

**Tensões-Limite de Água no Solo
para o Cultivo do Tomateiro para
Processamento Irrigado
por Gotejamento**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Hortaliças
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 37

**Tensões-Limite de Água no Solo
para o Cultivo do Tomateiro para
Processamento Irrigado por Gotejamento**

*Waldir A. Marouelli
Washington L. C. Silva*

Embrapa Hortaliças
Brasília, DF
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Hortaliças

BR 060 km 9 – Rod. Brasília-Anápolis
Caixa Postal 218
70359-970 Brasília-DF
Telefone (61) 3385-9110
E-mail: *sac@cnph.embrapa.br*

Comitê de Publicações da Embrapa Hortaliças (2004-2008)

Presidente: Gilmar P. Henz
Secretária-Executiva: Fabiana S. Spada
Pollyanna T. B. de Moraes
Editor Técnico: Flávia A. de Alcântara
Membros: Alice Maria Quezado Duval
Edson Guiducci Filho
Milza M. Lana
Raquel Freitas
Waldir A. Marouelli

Normalização bibliográfica: Rosane Mendes Parmagnani
Editoração eletrônica: Rafael Miranda Lobo

1ª edição

1ª impressão (2008): 50 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Hortaliças

Marouelli, Waldir Aparecido

Tensões-limite de água no solo para o cultivo do tomateiro para processamento irrigado por gotejamento / Waldir Aparecido Marouelli, Washington Luis Carvalho e Silva -- Brasília : Embrapa Hortaliças, 2008.

17 p. - (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Hortaliças , ISSN 1677-2229 ; 37)

1. Tomate industrial - Irrigação - Gotejamento. 2. Tomate – Frutificação – Tensão de água no solo. 3. Tomate industrial – Maturação – Tensão de água no solo. I. Silva, Washington, Luis Carvalho e. II. Título. III. Série.

CDD 635.642 (21. ed.)

© Embrapa 2008

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	7
Resultados e Discussão	9
Conclusões	14
Referências Bibliográficas	15

Tensões-limite de Água no Solo para o Cultivo do Tomateiro para Processamento Irrigado por Gotejamento

Waldir A. Marouelli¹
Washington L. C. Silva²

Resumo

A irrigação por gotejamento é uma tecnologia, poupadora de água e mitigadora de problemas fitossanitários, que começa a ser adotada na produção de tomate para processamento em áreas de cerrado de Minas Gerais e Goiás. Visando estabelecer estratégia de manejo de água durante os estádios vegetativo, de frutificação e de maturação do tomateiro, quatro experimentos foram conduzidos na Embrapa Hortaliças, Brasília, DF. Avaliou-se tensões-limite de água no solo entre 5 e 120 kPa. Plantas submetidas a maior déficit hídrico, durante o estágio vegetativo, apresentaram sistema radicular até 10 cm mais profundo que aquelas irrigadas mais freqüentemente. Maior produtividade de frutos foi atingida quando as irrigações foram realizadas de forma a não permitir tensões de água no solo superiores a 35, 12 e 15 kPa durante os estádios vegetativo, de frutificação e de maturação, respectivamente. O teor de sólidos solúveis totais não foi afetado pelos regimes de irrigação avaliados durante os estádios vegetativo e de frutificação, mas aumentou quanto maior o déficit hídrico durante o estágio de maturação.

¹ Eng. Agríc., Ph.D., Embrapa Hortaliças. e-mail: waldir@cnph.embrapa.br

² Eng. Agr., Ph.D., Embrapa Sede. e-mail: washington.silva@embrapa.br

Water Tension Thresholds for Processing Tomatoes Cultivation under Drip Irrigation

Abstract

Drip irrigation is a water saving and foliage disease mitigation technology recently adopted for processing tomato production in Central Brazil. Aiming to establish irrigation scheduling strategies during vegetative, fruit development, and maturation stages, four experiments were carried out at Embrapa Vegetables, Brasília, Brazil. Soil water tension threshold values ranging from 5 to 120 kPa were tested. Plants growing under higher water deficit during vegetative phase showed root system 10 cm deeper than plants irrigated more frequently. Maximum fruit yield was obtained when irrigations were performed for threshold tensions of 35, 12 and 15 kPa during vegetative, fruit development, and maturation stages, respectively. Total soluble solids content was not affected by the different irrigation treatments evaluated during vegetative and fruit development stages, but increased as higher the matric tension during maturation phase.

Index Terms: Lycopersicon esculentum, water deficit, matric potential.

Introdução

A irrigação por gotejamento em tomateiro para processamento industrial associada à prática de aplicação de fertilizantes juntamente com a água de irrigação, fertirrigação, pode proporcionar incremento de produtividade e economia de água da ordem de 30%, em comparação à irrigação por aspersão ([COLLA *et al.*, 1999](#); [PRIETO *et al.*, 1999](#)). Ademais, por ter a água aplicada diretamente ao solo contribui para diminuir a incidência de doenças da parte aérea e do apodrecimento de frutos, reduzindo o uso de fungicidas em até 50% e maximizando a qualidade de frutos ([MARQUELLI *et al.*, 2001](#)).

A área de tomateiro irrigado por gotejamento no Brasil tem aumentado significativamente, mas continua num patamar baixo. Nos últimos cinco anos passou de 200 para 1.300 hectares, cerca de 6% da área total cultivada. Dentre as razões que têm limitado a expansão do gotejamento encontram-se a falta de informações consistentes sobre as vantagens reais do sistema e sobre o manejo adequado da água de irrigação para as condições brasileiras. Mesmo com a ausência de tais informações e o maior custo do sistema, comparativamente ao pivô central, Marouelli *et al.* (2003) demonstraram que o retorno econômico da produção de tomateiro irrigado por gotejamento é ligeiramente superior ao irrigado por pivô central, sistema predominante na cultura.

Para que a irrigação seja realizada adequadamente, evitando-se deficiência ou excesso de água, é necessário conhecer os efeitos dos estresses hídrico nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Um parâmetro que possibilita estabelecer o momento adequado da irrigação, bem como estimar a quantidade de água a ser aplicada a cada irrigação, é a tensão-limite da água no solo, que é variável em função do estágio de desenvolvimento do tomateiro ([MARQUELLI *et al.*, 1991](#)). Na literatura brasileira inexistem recomendações sobre valores limites de tensões-limite para a irrigação por gotejamento do tomateiro. Mesmo na literatura internacional, poucos são os estudos realizados com tal objetivo. Além disso, informações dessa natureza devem ser determinadas para condições específicas, pois podem ser afetados por fatores como clima, solo, cultivar e sistema de irrigação ([MARTIN *et al.*, 1990](#); [PRIETO *et al.*, 1999](#)). Para gotejamento nas condições da Califórnia, Hartz e Hanson (2005) recomendam que até o início da maturação seja adotada a tensão-limite de 20 a 35 kPa e que a partir daí 40 a 50 kPa.

O objetivo deste trabalho foi o de estabelecer parâmetros para o manejo de água em tomateiro para processamento industrial, irrigado por gotejamento, nas condições de Cerrado do Brasil, por meio da avaliação de tensões-limite de água no solo durante os estádios vegetativo, de frutificação e de maturação da cultura.

Material e Métodos

Experimentos foram conduzidos durante os meses de maio a outubro de 2000 a 2002, no campo experimental da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, a 15°56'S, 48°08'W e altitude de 997 m. A região possui clima tropical de altitude, do tipo Cwa, conforme classificação de Köppen, e solo do tipo Latossolo Vermelho distrófico, fase cerrado e textura argilosa. A retenção de água do solo (%vol.), entre 0 e 40 cm de profundidade, no intervalo de tensão de água (Ψ_m) de 5 a 1.500 kPa, foi ajustada à equação de van Genuchten, produzindo a seguinte relação:

$$\theta(\Psi_m) = 23,0 + 14,9 / \left[1 + (0,0576 \times \Psi_m)^{1,7563} \right]^{0,4301}$$

Experimento I: foram avaliados nove regimes de irrigação, dispostos em esquema fatorial 3 x 3, onde o primeiro fator correspondeu à tensão-limite de água no solo no estágio vegetativo (15, 30 e 70 kPa) e o segundo, à tensão-limite no estágio de frutificação (15, 30 e 70 kPa).

Experimento II: os tratamentos aplicados durante o estágio vegetativo consistiram de seis tensões-limite de água no solo (6, 10, 15, 30, 60 e 120 kPa).

Experimento III: os tratamentos aplicados durante o estágio de frutificação consistiram de seis tensões-limite de água no solo (5, 8, 12, 20, 45 e 100 kPa).

Experimento IV: os tratamentos aplicados durante o estágio de maturação consistiram de quatro tensões-limite de água no solo (15, 30, 60 e 120 kPa).

O estágio vegetativo correspondeu ao período entre o estabelecimento inicial das mudas e o início da frutificação (do 8º ao 33º dia após o transplante) e o estágio de frutificação a partir daí até o início da maturação de frutos (do 34º ao 90º dia). No experimento IV, os tratamentos foram aplicados durante o período entre 70% de plantas com pelo menos um fruto maduro e 80% de frutos maduros (85º dia ao 110º dia após o transplante), quando as irrigações foram paralisadas.

As tensões de água no solo foram avaliadas a cerca de 50% da profundidade efetiva do sistema radicular do tomateiro, ou seja, a 10 cm de profundidade durante o estágio vegetativo, a 15 cm no início do estágio de frutificação (34º ao 55º dia) e a 20 cm daí até a paralisação das irrigações.

As mudas de tomateiro, produzidas em bandejas de isopor de 288 células, foram transplantadas cerca de 30 dias após a semeadura, no espaçamento de 30 x 120 cm, em solo previamente irrigado, elevando o conteúdo de água no solo à capacidade de campo, na camada até 40 cm. As parcelas experimentais, localizadas dentro de áreas de plantio contínuo, foram de 28,8 m² (quatro fileiras de 6,0 m), tendo sido colhido 5,0 m de cada uma das duas fileiras centrais da parcela. No primeiro experimento foi utilizado o híbrido H9498, no segundo e quarto o AP533 e no terceiro o H9992.

O transplante das mudas nos experimentos foi realizado no período tradicional de plantio de tomateiro na região de Cerrado do Brasil, mas em época com menor probabilidade de ocorrência de chuvas durante todos os estágios de desenvolvimento da cultura em que os tratamentos foram aplicados. O transplante foi realizado na segunda semana de maio de 2000 e de 2001, no primeiro e terceiro experimentos, respectivamente, na terceira semana de junho de 2001 no segundo experimento e na segunda semana de abril de 2002 no quarto experimento.

As adubações foram realizadas com 200 kg de N, 300 kg de K₂O, 600 kg de P₂O₅, 160 kg de Ca, 40 kg de Mg, 5 kg de Zn e 2 kg de B por hectare, tendo sido utilizadas as seguintes fontes: uréia, nitrato de potássio, nitrato de cálcio, nitrato de duplo potássio, cloreto de potássio, cloreto de cálcio, superfosfato simples, cal hidratada, sulfato de magnésio, sulfato de zinco e bórax. Todo o fósforo e os micronutrientes foram aplicados em pré-plantio, assim como 15% do nitrogênio e do potássio e 70% do cálcio. As quantidades restantes foram fornecidas semanalmente via fertirrigação.

As irrigações foram realizadas instalando-se uma linha lateral de gotejadores por fileira de plantas, na superfície do solo. Para minimizar a formação de zona de saturação junto ao colo da planta, a linha lateral foi posicionada entre 5 e 10 cm afastada da fileira de plantas. Gotejadores, com vazão de 1,2 L h⁻¹, foram espaçados a cada 30 cm.

Na primeira semana após o transplante, as regas foram efetuadas diariamente em todos os tratamentos. A partir daí, o manejo de água foi diferenciado em função dos tratamentos de cada experimento. Durante os estágios da cultura em que os tratamentos de irrigação não foram aplicados, as regas foram uniformes conforme o indicado por Marouelli *et al.* (2001). Para ajustes na lâmina de irrigação, sensores foram instalados a cerca de 5 cm abaixo do limite inferior da profundidade efetiva de raízes. Nesta profundidade, procurava-se manter a tensão de água no solo, um dia após a irrigação, entre 15 e 25 kPa.

O monitoramento da tensão de água no solo, para fins de se determinar o momento das irrigações, foi realizado por tensiômetros nos tratamentos até 60 kPa, e blocos de resistência elétrica, previamente calibrados para tensões superiores a 60 kPa. Os sensores, instalados em três repetições de cada tratamento,

foram posicionados equidistantemente a 10 cm da planta e do gotejador. As leituras dos sensores foram realizadas manualmente até quatro vezes por dia e as irrigações realizadas quando a leitura dos sensores indicava valores próximos às tensões-limite pré-estabelecidas para cada tratamento. A lâmina de água aplicada por irrigação foi determinada com base no esgotamento de água no solo (KELLER; BLIESNER, 1990), considerando 35% de área molhada e empregando a equação de retenção de água ajustada para o solo em questão.

As condições climáticas médias reinantes durante o estágio vegetativo nos experimentos I e II, estágio de frutificação nos experimentos I e III, e estágio de maturação no experimento IV foram, respectivamente, temperatura do ar: 22,4; 22,8; e 23,6 °C, umidade relativa do ar: 54; 55; e 51 %, radiação global: 18,9; 19,3; e 18,4 MJ m⁻² dia⁻¹, velocidade do vento: 1,2; 1,3; e 1,0 m s⁻¹, precipitação: 0; 4; e 1 mm, e evaporação do tanque classe A: 6,9; 6,4; e 5,9 mm dia⁻¹. A evapotranspiração de referência, pelo método do tanque classe A, foi: 4,8; 5,1; e 4,7 mm dia⁻¹. As precipitações durante o período global de condução dos experimentos I, II, III e IV totalizaram 149, 240, 188 e 48 mm, respectivamente.

As colheitas dos frutos em todos os experimentos foram realizadas manualmente, em uma única operação, quando a taxa de maturação atingiu cerca de 95%. As variáveis avaliadas nos experimentos foram: lâmina líquida de água aplicada, profundidade efetiva do sistema radicular, estande final, biomassa, concentração de frutos maduros, produtividade de frutos comercializáveis, massa média de fruto, número de frutos por planta, frutos podres (% em número), acidez titulável, teor e rendimento de sólidos solúveis totais.

A biomassa foi determinada secando-se a parte aérea das plantas a 60°C, excluindo-se todos os frutos, e a concentração de frutos maduros na colheita obtida pela relação entre a massa de frutos maduros e a de frutos maduros mais os frutos verdes. Para produtividade, massa média de fruto e número de frutos por planta considerou-se apenas aqueles maduros, sem danos, independente de tamanho. A acidez titulável e o teor de sólidos solúveis totais foram determinados conforme Moretti *et al.* (1998), em amostras homogêneas de quinze frutos por parcela. A profundidade efetiva do sistema radicular, representado por 80% das raízes, avaliada ao final do ciclo no experimento II, foi determinada pelo método do perfil reticulado com duas repetições (ATKINSON; MACKIE-DAWSON, 1991).

O delineamento experimental foi blocos ao acaso em todos os experimentos, com quatro repetições nos três primeiros ensaios e seis no último. Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância e aquelas afetadas pelos tratamentos foram avaliadas com regressão linear pelo método de polinômios ortogonais (MONTGOMERY, 1991).

Resultados e Discussão

No experimento I não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os fatores estudados para nenhuma das variáveis de interesse, similarmente ao relatado por Marouelli *et al.* (1991). Isto permitiu que os fatores fossem avaliados isoladamente. Muito embora os experimentos tenham sido conduzidos em anos distintos e tendo-se utilizado diferentes cultivares, as respostas relativas das variáveis ao fator “tensão-limite de água no solo no estágio vegetativo” no experimento I e às tensões-limite no experimento II foram semelhantes, o que permitiu que os dados fossem analisados conjuntamente. De forma semelhante, não se verificou interação significativa entre as respostas das variáveis avaliadas ao fator “tensão-limite de água no solo no estágio de frutificação” no experimento I e às tensões-limite no experimento III.

Efeito da tensão durante o estágio vegetativo

A lâmina líquida média de irrigação aplicada ao longo de todo o ciclo do tomateiro variou de 250 a 320 mm. Especificamente durante o estágio vegetativo, a lâmina variou de 46 a 136 mm.

A colheita dos frutos foi realizada aos 116 dias após o transplante no experimento I e aos 112 dias no experimento II. A concentração de maturação de frutos, média de 94,3%, não foi afetada significativamente pelas tensões de água no solo avaliadas. Portanto, a duração do ciclo fenológico das plantas não foi afetada pelos regimes hídricos aplicados durante o estágio vegetativo do tomateiro. Comportamento similar foi verificado por Prieto *et al.* (1999).

A profundidade efetiva do sistema radicular do tomateiro, avaliada ao final do ciclo da cultura, apresentou resposta linear positiva com a tensão de água no solo (Figura 1a). Assim, plantas submetidas a um maior déficit de água no solo, durante o estágio vegetativo, apresentam raízes mais profundas do que aquelas irrigadas mais frequentemente. Além de possibilitar um melhor aproveitamento dos nutrientes do solo, plantas com sistema radicular mais profundo possibilitam irrigações mais espaçadas nos estádios seguintes, reduzindo a incidência de doenças de solo, no caso específico do gotejamento.

O estande final de plantas apresentou resposta quadrática às tensões de água no solo consideradas durante o estágio vegetativo (Figura 1a). Maior número de plantas por unidade de área ocorreu para a tensão de 19 kPa. Para a tensão de 120 kPa houve redução do estande devido ao maior estresse hídrico a que as plantas foram submetidas. Algumas das plantas podem ter sido submetidas a tensões acima de 120 kPa, pois enquanto as plantas em que as tensões foram avaliadas estavam cerca de 10 cm dos gotejadores, outras, em função de variações aleatórias no espaçamento entre plantas e entre linhas de gotejadores e fileiras de plantas, podiam distar até 20 cm. Por outro lado, a redução de estande em tratamentos irrigados em regime de alta frequência (tensões menores) foi, provavelmente, devido a doenças de solo favorecidas pela manutenção de alta umidade próximo ao colo das plantas (LOPES; ÁVILA, 2005).

A produção de biomassa foi reduzida linearmente quanto maior o déficit de água no solo a que as plantas foram submetidas (Figura 1b). No tratamento com tensão de 120 kPa ocorreu uma redução na biomassa de 23%, em relação à máxima, acarretada tanto pela maior redução de estande quanto pelo menor crescimento das plantas.

Pela função de resposta ajustada, a maior produtividade de frutos comercializáveis foi obtida para a tensão-limite de 35 kPa (Figura 1b). Para as condições em que os estudos foram realizados, a tensão de 35 kPa correspondeu a um turno de rega entre 4 e 5 dias. O menor rendimento foi determinado pela tensão de 120 kPa, com uma redução de 18% em relação à tensão que maximizou a produção. Este resultado está de acordo com Hartz e Hanson (2005), que recomendam, para solos argilosos, uma tensão-limite para reinício das irrigações entre 25 e 35 kPa.

Pelos resultados alcançados, ao contrário do que acreditam muitos produtores, o maior crescimento radicular associado à estratégia de restrições de água no solo durante o estágio vegetativo, não foi traduzido em ganho de produtividade de frutos. Portanto, tal estratégia de manejo, utilizada na irrigação por aspersão do tomateiro, não se mostrou vantajosa para gotejamento, provavelmente porque o problema de doenças da parte aérea não é crítico em gotejamento.

A massa de fruto (média de 78,0 g) e o número de frutos comercializáveis (média de 59,9 por planta) não foram afetados pelos diferentes regimes hídricos. Tais resultados permitem atribuir que as variações de produtividade foram devidas, predominantemente, aos efeitos dos tratamentos sobre o estande de plantas. Em tomateiro irrigado por aspersão, Marouelli *et al.* (1991) verificaram que déficit hídrico durante o estágio vegetativo também não teve efeito sobre a massa de fruto, mas reduziu o número de frutos por planta. As razões para tal desacordo podem ser a diferença entre os sistemas de irrigação e das plantas terem sido submetidas, naquele estudo, a tensões até 460 kPa.

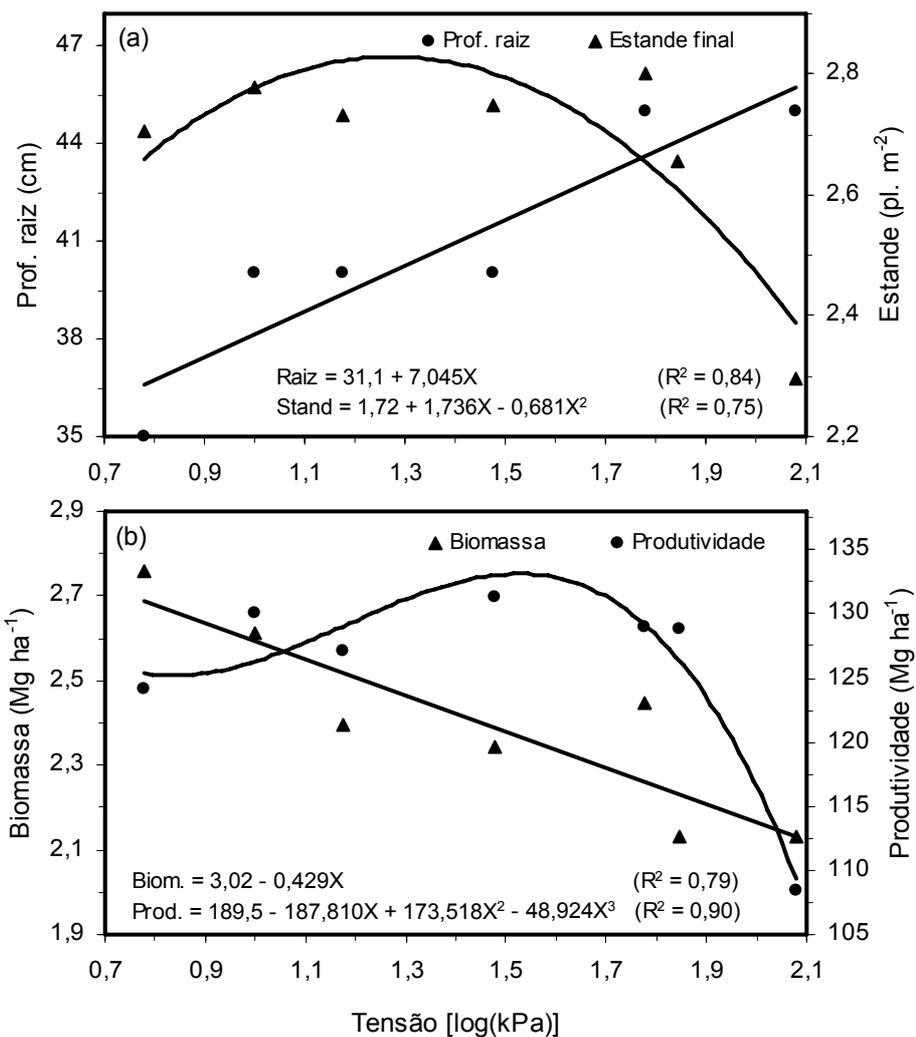


Fig. 1. Resposta do tomateiro para processamento, durante o estágio vegetativo, para: a) profundidade efetiva do sistema radicular e estande final de plantas; b) produção de biomassa e produtividade de frutos comercializáveis.

Nenhuma das variáveis de qualidade de fruto avaliada foi afetada pelos tratamentos. A taxa média de frutos podres foi de 3,4%, a acidez titulável média de 0,31% de ácido cítrico e o teor médio de sólidos solúveis totais de 4,4%. O efeito não significativo sobre as variáveis de qualidade era de se esperar uma vez que os tratamentos de irrigação foram aplicados exclusivamente durante o estágio vegetativo do tomateiro, portanto, antes do efetivo desenvolvimento dos frutos. Como o teor de sólidos solúveis totais não foi afetado pelos tratamentos, a função de resposta para rendimento de sólidos solúveis é obtida multiplicando-se os parâmetros da equação ajustada para produtividade de frutos pela taxa média de sólidos solúveis.

Efeito da tensão durante o estágio de frutificação

A lâmina líquida média de irrigação aplicada ao longo do ciclo do tomateiro variou de 273 a 347 mm, tendo sido 155 mm fornecidos durante os estádios anterior e posterior ao de frutificação de cada tratamento.

A colheita dos frutos foi realizada aos 116 dias após o transplante no experimento I e aos 121 dias no experimento III. A concentração de maturação de frutos (média de 95%) e, conseqüentemente, o ciclo de desenvolvimento das plantas não foram influenciados significativamente pelos tratamentos avaliados durante o estágio de frutificação. Da mesma forma, Prieto *et al.* (1999) não observaram variação na taxa de maturação de frutos de tomate em função de diferentes regimes hídricos.

Em concordância ao observado por Marouelli *et al.* (1991), em plantas de tomateiro submetidas a tensões de água entre 15 e 460 kPa, o estande final de plantas, média de 2,65 plantas por m², não foi afetado estatisticamente pelos regimes de irrigação avaliados durante o estágio de frutificação. Já a produção de biomassa foi reduzida linearmente com o aumento da tensão de água no solo (Figura 2a).

Plantas submetidas a uma tensão máxima de 100 kPa tiveram 17% de redução na biomassa comparativamente ao tratamento mais úmido (5 a 12 kPa).

O número de frutos comercializáveis por planta foi reduzido, de forma linear, com o aumento do déficit hídrico a que as plantas foram submetidas (Figura 2a). Esta redução pode ser explicada pelo menor crescimento das plantas, maior queda de flores e abortamento de frutos em plantas submetidas a condições de maior déficit de água durante o período compreendido entre o final do florescimento e início da frutificação (MAROUELLI *et al.*, 1991; PRIETO, 1999).

A massa média de frutos comercializáveis apresentou resposta quadrática com a tensão de água no solo, sendo maximizada para a tensão de 11 kPa (Figura 2b). Redução da massa de fruto, mesmo sob condições moderadas de deficiência de água no solo durante o estágio de frutificação, foi constatado por Colla *et al.* (1999). Já irrigações freqüentes, adotando-se a tensão de 5 kPa, podem ter prejudicado a aeração na rizosfera e também favorecido a lixiviação de nutrientes, principalmente de nitrogênio.

A produtividade de frutos comercializáveis apresentou resposta quadrática com o regime hídrico adotado (Figura 2b), tendo sido maximizada para a tensão-limite de 12 kPa, o que correspondeu, para as condições em que os estudos foram realizados, a uma freqüência média diária de irrigações. Com base nos componentes de produção avaliados, verifica-se que as diferenças de produtividade foram devidas tanto ao número de frutos por planta quanto à massa dos frutos, haja vista que o estande de plantas não variou.

Para as condições da Califórnia, Hartz e Hanson (2005) recomendam irrigar para uma tensão-limite entre 20 e 35 kPa, portanto, consideravelmente maior que aquela observada no presente estudo durante o estágio de frutificação. Diferenças desta natureza, no entanto, são passíveis de ocorrer, uma vez que a magnitude deste parâmetro é afetada, dentre outros fatores, por condições edafoclimáticas e de posicionamento do sensor em relação à planta e ao gotejador (MARTIN *et al.*, 1990; HARTZ; HANSON, 2005).

A incidência de frutos podres apresentou resposta linear negativa com a tensão de água no solo (Figura 2c). A mais alta taxa de apodrecimento de frutos, ocorrida nos tratamentos irrigados mais freqüentemente, deve-se, basicamente, ao maior tempo de contato de frutos com a superfície molhada do solo e ao maior crescimento vegetativo da parte aérea, o que, provavelmente, favoreceu um ambiente mais úmido no dossel do tomateiro. Sob tais condições, várias doenças fúngicas e bacterianas, como a rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*) e a podridão-mole (*Erwinia* spp.), podem ter ocorrido, principalmente em frutos em contato direto com o solo e/ou com ferimentos provocado por insetos (LOPES; ÁVILA, 2005).

O teor de sólidos solúveis totais, média de 4,8%, não foi afetado pelos regimes de irrigação avaliados durante o estágio de frutificação. Assim, a resposta para rendimento de sólidos solúveis é obtida multiplicando-se os parâmetros da equação ajustada para produtividade de frutos pela taxa de sólidos solúveis. Segundo Lowengart-Aycicege *et al.* (1999), o regime hídrico adotado durante o estágio de frutificação tem pequeno efeito sobre teor de sólidos solúveis, mas é decisivo a partir do início da maturação de frutos. Por outro lado, a acidez titulável aumentou linearmente quanto maior a tensão de água no solo para a qual as plantas foram irrigadas (Figura 2c). Tal resposta está de acordo com Colla *et al.* (1999), que observaram que restrições no suprimento de água ao tomateiro, tanto durante o estágio de frutificação quanto no de maturação, favorece aumento significativo na acidez de frutos.

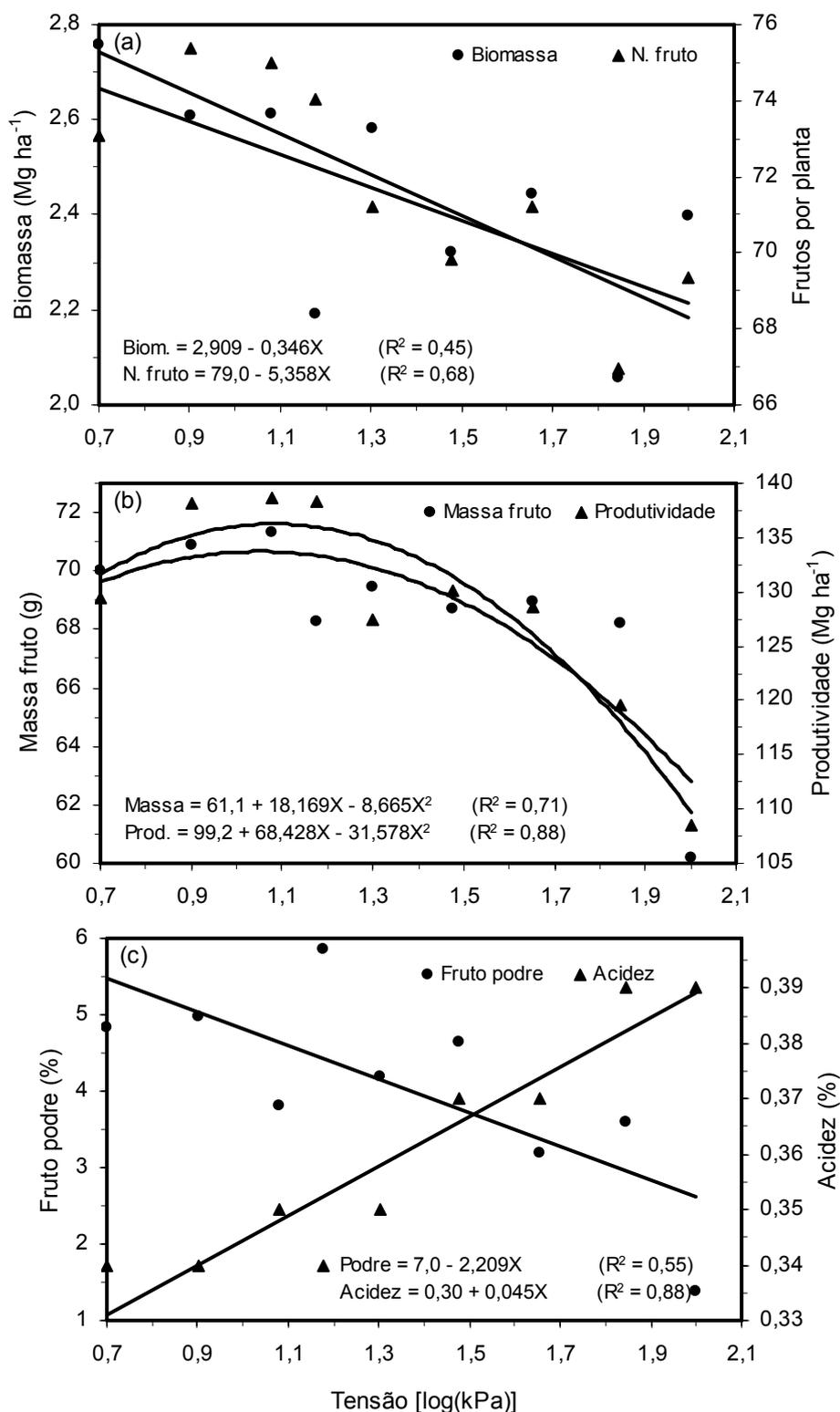


Fig. 2. Resposta do tomateiro para processamento, durante o estágio de frutificação, para: a) produção de biomassa e número de frutos por planta; b) massa de fruto e produtividade de frutos comercializáveis; c) taxa de frutos podres e acidez titulável de frutos.

Efeito da tensão durante o estágio de maturação

Durante esse período, a lâmina total líquida de irrigação fornecida aos diferentes tratamentos variou entre 277 e 360 mm, sendo que 232 mm foram aplicados antes do início dos tratamentos.

As colheitas foram realizadas aos 117 dias após o transplante. A concentração de maturação de frutos aumentou linearmente quanto maior a tensão de água no solo a que as plantas foram submetidas ([Figura 3a](#)).

O estande final, média de 2,56 plantas por m², e a massa seca da parte aérea, média de 2,64 Mg ha⁻¹, não foram influenciados significativamente pelos tratamentos ($p > 0,05$). Isto se deve à irrigação por gotejamento, que por não molhar as plantas, minimiza problemas de doenças no final do ciclo do tomateiro.

A produtividade, o número de frutos por planta e a massa média de frutos comercializáveis foram reduzidos linearmente quanto maior a tensão durante o estágio de maturação ([Figuras 3a,b](#)), acarretadas pelo maior déficit de água no solo a que as plantas foram submetidas. Logo, as variações de produtividade de frutos estiveram diretamente correlacionadas a variações do número de frutos por planta e tamanho de frutos. Para as condições em que os estudos foram realizados, a tensão-limite de 15 kPa correspondeu a um intervalo médio entre irrigações de 1 dia.

Os resultados acima diferem daqueles normalmente observados para tomateiro irrigado por aspersão ([SILVA; MAROUELLI, 1999](#)), onde a produtividade de frutos é reduzida quando as irrigações, durante o estágio de maturação, são realizadas de forma a manter baixas tensões de água no solo. Isto se explica pelo fato de que na aspersão, irrigações freqüentes durante o estágio de maturação favorecem, de forma marcante, maior incidência de podridões de fruto ([LOPES; ÁVILA, 2005](#)). No presente estudo, a incidência de frutos podres, média de 1,4%, não foi afetada pelos diferentes regimes de irrigação a que as plantas foram submetidas durante o estágio de maturação, diferentemente ao observado durante o estágio de frutificação.

O teor de sólidos solúveis totais aumentou linearmente quanto maior a tensão de água para a qual as irrigações foram realizadas ([Figuras 3c](#)). Isto está de acordo com Cahn *et al.* (2002), que relatam que o estabelecimento de um déficit de água controlado a partir do início do estágio de maturação é primordial para a obtenção de frutos com maior teor de sólidos solúveis. Já o rendimento de sólidos solúveis, média de 5,87 Mg ha⁻¹, não foi influenciado pelos tratamentos, o que se deve à produtividade de frutos e ao teor de sólidos solúveis terem apresentado correlação negativa.

Similarmente ao relatado por Colla *et al.* (1999) e Marouelli *et al.* (2004), verificou-se um incremento linear da acidez titulável quanto maior as restrições de água no solo a que as plantas foram submetidas ([Figura 3c](#)).

Conclusões

- Plantas submetidas a maior déficit hídrico, durante o estágio vegetativo, apresentaram sistema radicular até 10 cm mais profundo que aquelas irrigadas mais freqüentemente.
- A produtividade de frutos foi maximizada quando as irrigações foram realizadas para a tensão-limite de água no solo de 35, 12 e 15 kPa durante os estádios vegetativo, de frutificação e de maturação, respectivamente.
- Para as condições em que os estudos foram realizados, as tensões-limite que maximizaram a produtividade de frutos corresponderam a um turno de rega médio entre 4 e 5 dias durante o estágio vegetativo e de 1 dia durante os estádios de reprodução e de maturação.
- teor de sólidos solúveis totais não foi influenciado pelos diferentes regimes de irrigação avaliados durante os estádios vegetativo e de frutificação, mas aumentou quanto maior o déficit hídrico a que as plantas foram submetidas durante o estágio de maturação.
- rendimento de sólidos solúveis apresentou resposta similar à produtividade de frutos durante os estádios vegetativo e de frutificação, mas não foi afetado pelos regimes hídricos durante o estágio de maturação.
- A acidez titulável aumentou quanto maior o déficit hídrico a que as plantas foram submetidas durante os estádios de frutificação e de maturação.

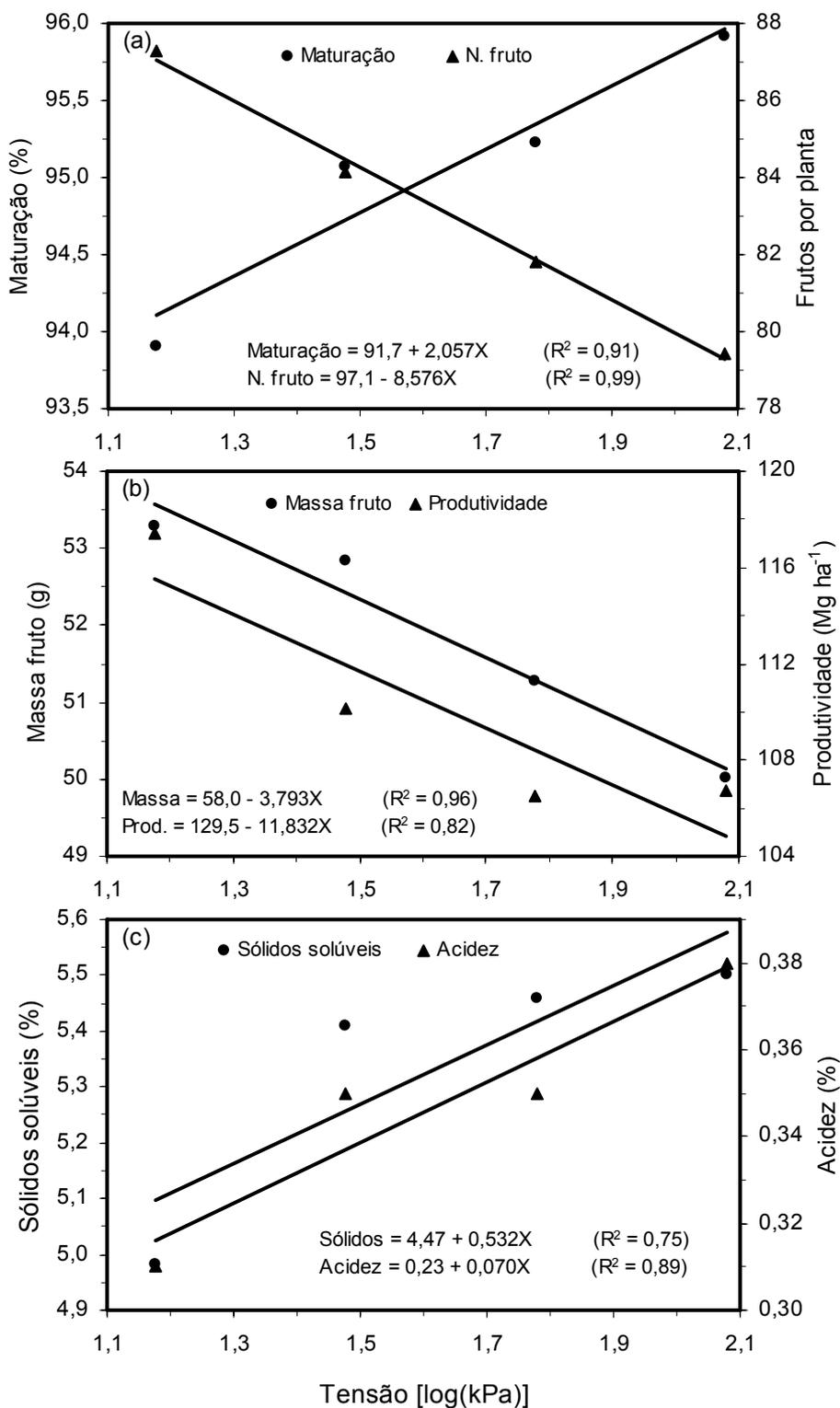


Fig. 3. Resposta do tomateiro para processamento, durante o estágio de maturação, para: a) taxa de maturação de frutos e número de frutos comercializáveis por planta; b) massa de frutos e produtividade de frutos comercializáveis; c) teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável.

Referências

- ATKINSON, D.; MACKIE-DAWSON, L. A. **Root growth**: methods of measurement. In: SMITH, K.A.; MULLINS, C.E. Soil analysis. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 447-509.
- CAHN, M.; HANSON, B.; HARTZ, T.; HERRERO, E. Optimizing fruit quality & yield grown under drip irrigation. **The California Tomato Grower**, v. 45, n. 2, p. 7-9, 2002.
- COLLA, G.; CASA, R.; LOCASCIO, B.; SACCARDO, F.; TEMPERINI, O.; LEONI, C. Responses of processing tomato to water regime and fertilization in Central Italy. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 487, p. 531-535, 1999.
- HARTZ, T.; HANSON, B. **Drip irrigation and fertigation management of processing tomato**. Davis: University of California: Vegetable Research and Information Center, 2005. 9 p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: VanNostrand Reinhold, 1990. 652 p.
- LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. (Org.). **Doenças do tomateiro**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. 151 p.
- LOWENGART-AYCICEGI A.; MANOR H.; KRIEGER R.; GERA G. Effects of irrigation scheduling on drip-irrigated processing tomatoes. **Acta Horticultuae**, Leuven, v. 487, p. 513-518, 1999.
- MARQUELLI, W. A.; SANT'ANA, R. R.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L.; VILELA, N. J. Avaliação técnica e econômica do espaçamento de gotejadores em tomateiro para processamento cultivado em fileiras simples e duplas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, p.202-206, 2003.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; OLIVEIRA, C. A. S. Produção de tomate industrial sob diferentes regimes de umidade no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 9, p. 1531-1537, 1991.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L. **Gotejamento: opção para a irrigação do tomateiro para processamento nos cerrados**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2001. 4 p. (Folder).

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L. Production, quality and water use efficiency of processing tomato as affected by the final irrigation timing. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 225-230, 2004.

MARTIN, D. L.; STEGMAN, E. C.; FERERES, E. Irrigation scheduling principles. In: HOFFMAN, G. J.; HOWELL, T. A. E SOLOMON, K. H. (Ed.). **Management of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1990. p.155-203.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. 3rd. ed. New York: John Wiley & Sons, 1991. 649 p.

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

PRIETO, M. H.; LÓPEZ, J.; BALLESTEROS, R. Influence of irrigation system and strategy of the agronomic and quality parameters of the processing tomatoes in Extremadura. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 487, p. 575-579, 1999.

SILVA, W. L. C.; MARQUELLI, W. A. State of the art of irrigation research on processing tomatoes in Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 487, p. 487-491, 1999.