de Santana, 2002. **Resumos**. Feira de Santana: UEFS, 2002. p.34.

OLIVEIRA, G.B. de; MOTA, W.F. da; MAGALHÃES, V.R.; ALVES, F.G.; SILVEIRA, E.K.C.P.; TARCHETTI, G.P. Produção de mudas de tomateiro rasteiro com a utilização de substratos alternativos ao produto comercialmente utilizado (compact disc). **Horticultura Brasileira**. v.22, n.2, jul. 2004. Suplemento.

- OLIVEIRA, L.C. Caracterização físico-química da casca e da serragem de eucalipto para uso como substrato para plantas. Porto Alegre, 2000. 43p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B.; VASCONCELLOS, L.A.B.C. Avaliação de mudas de maracujazeiro em função do substrato e do tipo de bandeja. **Scientia Agricola**, v.50, n.2, p.261-266, 1993.
- PENNINGSFELD, F. Kultur substrate fur den Gartenbau, besonders in Deutschland: Ein Kritischer Uberblick. **Plant and Soil**, v.75, p.269-281, 1983.
- POKORNY, F.A.; HENNY, B.K. Construction of a milled pine bark and sand médium from component particles. I. Bulk density: a tool for predicting components. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.109, p.770-773, 1984.
- PRAGANA, R.B. Potencial do resíduo da extração da fibra de côco como substrato na produção agrícola. Recife, 1998. 84 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- PRASAD, M. Physical properties of mecha for container grown crops. New Zeland peats and wood waters. **Scientia Horticulturae**, v.10, p.317-323, 1979.
- PUCHALSKI, L.E.A.; KÄMPF, A.N. Efeito da altura do recipiente sobre a produção de mudas de *Hibiscus rosa-sinensis* L. em plugs. 2000. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed.). **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.312.

RAC, D.P. Disponibilité en eau des substrates horticoles. **Revue Suisse de Viticulture Arboriculture Horticulural**, v.17, n.3, p.177-178, Mai/Juin 1985.

RESENDE, J.T.V. de.; FARIA, M.V.; SALVADOR, E.D.; RESENDE, F.V.; MALLMANN, N.; DENEGA, S.; SANTOS, E.M. dos.; ALMEIDA, D.D. de.; VARGAS, P.F.; QUARTIERO, A.; MERCEDES, R.; MORAES, T.P. Utilização de resíduos agroindustriais como substrato na produção de mudas de tomateiro (compact disc). **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, jul. 2004. Suplemento.

RIVIERE, L.M. Importance des caracteristiques physiques des l choix des substrats pour ls cultures hors sol. **P.H.M. Revue Horticole**, v.209, p.23-27, 1980.

RBER, R. Substratos Hortcolas: Possibilidades e limites de sua composio e uso; Exemplos da Pesquisa, da indstria e do consumo. In: KMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed.). **Substrato para plantas: a base da produo vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gnesis, 2000. p.209-215.

uROCHA, M.R.; MOTA, W.F.; PEREIRA, M.C.T.; MAGALHES, V.R.; TARCHETTI, G.P. Desenvolvimento tecnolgico alternativo para produo de mudas de abbora, utilizando-se composto orgnico (compact disc). **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, jul. 2003. Suplemento.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. da; YNEZ, L.de D.T.; BLAT, S.F. Reao de alface murchadeira (*Thielaviopsis basicola*) (compact disc). **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, jul. 2003. Suplemento.

SALVADOR, E.D. Efeito de diferentes substratos no crescimento e desenvolvimento de samambaia matogrossense (*Polypodium aureum*). Lavras, 1995. 67p. (Dissertao de Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

- SALVADOR, E.D. Caracterização física e formulação de substratos para o cultivo de algumas espécies ornamentais. Piracicaba, 2000. 148p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- SETUBAL, J.W.; NETO, A.F.C. Efeito de substratos alternativos e tipos de bandejas na produção de mudas de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.593-594, 2000. Suplemento.
- SILVEIRA, E.B.; RODRIGUES, V.J.L.B.; GOMES, A.M.A.; MARIANO, R.L.R.; MESQUITA, J.C.P. Pó de côcoc como substrato para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, p.211-216, 2002.
- SMITH, R.C.; POKORNY, F.A. **Physical characterization of some potting substrates in commercial nurseries**. 1977. 8p.
- SONNEVELD, D.C.; ENDE, J. van den; DIJK, PA. Van. Análisis of growing media by jeans of a 1:1,5 volume extract. **Soil Science and Plant Analysis**, v.5 n.3, p.183-202, 1974.
- SOUZA, J.M.P.F. de; LEAL, M.A.A.; ARAÚJO, M.L. de. Produção de mudas de tomateiro utilizando húmus de minhoca e cama de aviário como substrato e o biofertilizante Agrobio como adubação foliar. (compact disc). **Horticultura Brasileira**. v.21, n.2, jul. 2003. Suplemento.
- SOUZA, M.M.; LOPEZ, L.C.; FONTES, L.E. Avaliação de Substratos para o cultivo do Crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat., Compositae) White Polaris em vasos. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.1, n.2, p.71-74, 1995.

SOUZA, R.J.; FERREIRA, A. Produção de mudas de hortaliças em bandejas: economia de sementes e defensivos. **A Lavoura**, n.623, p.19-21, 1997.

SPOMER, L.A. Two classroom exercises demonstrating the pattern of container soil water distribution. **HortScience**, v.9, n.2, p.151-153, 1974.

TERÉS, V.; ARRIETA, V.; ROZAS, M. A method for evaluation of air volumes in substrates. **Acta Horticulturae**, n.401, p.41-47, 1995.

TRANI, P.E.; NOVO, M.C.S.S.; CAVALLARO JÚNIOR, M.L.; TELLES, L.M.G. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.290-294, 2004.

VALE, L.S. do; COSTA, J.V.T. da; SILVA, M.I.L.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C.J. da. Avaliação de diferentes misturas de substrato na produção de mudas de jiló. In: BARBOSA, J.G.; MARTINEZ, H.E.P.; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 384.

VEIHMAYER, F.J.; HENDRICKSON, A.H. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. **Soil Science**, v.32, p.181-193, 1931.

VERDONCK, O. New developments in the use of grade perlite in horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, n. 150, p. 575-581, 1983b.

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

VERDONCK, O.; GABRIËLS, R. Summary and discussion session standartization of analytical methods. **Acta Horticulturae**, n. 221, p.443-444, 1988.

- VERDONCK, O.; GABRIËLS, R.; VAN KEIRSBULCK, W. Reference Standard materials for the determination of physical characteristics of growing media. **Acta Horticulturae**, n.401, p.559-560, 1995.
- VERDONCK, O.; PENNINCK, R.; De BOODT, M. The physical properties os differet horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, n.150, p.155-160, 1983a.
- VERDONCK, O.; VLEESCHAUWER, D.; De BOODT, M. The influence of the substrate to plant growth. **Acta Horticulturae**, n.126, p.251-258, 1981.
- VERDONCK, O.; VLEESCHAUWER, D.; PENNINCK, R. Barckcompost a new accepted growing médium for plants. **Acta Horticulturae**, n.133, p.221-227, 1983b.
- YURI, J.E.; SOUZA, R.J. de; FERITAS, S.A.C.; RODRIGUES JUNIOR, J.C.; MOTA, J.H. Comportamento de cultivares de alface tipo americana em Boa Esperança. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, p.229-232, 2002.
- WALLER, P.L.; WILSON, F.N. Evaluation of growing media for consume use. **Acta Horticulturae**, n.150, p.51-58, 1983.
- WALLER, P.L.; WILSON, G.C.S. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, n.150, p.51-58, 1984.
- WHITE, J.W.; MASTALERZ, J.W. Soil moisture as related to "container capacity". **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**. v.89, p.759-765, 1966.
- WILSON, G.C.S. The physico-chemical and physical proopies of horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, n.150, p.19-32, 1983.