

CONSUMO HÍDRICO DO TOMATEIRO EM RESPOSTA À SALINIZAÇÃO OCASIONADA PELO USO DA FERTIRRIGAÇÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO¹

WALESKA M. ELOI², SERGIO N. DUARTE³, TALES M. SOARES⁴, ENIO FARIAS DE FRANÇA E SILVA⁵, JARBAS HONÓRIO DE MIRANDA⁶

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o consumo hídrico da cultura do tomate em resposta a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sob ambiente protegido. O experimento foi conduzido em duas etapas, sendo a primeira desenvolvida no Laboratório de Solos e a segunda realizada em estufa plástica, ambos localizados no Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, em Piracicaba. A primeira etapa consistiu de testes preliminares que possibilitaram a construção de curvas artificiais de salinização, visando realização do processo de salinização artificial do solo. Na segunda etapa conduziu-se a cultura utilizando-se seis níveis de salinidade inicial ao solo ($S_1 = 1,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_2 = 2,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_3 = 3,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_4 = 4,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_5 = 5,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $S_6 = 6,5 \text{ dS m}^{-1}$) e dois tipos de manejos (M_1 – de acordo com marcha de absorção de nutrientes pela cultura e M_2 – com controle da condutividade elétrica da solução do solo). Observou-se que o aumento da salinidade do solo reduziu o consumo hídrico da cultura, para valores de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) acima de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$.

PALAVRAS-CHAVE: consumo de água, salinidade, *Lycopersicum esculentum* Mill

WATER CONSUMPTION AND COMMERCIAL TOMATO YIELD IN RESPONSE TO SOLO SALINIZATION CAUSED BY FERTIRRIGATION IN GREENHOUSE

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the water consumption of the tomato culture in response to different salinity levels and handling of fertirrigation under protected atmosphere. The experiment was led in two stages, being the first developed in the Laboratory of Soils and second accomplished in plastic greenhouse, both located in Department of Rural Engineering of ESALQ/USP, in Piracicaba, Brazil. The first stage

¹ Extraído da Tese do primeiro autor. Pesquisa financiada pelo CNPq

², Prof^a. Doutora, Área de Recursos Naturais, IFCE – Campus Sobral, Avenida Dr. Guarani, 317, Sobral, CE, Fone: (88) 3112.8138, e-mail: waleskaeloi@msn.com;

³ Prof. Doutor, Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/Piracicaba – SP;

⁴ Prof. Doutor, Núcleo de Engenharia de Água e Solo, UFRB, Cruz das Almas, BA;

⁵ Prof. Doutor, Departamento de Tecnologia Rural, UFRPE, PE;

⁶ Prof. Doutor, Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/Piracicaba – SP.

consisted of preliminary tests that made possible the construction of artificial curves of salinization, seeking accomplishment of the process salinization of the soil artificial. In the second stage initial levels of salinity used they were: $S1 = 1.5 \text{ dS m}^{-1}$; $S2 = 2.5 \text{ dS m}^{-1}$; $S3 = 3.5 \text{ dS m}^{-1}$; $S4 = 4.5 \text{ dS m}^{-1}$; $S5 = 5.5 \text{ dS m}^{-1}$ and $S6 = 6.5 \text{ dS m}^{-1}$ and behaved culture being used two types of handlings (the march of absorption of nutrients for the culture and control of electrical conductivity of the soil solution). The increase of the soil salinity reduced the water consumption and the culture, for values of electrical conductivity of the saturation extract over 3.5 dS m^{-1} .

KEYWORDS: water consumption, salinity, *Lycopersicum esculentum* Mill

INTRODUÇÃO

Ultrapassado apenas pelo Estado de Goiás, o Estado de São Paulo é o segundo maior produtor brasileiro de tomate, respondendo por 21,12% da produção registrada em 2005 (FNP, 2006), Conforme dados do IBGE (2000), a maioria dos cultivos sob condições protegidas (casa de vegetação), encontram-se nos Estados de São Paulo e Minas Gerais.

O cultivo em ambiente protegido é uma das alternativas fundamentais para garantir o aumento da produtividade das olerícolas. Os cultivos em ambiente protegido se distinguem dos sistemas de produção a céu aberto pelo uso intensivo do solo e controle parcial de fatores ambientais (CARRIJO et al., 1999).

A adição de fertilizantes via água de irrigação, pode ocasionar a acumulação de sais dissolvidos na zona radicular com a evapotranspiração das culturas, que remove a água e deixa os sais na superfície e em todo o perfil do solo, principalmente na frente de molhamento, ou seja, bordas do bulbo molhado. O uso de quantidades excessivas de sais solúveis acumulados na zona radicular das plantas dificulta a extração da solução salina do solo resultando na redução do crescimento e produtividade das plantas.

O efeito da salinidade da solução do solo pode ser avaliado pelos níveis de salinidade aplicados na zona radicular, alguns destes níveis resultarão na redução da produção e na redução do uso da água pela cultura. Existe uma relação direta entre evapotranspiração e o crescimento, ou seja, a evapotranspiração é igual à máxima, e da mesma forma o crescimento, quando a necessidade hídrica da planta é plenamente satisfeita, de forma contrária quando existe uma restrição hídrica, ocorre redução no crescimento (DOOREMBOS & KASSAM, 1979).

O presente trabalho objetivou avaliar o consumo hídrico da cultura do tomate e a produção comercial em resposta a diferentes níveis de salinidade e manejo da fertirrigação cultivado em ambiente protegido.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada foi adaptada de SILVA (2002), sendo a primeira etapa do experimento desenvolvida no Laboratório de Solos e a segunda realizada em estufa plástica, localizada no Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, em Piracicaba, no período entre 20 de novembro de 2006 e 09 de março de 2007. A primeira etapa consistiu de testes preliminares que possibilitaram a construção de curvas artificiais de salinização, visando à realização do processo de salinização artificial do solo. Para construção das curvas de salinização foi utilizada uma solução nutritiva, sugerida por FURLANI & PIRES, 2004 citado por ALVARENGA (2004). Em função do nível de condutividade elétrica desejada na solução foi calculada a quantidade de sais a adicionar mediante a equação (1), proposta por RICHARDS (1954).

$$C = 640 \text{ CE}_s \quad (1)$$

em que: C = concentração de sais fertilizantes, mg L^{-1} ; CE_s = condutividade elétrica da solução preparada, dS m^{-1} .

A partir de uma solução padrão com CE teórica de $10,5 \text{ dS m}^{-1}$, com equivalentes $6,72 \text{ g L}^{-1}$ de concentração salina, foram tomadas alíquotas para cada nível de salinidade. Utilizou-se um total de 21 soluções. A concentração dessas soluções variou de 0 até $6,72 \text{ g L}^{-1}$, com intervalos de $0,32 \text{ g L}^{-1}$, o que corresponde, respectivamente, às salinidades teóricas variando de 0 até $10,5 \text{ dS m}^{-1}$, com intervalos de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, com base na equação (1). A partir dessas amostras preparadas foi determinada a condutividade elétrica real das soluções, utilizando-se um condutivímetro. Posteriormente, foram coletadas amostras de solo, as quais foram peneiradas, secas ao ar e acondicionadas em vasos de 20 L, tendo em sua base perfurada uma camada de envelope (brita + manta geotextil) de 2 cm. O material de solo utilizado foi de um perfil classificado como Latossolo Vermelho fase arenosa, proveniente do campus da ESALQ e denominado Série “Sertãozinho”. Os níveis iniciais de salinidade utilizados foram: $S_1 = 1,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_2 = 2,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_3 = 3,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_4 = 4,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_5 = 5,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $S_6 = 6,5 \text{ dS m}^{-1}$. A umidade do solo foi elevada até a máxima capacidade de retenção e, concomitantemente, foram adicionados os sais diluídos na água com o objetivo de obter seis níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação, baseado na curva de salinização construída na

primeira etapa. Três dias após a adição das diversas soluções salinas, foram retiradas amostras de solo dos vasos nas camadas de 0 a 0,15 m e de 0,15 a 0,30 m. A partir dessa amostragem, determinou-se a condutividade elétrica do extrato de saturação real. Na segunda etapa do experimento os tratamentos, ministrados à cultura do tomateiro foram compostos pela combinação de dois fatores: salinidade inicial do solo com seis níveis ($S_1 = 1,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_2 = 2,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_3 = 3,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_4 = 4,5 \text{ dS m}^{-1}$; $S_5 = 5,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $S_6 = 6,5 \text{ dS m}^{-1}$) e dois tipos de manejo de fertirrigação (M_1 = de acordo com a marcha de absorção da cultura e M_2 = com controle da condutividade elétrica da solução do solo). Os 12 tratamentos propostos foram dispostos em 48 parcelas e o delineamento estatístico adotado foi o de blocos aleatorizados completos com quatro repetições, ficando os fatores estudados arranjados no esquema fatorial 6×2 . Utilizou-se a cultivar Débora Plus, o espaçamento utilizado foi de 0,50 m entre plantas e 1,20 m entre fileiras. Adotou-se um sistema de irrigação por gotejamento. O manejo de irrigação foi realizado com base em dados de potencial mátrico da água no solo, obtidos de tensiômetros, instalados a 0,15 m de profundidade, e da curva característica de retenção de água no solo. A aplicação da irrigação foi realizada de acordo com a recomendação de ALVARENGA (2004), sempre que a tensão encontrava-se entre 15 a 20 kPa. A quantidade de água aplicada era a suficiente para elevar a umidade à capacidade de campo, sendo calculada, mediante às médias das leituras tensiométricas, para cada tratamento. A aplicação dos fertilizantes foi feita via água de irrigação, sendo os tratamentos diferenciados em função dos manejos M_1 e M_2 .

A condutividade elétrica da solução foi medida após o término de cada evento de irrigação, utilizando-se, para extração da solução, cápsulas porosas sob vácuo. Os valores de condutividade elétrica determinada mediante a solução extraída pelas cápsulas porosas, foram corrigidos para a umidade de saturação, conforme sugerido por SILVA (2002). Os diferentes níveis de salinidade inicial do solo visaram simular diversos estágios de salinização em ambiente protegidos, possivelmente encontrados quando detectado o problema pelos agricultores. O estudo com estes níveis possibilitou verificar os efeitos da salinização no consumo hídrico para a cultura. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente por meio de regressão para os parâmetros avaliados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da curva de salinização artificial do solo permitiram relacionar a condutividade elétrica e a concentração dos fertilizantes usados para sua construção (Figura

1A). Através da equação obtida por regressão linear, estimaram-se as quantidades de fertilizantes necessárias para se obter às condutividades elétricas desejadas. A equação obtida diverge da original, proposta por RICHARDS (1954), em que a $CEs = 0,00156.C$, enquanto a encontrada foi $CEs = 0,0008.C + 0,8443$, fato que provavelmente ocorreu em função da condutividade elétrica ser afetada pela valência e concentração relativa dos íons presentes na solução (RHOADES, 2000). A constante 0,8443 correspondeu à condutividade elétrica da água utilizada para o preparo da solução.

Na Figura 1B observam-se os resultados da salinização do solo, os quais apresentaram uma boa correlação entre os valores estimados e observados no solo. Ressalta-se que a curva de salinização é específica para cada solo e cultura, dependendo fortemente das características físicas e químicas do mesmo, bem como dos fertilizantes e da adubação recomendada.

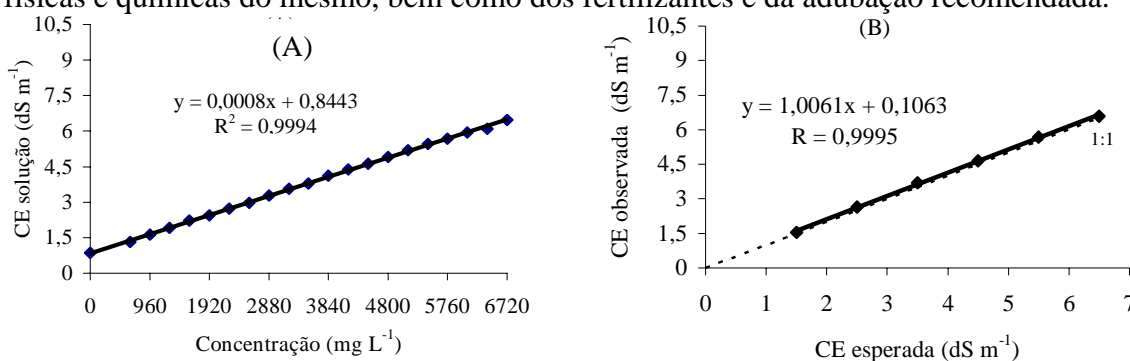


FIGURA 1. Relação entre a concentração das soluções salinas e a condutividade elétrica das soluções utilizadas (A) e CEes esperada e a CEes observada após a salinização do solo(B)

Observa-se na Figura 2A os valores da condutividade elétrica da solução extraída nas cápsulas porosas instaladas a 15 cm de profundidade, ao logo dos dois ciclos da cultura para o manejo 1. Verificou-se um incremento nos níveis de salinidade do solo para os tratamentos S1, S2 e S3 e uma redução da salinidade entre os níveis mais elevados (S4, S5 e S6), com uma tendência ao equilíbrio no final. Para o manejo com base na manutenção dos níveis de condutividade elétrica (Figura 2B), observa-se uma pequena variação nos valores da salinidade, indicando a eficiência do monitoramento e da correção da condutividade elétrica do solo.

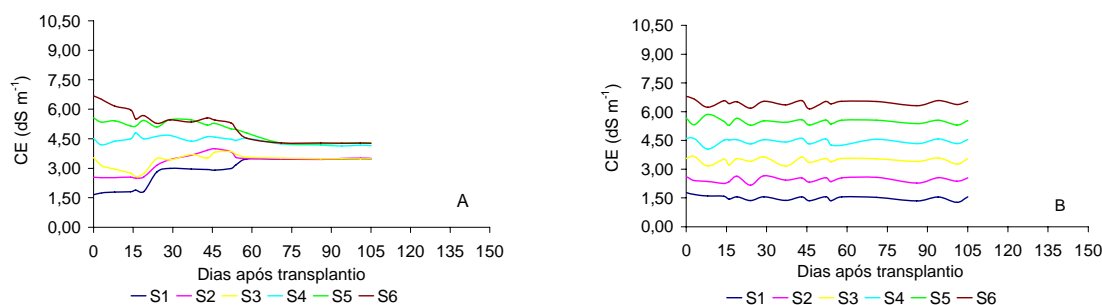


FIGURA 2 - Evolução da salinidade ao longo do ciclo do tomate para o M1 (A) e M2 (B)

Observa-se na Figura 3 o consumo hídrico acumulado da cultura em função dos diferentes níveis de salinidade e manejo avaliados ao longo do ciclo da cultura. Ambos os manejos empregados apresentam comportamento semelhantes, até os 60 dias após transplântio (DAT), após o qual nota-se um menor consumo de água para os níveis mais elevados (4,5; 5,5 e 6,5 dS m^{-1}). De acordo com RHOADES & LOVEDAY (1990), a concentração de sais solúveis na zona radicular reduz o fluxo de água no sentido solo-planta-atmosfera, devido o efeito osmótico na planta. Nota-se que para o M2 a redução no consumo hídrico com o tempo é bem mais acentuada que para o M1 resultado esse esperado já que para o manejo dois, os níveis iniciais de salinidade foram mantidos até o fim do ciclo. MASS & HOFFMAN (1977) mostraram que as altas concentrações de sais diminuem o potencial osmótico na solução do solo, reduzindo a disponibilidade de água para as plantas, sendo que as culturas mais sensíveis sofrem redução progressiva na produção e componentes de produção medida que a concentração salina aumenta.

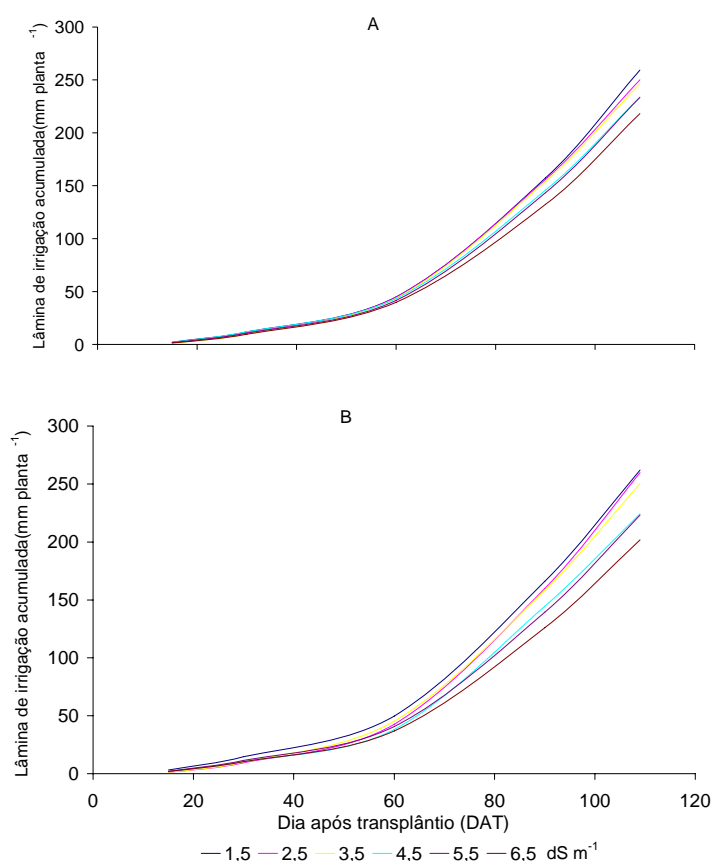


FIGURA 3. Lâmina de irrigação acumulada durante o ciclo de cultivo do tomateiro para o M1 (A) e M2 (B)

CONCLUSÕES

- Com o aumento dos níveis de salinidade verificou-se aumento na restrição hídrica;
- O manejo controlado reduziu em maior nível o consumo hídrico com o aumento da salinidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, M. A. R., *Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia*. 1. ed. Lavras: UFLA, 2004. 400p.
- CARRIJO, O.A.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R. Manejo da água na produção de hortaliças em cultivo protegido. *Informe Agropecuário*, v.20, n.200/201, p.45-51, 1999.
- DOOREMBOS, J.; KASSAM, A.H. *Yield response to water*. Rome:FAO, 1979. 193p.(FAO. Irrigation and Drainage Paper nº 33).
- FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO. *Agrianual 2006: anuário da agricultura brasileira*. São Paulo: Argos Comunicação, 2006. 504p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: *IBGE*. 2000. 76p.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance - Current Assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division*. 1977. ASCE . v.103, n IR2, p.115-34.
- RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWART, D. R.; NIELSEN, D.R. (Ed.) *Irrigation of agricultural crops*. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1990. cap. 36, p. 1089-1142. (Agronomy, 30)
- RHOADES, J. D; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. *Uso de águas salinas para produção agrícola*. Tradução de H.R. GHEYI, J.R. de SOUSA, J. E. QUEIROZ. Campina Grande, UFPB, 2000. 117p. (FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 48)
- RICHARDS, L.A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington, United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- SILVA, E.F.F. *Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo*. 2002. 136 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.