

AValiação DE Sensores DO TIPO IRRIGAS[®] PARA O CONTROLE DA IRRIGação EM HORTALIÇAS CULTIVADAS EM SUBSTRATO

Waldir Aparecido Marouelli; Adonai Gimenez Calbo; Osmar Alves Carrijo

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Hortaliças, Caixa Postal 218, Brasília/DF
waldir@cnpq.embrapa.br*

1 RESUMO

Avaliou-se a viabilidade técnica de três protótipos de sensores de tensão matricial de 7 kPa, baseados no princípio de funcionamento do Irrigas[®], para determinação do momento de irrigação em substratos de fibra de coco verde e comercial cultivados com plantas de pimentão. Os protótipos construídos em discos de vidro e de tecido não apresentaram sensibilidade às variações de umidade nos substratos avaliados, provavelmente devido à pequena superfície porosa em contato com o substrato. Por outro lado, as leituras dos sensores construídos em cápsula cerâmica porosa apresentaram alta correlação com as dos tensiômetros, mostrando-se viáveis para o manejo da irrigação em hortaliças do tipo fruto cultivadas em substratos. Adicionalmente, os sensores com cápsula cerâmica não requereram qualquer tipo de manutenção durante o período de avaliação, indicando serem altamente viáveis para o controle da irrigação em substratos.

UNITERMOS: *Capsicum annuum* L., sensor de umidade, tensiômetro, cultivo sem solo.

MAROUELLI, W. A.; CALBO, A. G.; CARRIJO, O. A.

VIABILITY EVALUATION OF IRRIGAS[®] SENSORS FOR IRRIGATION SCHEDULING ON VEGETABLE CROPS GROWING ON SUBSTRATES

2 ABSTRACT

Three 7-kPa matrix tension sensor prototypes, based on the working principle of Irrigas[®], were tested to schedule irrigation on coconut fibers and commercial substrates cultivated with bell pepper plants. The sensors made with glass and textiles discs were not sensitive to moisture changes on both substrates, due probably to the small porosity surface in contact with the substrate. On the other hand, the correlation between porous ceramic capsule and tensiometer readings was highly significant. Besides, ceramic type Irrigas[®] did not require any type of maintenance during the evaluation period, an indication of toughness. Thus, the ceramic sensor showed to be highly viable for irrigation scheduling on fruit-type vegetable crops growing on substrates.

KEYWORDS: *Capsicum annuum* L., moisture sensor, tensiometer, soil less culture.

3 INTRODUÇÃO

O cultivo em substratos é uma alternativa ao sistema tradicional de produção em solo sob casa de vegetação que começa a ser utilizado por alguns produtores de hortaliças no Brasil, porém ainda de forma tímida, devido ao alto custo do sistema e das particularidades no manejo de água e de nutrientes (MAROUELLI et al., 2003). Quando devidamente otimizado, esse sistema de cultivo proporciona maior eficiência dos fatores de produção que o cultivo em solo. Ademais, substratos podem ser facilmente substituídos ou esterilizados, minimizando a incidência de nematóides, bactérias e fungos patogênicos na zona radicular (DEKKER, 1995).

O cultivo de hortaliças do tipo fruto em substratos acondicionados em contentores de tamanho reduzido, especialmente sob irrigação por gotejamento, restringe o crescimento das raízes a um volume limitado de água, cujas condições de contorno são determinadas pelos limites físicos do contentor, disponibilidade de água e nutrientes, nível de salinidade e aeração no substrato. O reduzido volume de raízes, associado à pequena quantidade de água armazenada no substrato, requer que as irrigações sejam em regime de alta frequência e de baixo volume, o que torna o manejo adequado da irrigação decisivo para a obtenção de altos rendimentos e a otimização do uso de água e de nutrientes pelas plantas (MAROUELLI et al., 2003).

No Brasil, o manejo da irrigação em hortaliças cultivadas em substratos, assim como em solo, é realizado empiricamente, sem o controle da umidade do substrato ou a determinação da evapotranspiração da cultura, resultando muitas vezes em insucesso (FURLANI et al., 1998). Para evitar o risco da ocorrência de déficit hídrico, produtores de pimentão e tomate em substratos irrigam várias vezes ao dia, chegando em alguns casos a 15 regas. Todavia, irrigações em excesso aumentam os custos de produção, devido ao maior uso de energia e, principalmente, o desperdício de nutrientes, além de poluir o meio ambiente e reduzir a produção (CARRIJO & MAROUELLI, 2002; MAROUELLI et al., 2003).

Dada a alta frequência de rega requerida, os produtores têm automatizado a irrigação por meio de controladores do tipo temporizador, nos quais são programados os horários e a duração das irrigações. Apesar da automação, as irrigações são, em geral, realizadas de forma inadequada, haja vista que tais controladores não levam em consideração variações na demanda de água pelas plantas, da umidade do substrato ou da taxa de drenagem. Assim, a reprogramação do controlador é realizada manualmente pelo produtor a partir de observações visuais das variáveis acima; não é incomum, todavia, encontrar produtores adotando a mesma frequência de irrigação e quantidade de água ao longo de todo o ciclo da cultura.

Uma boa prática de manejo em substratos aconselha manter constante a quantidade de água aplicada por irrigação e variar a frequência conforme a necessidade das plantas (INIESTA, 1999). Isso pode ser realizado a partir do balanço de água, determinando-se, em tempo real, a evapotranspiração da cultura e/ou quantificando a água de drenagem, ou utilizando-se de sensores de umidade. A primeira alternativa, além do alto custo, requer a calibração do modelo de evapotranspiração utilizado, incluindo-se os coeficientes de cultura. O controle da água de drenagem requer sistemas precisos para a pesagem ou medição volumétrica da água de irrigação e de drenagem, geralmente de custo elevado e sem similar no mercado brasileiro.

Em alguns países, tensiômetros e sensores eletrônicos especiais têm sido desenvolvidos e utilizados para o controle automático e maior eficiência da irrigação em substratos (NORRIE et al., 1994). Além do preço elevado, requerem cuidados especiais e podem não funcionar em substratos onde não haja um bom contato entre o sensor e o substrato (CARRIJO & MAROUELLI, 2002). Adicionalmente, sensores eletrônicos necessitam de calibração para condições específicas.

Muito embora existam vários dispositivos no mercado e estudos na literatura internacional, há ainda substancial debate a respeito de métodos simples e precisos para o

manejo da água de irrigação em substratos (NORRIE et al., 1994; CORTÉZ, 1999; CARRIJO & MAROUELLI, 2002).

A Embrapa Hortaliças desenvolveu recentemente um sensor de tensão matricial, denominado Irrigas[®], que apresenta custo reduzido, baixa manutenção e fácil utilização. Trata-se de uma cápsula cerâmica porosa, à semelhança de velas cerâmicas comuns de filtro de água potável, conectada através de um tubo flexível a uma pequena cuba transparente, que é emborcada em um frasco com água no momento da medição da permeabilidade ao ar da cápsula. A passagem de ar através da cápsula fica bloqueada quando o solo está úmido, ficando a cápsula permeável quando o solo seca. Assim, estando o solo seco, a água adentra a cuba quando esta é emborcada no frasco de água (CALBO & SILVA, 2001). A desvantagem é que o sensor não indica, de forma quantitativa, a tensão atual de água no solo, mas somente se está abaixo ou acima de um valor de referência. No início do presente estudo, o sensor encontrava disponível no mercado apenas a tensão de 25 kPa (Irrigas[®] 25). Atualmente, o sensor em cápsula cerâmica também está disponível comercialmente para tensões de 10 kPa (Irrigas[®] 10) e 45 kPa (Irrigas[®] 45).

Para o cultivo em substrato, no entanto, as irrigações devem ser realizadas quando a tensão atinge entre 3 e 10 kPa, dependendo do tipo de substrato e da cultura (CORTÉZ, 1999). Segundo CALBO & SILVA (2004), sensores Irrigas[®] de baixa tensão crítica podem também ser fabricados de outras maneiras e com outros materiais, como por exemplo pelo acoplamento de placas circulares de vidro com poros de diâmetro adequado, aplicado na forma de ranhuras radiais, ou com juntas nos quais os poros de diâmetros apropriados são obtidos por aplicação de força entre duas placas parafusadas que comprimem um tecido poroso. Nestas construções, tipicamente a pressurização é feita através um tubo de entrada de ar centralizado.

O objetivo do estudo foi avaliar a viabilidade técnica de diferentes protótipos de sensores do tipo Irrigas[®] de 7 kPa para o controle do momento da irrigação em hortaliças do tipo fruto cultivadas em substratos de fibra de coco verde e comercial.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, em uma casa de vegetação do tipo capela com janelas advectivas frontais. Foram avaliadas as performances de três protótipos de sensores de tensão matricial do tipo Irrigas[®] (CALBO & SILVA, 2004) em substratos, de fibra de coco verde (peneira 10 mm) e comercial (Plantmax[®]), cultivados com plantas de pimentão.

Inicialmente, como não se dispunha de um sensor do tipo Irrigas[®] para uma tensão de 7 kPa, confeccionado em cápsula cerâmica porosa a exemplo do desenvolvido na Embrapa Hortaliças para a tensão de 25 kPa (CALBO & SILVA, 2001), foram utilizados dois protótipos baseados no princípio de funcionamento do Irrigas[®]. O primeiro, confeccionado com dois discos de vidro com 63 mm de diâmetro e 10 mm de espessura. Para simular uma porosidade desejada para leitura de 7 kPa (4,04 µm de diâmetro de poros), os discos foram riscados no sentido radial e, posteriormente, acoplados por meio de um parafuso perfurado ao qual se conectou um tubo de plástico de 2,8 mm de diâmetro (Figura 1). No segundo, foi utilizado um anel de tecido (náilon ou algodão), com 50 mm de diâmetro, entre duas porcas plásticas e um parafuso perfurado. Além da porosidade do próprio tecido, o ajuste da tensão desejada foi realizado apertando-se a porca móvel (Figura 1).



Figura 1. Protótipos de sensores de 7 kPa, baseados no princípio de funcionamento do Irrigas®, avaliados em substratos cultivados com plantas de pimentão. Brasília, DF, Embrapa Hortaliças, 2003.

Somente após a avaliação dos protótipos acima, foi confeccionado, sob encomenda, pela Elite Produtos Cerâmicos Monte Alto Ltda, um sensor de 7 kPa com cápsula cerâmica porosa semelhante ao Irrigas® 25 disponível no mercado, ou seja, com altura de 92 mm, diâmetro de 54 mm, espessura da cápsula de 10 mm e diâmetro máximo de poros de 4,04 μm (Figura 1).

Todos os protótipos avaliados foram confeccionados para uma tensão de referência de 7 kPa ($\pm 0,2$ kPa). A calibração dos sensores, para a verificação da tensão de referência, foi realizada com o uso da técnica de ajuste do borbulhamento com pressões crescentes e decrescentes (AZEVEDO & SILVA, 1999).

Os substratos foram acondicionados em contentores tipo bisnaga, de 105 cm de comprimento e 18 cm de diâmetro. As plantas foram cultivadas no espaçamento de 100 cm x 35 cm, com um gotejador autocompensado (2 L h^{-1}) posicionado a 7 cm de cada planta. Do transplante de mudas até o início das avaliações dos sensores, as irrigações foram realizadas com frequência de 2 a 8 vezes por dia, utilizando-se de um temporizador. A quantidade de água aplicada por vez foi suficiente para provocar cerca de 20% de drenagem (CARRIJO et al., 2003), tendo sido estimada a partir da capacidade de retenção de água dos substratos. Os nutrientes foram aplicados via fertirrigação a cada irrigação, por meio de bombas injetoras hidráulicas proporcionais, utilizando a solução nutritiva de HOCHMUTH (1991).

A tensão de água nos substratos, para fins de aferição dos sensores avaliados, foi determinada por meio de um tensímetro digital (Soil Measurement Systems), com sensibilidade de 0,1 kPa, e tubos tensiométricos, com cápsula porosa de 1,35 cm de diâmetro, 5,72 cm de comprimento e 50 kPa de pressão crítica de borbulhamento.

Os sensores e tensiômetros foram instalados no centro dos contentores, na região de maior extração de água pelas raízes, ou seja, entre a planta e o respectivo emissor (MAROUELLI et al., 2003). Dada a impossibilidade dos tensiômetros e sensores serem

instalados juntos, foram utilizados quatro contentores para cada substrato. Em dois deles instalou-se um sensor em cada uma das plantas laterais dos contentores e um tensiômetro na planta central. Nos outros dois, instalou-se um sensor na planta central e um tensiômetro em cada planta lateral. Assim, foram instalados seis sensores de cada um dos tipos avaliados e seis tensiômetros em cada um dos substratos avaliados.

Os testes com os protótipos em discos de vidro e tecido foram realizados durante 5 dias, enquanto os testes com o protótipo em cápsula cerâmica porosa (Irrigas[®] 7) foram realizados durante 20 dias ao longo do estágio de frutificação do pimentão. As leituras dos sensores avaliados e dos tensiômetros foram realizadas diariamente, de forma manual, nos seguintes horários: 8:30, 9:30, 10:30, 11:30, 13:30, 14:30, 15:30 e 16:30 (± 15 minutos).

Durante a avaliação dos sensores, as irrigações foram realizadas quando pelo menos cinco dos seis sensores, instalados em cada substrato, indicavam leitura “aberto” (sensor permeabilidade ao ar), ou seja, tensão acima de 7 kPa. Para fins de comparação, utilizou a média aritmética das leituras dos seis tensiômetros instalados em cada substrato.

Durante o período de avaliação dos sensores, o sistema de irrigação foi acionado manualmente. No caso de mau funcionamento dos sensores avaliados, as irrigações somente eram realizadas quando as plantas perdiam a turgidez (tensão matricial de 40 a 50 kPa).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os protótipos de sensor em discos de vidro e tecido não foram capazes de indicar variações de tensão quando instalados nos substratos de fibra de coco e comercial. Mesmo tendo sido produzidos com pressão de borbulhamento de 7 kPa, os protótipos se mantiveram “fechados” (impermeáveis ao ar), como se indicando solo úmido, mesmo quando se permitiu que a tensão nos substratos, avaliada por tensiômetros, atingisse valores entre 40 e 50 kPa. A provável razão para o não funcionamento deve-se à pequena superfície porosa dos sensores em contato com o substrato, ou seja, à baixa condutância. Nesses modelos de sensores, tal problema não foi possível de ser solucionado para os substratos utilizados.

As avaliações realizadas com o Irrigas[®] 7, em cápsula cerâmica porosa, em ambos os substratos avaliados, por outro lado, foram altamente positivas. A “abertura” dos sensores, indicando que a tensão encontrava-se acima de 7 kPa, apresentou estreita correlação com as leituras dos tensiômetros instalados nos substratos de fibra de coco e comercial (Figura 2). À estes resultados, deve-se ainda considerar que: a) durante o período em que os Irrigas[®] 7 foram avaliados, não houve necessidade de manutenção ou substituição de nenhum dos doze sensores utilizados; b) o custo estimado médio do sensor, quando produzido em escala comercial, é de R\$15; c) o sensor pode ser construído para tensões diferentes de 7 kPa conforme a necessidade da cultura e do tipo de substratos.

Observa-se na Figura 2 que as tensões médias fornecidas pelos tensiômetros, no momento da leitura de “abertura” dos Irrigas[®] 7, foram, em média, 0,5 kPa superiores à tensão de referência de 7 kPa dos sensores. Isso ocorreu em razão dos tensiômetros terem sido instalados em plantas diferentes daquelas dos Irrigas[®] e, principalmente, devido as leituras terem sido realizadas, de forma manual, portanto, até uma hora após a “abertura” dos sensores. Para fins de manejo, todavia, a defasagem entre a “abertura” do sensor e o momento da irrigação pode ser eliminada pela automação do sistema (CALBO & SILVA, 2003).

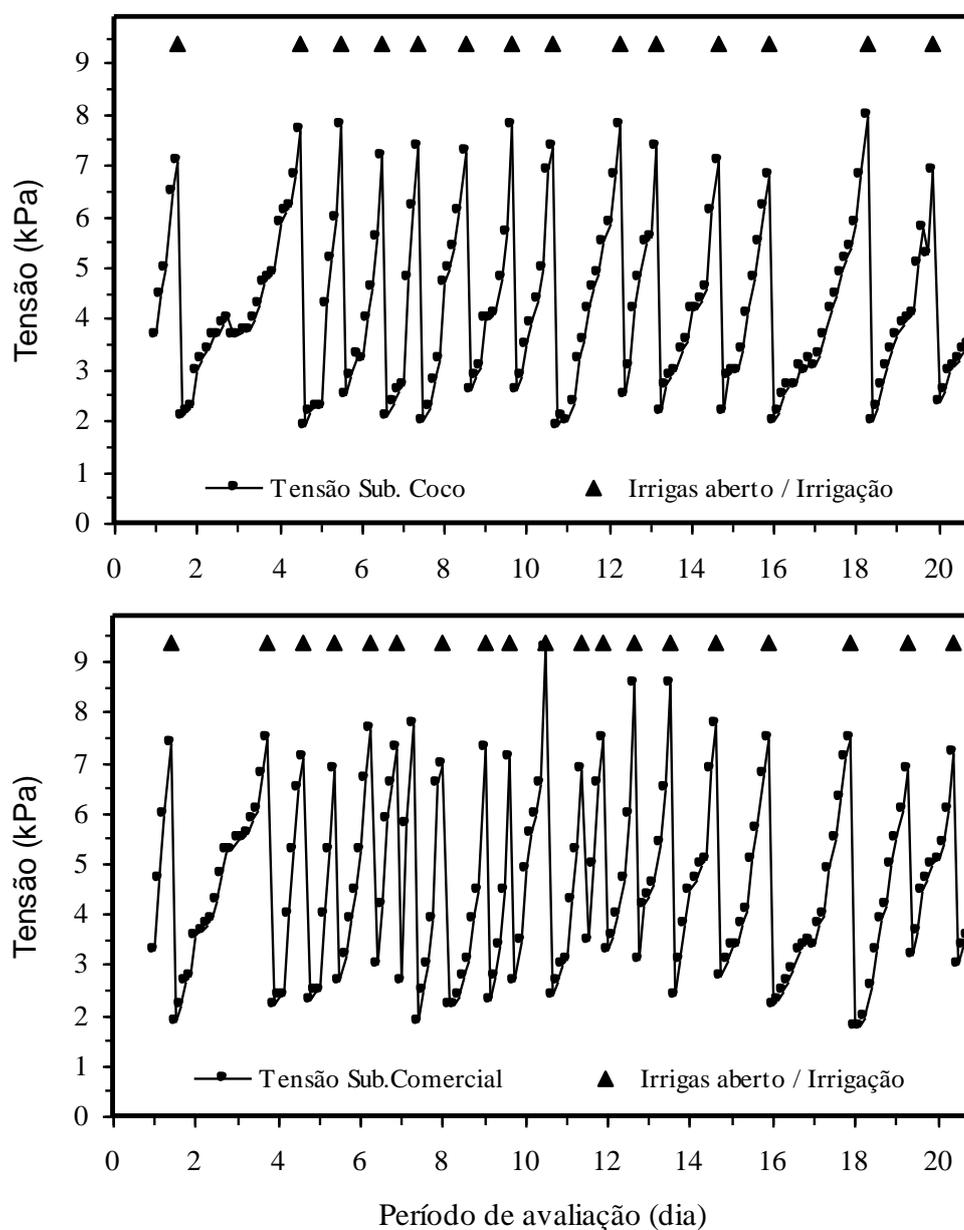


Figura 2. Avaliação da tensão de água nos substratos de fibra de coco e comercial por tensiômetros e sensores do tipo Irrigas[®] de 7kPa, em cápsula porosa, nos horários de 8:30, 9:30, 10:30, 11:30, 13:30, 14:30, 15:30 e 16:30. O símbolo “▲” indica Irrigas[®] “aberto” (tensão > 7 kPa) e que as plantas de pimentão foram irrigadas naquele instante. Brasília, DF, Embrapa Hortaliças, 2003.

Pelo princípio de funcionamento do sensor Irrigas[®], similarmente a tensiometria utilizando tensiômetro digital, as leituras são teoricamente iguais quando em condições uniformes de umidade no substrato. Diferenças são devido a problemas de variabilidade espacial resultante na densidade do substrato, no fornecimento de água às plantas, na taxa de extração de água

pelas raízes e no contato cápsula-substrato. Como no presente estudo procurou se ter o máximo controle sobre estes fatores, as variações foram relativamente pequenas.

O desvio-padrão médio das leituras dos seis tensiômetros antes de cada irrigação foi de 0,61 kPa, para o substrato de fibra de coco, e 0,48 kPa, para o substrato comercial. O maior desvio-padrão no substrato de fibra de coco deveu-se, provavelmente, a maior porosidade do substrato, o que prejudicou o contato cápsula-substrato e, por consequência, acarretou maior variabilidade entre as leituras. No caso dos sensores Irrigas[®], o desvio-padrão das leituras não pode ser determinado, pois são qualitativas. Ao contrário do observado na tensiometria, o comportamento dos sensores Irrigas[®] foi similar em ambos os substratos, ou seja, o tipo de substrato aparentemente não afetou a precisão dos mesmos. Em termos médios, observou-se que: a) cinco dos seis sensores instalados em cada substrato indicou leitura “aberto” quando a média das leituras dos tensiômetros era de até 7,3 kPa; b) apenas um sensor indicou leitura “aberto” quando a média era inferior a 6,6 kPa.

Durante o período de 20 dias de avaliação do protótipo Irrigas[®] 7 foram realizadas quatorze irrigações nas plantas de pimentão cultivadas em substratos de fibra de coco verde e dezenove no substrato comercial (Figura 2). O maior número de irrigações nas plantas cultivadas no substrato comercial deveu-se, principalmente, à maior retenção de água da fibra de coco, 18% vol. na faixa entre 1 e 7 kPa, contra 15% no comercial (CARRIJO et al., 2003).

6 CONCLUSÕES

Os protótipos de sensores de tensão matricial construídos em disco de vidro e tecido, com base no princípio de funcionamento do Irrigas[®], não foram capazes de indicar variações de tensão quando instalados nos substratos de fibra de coco verde e comercial, o que se deveu à pequena superfície porosa em contato com o substrato.

O sensor construído em cápsula cerâmica porosa (Irrigas[®] 7) apresentou estreita correlação com as leituras dos tensiômetros, em ambos substratos avaliados. Durante o período de avaliação não houve necessidade de manutenção de nenhum dos sensores utilizados. Portanto, o Irrigas[®] 7 mostrou ser um sensor robusto, altamente viável para o manejo da irrigação em substratos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, J.A.; SILVA, E.M. **Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 39p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 1).
- CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C. Irrigas: novo sistema para controle da irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABID, 2001. p. 177-182.
- CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C. **Irrigas, origens e tipos**. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/novidade/prelancamento/irrigas/irrigas.html>>. Acesso em: mar. 2004.
- CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C. Irrigas: novos desenvolvimentos e aplicações. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro. **Anais...** Fortaleza: ABID, 2003. 1 CD-ROM.

- CARRIJO, O.A.; MAROUELLI, W.A. Manejo da irrigação na produção de hortaliças em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, 2002. Suplemento. 1 CD-ROM.
- CARRIJO, O.A.; et al. Plantio sucessivo de tomateiro em substratos sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, 2003. Suplemento. 1 CD-ROM.
- CORTÉZ, E.M. Características del riego en cultivos sin solo: exigências en aportación y manejo. Resultados experimentales en cultivo de pepino en perlita. In: FERNÁNDEZ, F.M.; GÓMEZ, I. M.C. (Ed). **Cultivos sin suelo II**. Almeria: Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almeria, Caja Rural de Almería, 1999. p. 287-305.
- DEKKER, M. **Soilless culture**: principles of soilless culture applied in the Netherlands and surrounding countries. Wageningen: Agricultural University of Wageningen, 1995. 43 p.
- FURLANI, R.A.; BOTREL, T.A.; PAZ, V.P.S. Consumo de água pela cultura do crisântemo envasado sob condições de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 52-55, 1998.
- HOCHMUTH, G.J. **Greenhouse vegetable production handbook**. Gainesville: University of Florida, Cooperative Extension Service, 1991. 15 p. (Circular, 48)
- INIESTA, T. M. Automatismos y sensores de actuación. In: FERNÁNDEZ, F.M.; GÓMEZ, I. M.C. (Ed). **Cultivos sin suelo II**. Almeria: Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almeria, Caja Rural de Almería, 1999. p. 321-332.
- MAROUELLI, W.A.; CARRIJO, O.A.; SILVA, W.L.C. Variabilidade espacial do sistema radicular do tomateiro e da tensão de água em contentores de substratos. In: WORKSHOP TOMATE NA UNICAMP, 2003, Campinas. **Anais....** Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, 2003. 1 CD-ROM.
- NORRIE, J.; GRAHAM, M.E.D.; GOSSELIN, A. Potential evapotranspiration as a means of predicting irrigation timing in greenhouse tomatoes grown in peat bags. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 2, p. 163-168, 1994.