



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATO À
BASE DE COCO VERDE PARA A PRODUÇÃO DE
MUDAS DE HORTALIÇAS**

RONALDO SETTI DE LIZ

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**BRASÍLIA/DF
SETEMBRO/2006**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATO À BASE DE COCO VERDE
PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE HORTALIÇAS**

RONALDO SETTI DE LIZ

ORIENTADOR: OSMAR ALVES CARRIJO
CO-ORIENTADOR: CARLOS A. DA SILVA OLIVEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PUBLICAÇÃO: 240 / DISSERTAÇÃO / 2006

BRASÍLIA/DF
SETEMBRO/2006

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATO À BASE DE COCO VERDE
PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE HORTALIÇAS**

RONALDO SETTI DE LIZ

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA, DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO DE DISCIPLINAS DE GESTÃO DE SOLO E ÁGUA.

CARLOS ALBERTO DA SILVA OLIVEIRA - Ph.D. (UnB – FAV)
(CO-ORIENTADOR) CPF: 244.516.067-72 E-mail: dasilvao@unb.br

APROVADA POR:

OSMAR ALVES CARRIJO – Ph.D. (Embrapa)
(ORIENTADOR) CPF: 092.353.611-68 E-mail: carrijo@cnph.embrapa.br

ANA MARIA RESENDE JUNQUEIRA – Ph.D. (UnB – FAV)
(EXAMINADORA INTERNA) CPF: 340.665.511-49 E-mail:anamaria@unb.br

JOSÉ MAGNO QUEIROZ LUZ – Dr. (Universidade Federal de Uberlândia)
(EXAMINADOR EXTERNO) CPF: 665.596.186-68 E-mail:jmagno@umarama.ufu.br

BRASÍLIA/DF, 29 de Setembro de 2006

FICHA CATALOGRÁFICA

LIZ, Ronaldo Setti de

Análises físicas e químicas de substrato à base de coco verde para a produção de mudas de hortaliças. / Ronaldo Setti de Liz; orientação de Osmar Alves Carrijo. Brasília, 2006.

69 p. : il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2006.

1. *Lycopersicon esculentum*. 2. *Cocos nucifera* L. 3. Substrato para plantas. 4. Fibra do coco verde. 5. Produção de Mudas. 6. Cultivo sem solo. 7. Irrigação. 8. Hortaliças. 9. Curva de retenção de água. 10. Coco verde. I Carrijo, O. A. (Ph.D).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LIZ, R.S. **Análises físicas e químicas de substrato de coco verde para a produção de mudas de hortaliças.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UnB - Universidade de Brasília. 2006. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Ronaldo Setti de Liz

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO:

Análises físicas e químicas de substrato à base de coco verde para a produção de mudas de hortaliças.

GRAU: Mestre **ANO:** 2006

É concedida à Universidade de Brasília e à Embrapa Hortaliças permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se outros direitos de publicação.

CPF: 701631039 - 68

Qd. 107, Bloco "A1", aptº. 803 - Condomínio Alameda dos Eucaliptos

CEP: 7192000 – Brasília/DF - Brasil

Fone: (61) 3 435 3036

E-mail: setti@cnph.embrapa.br

Dedico este trabalho a minha esposa Rosana e ao meu filho Ronyan Rodrigo aos quais muito tenho a agradecer pela compreensão e cooperação durante o tempo que lhes roubei para dedicar-me a este trabalho.

A ambos, o meu amor.

Minha gratidão tem muitos endereços.

Agradeço:

-A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

-A todos que torceram por um final positivo e;

-A quem por este trabalho se interessou e agora o está lendo.

Obrigado.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
RESUMO GERAL	<i>viii</i>
GENERAL ABSTRACT	<i>ix</i>
INTRODUÇÃO GERAL	<i>1</i>
REVISÃO DE LITERATURA	<i>3</i>
- Uma abordagem sobre o aproveitamento de diferentes resíduos.....	<i>3</i>
- Uma abordagem sobre algumas características físicas e químicas de substratos utilizados no cultivo de plantas.....	<i>11</i>
- Densidade e teor de água em substratos agrícolas.....	<i>11</i>
- Distribuição do tamanho de partículas.....	<i>15</i>
- Curva de retenção de água.....	<i>16</i>
- Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE) em substratos.....	<i>20</i>
CONSIDERAÇÕES FINAIS	<i>23</i>
Referências bibliográficas.....	<i>25</i>
CAPÍTULO I – Determinação de algumas variáveis físicas e químicas em substrato de coco verde	<i>31</i>
Resumo.....	<i>32</i>
Abstract.....	<i>33</i>
Introdução.....	<i>34</i>
Material e Métodos.....	<i>36</i>
- Determinação das densidades do substrato seco ao ar, seco em estufa a 70 °C, e do teor de água no substrato.....	<i>37</i>
- Determinação da distribuição do tamanho de partículas.....	<i>38</i>
- Determinação do pH e da condutividade elétrica.....	<i>39</i>
Resultados e Discussão.....	<i>39</i>
Referências bibliográficas.....	<i>45</i>
CAPÍTULO II – Determinação da curva de retenção de água em substrato de coco verde utilizando-se secagem por evaporação e medição de tensão da água em sensor Irrigas	<i>48</i>
Resumo.....	<i>49</i>
Abstract.....	<i>50</i>
Introdução.....	<i>51</i>
Material e Métodos.....	<i>53</i>
Resultados e Discussão.....	<i>57</i>
SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	<i>66</i>
Referências bibliográficas	<i>67</i>

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I

<i>Tabela</i>		<i>Página</i>
1.	Médias de densidades e do teor de água no substrato de coco verde com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso após o preparo, e no substrato Plantmax [®] , seguidas do erro padrão da média. Embrapa Hortaliças, 2006.	44
2.	Percentual médio da distribuição do tamanho de partículas do substrato de coco verde com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso após o preparo, e do substrato Plantmax [®] , retidas em peneiras. Embrapa Hortaliças 2006.	44
3.	Médias de potencial hidrogeniônico (pH) e de condutividade elétrica (CE) no extrato de saturação do substrato de coco verde com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso após o preparo, e do substrato Plantmax [®] , seguidas do erro padrão da média. Embrapa Hortaliças, 2006.....	44

CAPÍTULO II

1.	Exemplo de tabela utilizada para o registro de dados.....	63
2.	Densidade do substrato seco ao ar (Dsa), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água disponível (AD), água tamponante (AT) e água remanescente (AR) em substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso antes do uso, e no substrato Plantmax [®] . Embrapa Hortaliças, 2006.....	64
3.	Teor de água contida no substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso antes do uso, e no substrato Plantmax [®] , em % de massa do substrato úmido, nas tensões entre 0 e 11 kPa, seguidas do erro padrão da média. Embrapa Hortaliças 2006.....	64
4.	Parâmetros utilizados para ajustes nas curvas de retenção de água.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

<i>Figura</i>		<i>Página</i>
1.	Composição do sistema mini sensor Irrigas para três amostras de substrato.....	62
2.	Esquema de montagem do sistema com mini sensor Irrigas para a determinação de curvas de retenção de água em substrato de coco verde, de acordo com a evaporação da água presente em amostra inicialmente saturada.....	63
3.	Curvas de retenção de água em substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso antes do uso, e em substrato Plantmax [®] , determinadas com o uso de um mini sensor Irrigas.....	65

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATO À BASE DE COCO VERDE PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE HORTALIÇAS

RESUMO GERAL

Neste trabalho teve-se por objetivo analisar física e quimicamente o substrato de coco verde, sem repouso antes do uso, e em repouso durante 45; 90; 135 e 180 dias, respectivamente, tratamentos S0; S45; S90; S135 e S180. O substrato Plantmax[®] foi usado como testemunha. Foram utilizados os delineamentos: blocos ao acaso, com três repetições, para determinar as densidades do substrato seco ao ar (D_{sa}), seco em estufa (D_{se}) e o teor de água; blocos ao acaso, no esquema fatorial 6 x 5 (substrato x malha) com três repetições, para determinar a distribuição do tamanho de partículas; blocos ao acaso, no esquema fatorial 6 x 11 (substrato x tensão) com três repetições, para determinar a curva de retenção de água, e, blocos ao acaso com duas repetições para determinar o pH e a condutividade elétrica (CE). Para S0; S45; S90; S135 e S180, a D_{sa} ficou dentro da faixa de 0,10 a 0,30 g cm⁻³, ideal para substratos; houve concentração de partículas de 0,25 mm de tamanho; a porosidade total ficou abaixo dos 85% considerados ideais para substratos; o pH situou-se dentro da faixa de pH 4,4 a 6,3, recomendados para a produção de mudas de hortaliças; e, a CE variou entre 5,5 dS m⁻¹ e 8,5 dS m⁻¹, sendo considerada muito alta. Os resultados evidenciaram que o repouso do substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças favoreceu o aumento de pH e a redução da CE. No entanto, alertaram para a necessidade de se buscar, por meio de experimentos futuros, uma adequação da distribuição do tamanho de partículas e uma redução maior de CE neste substrato preparado para produção de mudas de hortaliças.

Palavra-chave: *Cocos nucifera* L., hortaliças, produção de mudas, substrato.

PHYSICAL AND CHEMICAL ANALYSIS IN GREEN COCONUT SUBSTRATE FOR SEEDLINGS VEGETABLES PRODUCTION

GENERAL ABSTRACT

The objective in this work was substrate analyze physical and chemically the of green coconut, without maturation and after a period of maturation of 45; 90; 135 and 180 days, respectively, treatments S0; S45; S90; S135 and S180. The commercial substrate Plantmax[®] was used as control. Had been utilize the experimental design: a complete block experimental design, with three replications, to determine the wet density (D_w), dry density (D_d) and the moisture content; complete blocks experimental design, in the factorial 6 x 5 (substrate x sieve) with three replications, to determine the particle size distribution; complete blocks experimental design with two replications, to determine the pH and electric conductivity (EC) and complete blocks experimental design, in the factorial 6 x 11 (substrate x tension) with three replications, to determine the water retention curve. For treatments S0; S45; S90; S135 and S180 the D_w was inside of the band of 0,10 the 0,30 g cm⁻³, considered ideal for substrates; It had particle concentration with 0,25 mm of size; the total porosity had been below of ideal recommended 85% for substrate; the pH had inside placed of the band of pH 4,4 and 6,3, recommended for the vegetables seedlings production; and, the CE varied between 5,5 dS m⁻¹ e 8,5 dS m⁻¹ was considered very high. These results were indicative that the maturation of the Embrapa Vegetables substrate prepared from green coconut favoured the increase of pH and the reduction of the CE. However, alerted for the necessity of search, by means of future experiments, for adequate of the particle size distribution and a bigger reduction of CE in this prepared substrate for vegetable seedlings production.

keyword: *Cocos nucifera* L., vegetables, seedlings production, substrate.

INTRODUÇÃO GERAL

O segmento de produção de hortaliças no Brasil ocupa cerca de 800 mil hectares, produzindo 16 milhões de toneladas que representam 6% do PIB agropecuário nacional e geram 2,4 milhões de empregos diretos e renda superior a 8 bilhões de reais (Agrianual, 2004). Nesse setor é recomendado o uso de mudas produzidas em substrato de boa qualidade, visando à melhor relação custo/benefício com a utilização de técnicas modernas de cultivo.

Entre a modernização das técnicas, o emprego de substratos agrícolas na produção de mudas de hortaliças tem possibilitado o aproveitamento de diferentes resíduos e colaborado para reduzir impactos ambientais.

Um substrato a ser utilizado no cultivo de plantas deve ter pelo menos uma parte gasosa (ar), uma parte aquosa (H₂O) e uma parte formada por partículas (parte sólida). Qualquer componente que caracterize um substrato, inclusive líquido, ou mistura de componentes que possibilite o bom desenvolvimento de plantas em recipientes pode ser considerado um substrato agrícola. Normalmente, o substrato é utilizado em substituição ao solo, embora este também seja um substrato agrícola. A utilização de diferentes componentes na formação de substratos para a produção de mudas de hortaliças visa, principalmente, à redução de peso, para o transporte do conjunto recipiente/substrato/muda, e à melhoria das propriedades físicas e químicas do meio poroso em que se pretende que raízes desse tipo de muda se desenvolvam.

Dentre os possíveis componentes para formação de um substrato para plantas está a casca de coco verde, resíduo de difícil decomposição e descartado em grande volume no ambiente (Carrijo *et al.*, 2002).

Aproveitada a água-de-coco *in natura*, que representa aproximadamente

15% do fruto, a casca do coco verde, aproximadamente 85% do fruto, é resíduo (Rosa *et al.*, 2001 e Aragão, 2002).

No entanto, Booman (2000) relata que a utilização de cascas de coco como parte sólida de um substrato para o cultivo de plantas é limitada pelos níveis tóxicos de sais existentes na fibra da casca de coco.

Por outro lado, Carrijo *et al.* (2002) afirmam que a fibra da casca do coco verde tem boas características físicas para o uso agrícola; que as propriedades físico-químicas desse material variam bastante conforme a origem e o processamento; e que os níveis altos de sais nela encontrados podem ser reduzidos com a lavagem das fibras em água corrente e de boa qualidade.

Substrato de coco verde, preparado na Embrapa Hortaliças, já foi utilizado na produção comercial de tomates (Carrijo *et al.*, 2002). No entanto, não se alcançou, ainda, a estabilidade na produção de mudas de hortaliças com a qualidade desejada e obtida com outros substratos (Liz, 2004).

Para o melhor aproveitamento de substratos utilizados no cultivo de plantas, segundo Fermino (2002), não basta conhecer as variáveis físicas e químicas gerais dos componentes do substrato utilizado; é necessário determiná-las e adaptá-las para cada situação em particular.

A determinação de variáveis físicas e químicas em um substrato agrícola é importante para se obter estabilidade na produção de mudas com boa qualidade, auxilia no manejo correto da irrigação, é necessária para a formulação de misturas de componentes de substratos e para a recomendação de adubações.

Diante do exposto, o objetivo foi analisar física e quimicamente o substrato de coco verde, preparado na Embrapa Hortaliças para a produção de mudas com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso antes do uso.

UMA ABORDAGEM SOBRE O APROVEITAMENTO DE DIFERENTES RESÍDUOS

REVISÃO DE LITERATURA

A população das cidades dos países em desenvolvimento tem crescido rapidamente. De acordo com Castelo Branco (2005), no ano de 2025 cerca de 80% dos habitantes de países em desenvolvimento deverão ser urbanos.

Com o crescimento populacional das cidades brasileiras aumenta também o problema de deposição de resíduos gerados pelas diferentes atividades urbanas, industriais e rurais.

Porto & Sisino (2000) relatam que conceituar resíduos envolve risco pois o assunto é bastante complexo, existindo uma larga margem de incertezas, principalmente acerca de onde terminam os produtos e começam os resíduos. Há também certa complexidade na diferenciação dos conceitos: “lixo” e “resíduo”.

Resíduo é toda e qualquer substância descartada pela agropecuária, pela indústria, pelo comércio e por outras atividades humanas (Sousa, 2005). Os resíduos da agropecuária são sobras de lavoura, consideradas sem valor econômico, ou que não se enquadram em uma classificação comercial, ou, ainda, a parte da produção que não desperta interesse no consumidor.

“Lixo” pode ser definido como restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis ou indesejáveis, podendo apresentar-se entre as variações de estados sólidos e líquidos, de origem residencial, comercial, industrial e hospitalar (Sousa, 2005a). A palavra “lixo” é derivada do latim “lix”, e significa “cinza”, sendo na linguagem técnica entendida como sinônimo de resíduos sólidos (Funiversa, 2005).

De acordo com Sousa (2005), o “lixo” não pode ser tratado como “lixo”, mas

sim como matéria-prima geradora de empregos e de produtos úteis, que movimentam a economia e despoluem o ambiente.

Pode-se, pois, concluir que a palavra lixo, na forma usualmente empregada, designa toda substância descartada, incluindo tanto a parte realmente não reaproveitável (lixo) quanto a parte com potencial para reaproveitamento (resíduo).

A preocupação com o destino final desses lixos/resíduos é mundial e antiga. No Brasil, essa preocupação iniciou-se oficialmente em 25 de novembro de 1880, na cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro, com o Decreto nº. 3024, assinado pelo imperador D. Pedro II, aprovando o contrato de "limpeza e irrigação" para a cidade (IBAM, 2001). Esta mesma fonte relata que a condução das atividades acertadas nesse contrato foi iniciada por Aleixo Gary e concluída por Luciano Francisco Gary, cujo sobrenome originou a denominação de "gari" para os trabalhadores da limpeza urbana.

Lima & Kitover (1962) relatam que no final da década de 50 eram realizados estudos com o intuito de aprimoramento das alternativas já existentes e usadas para minimizar o problema do "lixo" gerado na cidade de Recife, em Pernambuco. Em Florença, na Itália, em 1919, Giuseppe Becari estudava possibilidades e adaptava um equipamento para o tratamento de resíduo gerado em área residencial, criando alternativas futuras para o governo holandês que, em 1944, também buscava soluções para o problema do "lixo" gerado em residências. Segundo Mendes (2000), na Roma antiga, aproveitar o "lixo" no mesmo local em que era gerado sempre foi uma atitude comum entre seus habitantes.

Nos Estados Unidos, em 1995, foram gerados 297 milhões de toneladas de resíduos, aproximadamente 2 kg por pessoa dia⁻¹, sendo que, nessa década

(anos 90), 27% dos resíduos gerados nos Estados Unidos eram reciclados, 10% eram incinerados e 63% eram depositados em aterros sanitários (Millner *et al.*, 1998). Esses mesmos autores relatam que em Nova York, quando são propostas alternativas para facilitar o tratamento de resíduos perto dos locais onde são gerados, o debate público é intenso, pois a cada dia aumenta o preço pago para transportar o lixo até locais em que seja aceitável depositá-los, e porque, dia a dia, estes locais estão mais escassos.

A exemplo de Nova York, no Brasil, a opinião pública também se manifesta, pois quem paga pelo serviço de limpeza pública é a população, através de taxas e impostos. Neste aspecto, a questão dos resíduos sólidos tem sido amplamente discutida, pois se constitui em um dos maiores desafios com que se defronta a sociedade. Conforme Sousa (2005a), o equacionamento desse problema assume magnitude alarmante e aumenta com o desenvolvimento de uma região. Este mesmo autor afirma que quanto mais desenvolvida é uma localidade, maior é o volume e o peso de resíduos de todos os tipos, fazendo do aproveitamento de resíduos de diferentes origens um importante instrumento de desenvolvimento social e econômico. Pesquisas envolvendo renda “per capita”, população e geração de resíduos, em 36 cidades no mundo, indicaram que cada 1% de aumento na renda “per capita” está associado com o aumento de 0,34% na formação de resíduos de diferentes origens, enquanto 1% de acréscimo na população aumenta a quantidade de resíduo em 1,04% (Homma, 2000).

Nos dias atuais, em nível mundial, é inaceitável apenas afastar os diferentes resíduos, gerados pelas atividades industriais ou agrícolas, dos meios urbanos para lixões, aterros sanitários ou para terrenos baldios. É preciso dar um destino útil a cada tipo de resíduo existente. Na maioria das vezes os resíduos de

diferentes origens não têm um destino útil. Segundo Sousa (2005), na quase totalidade, os diferentes resíduos são depositados na superfície do solo, causando uma série de impactos ambientais negativos, mais frequentes que os positivos os quais ocorrem ocasionalmente. Silva (2000) relata que, dos municípios brasileiros, 86,4% depositam os resíduos em “lixões”; 1,8%, em áreas alagadas e 9,6% constroem aterros controlados. Segundo estimativas (CEMPRE, 2005), a disposição final dos resíduos, no Brasil, fica assim distribuída: 76% dos resíduos depositados a céu aberto, 13%, em aterro controlado, 10%, em aterro sanitário e 1%, em usina de compostagem. A deposição de resíduos na superfície do solo constitui um problema de dimensões alarmantes. Catástrofes podem ser evitadas se resíduos tiverem um destino útil (Sousa, 2005). De acordo com Porto e Sisino (2000), dentre os problemas causados pela deposição de resíduos em locais inadequados pode-se destacar a poluição do ar, das águas e do solo, além da proliferação de vetores transmissíveis de doenças. Todos esses problemas resultam em impacto ambiental desfavorável.

Os impactos ambientais desfavoráveis ao ecossistema ou à sociedade humana podem ser qualificados e, muitas vezes, quantificados. Estão diretamente associados a algum tipo de resíduo e constituem uma alteração física ou funcional em qualquer um dos componentes ambientais (Sousa, 2005). Um impacto ambiental desfavorável afeta toda a vida existente no planeta (humana, animal, vegetal, aquática, meso-fauna e micro-fauna). A decomposição de diferentes resíduos afeta negativamente a atmosfera, contribuindo com 4% no aquecimento da terra, equivalendo à poluição causada pelas refinarias (Veja, 2005). A Resolução CONAMA: Nº 001, Ano: 1986, que "Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA", considera como

impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (Conama, 1986).

Entre 2001 e 2004, o governo de Portugal, com uma área próxima a 92 mil km², investiu um bilhão de dólares na gestão integrada de seus resíduos sólidos, enquanto o governo brasileiro, em uma área de 8,5 milhões de km², no mesmo período, investiu cerca de trinta milhões de dólares (Sousa, 2005a). Felizmente, apesar desses dados, existe uma conscientização de que a preservação ambiental precisa ser praticada ao máximo, buscando não só preservar o ecossistema, mas também provocar melhoria na qualidade de vida dos seres que habitam o planeta (Sousa, 2005). Contemporaneamente, os problemas de limpeza urbana passaram a ser acompanhados com maior rigor pela população, pelos órgãos de controle ambiental, pelo Ministério Público e pelas organizações não-governamentais voltadas para a defesa do meio ambiente (IBAM, 2001).

Atualmente, no Brasil, a cada 24 horas, são produzidas 240 mil toneladas de resíduos de diferentes origens, cerca de 90 milhões de toneladas por ano, quantidade duas vezes maior do que a produzida há 15 anos (Sousa, 2005). Aproximadamente 70% do lixo gerado no litoral dos grandes centros urbanos do Brasil é constituído por cascas de coco verde, resíduo que ocupa grande volume e é de difícil degradação, principalmente quando abandonado no meio ambiente (Nordeste, 2005). Essa mesma fonte relata que o crescente consumo da água-de-coco verde *in natura*, segmento do mercado brasileiro com crescimento

estimado em 20% ao ano, tem gerado acima de seis milhões de toneladas de casca de coco verde por ano.

Devido, principalmente, ao grande volume que ocupa, a casca de coco verde é um resíduo que vem causando transtorno e encarecendo o serviço de limpeza pública de várias cidades brasileiras (Carrijo *et al.*, 2002). No Rio de Janeiro são descartadas, diariamente, em média, 600 mil unidades de casca de coco verde, aproximadamente 3.000 m³, custando cerca de cem reais para o serviço de limpeza pública recolher cada mil unidades, ou, aproximadamente, 5 m³ dessa casca (Coco verde, 2002).

Em Fortaleza, no Ceará, o consumo de água-de-coco *in natura* gera um volume maior que 3.500 m³ de cascas de coco verde, variando entre 700 mil a 1 milhão de unidades mensais (Gazeta Mercantil, 2001). Nessa cidade, nos meses de alta estação, só na Avenida Beira-Mar e na Praia do Futuro, são geradas, por dia, 40 toneladas do resíduo casca de coco verde (Nordeste, 2005).

Em Brasília, DF, um único quiosque, localizado às margens da Avenida EPTG (Estrada Parque Taguatinga Guará) descarta entre 200 e 400 cascas de coco verde por dia, um volume de cerca de 3 m³ desse resíduo, resultante do comércio de água-de-coco *in natura*. Em setembro de 2005 havia quatro quiosques desse porte comercializando o coco verde ao longo da Avenida EPTG.

Em praticamente todas as regiões do Brasil é comum encontrar, em pontos estratégicos das margens rodoviárias e praias, quiosques onde é comercializado o coco verde. Na quase totalidade das vezes, o comprador bebe a água-de-coco *in natura* ali mesmo, nos quiosques, e, também ali mesmo, joga a casca do coco no lixo, gerando um volume estimado em milhões de metros cúbicos de cascas de coco verde amontoadas, inicialmente nesses locais, e, posteriormente em lixões,

aterros sanitários ou em algum outro lugar no ambiente (Liz, 2004).

Abandonados no ambiente, alguns resíduos demoram a iniciar o processo de decomposição. A casca do coco verde é um exemplo, demorando em torno de oito anos para iniciar esse processo (Carrijo *et al.*, 2002).

Aragão (2002) relata que, em média, 17% da composição de um fruto de coqueiro é água-de-coco (albúmen líquido), 60,1% são casca e fibra (epicarpo, mesocarpo e endocarpo), 9,3% é cálice (parte cortada para possibilitar a extração da água) e 14% representam a quantidade de polpa que fica aderida à casca (albúmen gelatinoso). Ou seja, em média 83% da massa de um coco verde, depois de consumida a água-de-coco, é resíduo.

A crescente preferência da população pela água-de-coco *in natura*, que concorre com o mercado de refrigerantes e isotônicos, possibilita encontrar a casca de coco verde, não apenas nos locais mencionados, mas também em Shopping Center, boates, supermercados e nos mais diversos locais. A casca do coco verde é resíduo, sem valor comercial por, ainda, não despertar interesse no consumidor. O produto de valor comercial e que atrai o consumidor é a água-de-coco, comercializada *in natura* ou envasada. A casca do coco verde é considerada apenas produto de descarte, tornando-se, assim, um resíduo de grandes proporções. Conforme Aragão (2002), atualmente a demanda por fibra e pó de coco está aumentando significativamente, e a tendência mundial é transformá-los, de subprodutos em principais produtos do coco. O coqueiro, depois da laranjeira e da bananeira, é a terceira frutífera mais cultivada no Brasil (Ripardo, 2000), sendo fonte de renda para mais de 220 mil produtores da região nordestina (Cuenca *et al.*, 2002). Alguns exemplos relacionados à produção de coco, a nível mundial e regional são citados por Liz (2004). Há estimativas de que

o comércio da água-de-coco verde *in natura* consome cerca de 70% da produção brasileira de coco (Aragão, 2002) gerando, portanto, um grande volume de cascas de coco verde. O esclarecimento da população com relação à saúde vem incrementando, e muito, o consumo da água-de-coco *in natura*, por ser um isotônico natural e de baixa caloria. Conseqüentemente, aumenta também o volume de cascas abandonadas no ambiente.

A Associação Brasileira dos Produtores de Coco (ASBRACOCO) pretende alcançar 500 milhões de litros de água-de-coco por ano (Carrijo *et al.*, 2002), o que, segundo Liz (2004), vai elevar para perto de 2.000.000 m³ o volume anual de cascas que ficarão, por vários anos, jogadas em diferentes locais, poluindo o ambiente. Segundo Carrijo *et al.*, (2003), o consumo de água-de-coco *in natura*, em 1998, formou um volume estimado em quinhentos e sessenta milhões de metros cúbicos de cascas de coco verde. O aproveitamento desse resíduo como substrato para a produção de mudas de hortaliças, além de possibilitar a redução dos efeitos ambientais negativos (alterações impostas à paisagem, formação de chorume, proliferação de insetos vetores de doenças, abrigo para animais peçonhentos e roedores, impedimento da passagem das águas pelas galerias pluviais, causando inundações e prejuízos públicos), pode ainda favorecer a competitividade do segmento de produção desse tipo de muda, possibilitar maior remuneração para o horticultor e, conseqüentemente, induzir à melhoria na qualidade de vida dos envolvidos: população em geral. No Brasil, apenas cerca de 1% do resíduo gerado no perímetro urbano é reciclado (Asben, 2005), tornando de fundamental importância a análise de variáveis físicas e químicas para o aproveitamento do resíduo casca de coco verde, como substrato para a produção de mudas de hortaliças.

UMA ABORDAGEM SOBRE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE SUBSTRATOS UTILIZADOS NO CULTIVO DE PLANTAS

Densidade e Teor de água em substratos agrícolas

A densidade de um substrato é a relação entre a massa de certa quantidade de substrato e o volume que essa massa ocupa: $d = m / v$. Em substratos agrícolas expansivos, ou seja, que se retraem com a diminuição do teor de água e expandem com o aumento deste teor, o volume passa a ser um fator que pode variar em função do teor de água contido no material no momento de análises.

Segundo Fermino (2002), para substratos agrícolas, fala-se em “densidade úmida” ao referir-se ao material com o teor de água com o qual se encontra no momento da análise, e, em “densidade seca”, ao referir-se ao material seco em estufa.

No entanto, é conveniente considerar que não é a densidade e sim o substrato a ser analisado que pode ser considerado úmido ou seco no momento de análises. Portanto, pode-se considerar a possibilidade de se determinar a densidade do substrato seco ao ar (D_{sa}), com teor de água determinado previamente, e a densidade do substrato seco em estufa (D_{se}). A D_{sa} indica o quociente entre a massa de água mais a massa de substrato e o volume do substrato a ser analisado, e a D_{se} , a relação entre a massa de substrato e o volume de substrato seco em estufa a uma determinada temperatura, normalmente inferior a 105°C para materiais formados por partes vegetais, como é o caso do substrato de coco verde.

A densidade (d) pode ser expressa em g cm^{-3} ou kg m^{-3} ; a massa (m) em g ou em kg, e o volume (v) em cm^{-3} ou em m^{-3} .

Existem diferentes valores de densidade considerados ideais para substratos

usados no cultivo de plantas. Para o preenchimento das células de uma bandeja usada para a produção de mudas de hortaliças recomenda-se o uso de substratos com a densidade entre 0,10 e 0,30 g cm⁻³; no cultivo em vasos com até 15 cm de altura, a densidade do substrato deve estar entre 0,25 e 0,40 g cm⁻³; para vasos de 20 a 30 cm de altura, entre 0,30 e 0,50 g cm⁻³; e, para vasos maiores que os de 30 cm de altura, a densidade do substrato deve variar entre 0,50 e 0,80 g cm⁻³ (Kämpf, 2000 e Fermino, 2002). De acordo com Schmitz *et al.* (2002), a densidade entre 0,40 e 0,50 g cm⁻³ é ideal para um substrato hortícola. Para Martínez (2002), que recomenda usar no cultivo em recipientes a céu aberto substratos com densidade entre 0,50 e 0,75 g cm⁻³, e substratos com até 0,15 g cm⁻³ de densidade quando o cultivo for em recipiente sob alguma estrutura de proteção, o valor ótimo de densidade para um substrato usado na produção vegetal deve estar abaixo de 0,40 g cm⁻³. Segundo Bosa *et al.* (2003), os valores ideais para a densidade de substratos agrícolas vão desde 0,17 a 1 g cm⁻³.

A característica de baixa densidade em um substrato usado para o cultivo de hortaliças pode acarretar o tombamento dos vasos, se o cultivo for conduzido em recipientes altos, e, conseqüentemente, problemas na fixação das plantas (Schmitz *et al.*, 2002). No entanto, na produção em bandejas para mudas de hortaliças, é possível o uso de substratos leves cuja baixa densidade não compromete o equilíbrio desse tipo de recipiente. Em recipientes de menor altura, como no caso de bandejas para a produção de mudas de hortaliças, a drenagem pode ser desfavorecida exigindo que o substrato utilizado tenha mais de 85% de porosidade, e que tenha densidade baixa, próxima de 0,20 g cm⁻³ (Kämpf, 2000).

Nascimento *et al.* (2004) relataram que as propriedades físicas, como a densidade de um substrato, podem influenciar não só o desenvolvimento de

mudas, mas também a germinação e o estabelecimento de várias hortaliças.

Avaliando a germinação de sementes de alface em diferentes substratos, Nascimento (2004) concluiu que o substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças para a produção de mudas não favoreceu a germinação desse tipo de semente. De acordo com do Nascimento Júnior *et al.* (2004), o substrato de pó de coco -AMAFIBRA- apresentou características que proporcionaram leveza e boa retenção de água, favorecendo o desenvolvimento de plântulas de berinjela em todas as características avaliadas durante a fase de produção desse tipo de muda.

Quando a densidade do substrato é aumentada pela compactação exercida no momento do preenchimento das células da bandeja, aumenta-se também o percentual de sólidos por unidade de volume, modificando-se, assim, as características físicas do substrato utilizado. Esse aumento da densidade do substrato no momento do preenchimento de recipientes (Gruszynski 2002) reduz a porosidade total e, conseqüentemente, o espaço de aeração, tendo influência na capacidade de recipiente (valor equivalente ao espaço de aeração, determinado a 1 kPa) e no aumento da água de reserva, que é o teor de água retido entre 5 e 10 kPa (Fernandes *et al.*, 2004), sendo, no entanto, pouca a variação na porosidade total, média a modificação na capacidade de recipiente e grande a mudança na quantidade de água facilmente disponível (Fermino, 2003).

O manejo da densidade de um substrato, principalmente no momento do enchimento de bandejas, é uma das variáveis que pode influenciar os resultados obtidos na produção de mudas de hortaliças, exigindo que, na escolha do substrato para esse tipo de produção, seja levada em consideração a facilidade que o substrato irá oferecer para a emissão de radículas e para a emergência das

plântulas. Ou seja, é importante relacionar a densidade do substrato escolhido com o tamanho da semente que será semeada, com a exigência dessa semente por água, com a sensibilidade dessa semente à luz e, ainda, com o tamanho e altura da célula da bandeja a ser utilizada.

Há, também, diferentes recomendações quanto ao teor de água favorável para a determinação da densidade de substratos secos ao ar, ou seja, com o teor de água em que se encontram no momento da análise.

Um dos métodos para a determinação de densidade de substratos secos ao ar, relatado por Fermino (2003), o método “UFRGS”, propõe que as amostras a serem analisadas estejam com um teor de água em torno de 50% do volume ou próximo de 70 a 80% da capacidade de recipiente.

Pire & Pereira (2003), usando porômetros conforme metodologia sugerida pela Universidade da Flórida, determinaram a densidade de um substrato de coco com teor de água inicial de 21,5%, base massa de substrato seco ao ar. Segundo Fermino (2003), com menor teor de água as densidades “úmida e seca” de substratos são maiores, devido ao efeito que a massa de uma partícula exerce sobre outras. Essa mesma autora relata que, na determinação da densidade de solos, o teor de água na amostra não tem efeito sobre a “densidade seca”, a não ser depois de vários ciclos de secagem e umedecimento.

No entanto, em substrato de coco verde a determinação da densidade é diferente, pois a estrutura, arranjo e tamanho de partículas desse substrato resultam de uma série de procedimentos mecânicos e manuais, tais como: trituração do epicarpo, mesocarpo, endocarpo e do albúmen gelatinoso do coco, peneiramento e lavagem das fibras e das partículas, e, ainda, da mistura das frações de partes do coco verde no momento do enchimento de recipientes,

procedimentos influenciados pelo teor de água inicial do material.

Quanto maior o teor de água na fibra de coco, maior é a frequência de entupimento nos acessórios do equipamento de trituração, principalmente peneiras, acarretando o esmagamento e a não trituração da casca do coco verde, com conseqüente aumento do tamanho final das partículas do substrato (Liz, 2004).

Distribuição do tamanho de partículas

Na fase de produção de mudas de hortaliças, o tamanho das partículas do substrato de coco verde deve facilitar o enchimento das pequenas células da bandeja usada para conter o substrato.

O tamanho das partículas do substrato de coco verde, preparado na Embrapa Hortaliças para a produção de mudas, varia de acordo com a origem e sistema de coleta da matéria prima; tipo de equipamento e estado das lâminas de corte usadas para a trituração do material; teor de água da matéria prima a ser triturada e com o tamanho da abertura da malha utilizada para peneirar a matéria prima (Liz, 2004).

De acordo com Zanetti *et al.* (2001), as partículas grossas (2,00 a 0,20 mm) são responsáveis pela formação de macroporos, os quais são ocupados por ar, e, as partículas finas (0,20 a 0,05 mm), responsáveis pela formação de microporos, ocupados por água.

Fermino (2003) relata que a maior proporção de partículas grossas em relação a partículas finas favorece maior espaço de aeração, enquanto que a menor proporção favorece a retenção de água, podendo acarretar falta de oxigenação para as plantas. Waller & Wilson (1984) concordam que a granulometria determina o volume de ar e a quantidade de água retida por um

substrato agrícola. Assim, a determinação do tamanho das partículas de um substrato utilizado no cultivo de plantas auxilia na adequação do mesmo a cada espécie vegetal.

Portanto, conhecendo-se a densidade do substrato que será usado na produção de mudas de hortaliças e a distribuição do tamanho de partículas do mesmo, pode-se presumir se o substrato irá oferecer condições ideais de oxigenação para as raízes da muda, principalmente quando existe possibilidade de erro na quantidade de água aplicada na irrigação.

A distribuição do tamanho das partículas de diferentes substratos, incluindo o de fibra de coco maduro, foi avaliada por Zanetti et al. (2001) utilizando peneiras de 4,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,125 mm de abertura.

Schmitz et al. (2002) determinaram a distribuição do tamanho das partículas de cinco materiais (solo, areia, turfa, casca carbonizada de arroz e resíduo decomposto de casca de acácia), usando peneiras com malha de 4,76; 2,0; 1,0; 0,5 e 0,25 mm, conforme metodologia descrita por Bilderback et al. (1982).

Entretanto, Fermino (2003) cita trabalhos em que a distribuição do tamanho de partículas de substratos foi determinada com malhas de diferentes aberturas, variando desde 30 mm até 0,05 mm.

Conforme relatado por Júnior (2004), a aderência de um substrato à raiz de uma planta é dependente da distribuição do tamanho das partículas do substrato utilizado. Essa aderência é fundamental para manter a integridade do conjunto substrato/raiz, melhorando a qualidade de mudas e facilitando a retirada das mesmas da bandeja ou de outro recipiente.

Curva de retenção de água em substratos

A partir de trabalhos de De Boodt & Verdonck (1972), a determinação da

curva de retenção de água é um método que fornece informações relacionadas às variáveis: porosidade total, espaço de aeração, teor de água facilmente disponível, de água disponível, de água tamponante e de água remanescente em substratos.

A porosidade total em substratos é equivalente ao teor de água, com base em volume, no ponto de saturação hídrica do material, a 0 kPa (Fermino, 2002). O espaço de aeração é obtido a uma tensão de 1 kPa; o teor de água facilmente disponível, entre tensões de 1 e 5 kPa; o teor de água disponível, entre tensões de 1 e 10 kPa; o teor de água tamponante, entre 5 e 10 kPa (Gruszynsk, 2002) e o teor de água remanescente é obtido a tensões maiores que 10 kPa (Grolli, 1991).

O percentual de 85% de porosidade total é referência para o bom desempenho de substratos usados na produção de plantas em recipientes (De Boodt & Verdonck, 1972). Filho & Santos (2004) relatam que, em substratos utilizados no cultivo de plantas, a porosidade total favorável à produção não deve ultrapassar os 85%. Para Carrijo *et al.* (2002) um substrato usado no cultivo de hortaliças pode possuir uma porosidade total acima de 85% do volume.

Os valores referenciais para o percentual de espaço de aeração indicativos de um bom substrato para o cultivo de plantas situam-se entre 20 e 40% (De Boodt & Verdonck, 1972; Penningsfeld, 1983; Fermino, 2003). Todavia, Filho & Santos (2004), consideram que 20 a 30% são percentuais aceitos para o espaço de aeração em substratos utilizados no cultivo de plantas. Carrijo *et al.* (2002) relatam que um bom substrato deve possuir, entre outras características, um espaço de aeração entre 10 e 30% e concordam com Filho & Santos (2004) e com Fermino (2003) que o percentual de água facilmente

disponível em substratos deva ser, também, de 20 a 30%. Para o teor de água disponível, De Boodt *et al.* (1974) sugerem um percentual de 50%. Com relação ao percentual de água tamponante, Fermino (2003) relata que o mesmo deve situar-se entre 4 e 10%.

Souza & Reichardt (1996) relatam que para cada intensidade de umedecimento, em função da distribuição do teor de água no perfil da amostra antes do umedecimento, haverá diferentes interações entre o potencial da água e o teor de água em relação ao fluxo de água descendente. Por isso, em laboratório é difícil estabelecer um método de avaliação física de substratos que inclua a determinação da curva de retenção de água e que possa ser um exato replicador de resultados na condição real de produção de mudas e no cultivo de hortaliças em recipientes preenchidos com substratos. Essa dificuldade também decorre da complexidade de interações existentes neste tipo de produção, cuja realidade, entre outros fatores, associa a forma e o tamanho de recipientes; a compactação diferenciada no momento de enchimento de recipientes; a grande diferença de condições iniciais do teor de água em substratos, e ainda, por ser este tipo de produção um sistema aberto para a atmosfera através da superfície do substrato e do orifício de drenagem de recipientes.

Determinar o ponto de equilíbrio entre a pressão aplicada e a água retida é um dos maiores problemas na obtenção de curva de retenção de água, quando, em laboratório, para este tipo de determinação se utilizam equipamentos de alta pressão (Vieira & Castro, 1987). Na determinação da curva de retenção de água em substratos agrícolas, entre outros, têm sido utilizados métodos que envolvem equipamentos de pressão e placas porosas. Também se utilizam funis de “Buchener”, equipados com placas porosas ou outros materiais. Por exemplo,

gesso. Uma das limitações desses métodos, tema de discussões, é o problema do contato da amostra com a placa porosa e com outros tipos de materiais.

Vieira & Castro (1987) afirmam que: quanto aos equipamentos necessários, tempo para obtenção de pontos, número de pontos possíveis e, principalmente, quanto à proximidade de curvas determinadas por outros métodos, o uso de cápsulas porosas para determinação de curvas de retenção de água em componentes é bastante vantajoso. Esses mesmos autores determinaram curvas de retenção de água em componentes bastante contrastantes em granulometria usando cápsulas porosas de 10 mm de diâmetro. Os resultados que obtiveram foram muito bons e comparáveis a métodos tradicionais, como o da câmara de Richards. Ainda segundo Vieira & Castro (1987), com o método da cápsula porosa gastaram cerca de 40 dias para cada curva de retenção, enquanto que a determinação em câmara de Richards se estendeu por 150 dias. Vieira & Castro (1987) relatam que quando usaram cápsula porosa de 10 mm na determinação da curva de retenção de água em latossolo roxo distrófico, podzólico vermelho-amarelo de textura média argilosa e de textura arenosa média também não tiveram problemas com o contato entre as amostras de solo e os meios de tensão. Por outro lado, Vieira & Castro (1987) citam Topp & Zebchuck (1979), os quais encontraram dificuldades no estabelecimento de contato entre as amostras analisadas com a cápsula porosa em formato de disco. Assim, presume-se que, além da pressão aplicada, o formato e o tamanho de cápsulas porosas influenciam no perfeito contato entre o meio de tensão e as amostras de substratos em que se pretende determinar a curva de retenção de água.

É crescente o volume de informações disponíveis em literaturas sobre a caracterização física de substratos. No entanto, em relação à curva de retenção

de água, percebe-se que existe variabilidade nos resultados encontrados por diferentes autores. Possivelmente, porque vários são os fatores que influenciam na determinação dessa variável física em substratos agrícolas. Entre eles, o equipamento utilizado nas determinações. Embora existam tentativas de se padronizar as determinações físicas em substratos que serão utilizados no cultivo de plantas, por meio de normas como a publicação do protocolo europeu de análises, EN 12579 de 1999, no Brasil ainda não existe um consenso quanto aos métodos e equipamentos utilizados.

Potencial Hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE) em substratos

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma variável que indica a atividade do íon H^+ presente na composição da solução de um substrato. Segundo Quaggio *et al.* (2001), o pH corresponde ao hidrogênio dissociado existente em solução, em equilíbrio com a acidez da fase sólida do solo e outros substratos. A condutividade elétrica (CE) é uma estimativa do teor total de sais presentes em uma solução (Raij *et al.*, 2001).

Booman (2000) relata que a maior vantagem em triturar cascas de coco verde para usá-las como substrato no cultivo de plantas é a sua estrutura física, enquanto o aspecto negativo é que a fibra dessa casca é extremamente variável quanto ao valor do pH e da condutividade elétrica. Carrijo *et al.* (2003) reconhecem que além da variação no pH e na CE, o teor de tanino, o cloreto de potássio e o cloreto de sódio, presentes em altas concentrações na casca de coco verde, podem ser prejudiciais ao desenvolvimento de plantas, principalmente, ao de mudas de hortaliças. No entanto, estes mesmos autores acreditam que o efeito negativo do excesso destes compostos, presentes na casca de coco verde, pode

ser reduzido por lavagem em água corrente limpa e isenta de substâncias químicas e patógenos, e, talvez, por meio do repouso (maturação, compostagem) das fibras antes do uso. Com o pH na faixa de 5,0 a 6,0, a maioria dos nutrientes são facilmente assimiláveis pelas plantas. Estando o pH abaixo de 5,0, plântulas de hortaliças podem manifestar deficiências de alguns nutrientes, entre eles: N, K, Ca, Mg e B. Acima de 6,5 é possível que a assimilação de P, Fe, Mn, B, Zn e Cu seja menor (Abad & Noguera, 2004). Ainda segundo esses mesmos autores os óxidos metálicos de Fe, Mn, Cu, Zn e outros, se mantêm solúveis quando o pH é menor que 5,0, podendo, em função da concentração, tornarem-se fitotóxicos.

Gruszynski (2002) cita trabalhos com valores de pH recomendados para cultivos em substratos sem solo na composição: para cultivos em geral, pH entre 4,4 e 6,4; para o cultivo de azaléias e hortênsias, pH < 5,4; para lírios, pH entre 6,5 e 6,8; para *Lisianthus*, pH 6,4; para gerânios, sálvia e áster, entre 5,8 e 6,3; e, para samambaias, bromélias, azaléias e coníferas, pH entre 4,5 e 5,0. Os métodos usados na determinação de pH de substratos apresentam variações, principalmente devido às diferenças na relação de diluição água/substrato (Fernandes & Cora, 2002). De acordo com Quaggio & Raij (2001), o pH determinado em solução de 0,01 mol L⁻¹ de CaCl₂ é, em média, 0,6 unidade menor do que o pH medido em solução aquosa. Bataglia & Abreu (2001) afirmam que a determinação de pH pelo método de extrato de pasta de substrato saturado é padrão de referência obrigatório quando se avaliam outros métodos de extração. Contudo, Abreu *et al.* (2002) e Kirven (1986) relatam que o método do extrato de saturação é bastante trabalhoso, demorado e apresenta dificuldades para se identificar e reproduzir o ponto ideal de saturação de substratos.

Uma das justificativas para o uso do método do extrato de saturação neste

trabalho (Capítulo 1) foi a dificuldade encontrada para obter, nos tratamentos à base de coco verde, um volume de solução suficiente para a leitura de pH e condutividade elétrica com eletrodos. Não foi possível obter a quantidade suficiente de solução para leitura com eletrodos usando as proporções de 1:1,5; 1:2; 1:5 e 1:10 (v/v), normalmente utilizadas para medição de pH e condutividade elétrica em amostras de solos. Devido à densidade dos tratamentos à base de coco verde, aproximadamente $0,22 \text{ g cm}^{-1}$, a fibra de coco verde ocupava grande volume e retinha acima de 50% da água utilizada.

Para a determinação da condutividade elétrica em substratos ainda não existe um consenso comum entre pesquisadores. Cavins *et al.* (2000) relatam que a condutividade elétrica, determinada pelo método do extrato de saturação, estando entre $2,0$ e $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, representa um teor total de sais (salinidade) adequado para a produção, em substratos, da maioria das espécies vegetais. Gruszynski (2002) apresenta interpretação de valores de condutividade elétrica (dS m^{-1} a 25°C) determinada por eletrodos mergulhados em extrato de pasta de substrato saturado: CE entre 0 e $0,75 \text{ dS m}^{-1}$ é considerada muito baixa, podendo não ser suficiente para sustentar um rápido crescimento de mudas de hortaliças; entre $0,76$ e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ a CE é baixa, sendo adequada para a produção de mudas de hortaliças; entre $2,0$ e $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ é normal, considerada faixa padrão para a maioria das hortaliças em crescimento e limite superior para as sensíveis à salinidade; entre $3,5$ e $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ é considerada alta e prejudicial, especialmente em épocas quentes; entre $5,0$ e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ a CE é muito alta, dificultando a absorção de água; e quando a CE for $>6,0 \text{ dS m}^{-1}$ é considerada extremamente alta, exigindo alta capacidade de drenagem do conjunto substrato/recipiente e imediata lixiviação da solução nutritiva aplicada.

Na determinação de condutividade elétrica CE, o extrato de pasta de substrato saturado também tem sido considerado a melhor opção (Raij *et al.* 2001). Estes mesmos autores concordam que a obtenção do extrato de pasta de substrato saturado é demorada e que isso limita bastante o número de amostras que podem ser analisadas; recomendam o uso de recipientes plásticos para o preparo da pasta, pois, além da pressão exercida para segurar o recipiente, a espátula usada para revolver o material, necessariamente, bate no fundo do recipiente, o que pode resultar em quebra, se o recipiente usado for de vidro. Quando necessário, a transformação da condutividade elétrica observada na temperatura ambiente local para a temperatura de 25 °C deve ser obtida seguindo-se recomendações de Raij *et al.* (2001).

Métodos de extração por diluição 1:1,5; 1:2; 1:5; 1:10 v/v e por extrato de saturação para determinar o pH e a CE em substrato de casca de *Pinus* compostada foram avaliados por Bataglia *et al.* (2002) que verificaram não haver diferença entre os valores determinados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Independente do resíduo existente, a agressão ao meio ambiente é uma realidade. A necessidade de se aproveitar os resíduos gerados pelas diferentes atividades, urbanas e rurais, é grande e crescente, sendo incentivada por estudos comprobatórios do potencial aproveitável existente nas principais fontes poluidoras, que são os resíduos gerados nas mais diversas atividades que envolvem a vida na terra.

É fundamental, além de levar em consideração os aspectos sanitários da matéria prima aproveitada ou reaproveitada, caracterizar física e quimicamente os

componentes de resíduos utilizados como insumo agrícola, caso contrário, o círculo de impactos ambientais negativos pode aumentar e gerar problemas indesejáveis, relacionados à produtividade da atividade agropecuária.

O aproveitamento de resíduos, na forma de insumo para a produção agrícola, deve ser visto profissionalmente, com a consciência de que a retirada de resíduos das ruas e o aproveitamento dos mesmos na agricultura não elimina todos os impactos negativos, sociais e ambientais.

O aproveitamento de resíduos para a agricultura pode gerar externalidades negativas, as quais precisam ser apropriadamente avaliadas pelo ponto de vista social, ambiental e edafoclimático do local de produção agrícola.

O processo de preparo de um resíduo para aproveitamento na agricultura, a formação de chorume, a presença de materiais tóxicos nos componentes aproveitados e a sua dinâmica no solo agrícola, podendo atingir o lençol freático, são exemplos de externalidades que precisam ser monitoradas no processo de aproveitamento de resíduos para a produção de mudas e de hortaliças.

Um dos primeiros passos para o monitoramento do uso de resíduos, transformados em substrato agrícola, deve ser a avaliação das variáveis físicas e químicas da matéria prima a ser aproveitada.

Na avaliação dessas variáveis pode se destacar: a determinação da densidade do material seco ao ar e seco em estufa, da distribuição do tamanho de partículas; da curva característica de retenção de água e, entre outras, ainda, a determinação do pH e da condutividade elétrica da matéria prima preparada para uso como substrato agrícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD M; NOGUERA P. 1998. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales. C. Canahía (Coord.) Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

ABREU, MF; ABREU, CA; BATAGLIA OC. 2002. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: 20-21. (Documentos IAC, 70).

AGRIANUAL. 2004. Seção hortifrutícolas. Volume comercializado: 324.

ARAGÃO WM. 2002. Coco. Pós - colheita. Embrapa Tabuleiros Costeiros (Aracaju, SE). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica: 9. il. (Frutas do Brasil; 29).

ASBEN. Associação Beneficente de Auxílio a Estudante e Funcionários da UFV. Lixo no Brasil. Disponível em <http://www.ufv.br/Pcd/Reciclar/>. Acesso em 13 de maio de 2006.

BATAGLIA OC; FURLANI PR; ABREU CA; ABREU MF; FURLANI AMC. 2002. Métodos de extração para determinação do pH, condutividade elétrica, sódio e cloreto em casca de pinus compostada e adubada. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: 88. (Documentos IAC, 70).

BATAGLIA OC; ABREU CA. 2001. Análise química de substratos para crescimento de plantas: Um novo desafio para cientistas do solo. Boletim Informativo – Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, v.26, n.1, p.8 a 9.

BILDERBACK TE; FONTENO WC; JOHSON DR. 1982. Physical properties of media composed of peanut hulls, pine bark and peat moss and their effects on azalea growth. Journal of the American Society of Horticultural Science, Alexandria, v.107, n.3, p.522-525.

BOOMAN JL. 2000. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 1. *Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre: 312 p.: il.

BOSA N; CALVETE EO; KLEIN VA. 2003. Development of young plants of gypsophila in different substrates. Horticultura Brasileira. Julho/Setembr, vol.21, nº.3, p.514-519.

CASTELO BRANCO M. 2005. O projeto Horta Urbana de Santo Antônio do Descoberto (GO): Geração de emprego, renda e potenciais impactos ambientais. Relatório final de Pós-Doutorado. Junho de 2005.

CARRIJO OA; MAKISHIMA N; LIZ RS; OLIVEIRA VR. 2003. *Uso da fibra da casca de coco verde para o preparo de substrato agrícola*. Brasília: Embrapa Hortaliças. 4 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico,19).

CARRIJO OA; MAKISHIMA N; LIZ RS. 2002. Fibra da casca de coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira* 20: 533-535.

CAVINS TJ; WHIPKER BE; FONTENO WC; HARDEN B; McCALL I; GIBSON JL. 2000. *Monitoring and managing pH and EC using the pourThru extraction method*. Raleigh: Horticulture Information Leaflet / NCSU. Disponível em <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/hortsublab/>.

CEMPRE. O que o Brasil recicla. Fichas técnicas do CEMPRE. Disponível em http://www.ufv.br/Pcd/Reciclar/brasil_recicla.htm. Acesso em 13 de maio de 2006.

CONAMA. 1986. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. "Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA". Brasília, DF. Publicação DOU: 17/02/1986. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em 2 de setembro de 2006.

COCO VERDE RJ. Projeto coco verde. Disponível em <http://www.cocoverderj.com.br/3.projcv.htm>. Acesso em 13 março 2002.

CUENCA MAG; RESENDE JM; JÚNIOR OJS; RESIS CS. 2002. Coco. Pós - colheita. Embrapa Tabuleiros Costeiros (Aracaju, SE). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 76p.; il. (Frutas do Brasil; 29).

De BOODT M; VERDONCK O. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae* 26: 37-44.

De BOODT M; VERDONCK O; CAPPAERT I. 1974. Method for measuring the waterrelease curve of organic substrates. *Acta Horticulturae* 37: 2054-2062.

do NASCIMENTO JÚNIOR; RIBEIRO R. 2004. Crescimento de mudas de berinjela, em resposta a tamanho de recipiente e misturas de substratos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4. *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa: UFV. iv, 387.

EN 12579: 2000. Mejoradotes del suelo y sustratos de cultivo. In: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. *Mejoradores del suelo y sustratos de cultivo*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.

FERMINO MH. 2002. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: 29 - 37. (Documentos IAC, 70).

FERMINO MH. 2003. *Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas*. Porto Alegre: UFRGS. (Tese doutorado).

FERNANDES C; CORA JE. 2004. Bulk density and relationship air/water of horticultural substrate. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*, vol.61, no.4, p.446-450.

FERNANDES C; CORA JE. 2004a. Influência da umidade da amostra na determinação da densidade do substrato. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4. *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa: UFV. iv, p. 315.

FERNANDES C; CORA JE. 2002. Diferentes métodos para a determinação de pH e Condutividade Elétrica (CE) em substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: 85. (Documentos IAC, 70).

GRASSI FILHO H; SANTOS CH. 2004. Importância da relação entre fatores hídricos e fisiológicos no desenvolvimento de plantas cultivadas em substratos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4. *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa: UFV. iv, p. 78-91.

FUNIVERSA. 2005. Analista operacional. Caderno de provas do concurso público 01/2005- CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Cargo 617. Engenheiro Agrônomo. Prova aplicada no dia 11/12/2005.

GAZETA MERCANTIL. 2002. Disponível em <http://www.gazeta.com.br/pt/>. Acesso em 13 de março de 2002.

GROLLI PR. 1991. Composto de lixo domiciliar como condicionador de substratos para plantas arbóreas. Porto Alegre: UFRGS. 125P. (Dissertação mestrado).

GRUSZYNSKI C. 2002. *Resíduo agro-industrial “casca de tungue” como componente de substrato para plantas*. Porto Alegre: UFRGS. 100p. (Dissertação mestrado).

HOMMA AKO. 2000. Criando um preço positivo para o lixo urbano: A reciclagem e a coleta informal. In *Reciclagem do lixo urbano para fins industriais e agrícolas*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental / SECTAM / Prefeitura Municipal de Belém, 217p. (Embrapa - CPATU. Documento, 30).

IBAM. MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 2001. Gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil. Rio de Janeiro, Disponível em <http://www.resol.com.br/cartilha4/gestao/gestao.asp>. Acesso em 2 de setembro de 2006.

JÚNIOR ET. Volume e granulometria do substrato na formação de mudas de café. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Dissertação de Mestrado. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-22092004-145858/>. Acesso em: 08/09/2005.

KÄMPF AN. 2000. Seleção de materiais para uso como substrato. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 1. *Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre : Genesis, p. 139 - 145.

KÄMPF AN. 2000. Produção Comercial de Plantas Ornamentais. Guaíba: Editora Agropecuária, 254p.

KIRVEN DM. 1986. An Industry viewpoint: Horticultural testing-Is our language confusing? *Hortscience*, v. 21(2), p 215.

LIMA OG; KITOVER J. 1962. Aproveitamento do lixo da cidade de Recife. Prefeitura Municipal do Recife. Instituto de Antibióticos – UR. Recife.

LIZ RS. 2004. *Casca de coco verde: opção de substrato para uma horticultura moderna e utilização na produção de mudas de tomateiro*. Brasília: Faculdade da Terra de Brasília. 57p. (Monografia graduação).

MARTÍNEZ PF. 2002. Manejo de sustratos para horticultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: 53. (Documentos IAC, 70).

MENDES FAT. 2000. Lixo, sociedade e meio ambiente. In *Reciclagem do lixo urbano para fins industriais e agrícolas*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental / SECTAM / Prefeitura Municipal de Belém, 217p. Embrapa - CPATU. (Documento, 30).

MILLNER PD; SIKORA LJ; KAUFMAN DD; SIMPSON ME. Agricultural Uses of Biosolids and Other Recyclable Municipal Residues. United States Departamento of Agriculture. Disponível em <http://www.ars.usda.gov/is/np/agbyproducts/agbycontents.htm>. Acesso em: 19/8/2005.

NASCIMENTO WM; ALVES MSS; GOMES EML. 2004. Produção de mudas de cucurbitáceas em diferentes substratos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4. *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa: UFV. iv, p. 406.

NASCIMENTO WM. 2004. Germinação de sementes de alface em substratos para a produção de mudas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4. *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa: UFV. iv, p. 405.

NORDESTE ganha primeira unidade de beneficiamento de casca de coco verde. *Lavoura*. Rio de Janeiro, vol. 108, n. 654, pág. 20-21. Setembro de 2005.

PENNINGSFELD F. 1983. Kultur substrate fur den gartenbau, besonders in Deutschland: ein kritischer uberblick. *Plant and Soil* 75: 269-281.

PIRE R; PEREIRA A. 2003. Propriedades químicas e físicas de substratos de uso comum em la horticultura del estado del Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. Bioagro, vol. 15, nº 1, p. 55-56.

PORTO MFS; SISINNO C. 2000. Abordagem interdisciplinar para o estudo da relação resíduos sólidos, saúde e ambiente: um estudo de caso no Rio de Janeiro. In Reciclagem do lixo urbano para fins industriais e agrícolas. Belém: Embrapa Amazônia Oriental / SECTAM / Prefeitura Municipal de Belém, 217p. (Embrapa - CPATU. Documento, 30).

QUAGGIO JA; RAIJ BV. 2001. Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total. In: Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo.

RAIJ BV; GHEYI HR; BATAGLIA OC. 2001. Determinação da condutividade elétrica e cátions solúveis em extratos aquosos de solos. In: Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo.

RIPARDO S. 2000a. Brasil importa mais do que exporta. Folha de São Paulo, São Paulo, 18 Jan. Agrofolha. Disponível <http://www.uol.com.br/fsp/agrofolha.htm>. Acesso em 13 de março de 2003.

ROSA MF; SANTOS FJS; MONTENEGRO AAT; ABREU FAP; CORREIA D; ARAÚJO FBS; NORÕES ERV. 2001. Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 6 p. Embrapa Agroindústria tropical. (Comunicado técnico, 54).

SILVA EB. 2000. Compostagem de lixo na Amazônia: insumos para a produção de alimentos. In Reciclagem do lixo urbano para fins industriais e agrícolas. Belém: Embrapa Amazônia Oriental / SECTAM / Prefeitura Municipal de Belém, 217p. (Embrapa - CPATU. Documento, 30).

SCHMITZ JAK; SOUZA PVD; KAMPF NA. 2002. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. *Ciência Rural* 32: 937-944.

SOUZA JA. 2005. Impactos ambientais da deposição de lixo e resíduos na superfície do solo. Informe Agropecuário. – v.26. n.224 – (jan. 2005). Belo Horizonte: EMAPIG.

SOUZA, JA. 2005a. Destinação final de resíduos sólidos. Informe Agropecuário. v.26. n. 224 – (jan. 2005). Belo Horizonte: EMAPIG.

SOUZA LD; REICHARDT K. 1996. Estimativas da capacidade de campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 20: 183 - 189.

VEJA Revista. Como a poluição aquece a terra. In: Revista VEJA, ano 38, n. 41. Reportagem especial. Edição 1926, de 12 de outubro de 2005.

VIEIRA SR; CASTRO OM. 1987. Determinação, em laboratório, de curvas de retenção de água com tensiômetros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 11: 87 - 90.

WALLER PL; WILSON FN. 1984. Evaluation of growing media for consumer use. *Acta Horticulturae* n.150, p.51-58.

ZANETTI M; FERNANDES C; CAZETTA JO; CORÁ JE; JUNIOR, DM.
Caracterização física de substratos para a produção de mudas e porta-enxerto cítricos sob telado. *Revista Laranja* 2001. Disponível em:
http://www.citrograf.com.br/artigos_tecnicos.html. Acesso em 08/09/2005.

CAPÍTULO I

**DETERMINAÇÃO DE ALGUMAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS
EM SUBSTRATO DE COCO VERDE**

Trabalho a ser encaminhado para a revista da
Associação Brasileira de Horticultura: **horticultura brasileira**, para avaliação e publicação.

DETERMINAÇÃO DE ALGUMAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS EM SUBSTRATO DE COCO VERDE

Ronaldo Setti de Liz¹; Osmar A. Carrijo; Carlos A. da Silva Oliveira; Lucimara B.

¹Embrapa Hortaliças, C. Postal 218, 70.359-970 Brasília-DF; E-mail: setti@cnph.embrapa.br

RESUMO

Na Embrapa Hortaliças foram determinadas algumas variáveis físicas e químicas em substrato de coco verde sem repouso antes do uso, e em repouso durante 45; 90; 135 e 180 dias, respectivamente, tratamentos S0; S45; S90; S135 e S180. O substrato comercial Plantmax[®] foi utilizado como testemunha. Para as determinações foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso. As densidades dos substratos secos ao ar e secos em estufa a 70°C ficaram dentro da faixa de 0,10 a 0,30 g cm⁻³, considerada ideal para substratos agrícolas. Houve concentração acima de 30% de partículas de 0,25 mm, o que pode favorecer a alta retenção de água e/ou reduzir a disponibilidade de oxigênio para as raízes de mudas de hortaliças, principalmente se ocorrerem erros no manejo da irrigação. Os valores de pH situaram-se dentro da faixa de pH 4,4 a 6,3, recomendados para a produção de mudas de hortaliças, e a condutividade elétrica (CE) variou entre 5,5 dS m⁻¹ e 8,5 dS m⁻¹, sendo considerada muito alta. Os valores de pH e de CE evidenciaram que o repouso (compostagem) do substrato de coco verde favoreceu o aumento de pH e a redução da CE; no entanto, alertaram para a necessidade de outras práticas futuras, visando uma redução maior de CE no substrato de coco verde S0; S45; S90; S135 e S180. O ideal seria alcançar valores de CE situados entre 0,75 e 2,00 dS m⁻¹.

Palavras-chave: *Cocos nucifera* L., mudas, densidade, pH, CE, granulometria.

DETERMINATION OF SOME PHYSICAL AND CHEMICAL VARIABLES OF GREEN COCONUT SUBSTRATE

ABSTRACT

In the Embrapa Vegetables were determined some physical and chemical variables in substrate of green coconut without composting before the use, and in composting during 45; 90; 135 and 180 days, respectively, treatments S0; S45; S90; S135 and S180. The commercial substrate Plantmax[®] was used as control. For the determinations was used the complete blocks to experimental designs. The wet and dry density had been inside of the band of 0,10 the 0,30 g cm⁻³, considered ideal for substrate. It had particle concentration of 0,25 mm of size. The particle size distribution can favour the high water retention and/or reduces the availability of oxygen for the roots of vegetables seedlings, mainly to occur errors in the management of the irrigation. The values of pH situate inside placed of the band of pH 4,4 the 6,3, recommended for the vegetables seedlings production and, the electric conductivity (CE) varied between 5,5 dS m⁻¹ and 8,5 dS m⁻¹, being considered very high. The values of pH and CE they had evidenced that the composting of the substrate of green coconut favoured the increase of pH and the reduction of the CE. However, they alert for the necessity of practical others, a bigger reduction of CE in the of green coconut substrate S0; S45; S90; S135 and S180. The ideal would be to reach situated values of CE between 0,75 and 2,00 dS m⁻¹.

keywords: *Cocos nucifera* L., seedlings, salinity, granulation,

INTRODUÇÃO

A procura de novos materiais para a composição de substratos agrícolas é contínua, buscando por resíduos que sejam abundantes, de baixo custo, e cuja reciclagem, além de contribuir para a preservação do ambiente, seja favorável ao bom desenvolvimento de mudas e de hortaliças.

A casca do coco verde é uma opção. Estima-se que no Brasil, para cada 250 ml de água-de-coco *in natura* consumida, é gerado 1 kg do resíduo casca de coco verde (Carrijo *et al.*, 2003). A Embrapa Hortaliças está aproveitando esse tipo de casca para o preparo de um substrato destinado ao cultivo de hortaliças e também à produção de mudas. No entanto, para a utilização correta de um substrato agrícola é conveniente determinar, principalmente, as variáveis: densidade, distribuição do tamanho de partículas, pH e condutividade elétrica pois são elas que possibilitam a adequação do substrato a cada espécie vegetal e influenciam na estabilidade do conjunto substrato/raiz, facilitando ou não a retirada da muda do recipiente por ocasião do transplante.

A densidade de um substrato é a relação entre a massa de substrato e o volume que essa massa ocupa em função de um teor de água atual. Segundo Fermino (2002), já que a densidade de um substrato agrícola varia de acordo com o teor de umidade do material, fala-se em “densidade úmida”, referente ao material com a umidade em que se encontra no momento do uso, e em “densidade seca”, representada pela relação massa/volume do material seco em estufa. É, no entanto, importante considerar que não é a densidade que está úmida ou seca; é o substrato que se encontra com maior ou menor teor de água no momento da análise. Ou seja, em substratos agrícolas é possível determinar a densidade do substrato seco ao ar (D_{sa}) e/ou a densidade do substrato seco em

estufa (*Dse*) a 70°C. No Brasil não existe, ainda, uma norma padrão para a determinação de densidade de substratos agrícolas utilizados no cultivo de plantas, e, normalmente, os trabalhos envolvendo essa característica não relatam o teor de água retido na amostra no momento da análise, levando à diferença de valor da densidade para um mesmo tipo de substrato.

A distribuição do tamanho de partículas é outra variável importante e indicativa da maior ou menor adaptação de um substrato às condições de um determinado sistema de cultivo, influenciando, segundo Fermino (2002), as proporções entre macro e microporosidade e, conseqüentemente, diferentes relações entre espaço de aeração e água disponível para plantas. Também não existe nos laboratórios uma norma padrão sobre a série de tamanhos e malhas de abertura de peneiras a serem utilizadas na determinação desta variável (Martínez, 2002). Distribuições granulométricas de substratos elaborados com o pó da casca de coco, com e sem a secagem da matéria prima antes do preparo, são apresentadas por Morsyleide *et al.* (2001).

Mudas de hortaliças produzidas em substratos agrícolas podem suportar um amplo intervalo de pH sem sofrerem distúrbios fisiológicos aparentes, sempre e quando os nutrientes essenciais forem ministrados em fórmulas facilmente assimiláveis pelas raízes de plântulas (Abad & Noguera, 2004). No entanto, em condições extremas ($\text{pH} < 4,0$ e $> 7,0$ e/ou $\text{CE} < 0,75$ e $> 6,0 \text{ dS m}^{-1}$) o crescimento e o desenvolvimento de plântulas de hortaliças produzidas em substratos podem ser reduzidos de modo marcante. Assim, para a utilização correta de substratos agrícolas é também importante a determinação das variáveis pH e condutividade elétrica (CE). Gruszynski (2002) cita trabalhos com valores de pH recomendados para cultivos em substratos sem solo na mistura e

uma série de valores de condutividade elétrica determinada em extrato de saturação de substrato, a 25°C.

Liz (2004) considera a possibilidade de que todas as cascas de coco verde, em adequadas condições sanitárias de recolhimento, apresentem boas qualidades físicas e químicas e possam ser trituradas para uso como substrato na produção de mudas de hortaliças.

Neste trabalho, o objetivo foi determinar as densidades do substrato seco ao ar e seco em estufa a 70°C, o teor de água, a distribuição do tamanho de partículas, o pH e a condutividade elétrica em substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças para a produção de mudas e deixado em repouso (maturação, compostagem) por 0; 45; 90; 135 e 180 dias antes do uso.

MATERIAL E MÉTODOS

O substrato de coco verde foi preparado na Embrapa Hortaliças para o uso na produção de mudas baseando-se nas recomendações de Carrijo *et al.* (2002). Após o preparo foi deixado em repouso (Liz, 2004) por diferentes períodos de tempo: 0; 45; 90; 135 e 180 dias, representando, respectivamente, os tratamentos à base de coco verde S0; S45; S90; S135 e S180. A amostragem dos tratamentos à base de coco verde e do substrato comercial Plantmax[®] utilizado como testemunha foi realizada com base na Norma Européia (EN 13040, 1999), sendo as amostras colocadas em bandejas de alumínio (30 x 60 x 5 cm) para o processo de secagem à sombra. As amostras do substrato de coco verde depois de secadas à sombra foram passadas em peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 4 mm de abertura. O material retido na peneira foi descartado e o material peneirado foi usado nas caracterizações físicas e químicas. O substrato Plantmax[®] foi secado à sombra sem ter sido peneirado.

Determinação da densidade do substrato seco ao ar, seco em estufa a 70°C, e do teor de água no substrato

Um cilindro tipo “Uland”, unido a uma tampa de alumínio na parte inferior formou um recipiente de massa (Mr) e volume (Vr) de 66,68 cm³.

Sobre esse recipiente foi colocado outro cilindro idêntico, sem a tampa, formando uma coluna. A coluna foi preenchida com uma massa de substrato seco ao ar (Msa), sem compactar a amostra.

Retirou-se o cilindro superior, arrastando-o sobre a borda do cilindro inferior, a fim de nivelar o conteúdo dentro do cilindro inferior. O recipiente contendo a amostra de substrato foi pesado, registrando-se a massa do recipiente mais a massa do substrato seco ao ar ($Mrsa$), ou seja: $Mrsa = Mr + Msa$, que, por diferença, possibilitou o cálculo da massa de substrato seco ao ar: $Msa = Mrsa - Mr$.

O recipiente contendo a amostra de substrato foi levado à estufa a 70°C durante trinta e três horas (Liz *et al.*, 2006), para obtenção da massa do recipiente mais a massa do substrato seco em estufa ($Mrse$): $Mrse = Mr + Mse$, possibilitando, também por diferença, o cálculo da massa de substrato seco em estufa (Mse): $Mse = Mrse - Mr$.

A densidade do substrato seco ao ar (Dsa) e a densidade do substrato seco em estufa (Dse) a 70°C, determinadas em g cm⁻³, foram obtidas pelas equações: $Dsa = Msa / Vr$ e, $Dse = Mse / Vr$. A representação matemática usada para expressar o teor de água com base na massa do substrato seco em estufa, foi: $Ta (\%) = (Msa - Mse) / (Mse) \times 100$. As massas foram obtidas em balança com três dígitos. Os dados obtidos foram analisados considerando o delineamento em blocos ao acaso, com seis tratamentos e três repetições.

Determinação da distribuição do tamanho de partículas

Pesou-se 50 g de substrato seco ao ar que constituiu a subamostra 1. Um jogo de peneiras com 20 cm de diâmetro e com malha de 2; 1; 0,59; 0,25 e <0,25 mm, sobrepostas, com a malha maior na parte superior, foi acoplado a um agitador mecânico “Produtest”, usado para determinar o percentual de agregados do solo, por via seca (Embrapa, 1997). A massa de 50 g, relativa à subamostra 1, foi derramada na parte superior do jogo de peneiras. O agitador mecânico foi ligado com o reostato na posição zero e mantido em funcionamento durante cinco minutos (Drzal *et al.*, 1999).

O material retido em cada peneira foi transferido para latas de alumínio de massa conhecida (ML_1). Em lata de alumínio de massa conhecida (ML_2), foram colocados outros 50 g de substrato seco ao ar de cada tratamento, subamostra 2, para determinar o fator de correção (Embrapa, 1997). Para obtenção das massas do substrato seco ao ar retido na peneira ($Msarp$) e massa do substrato seco em estufa (Mse) a 70°C, as latas de alumínio (ML_1) contendo o material retido em cada peneira e (ML_2) contendo os 50 g da amostra usada para determinar o fator de correção, foram levadas à estufa convencional a 70°C, durante trinta e três horas (Liz *et al.*, 2006). A distribuição do tamanho de partículas (DTP) estáveis à agitação mecânica a seco foi determinada pela equação: $DTP = (100 \times Msarp) / (Mse)$, na qual DTP indicou a distribuição do tamanho de partículas, em (%); $Msarp$ correspondeu à massa do substrato seco ao ar retido na peneira, em gramas, e, Mse correspondeu à massa do substrato seco em estufa, também em gramas.

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com trinta tratamentos dispostos no esquema fatorial 6 x 5, com três repetições.

Determinação do pH e da Condutividade Elétrica (CE)

Para determinar o pH e a condutividade elétrica foi adaptada a metodologia descrita por Yeager (2003). A massa de 40 g de substrato seco ao ar foi acondicionada em um recipiente plástico, com volume de um litro, sendo adicionada água destilada (pH 6,5 e CE 0,28 dS m⁻¹) aos poucos. Os componentes foram misturados com uma espátula, sem deixar acumular água no fundo do recipiente e até formar uma pasta homogênea de superfície brilhosa. Foram utilizados 150 mL de água destilada para formar a pasta de substrato de coco verde e 40 mL de água destilada para a do substrato comercial Plantmax[®]. Cada recipiente contendo a pasta foi coberto com um filme plástico, para minimizar a evaporação, e deixado em repouso durante quatro horas. A pasta assim obtida foi transferida para um “Funil Buchener”, equipado com papel filtro e acoplado em “Kitasato” de 500 mL, o qual foi conectado a uma bomba de vácuo para a extração de 25 mL de extrato da solução. Para as medições de pH foi utilizado um medidor modelo pH Meter HM-14P. Para avaliar a CE foi utilizado um condutímetro EC-Meter, modelo CM 53 DEMETRO. Ambos portáteis e com precisão de 0,05 unidades à temperatura de 25°C. Os dados coletados foram analisados utilizando o delineamento em blocos ao acaso com seis tratamentos, duas repetições, e o aplicativo SISVAR. A comparação de médias foi com o teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número ideal de repetições para a determinação de variáveis físicas e químicas em substratos agrícolas não é padronizado, pois, segundo Fernandes & Cora (2002), o número ideal de repetições, principalmente para a determinação

da distribuição do tamanho de partículas e da densidade em substratos agrícolas, não é fixo, variando em função do tipo de cada substrato. Neste trabalho, o número de repetições foi definido em função do volume de substrato disponível para as análises.

Houve efeito do tempo de repouso e do tipo de substrato sobre a densidade do substrato seco ao ar e seco em estufa a 70°C e sobre o teor de água ao nível de 1% de probabilidade.

Quando comparadas às densidades determinadas em S0, as densidades do substrato S45; S90 e S180 seco ao ar e seco em estufa a 70°C diminuíram em função do maior teor de água retido na amostra (Tabela 1). Ao contrário, as densidades do substrato Plantmax[®] aumentaram em função do menor teor de água. Isso indicou que o teor de água retido nas partículas dos substratos, no momento da determinação das densidades, principalmente densidade do substrato seco ao ar, teve influência sobre a intensidade de atração molecular entre as diferentes formas de partículas dos substratos avaliados. Para S135 a explicação pode estar relacionada à distribuição do tamanho de partículas (Tabela 2). As densidades do substrato de coco verde S0; S45; S90; S135 e S180, seco ao ar e seco em estufa a 70°C, determinadas em amostras com um teor médio de 8,98% de água, ficaram dentro da faixa de 0,10 a 0,30 g cm⁻³, considerada ideal para a densidade de substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças (Kämpf, 2000 e Fermino, 2002). Sugere-se que a densidade do substrato de coco verde seco ao ar seja determinada com um teor de água maior, pois, com o teor médio de 8,98% ocorreu alto índice de formação de poeira durante a manipulação do substrato.

Segundo Fermino (2003), com menor teor de água as densidades “úmida e

seca” de substratos são maiores, devido ao efeito que a massa de uma partícula exerce sobre outras. Essa afirmação auxilia no entendimento de que as maiores densidades determinadas no substrato Plantmax[®], “úmida” 0,49 g cm⁻³ e “seca” 0,47 g cm⁻³, estejam associadas a um menor teor de água, 5,0% (Tabela 1). Schmitz *et al.* (2002); Kämpf (2000) e Fermino (2002) recomendam a utilização de substratos com estas densidades para o cultivo de plantas em recipientes altos, tais como vasos de 20 a 30 cm de altura. Em função de ser o substrato Plantmax[®] amplamente usado com sucesso na produção de mudas de hortaliças em bandejas, sugere-se que a determinação da densidade desse substrato seja realizada com a amostra com o teor de água em que se encontra dentro da embalagem original, ou seja, sem a secagem da amostra ao ar ou em estufa. Deve-se, ainda, considerar que existem diferentes interações na determinação de densidade de substratos agrícolas, envolvendo, entre outras, o tamanho e o formato de recipientes e a característica de expansão e retração em substratos. Na determinação da distribuição do tamanho de partículas, a interação substrato versus abertura de malha influenciou no percentual de massa retida em cada peneira. No desdobramento desta interação (substrato x abertura das malhas) houve diferença altamente significativa (1%) tanto em relação a cada tipo de substrato dentro de idêntica abertura de malha quanto em relação a um mesmo tipo de substrato dentro de diferentes aberturas de malha. Como era de se esperar o tempo em que o substrato de coco verde foi deixado em repouso (45; 90; 135 e 180 dias) não teve influência representativa sobre a propriedade física tamanho das partículas. Com o repouso (maturação, compostagem) desse substrato, o que se espera são maiores mudanças nas propriedades químicas.

Houve alto percentual de partículas do substrato de coco verde

S0; S45; S90; S135 e S180 menores que 0,59 mm (Tabela 2). Segundo Cabrera (2002), a maioria das partículas de bons substratos para plantas, orgânicos ou inorgânicos, deve ter um tamanho entre 4,00 e 0,50 mm. Isso indica que é conveniente modificar a distribuição do tamanho de partículas do substrato de coco verde avaliado neste trabalho, reduzindo-se a quantidade de partículas menores que 0,59 mm. Havendo partículas menores que 0,50 mm na composição de um substrato, a quantidade não deve ser superior a 20 % do total de partículas (Cabrera, 2002).

Por meio do teste de Tukey houve efeito ao nível de 1% de probabilidade, dos substratos em relação ao pH, e a 5% em relação à variável condutividade elétrica. O pH 5,0, no tratamento S0 foi inferior e diferiu dos demais tratamentos à base de coco verde. Possivelmente, por ter permanecido seco antes do uso, e nessa condição não ter sofrido reação química e/ou microbiana, devido ao baixo teor de água. Segundo Baumgarten (2002), o pH de substratos pode atingir 7,0 quando o substrato for melhorado por meio de repouso na presença de umidade ou receber adição de algum composto orgânico. Seguindo a classificação sugerida por Kämpf (2000), o pH medido nos substratos S0; S45; S90; S135 e S180, foram: ligeiramente baixo no tratamento S0 e, alto nos tratamentos S45; S90; S135 e S180. Os valores de pH determinados para os substratos S0; S45; S90; S135 e S180 (Tabela 3) situaram-se dentro da faixa de pH 5,5 a 6,3, recomendada para a produção de mudas e para o cultivo de hortaliças em substratos sem solo na mistura segundo Fonteno (1996) e Handreck & Black (1999). A condutividade elétrica (CE) medida no substrato S0 (Tabela 3) pode ser considerada excessiva para o cultivo de plantas em substrato segundo Martínez (2002); tóxica segundo Kämpf (2000), e extremamente alta segundo

Gruszynski (2002). Os valores de CE determinados nos substratos S0; S45; S90; S135 e S180 são valores considerados desfavoráveis para a produção de mudas de hortaliças (Cavins *et al.*, 2000; Gruszynski, 2002; Martínez, 2002; Kämpf, 2000; Bunt, 1998 e Abad *et al.*, 1989).

Carrijo *et al.* (2003) mediram uma CE de 2,4 dS m⁻¹ em substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças. A diferença nos resultados pode ser atribuída ao método utilizado para as determinações, diferença de tamanho de partículas, e ainda, à diferença de quantidade (massa) de substrato analisada. O valor 5,0 dS m⁻¹ de condutividade elétrica, medido no substrato Plantmax[®], também foi um valor alto. No entanto, como já mencionado, o substrato Plantmax[®] há anos é amplamente utilizado com sucesso na produção de mudas de hortaliças. Então, o alto valor de condutividade elétrica determinado no substrato Plantmax[®] avaliado pode ter sido em função de uma menor diluição do extrato de saturação, em função das maiores densidades.

Desse trabalho pode-se inferir que é possível se tomar por base um valor de densidade do substrato de coco verde seco ao ar entre 0,15 e 0,20 g cm⁻¹; que é conveniente equilibrar a distribuição do tamanho de partículas desse substrato, reduzindo-se o percentual de partículas de tamanho 0,25 mm, para menos de 20% do total da composição de partículas; que se pode manter o pH desse substrato por volta de 5,5, e que, para viabilizar a utilização desse substrato para a produção de mudas de hortaliças é conveniente reduzir para valores abaixo de 2,0 dS m⁻¹ (Gruszynski, 2002) os valores de condutividade elétrica. São necessários estudos futuros visando melhorar a distribuição do tamanho de partículas e a redução maior de condutividade elétrica nesse substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças para a produção de mudas.

Tabela 1. Médias de densidades e do teor de água no substrato de coco verde com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso após o preparo, e no substrato Plantmax[®], seguidas do erro padrão da média. Embrapa Hortaliças, 2006.

Substrato	Densidade do	Densidade do	Teor de água em massa
	substrato seco ao ar	substrato seco a 70 °C	seca a 70 °C
	----- g cm ⁻³ -----		(%)
S0	0,24 ± 0,00 b	0,22 ± 0,00 c	7,6 ± 0,03 ab
S45	0,18 ± 0,00 a	0,16 ± 0,00 a	9,3 ± 0,03 b
S90	0,18 ± 0,01 a	0,16 ± 0,01 a	9,8 ± 1,19 b
S135	0,24 ± 0,00 b	0,21 ± 0,00 bc	9,4 ± 0,26 b
S180	0,19 ± 0,00 a	0,17 ± 0,00 ab	8,8 ± 0,04 b
Plantmax [®]	0,49 ± 0,00 c	0,47 ± 0,01 d	5,0 ± 1,03 a
CV (%)	5,48	7,21	14,70

Médias com letras iguais, minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

Tabela 2. Percentual médio da distribuição do tamanho de partículas do substrato de coco verde com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso após o preparo, e do substrato Plantmax[®], retidas em peneiras. Embrapa Hortaliças, 2006.

Tamanho (mm)	Substrato de coco verde					Plantmax [®]
	S0	S45	S90	S135	S180	
2,00 a 4,00	15,80 Abc	8,60 Bc	7,00 Bc	9,00 Bc	6,40 Bc	17,00 Ac
1,00 a 2,00	8,80 Bd	16,60 Ab	16,50 Ab	20,00 Ab	20,60 Ab	18,00 Abc
0,59 a 1,00	14,00 Bcd	31,80 Aa	32,30 Aa	29,00 Aa	34,50 Aa	15,00 Bc
0,25 a 0,59	41,31 Aa	32,70 Ba	33,60 Ba	32,00 Ba	30,30 Ba	22,90 Cab
< 0,25	20,00 Bb	10,21Cc	10,60 Cc	10,00 Cc	8,20 Cc	27,00 Aa
CV (%)	12,29					

Médias com letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

Tabela 3. Médias de potencial hidrogeniônico (pH) e de condutividade elétrica (CE) no extrato de saturação do substrato de coco verde com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso após o preparo, e do substrato Plantmax[®], seguidas do erro padrão da média. Embrapa Hortaliças, 2006.

Substrato	pH	CE (dS m ⁻¹)
S0	5,0 ± 0,00 a	8,5 ± 1,50 b
S45	5,9 ± 0,00 c	5,0 ± 0,00 a
S90	6,2 ± 0,10 d	5,7 ± 0,30 ab
S135	6,1 ± 0,10 cd	5,7 ± 0,30 ab
S180	6,2 ± 0,05 cd	5,5 ± 0,50 ab
Plantmax [®]	5,6 ± 0,10 b	5,0 ± 0,50 b
Faixa ideal	5,0 a 6,5 ¹	0,7 a 2,0 ²
CV (%)	1,19	12,35

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey 5 %. ¹ = nível médio de referência de pH de substratos comerciais usados no cultivo de plantas em geral, segundo Martinez (2002). ² = Faixa de condutividade elétrica considerada favorável para a germinação de sementes e para o crescimento de plântulas, segundo Martinez (2002).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD M; NOGUERA P. 1998. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales. C. Canahía (Coord.) Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- ABAD M; NOGUERA V; MARTÍNEZ MD; FORNES F; MARTÍNEZ J. 1989. Physical and chemical properties of sedge peat-based media and their relation to plant growth. *Acta Horticulturae* 238: 45-56.
- BAUMGARTEN A. 2002. Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: 8-15. (Documentos IAC, 70).
- BUNT AC. 1988. *Media and mix for containers: grow plants*. 2nd. London: Unwin Hyman Ltd.
- CABRERA RI. 2002. *Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta*. Coahuila: Texas A&M University.
- CARRIJO OA; MAKISHIMA, N; LIZ RS; OLIVEIRA, VR. 2003. *Uso da fibra da casca de coco verde para o preparo de substrato agrícola*. Brasília: Embrapa Hortaliças. 4 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 19).
- CARRIJO OA; MAKISHIMA N; LIZ RS. 2002. Fibra da casca de coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira* 20: 533-535.
- CAVINS TJ; WHIPKER BE; FONTENO WC; HARDEN B; McCALL I; GIBSON JL. 2000. *Monitoring and managing pH and EC using the pourThru extraction method*. Raleigh : Horticulture Information Leaflet / NCSU. Disponível em <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/hortsublab/>.
- DRZAL MA; FONTENO, WC; CASSEL, DK. 1999. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. *Acta Horticulturae* 481, v. 1, p. 43-54.
- EMBRAPA. 1997. Percentagem de agregados. In: EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- EN 13040:1999. 2002. Mejoradores del suelo y sustratos de cultivo: preparación de la muestra para análisis físicos y químicos, determinación del contenido de materia seca, del contenido de humedad y de la densidad aparente compactada en laboratorio. In: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. *Mejoradores del suelo y sustratos de cultivo*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.

- FERNANDES C; CORA JE. 2002. Repetibilidade da amostragem na determinação da distribuição do tamanho das partículas e da densidade em substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: 83. (Documentos IAC, 70).
- FERMINO MH. 2003. *Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas*. Porto Alegre: UFRGS. (Tese doutorado).
- FERMINO MH. 2002. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: 29-37. (Documentos IAC, 70).
- FONTENO WC. 1996. Growing media: types and physical/chemical properties. In: REED DW (ed). *A growers guide to water, media, and nutrition for greenhouse crops*. Batavia: Ball. cap. 5. p. 93-122.
- GRUSZYNSKI C. 2002. *Resíduo agro-industrial "casca de tungue" como componente de substrato para plantas*. Porto Alegre: UFRGS. 100p. (Dissertação mestrado).
- HANDRECK KA; BLACK ND. 1999. *Growing media for ornamental plants and turf*. Sydney: Unsw Press. 448p.
- KÄMPF AN. 2000. *Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre: Genisis. 312p.
- KÄMPF AN. 2000. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, AN. *Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre: Genisis. 312p.
- KÄMPF AN. 2000. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba: Agropecuária. 254p.
- LIZ RS. 2004. *Casca de coco verde: opção de substrato para uma horticultura moderna e utilização na produção de mudas de tomateiro*. Brasília: Faculdade da Terra de Brasília. 57p. (Monografia graduação).
- LIZ RS; CARRIJO OA; OLIVEIRA CAS; MOITA AW. 2006. Tempo de secagem para o substrato de coco verde em estufa convencional a 70°C. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 5. *Irrigação e fertirrigação em ambientes protegidos*. Ilhéus, BA. Anais. p. 141. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC.
- MARTÍNEZ PF. 2002. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI AMC; BATAGLIA OC; ABREU MF; ABREU CA; FURLANI, PR, QUAGGIO JA; MINAMI K. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: 53-75. (Documentos IAC, 70).

MORSYLEIDE FR; SANTOS FJS; MONTENEGRO AAT; ABREU FAP; CORREA D; ARAÚJO FBS; NORÕES ERV. 2001. *Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola*. Fortaleza: Embrapa-CNPAT. Embrapa-CNPAT. Comunicado Técnico, 54).

SCHMITZ JAK; SOUZA PVD; KAMPF, NA. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. *Ciência Rural* 32: 937-944.

S/SVAR. Disponível em <http://superdownloads.uol.com.br/download/i27438.html>.

YEAGER T. 2003. *Implementation guide for containers-grow interim measure*. Florida: University of Florida.

CAPÍTULO II

DETERMINAÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM SUBSTRATO DE COCO VERDE UTILIZANDO-SE SECAGEM POR EVAPORAÇÃO E MEDIÇÃO DE TENSÃO DA ÁGUA EM SENSOR IRRIGAS

DETERMINAÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM SUBSTRATO DE COCO VERDE UTILIZANDO-SE SECAGEM POR EVAPORAÇÃO E MEDIÇÃO DE TENSÃO DA ÁGUA EM SENSOR IRRIGAS

Ronaldo Setti de Liz¹; Osmar A. Carrijo; Adonai G. Calbo; Carlos A. da Silva Oliveira
¹Embrapa Hortaliças, C. Postal 218, 70.359-970 Brasília-DF; E-mail: setti@cnph.embrapa.br

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi obter a curva de retenção de água em substrato de coco verde, preparado na Embrapa Hortaliças para produção de mudas, sem repouso antes do uso e em repouso (compostagem) durante 45; 90; 135 e 180 dias. O substrato comercial Plantmax[®] foi utilizado como testemunha. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso no esquema fatorial 6 x 11 (substrato x tensão) com três repetições. A utilização do mini sensor Irrigas possibilitou a medição da tensão da água de maneira contínua e paralela entre as tensões de 0 e 11 kPa, simultaneamente, em três amostras de substrato. O desenvolvimento de tensão de água no substrato foi obtido graças à evaporação da água das amostras. Os percentuais de teor de água, equivalentes à porosidade total e espaço de aeração, foram menores que os recomendados na literatura como favoráveis para a produção de mudas. Isto foi indicativo de que é conveniente adequar a distribuição do tamanho de partículas do substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças, antes de utilizá-lo nesse tipo de produção.

Palavras-chave: Horticultura, propriedades físicas, cultivo sem solo, teor de água.

DETERMINATION OF THE SUBSTRATE WATER RETENTION CURVE IN GREEN COCONUT USING EVAPORATION DRYING AND IRRIGAS WATER TENSION MEASUREMENTS

ABSTRACT

The objective in this work was to get the substrate water retention curve for a Embrapa Vegetables substrate prepared from green coconut shells without composting and with composting of 45; 90; 135 and 180 days. The commercial substrate Plantmax[®] was used as control in a complete block experimental design with 6 substrates and 11 water tension levels with three replications. The use of mini Irrigas sensor enabled water tension measurements, continuously, in three parallel substrate samples for water tensions ranging from zero to 11 of kPa. The water tension in the samples was slowly developed by evaporation at the substrate air interface. The water content percentage was determined a measure of total porosity and aeration space was smaller than the recommended values, considered favourable for plant seedling production in the literature. These results were indicative that the Embrapa Vegetables coconut substrate particle size distribution requires adjustments to better attend seedling substrate demand.

keywords: Horticulture, physical properties, soilless cultivation, moisture content.

INTRODUÇÃO

Cascas de coco verde, coletadas no entulho de quiosques onde é comercializada a água-de-coco *in natura*, estão sendo aproveitadas pela Embrapa Hortaliças para o preparo de substrato destinado à produção de mudas e ao cultivo de hortaliças. Carrijo *et al.* (2002) relatam que em relação ao substrato de coco verde: não reação com os nutrientes da adubação, longa durabilidade sem alteração das características físicas, possibilidade de esterilização e abundância da matéria prima, que é renovável, são propriedades que possibilitam obter, nesse substrato, qualidade dificilmente superada por outro tipo de substrato utilizado na produção de mudas e no cultivo de hortaliças.

A utilização do substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças já possibilitou colheitas de cerca de uma tonelada a mais de frutos comercializáveis de tomates em relação à colheita em outros sete tipos de substratos avaliados em três anos consecutivos (Carrijo *et al.*, 2002). No entanto, a utilização desse substrato, preparado especificamente para a produção de mudas de hortaliças, não tem possibilitado manter a qualidade desejada e conseguida em mudas produzidas em outros substratos agrícolas.

Sabe-se que a divisão arbitrária de quanta água pode ser retida em um substrato para a produção de mudas de hortaliças, em cada faixa de tensão da água, pode ser útil, pois o teor de água pode interagir, negativa ou positivamente, desde a germinação de sementes até a completa formação desse tipo de muda, sendo, portanto, importante determiná-la em cada substrato agrícola a ser utilizado.

Baseando-se em conceitos empregados a partir de trabalhos de De Boodt & Verdonck (1972); Grolli (1991); Gruszynsk (2002) e Fermino (2002), entre outros,

a determinação da curva de retenção de água é um método que fornece informações relacionadas a essa divisão arbitrária, usualmente definida pelas variáveis: porosidade total (*PT*), espaço de aeração (*EA*), água facilmente disponível (*AFD*), água disponível (*AD*), água tamponante (*AT*), e, água remanescente (*AR*). Ou seja, a curva de retenção de água fornece informações indicativas sobre o teor de água e a força com que a água é retida pela matriz de um substrato usado no cultivo de plantas.

Freire & Scardua (1978), Vieira & Castro (1987), Medina & Oliveira Júnior (1987), Pauletto *et al.* (1988), Reichardt (1988), Souza & Reichardt (1996), Centurion *et al.* (1997) e Tormena & Silva (2002) concordam que a determinação da curva de retenção de água é necessária em estudos envolvendo o balanço e a disponibilidade de água para plantas; a dinâmica e modelagem da água e solutos no meio; a hidrologia; a infiltração e o manejo da água de irrigação; a drenagem e o escoamento superficial da água em sistemas de produção agrícola. É, também, de importância fundamental para aqueles estudos que envolvem o complexo do ainda emergente sistema recipiente/substrato/planta/atmosfera.

Porém, segundo Tormena *et al.* (2002), os métodos mais utilizados na determinação de curvas de retenção de água em solo ou em outros componentes demandam muito tempo, são tediosos, necessitam de equipamentos caros e, geralmente, importados. Estes fatores vêm limitando e dificultando padronizar a determinação da curva de retenção de água em substratos utilizados no cultivo e na produção de mudas de hortaliças. Então, para obtenção e quantificação de variáveis alicerçadas na curva de retenção de água com rapidez e precisão, é importante a busca por métodos alternativos, confiáveis, viáveis e suficientemente atraentes para a utilização profissional na análise física em substratos usados na

produção de mudas e no cultivo de hortaliças.

Utilizando-se a técnica de remoção de água por evaporação e medição contínua da tensão da água com sensor Irrigas por tensiometria a gás, o objetivo neste trabalho foi determinar a curva de retenção de água em substrato de coco verde, preparado na Embrapa Hortaliças para a produção de mudas, com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso antes do uso.

MATERIAL E MÉTODOS

Curvas de retenção de água em substrato de coco verde sem repouso antes do uso, em repouso (maturação) durante 45; 90; 135 e 180 dias, e em substrato comercial Plantmax[®] foram determinadas utilizando um mini sensor Irrigas (Figura 1 A). Os tratamentos foram denominados, respectivamente: S0; S45; S90; S135; S180 e Plantmax[®]. O substrato de coco verde foi preparado na Embrapa Hortaliças para a produção de mudas, baseando-se em metodologia descrita por Carrijo *et al.* (2002).

A amostragem dos tratamentos foi realizada com base na Norma Européia (EN 13040, 1999), e a preparação das amostras de substratos utilizadas nas análises, conforme descrito por Liz (2006).

Inicialmente, sem compactar a amostra e adaptando a metodologia descrita na Norma Européia (EN 13040, 1999), foi determinada a densidade do substrato seco ao ar (D_{sa}), a densidade do substrato seco em estufa (D_{se}) a 70°C, e o teor de água (T_a) base massa da amostra de substrato seco em estufa a 70°C, durante 33 horas (Liz *et al.*, 2006a).

Para a determinação das curvas de retenção foram construídos três cilindros volumétricos de 58,9 cm³ (3 cm altura x 5 cm de diâmetro interno) a partir de um

tubo de PVC com espessura de parede de 0,5 cm (Figura 1 B), que serviram para conter as amostras de substrato e para possibilitar o adequado posicionamento do mini sensor Irrigas.

No centro da parede de cada cilindro de PVC foi perfurado um orifício de 3 mm de diâmetro, pelo qual, de dentro para fora, foi passado o tubo de um mini sensor Irrigas. A cápsula porosa do mini sensor Irrigas ficou firmemente posicionada na parte central interna do cilindro volumétrico (Figura 1 B). Esse mini sensor Irrigas é constituído por uma pequena cerâmica porosa, cilíndrica, de 0,8 cm³, com 3 cm de altura, 0,6 cm de diâmetro e aproximadamente 14 kPa de tensão, colada na ponta de um tubo de 6,5 cm de comprimento, 1,5 mm de diâmetro interno e 3 mm de diâmetro externo (Hidrosense, 2006).

Para possibilitar a contenção e a saturação da amostra de substrato dentro do cilindro de PVC foram utilizados um anel de borracha de 1 cm de largura por 5,5 cm de diâmetro interno e uma cerâmica porosa, série 600, circular, de 6 cm de diâmetro, 8 mm de espessura e 1 bar de tensão (Soilmoisture, 2006). O anel de borracha foi encaixado externamente no cilindro de PVC, ficando rente à parte inferior do mesmo. Nessa parte inferior do cilindro de PVC, como se fosse uma tampa, a cerâmica porosa circular de 6 cm de diâmetro e 1 bar de tensão foi fixada pelo anel de borracha, que foi abaixado, deixando-se metade deste anel de borracha em contato com o cilindro de PVC e metade em contato com a cerâmica porosa (Figura 1 C). A massa desse conjunto (cerâmica porosa de 6 cm e 1 bar, tubo e mini sensor Irrigas, anel de borracha e cilindro de PVC) foi registrada (Tabela 1).

Para padronizar o enchimento dos cilindros de PVC com a amostra de substrato foi utilizada a equação: $Msa = Dsa \times Vc$, na qual Msa indicou a massa,

em gramas, de substrato seco ao ar a ser colocado dentro do cilindro; D_{sa} , a densidade do substrato seco ao ar, em g cm^{-3} e, V_c , o volume do cilindro em cm^3 . O volume de $0,8 \text{ cm}^3$ da cerâmica porosa do mini sensor Irrigas foi considerado nos cálculos. Depois de preenchidos com o substrato os cilindros de PVC foram lacrados na parte superior com uma tampa do tipo “Tempe pressure cells”, série 1400 (Soilmoisture, 2006a), para evitar a possibilidade da saída do substrato de dentro dos cilindros durante a saturação realizada no sentido ascendente. Essas tampas foram fixadas ao conjunto por meio de uma liga de borracha e retiradas após a saturação da amostra de substrato para facilitar a evaporação da água (Figura 1 D).

O mini sensor Irrigas foi conectado a um compressor de ar (modelo A 240), que opera com pressão de saída de 25 kPa, normalmente utilizado para oxigenar aquários, e a um manômetro de mercúrio construído em forma de “U” com mangueiras transparentes, de 80 cm de comprimento x 4 mm de diâmetro interno (Figura 1 E), utilizando-se distribuidores de gás de duas e três saídas, devidamente conectadas a mangueiras de 5 mm de diâmetro interno (Figura 2). O distribuidor de gás de três saídas possibilitou a utilização de três conjuntos para a medição da tensão da água de maneira contínua e paralela, simultaneamente em três amostras de substrato (Figura 1 F). Nesse distribuidor de gás de três saídas foi conectado um sistema de restrição de fluxo de ar, utilizado para introduzir em cada sensor Irrigas um fluxo de aproximadamente $0,5 \text{ ml / min}$ de ar. Essa restrição capilar foi um segmento de fio flexível (multifilamento) de 1 mm de diâmetro externo e comprimento de 14 cm, que proporcionou o fluxo de ar especificado (Figura 1 E). Detalhes técnicos referentes às propriedades desta fonte de ar de fluxo quase constante e sobre a aferição necessária para obter

restrições com fluxo de ar adequado estão descritas em Calbo & Silva (2005), considerando a equação de Poiseuille aplicado a um fluido compressível.

Os cilindros de PVC contendo as amostras de substrato e lacrados com a tampa “tempe pressure cells” (Figura 1 D) foram colocados individualmente dentro de recipientes com água destilada, durante quinze horas, aproximadamente.

Em um primeiro momento, foi colocada água destilada dentro do recipiente até à altura de um terço do cilindro de PVC. O restante da água destilada foi sendo adicionado aos poucos, até atingir o nível da borda superior dos cilindros de PVC. Após esse tempo de hidratação da amostra, o tubo do mini sensor Irrigas foi conectado ao compressor de ar e ao manômetro de mercúrio usando mangueiras de 1 mm de diâmetro interno e distribuidores de gás de duas e três saídas (Figura 1 E).

Quando o movimento da coluna de mercúrio se estabilizou o substrato foi considerado saturado (superfície brilhosa). A altura de coluna de mercúrio assim estabelecida foi a tensão crítica de umedecimento (T_s) da cápsula porosa (Calbo & Silva, 2006). Nesse momento, sem desconectar as mangueiras, foram determinadas, juntamente, a massa do conjunto (M_c) e a massa da amostra saturada (M_{as}), ou seja: ($M_c + M_{as}$). Esse procedimento foi repetido ao se alcançar cada tensão desejada (1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 e 11 kPa). A partir da tensão de 1 kPa, a massa da amostra passou a ser considerada massa do substrato úmido (M_{su}), obtida por meio da equação: $M_{su} = (M_c + M_{su}) - (M_c)$.

A tensão (T), da água na amostra foi calculada com a equação $T = (T_s - P)$, onde, P representou a pressão lida no manômetro (Calbo & Silva, 2006).

Os valores de T , multiplicados por 13,6, razão entre as densidades do mercúrio e da água, representaram, aproximadamente, a tensão em centímetros

da coluna de água; e os valores de tensão em centímetros da coluna de água, divididos por dez, indicaram os valores de tensão em kPa (Tabela 1).

A porosidade total (PT), assumida neste trabalho, foi equivalente ao teor de água volumétrica na tensão crítica de umedecimento do substrato; o espaço de aeração (EA), equivalente ao teor de água volumétrica nas tensões entre 0 e 1 kPa; o teor de água facilmente disponível (AFD), equivalente ao teor de água volumétrica nas tensões entre 1 e 5 kPa; a água disponível (AD), equivalente ao teor de água volumétrica nas tensões entre 1 e 10 kPa; a água tamponante (AT), equivalente ao teor de água volumétrica nas tensões entre 5 e 10 kPa; e, a água remanescente (AR), equivalente ao teor de água volumétrica nas tensões de 10 kPa.

O delineamento utilizado foi blocos ao acaso com três repetições e dezoito tratamentos dispostos no esquema fatorial 6 x 11, referente a seis composições de substrato S0; S45; S90; S135; S180 e Plantmax[®], e a onze tensões 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 e 11 kPa. Os pontos obtidos foram ajustados pelo modelo van Genuchten (1980), por meio do aplicativo Soil Water Retention Curve – SWRC (Dourado Neto *et al.*, 1990). Para entrar com os valores de (θ_s) e (θ_r) no aplicativo SWRC foram utilizados, respectivamente, os comandos: “*Maximum value of soil moisture*” e “*Minimum value of soil moisture*”.

Para a análise estatística foi utilizado o aplicativo SISVAR. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito a 1% de probabilidade para as variáveis: substrato, tensão, e interação substrato versus tensão. O coeficiente de variação de 5,41% refletiu

uma ótima precisão experimental (Ferreira, 1996). A metodologia com o mini sensor Irrigas possibilitou a obtenção de pontos da curva, nas tensões de 0 a 11 kPa, em cerca de cinco dias (Tabela 3).

As variações na inclinação das curvas de retenção de água (Figura 3) podem estar associadas ao efeito do condicionamento do substrato de coco verde aos diferentes períodos de repouso (0; 45; 90; 135 e 180 dias); à diferença no teor de água inicial da amostra (S0 com 7,3%; S45 com 9,3%; S90 com 9,8%; S135 com 9,4%; S180 com 8,8% e o Plantmax[®] com 5,0% de teor de água); à diferença de teor de água retido na amostra no momento das determinações, em função do processo de saturação, e ainda à diferença de densidade de cada tratamento (Tabela 2). Além da diferença de teor de água nas amostras, a diferença de distribuição do tamanho de partículas pode ter influenciado o valor de densidade determinado em cada tratamento, principalmente no S135 (Tabela 2). Observando-se as curvas de retenção de água (Figura 3), determinadas com o uso do mini sensor Irrigas, e comparando-as com curvas ilustradas em literatura, Fermino (2002) e Drzal (1999), determinadas por outros métodos, notou-se que a redução inicial do teor de água nos substratos, pelo primeiro método, foi menor. Possivelmente porque o fluxo de ar, proporcionado pela restrição, não tenha rompido bruscamente a estrutura da amostra, e também, porque, possivelmente, a pressão aplicada tenha tido o efeito inicial no ponto central e interior da amostra, devido à posição do mini sensor Irrigas (Figura 1 B). É possível que, com a utilização do mini compressor de ar e da restrição de fluxo de ar, as diferentes pressões aplicadas (0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 e 11 kPa) não tenham sido desestabilizadas durante as pesagens. Isso porque durante as pesagens o sistema mini sensor Irrigas não foi desligado. Assim, foi possível obter todos os

pontos em uma mesma amostra de substrato. Na câmara de Richard, por exemplo, é necessário desligar o sistema de pressão para a pesagem de amostras. Segundo Vieira e Castro (1987), determinar o ponto de equilíbrio entre a pressão aplicada e a água retida é um dos maiores problemas na obtenção de curva de retenção de água, quando, em laboratório, para este tipo de determinação se utilizam equipamentos de alta pressão.

Aparentemente o pequeno tamanho e o formato cilíndrico da cápsula porosa do mini sensor Irrigas possibilitou um bom contato do substrato com a cápsula porosa. Ao final da análise, para descartar a amostra de substrato de coco verde, foi necessário reumedecê-la para desgrudá-la da cápsula porosa do mini sensor Irrigas. Além do aceitável contato do meio de tensão com a amostra de substrato, com a utilização do sistema mini sensor Irrigas foi possível dispensar o uso de estufa para a secagem do substrato ao final da análise, resultando em economia de energia elétrica e antecipação na obtenção de resultados.

Segundo Righes *et al.* (2003), o método gravimétrico é expresso com base na massa de solo seco em estufa, e é considerado padrão para determinação do conteúdo de água no solo. Em solos, é utilizada a base seca em estufa porque, normalmente, a densidade e outras propriedades físicas são determinadas em amostras “indeformadas” e secas em estufa a 105°C. Em substratos, normalmente, as amostras são “deformadas”, e tanto a densidade quanto outras propriedades podem ser determinadas com base na massa da amostra seca ao ar ou seca em estufa a 70°C. Segundo Fermino (2002), a determinação de algumas características físicas e químicas, tais como densidade, pH e condutividade elétrica, em substratos, pode ser em amostras com o teor de água em que se encontram no ambiente no momento do uso.

Outra justificativa para utilizar a massa de substrato seco ao ar nas determinações físicas em substratos, principalmente em substratos à base de coco verde, é a característica de expansão desse tipo de material. Quando seco em estufa pode ocorrer uma grande contração de partículas, reduzindo consideravelmente o volume inicialmente ocupado por este tipo de substrato. Eliminando-se a secagem em estufa dos tratamentos S0; S45; S90; S135 e S180, a retração de partículas desses materiais, talvez, tenha sido próxima da que deve ocorrer naturalmente “no campo”, ocasionada pelo processo de evapotranspiração.

A porosidade total (PT) média de 63%, determinada nos tratamentos S0; S45; S90; S135 e S180 ficou abaixo dos 85% considerados ideais por De Boot & Verdonck (1972) para substratos utilizados no cultivo de plantas. Isso pode ter ocorrido: em função da concentração de partículas pequenas nesses tratamentos, em torno de 40% de partículas \leq a 0,25 mm; em função da altura do cilindro utilizado nas determinações, pois com a expansão do substrato de coco verde o volume disponível no cilindro pode influenciar o percentual de porosidade total; em função das quantidades de substrato utilizadas para o enchimento dos cilindros de PVC, ou ainda, pela utilização da massa de substrato seca a 11 kPa.

A porosidade total do substrato Plantmax[®] também ficou abaixo do recomendado, provavelmente em função de a amostra ter sido seca ao ar antes das determinações, promovendo aumento da densidade e maior acomodação das partículas menores nesse tratamento.

O espaço de aeração (EA) médio de 2%, determinado nos tratamentos à base de coco verde, ficou abaixo dos percentuais entre 10 e 40% sugeridos como referência por De Boodt & Verdonck (1972); Penningsfeld (1983); Fermino (2003)

e Carrijo *et al.* (2002). Esse pouco espaço de aeração pode ser um dos motivos de ainda não se ter conseguido com o substrato de coco verde a qualidade desejada e conseguida em mudas produzidas em outros substratos.

Para esses mesmos tratamentos (S0; S45; S90; S135 e S180) o percentual médio de 23% de água facilmente disponível (AFD), ficou dentro dos 20 a 30% recomendados por Carrijo *et al.* (2002); Filho & Santos (2004) e Fermino (2003). O percentual médio de água disponível (AD) nos tratamentos à base de coco verde foi de 41%, situando-se abaixo dos 50% sugeridos por De Boodt *et al.* (1974). Isso também pode ter sido em decorrência da relação entre o volume do cilindro de PVC utilizado para conter a amostra de substrato e a massa de substrato utilizada para encher os cilindros. No entanto, relacionados à fisiologia vegetal, o valor de 41%, determinado nas análises, e o de 50%, sugerido na literatura, não fornecem amplos argumentos para discussão, pois, nas tensões de 0 a 11 kPa, toda a água presente no conjunto recipiente/substrato, muito provavelmente é disponível para a planta.

Para a variável água tamponante (AT) o percentual médio determinado nesses mesmos tratamentos foi de 22%, ficando acima dos valores entre 4 e 10% sugeridos por Fermino (2003). Esse resultado também pode ser um dos motivos de ainda não se ter conseguido com o substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças, a qualidade desejada e conseguida em mudas produzidas em outros substratos. O valor de água tamponante, por volta de 22%, obtido entre as tensões de 5 e 10 kPa, pode ser um indicativo de pouca oxigenação para raízes de mudas de hortaliças, principalmente se ocorrem erros no manejo da irrigação durante a fase de produção desse tipo de muda.

O percentual médio de água remanescente (AR) nos tratamentos à base de

coco verde foi de 19% (Tabela 2).

A metodologia sugerida neste trabalho pode reduzir custos e acelerar a obtenção de resultados, quando o objetivo for determinar a curva de retenção de água em substratos utilizados na produção de mudas e no cultivo de hortaliças. Os resultados obtidos alertaram para a necessidade de outros estudos futuros, principalmente relacionados com a determinação da distribuição do tamanho de partículas, envolvendo a adequação do substrato de coco verde S0; S45; S90; S135 e S180, antes de utilizá-lo na produção de mudas de hortaliças.

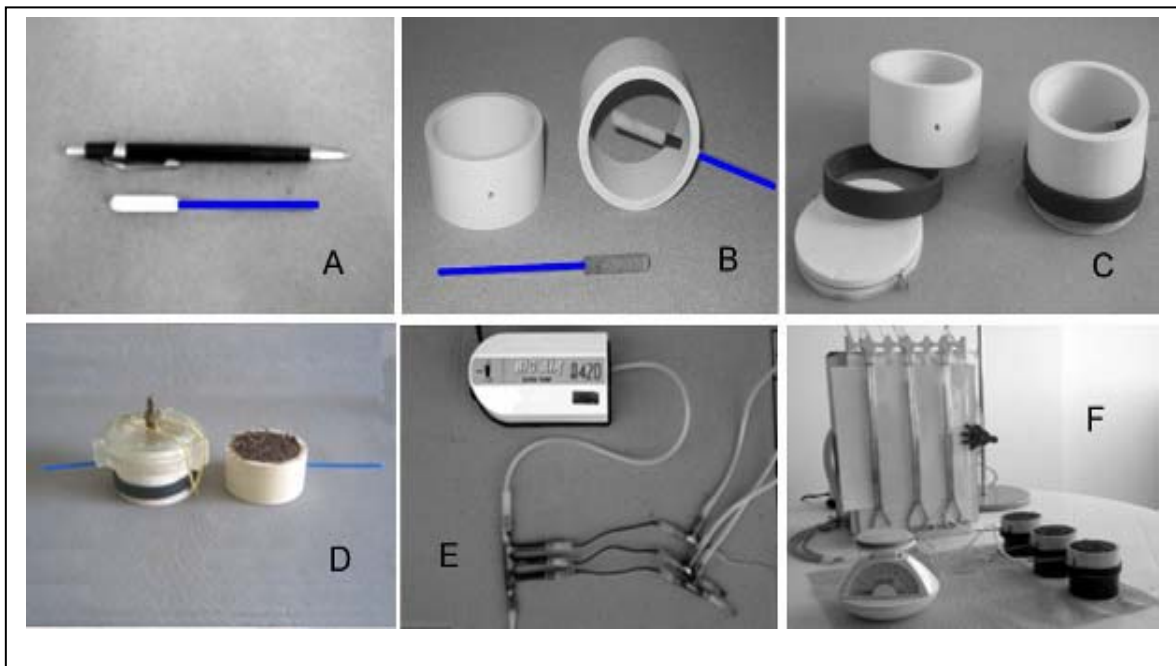


Figura 1. Composição do sistema mini sensor Irrigas para três amostras de substrato.

A = mini sensor Irrigas; **B** = cilindro de PVC e posição do mini sensor Irrigas; **C** = cilindro de PVC, anel de borracha e cerâmica porosa; **D** = cilindro com substrato e com tampa "pressure cell"; **E** = compressor de ar e detalhe das conexões e das restrições; e **F** = vista geral do sistema Irrigas.

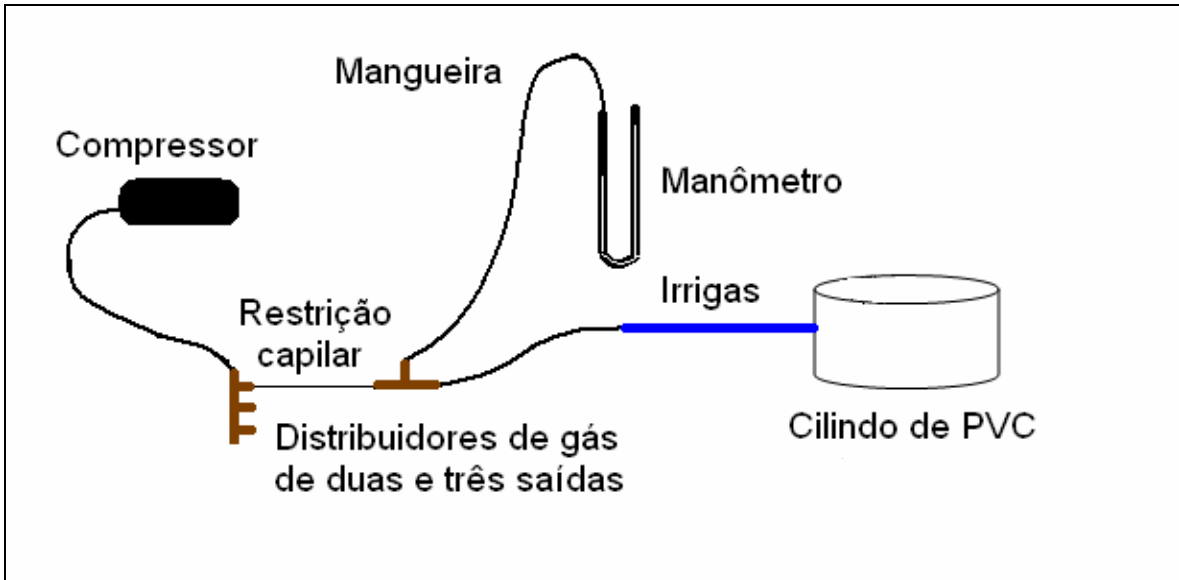


Figura 2. Esquema de montagem do sistema com mini sensor Irrigas para a determinação de curvas de retenção de água em substrato de coco verde, de acordo com a evaporação da água presente em amostra inicialmente saturada.

Tabela 1. Exemplo de tabela utilizada para o registro de dados.

TRT	Ts (cm)	T (decimal)	P (cm de Hg)	Tensão		Mc	Mc+Mas	Mas	Mc+Masa	Masa	Ta (%)
				(c.c.a)	(kPa)						
		0,00	0,00	0,00	0,00						
		0,74	9,96	10	1						
		1,48	9,22	20	2						
		2,22	8,48	30	3						
		2,96	7,74	40	4						
		3,70	7,00	50	5						
I	10,7	4,44	6,26	60	6						
		5,16	5,52	70	7						
		5,92	4,78	81	8						
		6,66	4,04	91	9						
		7,40	3,30	101	10						
		8,14	2,56	111	11						

TRT = Tratamento; **Ts** = Tensão crítica de umedecimento (primeira medição do espaço, em cm, entre os níveis de mercúrio na coluna; **T** = Valor que multiplicado por (13,6) equivale à tensão desejada em centímetros de coluna de água; **P** = Pressão equivalente à distância, em cm, entre os níveis de mercúrio, necessária para se alcançar a tensão desejada em c.c.a ($P = Ts - T$); **Tensão (c.c.a)** = Tensão em c.c.a ($c.c.a = T \times 13,6$); **Tensão (kPa)** = Tensão em kPa ($kPa = c.c.a \div 10$); **Mc** = Massa do conjunto (cerâmica porosa; mini sensor Irrigas; anel de borracha e cilindro de PVC); **Mc+Mas** = Massa do conjunto + massa da amostra saturada; **Mas** = Massa da amostra saturada: $Mas = (Mc + Mas) - (Mc)$; **Mc + Masa** = Massa do conjunto + a massa da amostra seca ao ar (valor de Mc+Mas, na tensão de 11 kPa); **Masa** = Massa da amostra seca ao ar na tensão de 11 kPa: $Masa = (Mc + Masa) - (Mc)$; **Ta** = Teor de água em % de massa base úmida: $Ta = (Mas - Masa) / (Mas) \times 100$.

Tabela 2. Densidade do substrato seco ao ar (Dsa), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água disponível (AD), água tamponante (AT) e água remanescente (AR) em substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso antes do uso, e, no substrato Plantmax[®]. Embrapa Hortaliças, 2006.

Substrato	Dsa	PT	EA	AFD	AD	AT	AR
	(g cm ⁻³)	----- (%) -----					
S0	0,24	58,08	1,00	9,00	42,00	33,00	15,00
S45	0,18	65,00	3,00	27,00	42,00	17,00	20,00
S90	0,18	64,70	2,00	29,00	39,00	12,00	23,00
S135	0,24	65,00	2,00	16,00	42,08	31,00	20,80
S180	0,19	64,70	2,00	32,00	41,05	15,00	21,68
Plantmax [®]	0,49	67,34	3,00	13,00	46,90	31,00	18,16
Referência	0,10 a 0,30	85	10 a 40	10 a 30	50	4 a 10	---

Referência = valores referenciais conforme: de Boodt & Verdonck (1972); de Boodt *et al.* (1974); Penningsfeld (1983); Fermino (2003); Carrizo *et al.* (2002); Filho e Santos (2004) e Fermino (2002).

Tabela 3. Teor de água contida no substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso antes do uso, e no substrato Plantmax[®], em % de massa do substrato úmido, nas tensões entre 0 e 11 kPa, seguidas do erro padrão da média. Embrapa Hortaliças 2006.

Tensão (kPa)	Substrato de coco verde					Plantmax [®]
	S0	S45	S90	S135	S180	
0	58 ± 0,5 a	67 ± 2,0 b	64 ± 1,4 b	67 ± 2,3 b	67 ± 2,3 b	67 ± 0,0 b
1	57 ± 0,8 a	64 ± 2,0 b	62 ± 2,0 ab	65 ± 2,3 b	66 ± 1,3 b	64 ± 0,6 b
2	54 ± 0,8 a	64 ± 2,0 b	54 ± 2,0 a	62 ± 3,0 b	64 ± 3,3 b	60 ± 0,0 b
3	54 ± 1,2 abc	54 ± 2,5 ab	49 ± 1,0 a	54 ± 2,7 abc	55 ± 2,4 bc	57 ± 0,6 c
4	53 ± 1,4 c	48 ± 2,6 ab	41 ± 1,8 a	50 ± 2,0 bc	50 ± 2,0 b	54 ± 1,2 c
5	48 ± 0,6 b	37 ± 2,7 a	33 ± 0,0 a	49 ± 1,3 b	34 ± 2,0 a	51 ± 1,6 b
6	45 ± 1,2 c	34 ± 2,7 b	33 ± 0,0 b	34 ± 2,0 b	30 ± 2,6 a	50 ± 0,8 d
7	40 ± 0,8 c	32 ± 2,3 b	27 ± 1,0 ab	23 ± 3,0 a	23 ± 4,0 a	45 ± 1,8 d
8	27 ± 1,2 bc	24 ± 2,0 ab	31 ± 1,1 c	21 ± 2,0 a	21 ± 3,0 a	40 ± 1,4 d
9	23 ± 1,7 a	23 ± 1,0 a	23 ± 3,0 a	19 ± 3,0 a	20 ± 3,0 a	33 ± 0,0 b
10	15 ± 1,2 a	18 ± 2,3 ab	21 ± 2,0 c	18 ± 3,3 ab	19 ± 3,3 abc	20 ± 1,7 bc
11	9 ± 0,0 a	11 ± 0,0 a	15 ± 0,0 a	9 ± 0,0 a	11 ± 0,0 a	15 ± 0,0 a
Média	40,14 c	38,39 b	37,44 ab	38,42 b	36,55 a	45,55 d

Médias com letras iguais, minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, para o desdobramento de substrato dentro de cada nível de tensão.

Média = média harmônica do número de repetições.

Tabela 4. Parâmetros utilizados para ajustes nas curvas de retenção de água.

Parâmetros		Substrato					
		S0	S45	S90	S135	S180	Plantmax®
Iniciais	α	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	0.0150	0.01500
	m	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
	n	2.5000	2.5000	2.5000	2.5000	2.5000	2.5000
Empíricos	α	0.0340	0.0435	0.0131	0.0478	0.2839	0.0226
	m	34.8141	6.4794	13.8529	7.3032	0.4649	47.1043
	n	2.9786	1.6239	1.1499	1.8755	3.2145	2.4902
Coeficiente de ajuste		0.98	0.97	0.95	0.97	0.97	0.90
Equação		$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / [(1 + h \cdot \alpha)^n]^m$					

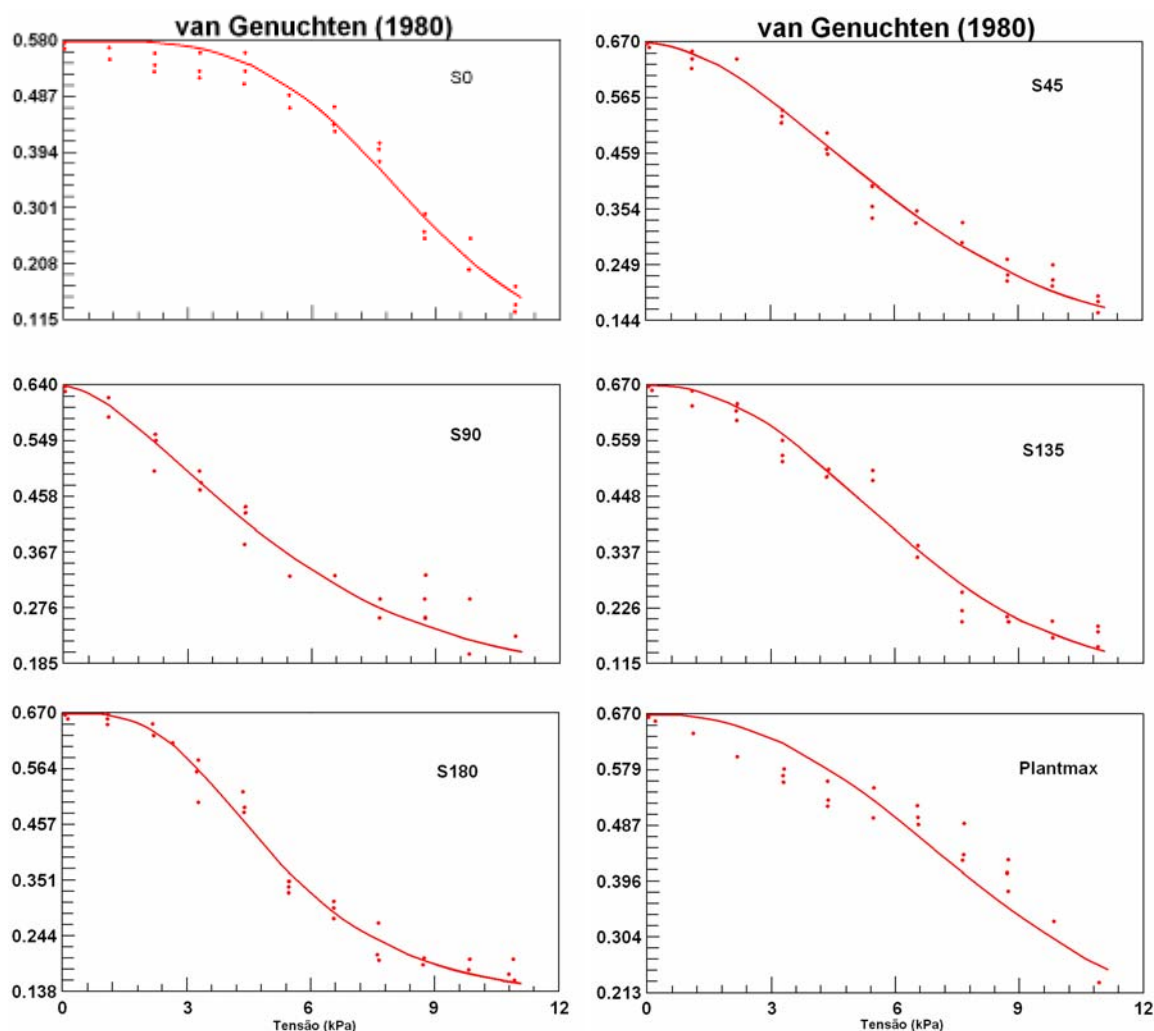


Figura 3. Curvas de retenção de água em substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso antes do uso, e, em substrato Plantmax®, determinadas com o uso de um mini sensor Irrigas.

SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

- Em função dos resultados obtidos neste trabalho, e pelo fato de ser o substrato Plantmax[®] amplamente usado com sucesso na produção de mudas de hortaliças, sugere-se que a determinação de densidade desse substrato seja realizada com a amostra com o teor de água em que se encontra dentro da embalagem original, ou seja, sem a secagem da amostra à sombra, valendo esse mesmo cuidado (evitar o secamento desse substrato) para o momento do preenchimento de bandejas.

- Para aumentar o teor de água do substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de repouso antes do uso e seco ao ar e com aproximadamente 8,32% de umidade no momento de análises, visando reduzir o alto índice de formação de poeira, sugere-se a adição de cerca de 50% de água, base volume.

- Para a determinação de densidades em substrato de coco verde sugere-se padronizar a altura para o derramamento do substrato dentro do recipiente utilizado para conter a amostra. E, se possível, igualar o teor de água retido em amostras.

- O tempo em que o agitador mecânico fica ligado e a velocidade de vibração ou rotação utilizada para se obter a estabilização de peneiramento, bem como o teor de água contido em amostras de substrato de coco verde no momento da análise são fatores que podem influenciar a determinação do tamanho de partículas nesse tipo de substrato.

- Considerando-se como uma primeira aproximação sugere-se para o substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças para a produção de mudas, uma distribuição de tamanho de partículas, em base volume de: 20% de

partículas retidas em peneira com malha de 2 mm; 20% de partículas retidas em peneira com malha de 1 mm; 20% de partículas retidas em peneira com malha de 0,59 mm; 10% de partículas que passam em peneira com malha de 0,59 mm, e 30% de água, para reduzir o excesso de poeira no momento do manuseio desse substrato e para minimizar a possível concentração de partículas menores, no fundo das células de bandejas.

- A diferença na quantidade de água destilada, usada na diluição de amostras, e a diferença de densidade em substratos à base de coco verde, no momento de análises, podem promover diferenças em resultados de pH e de condutividade elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALBO AG; SILVA WLC. 2005. Sistema Irrigas para manejo de irrigação: fundamentos, aplicações e desenvolvimentos. Brasília: Embrapa Hortaliças, 174 p.

CALBO AG; SILVA WLC. 2006. Gaseous irrigation control system: description and physical tests for performance assessment. *Bragantia*, v. 65, n. 3, p-501-511.

CARRIJO OA; LIZ RS; MAKISHIMA, N. 2002. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira* 20: 533–535.

CARRIJO OA; MAKISHIMA, N; LIZ RS; OLIVEIRA, VR. 2003. *Uso da fibra da casca de coco verde para o preparo de substrato agrícola*. Brasília: Embrapa Hortaliças. 4 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 19).

CENTURION JF; MORAES MH; DELLA LIBERA CLF. 1997. Comparação de métodos para determinação da curva de retenção de água em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 21: 173 -174

De BOODT, M; VERDONCK, O. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae* 26: 37-44.

De BOODT M; VERDONCK O; CAPPAERT I. 1974. Method for measuring the waterrelease curve of organic substrates. *Acta Horticulturae* 37: 2054-2062.

- DOURADO NETO D; JONG-VAN-LIES Q; BOTREL TA; LIBARDI PL. 1990. Programa para confecção de curva de retenção de água no solo, utilizando o modelo de Genuchten. *Engenharia Rural* 1: 92-202.
- DRZAL MA; FONTENO, WC; CASSEL, DK. 1999. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. *Acta Horticulturae* 481, v. 1, p. 43-54.
- EN 12579: 2000. Mejoradotes del suelo y sustratos de cultivo. In: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. *Mejoradores del suelo y sustratos de cultivo*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- EN 13040:1999. 2000. Mejoradotes del suelo y sustratos de cultivo: preparación de la muestra para análisis físicos y químicos, determinación del contenido de materia seca, del contenido de humedad y de la densidad aparente compactada en laboratorio. In: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. *Mejoradores del suelo y sustratos de cultivo*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- FERMINO MH. 2002. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e sustratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. *Caracterização, manejo e qualidade de sustratos para produção de plantas*. Campinas: 29 - 37. (Documentos IAC, 70).
- FERMINO MH. 2003. *Métodos de análise para caracterização física de sustratos para plantas*. Porto Alegre: UFRGS. (Tese doutorado).
- FERREIRA PV. 1996. *Estatística experimental aplicada à agronomia*. 2. ed. rev. e ampl. Maceió: EDUFAL. 606p.
- FREIRE JC; SCARDUA R. 1978. Curvas características de retenção de água em um latossolo roxo distrófico do município de Lavras, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2: 95 - 98.
- GRASSI FILHO H; SANTOS CH. 2004. Importância da relação entre fatores hídricos e fisiológicos no desenvolvimento de plantas cultivadas em sustratos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4. *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa: UFV. iv, 78.
- GROLLI PR. 1991. Composto de lixo domiciliar como condicionador de sustratos para plantas arbóreas. Porto Alegre: UFRGS. 125P. (Dissertação mestrado).
- GRUSZYNSKI C. 2002. *Resíduo agro-industrial "casca de tungue" como componente de substrato para plantas*. Porto Alegre: UFRGS. 100p. (Dissertação mestrado).
- HIDROSENSE. *Irrigas*. Disponível em <http://www.e-designindcom.com.br>
- LIZ RS. 2004. *Casca de coco verde: opção de substrato para uma horticultura moderna e utilização na produção de mudas de tomateiro*. Brasília: Faculdade da Terra de Brasília. 57p. (Monografia graduação).

LIZ RS. 2006. Determinação de algumas variáveis físicas e químicas em substrato de coco verde. In: Análises físicas e químicas de substrato à base de coco verde para a produção de mudas de hortaliças. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária.

LIZ RS; CARRIJO OA; OLIVEIRA CAS; MOITA AW. 2006a. Tempo de secagem para o substrato de coco verde em estufa convencional a 70°C. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 5. *Irrigação e fertirrigação em ambientes protegidos*. Ilhéus, BA. Anais. p. 141. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC.

MEDINA FB; OLIVEIRA JUNIOR RC. 1977. Relações entre capacidade de campo determinada *in situ* em laboratório em latossolo amarelo muito argiloso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 11: 91 - 95.

PAULETTO EA.; LIBARDI PL.; MANFRON PA; MORAES SO. 1988. Determinação da condutividade hidráulica de solos a partir da curva de retenção de água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 12: 189 - 195.

PENNINGSFELD F. 1983. Kultur substrate fur den gartenbau, besonders in Deutschland: ein kritischer uberblick. *Plant and Soil* 75: 269-281.

REICHARDT K. 1988. Capacidade de campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 12: 211 - 212.

RIGHES AA; AMARAL LGH; COSTA RDJ; ROSA GMR; WILLES JA; GOMES ACS. 2003. *Determinação da água no solo e na planta para irrigação*. Santa Maria: Imprensa Universitária. 97p.

SISVAR. Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos. Disponível em <http://superdownloads.uol.com.br/download/i27438.html>.

SOILMOISTURE. Porous ceramics: 0600 series. Disponível em <http://www.soilmoisture.com/0600.html>

SOILMOISTURE. Tempe pressure cells: product number: 1400 series. Disponível em http://www.soilmoisture.com/prod_details.asp?prod_id=1099&cat_id=18

SOUZA LD; REICHARDT K. 1996. Estimativas da capacidade de campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 20: 183 - 189.

TORMENA CA; SILVA AP. 1977. Incorporação da densidade no ajuste de dois modelos à curva de retenção de água no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 1: 305 - 313.

VIEIRA SR; CASTRO OM. 1987. Determinação, em laboratório, de curvas de retenção de água com tensiômetros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 11: 87 - 90.