
SIMULAÇÃO DA EFICIÊNCIA E DA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DO TOMATE DE MESA SOB IRRIGAÇÃO POR SULCOS

Murilo Avary de Campos¹ e Roberto Testezlaf²

RESUMO

Buscando conhecer a situação atual do uso da irrigação por sulcos por produtores de tomate de mesa na região de Mogi Guaçu, SP, os objetivos do presente trabalho foram avaliar parâmetros de desempenho do sistema e comparar o manejo adotado com outros cenários de irrigação simulados por diferentes valores de eficiência de aplicação. A lâmina total de água aplicada foi de 1.326 mm para uma evapotranspiração total da cultura de 430,7 mm, resultando em uma eficiência de uso de água (EUA) de 4 kg m⁻³ e uma eficiência de aplicação da água (EA) de 32 %. A simulação do manejo com a eficiência de aplicação de água de 60% mostrou que a redução de uso da água no final da safra seria de aproximadamente 27.123 m³. Os resultados demonstraram que o sistema de irrigação e o manejo da irrigação utilizados pelo produtor determinam a baixa eficiência de aplicação de água, causando captação excessiva de água do manancial, exigindo ações que promovam melhoria no desempenho da irrigação.

Palavras-chaves: *Lycopersicon esculentum*, perdas de água, eficiência de aplicação, irrigação por superfície.

ABSTRACT

EFFICIENCY AND WATER CONSUMPTION REDUCTION SIMULATION IN FRESH MARKET TOMATO PRODUCTION USING FURROW IRRIGATION

Searching to know the current situation of furrow irrigation used by fresh market tomato farmers in the region of Mogi Guaçu, SP, the objective of this work were to evaluate the irrigation performance parameters and to analyze the adopted water management practice with others water schemes simulated with different values of water application efficiency. The irrigation water depth applied was 1,326 mm with a total crop evapotranspiration of 430.7 mm, resulting in water use efficiency (WUE) of 4 kg m⁻³ and water application efficiency (AE) of 32 %. The simulation of water application efficiency of 60% showed a reduction of water consumption of 27,123 m³. The results demonstrated that the irrigation system technique and the water management adopted by the farmers determined low values of efficiency, causing excess of water consumption when compared with the real needs of the crop.

Keywords: *Lycopersicon esculentum*, water losses, application efficiency, surface irrigation.

Recebido para publicação em 14/09/2007. Aprovado em 24/09/2009

¹ MSc. Avary de Campos, Keleti e Advogados Associados, Campinas, SP, e-mail: murilo@avarykeleti.com.br

² Professor Titular. Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, SP. e-mail bob@agr.unicamp.br

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores de tomate do mundo. Em 2004, a produção mundial foi superior a 120 milhões de toneladas, sendo no Brasil colhidas 3,4 milhões de toneladas (2,9 % da produção global), garantindo-lhe a nona posição no ranking mundial (AGRIANUAL, 2006). A Região de Mogi Guaçu, SP, é atualmente uma das maiores produtoras de tomate de mesa para o consumo "in natura" do Estado. De acordo com Caser et al. (2007), para o ano agrícola 2006/07 a área estimada foi de 711 ha, classificando-a como a terceira maior região produtora do Estado de São Paulo.

A tomaticultura na região inicia-se geralmente no mês de março e se estende até novembro, coincidindo parte da sua exploração com o período de baixa pluviosidade. Dessa forma, a utilização da irrigação por parte dos tomaticultores passa a ser obrigatória para se atingir uma produção viável comercialmente. A água interfere diretamente na produtividade e na qualidade dos frutos do tomateiro. Assim, o controle adequado da irrigação constitui fator preponderante para o êxito da cultura (MAROUELLI et al., 1991). Na região, o sistema de irrigação adotado é o por sulcos de infiltração devido ao baixo custo de investimento, pela tradição adquirida pelos tomaticultores e à facilidade de adequação e operacionalidade em diferentes locais, uma vez que a cultura se caracteriza como itinerante.

A forma como a irrigação é conduzida, na qual a vazão total bombeada é dividida pelos talhões da cultura em canais de solo nu e depois distribuída aos sulcos, na maioria das vezes, por meio de interceptação manual, sem adotar critérios que garantam o manejo adequado da irrigação, determinam uma condição de uso excessivo de água (SILVEIRA, 2004). O tomaticultor não utiliza nenhum tipo de equipamento ou técnica para definir o momento ideal para a realização da irrigação ou da estimativa do uso de água pela cultura, valendo-se exclusivamente da experiência pessoal. A única informação que ele possui é o tempo de bombeamento e o custo que ele representa na produção final.

Segundo Tyagi (1984), os métodos de irrigação por superfície, destacando-se os por sulcos, muito raramente alcançam uma eficiência de uso da água de irrigação ultrapassando a marca de 50%, dada a não uniformidade da aplicação da água e as perdas de água devido a percolação. Na região de Mogi Guaçu, após uma avaliação de 2 anos em uma área comercial de produção de tomate de mesa,

Coletti (2005) estimou uma eficiência de aplicação na ordem de 26% para a irrigação por sulcos, sendo que a baixa eficiência no sistema estava associada às perdas por percolação, por escoamento superficial no canal secundário e na condução de água pelas tubulações.

Por outro lado, com o objetivo de incentivar o uso racional e sustentável, reconhecer a água como bem público e de valor econômico, o Governo do Estado de São Paulo, promulgou a Lei nº 12.183 em 29 de dezembro de 2005, a qual dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos, bem como sobre procedimentos para fixação dos valores. Essa Lei estabeleceu para os agricultores, a data de 1 de janeiro de 2010 para o início do pagamento pela captação e uso da água. Simulando a inclusão da cobrança pelo uso da água causada pela irrigação por sulcos na produção do tomate de mesa, Campos & Testezlaf (2009) encontraram um valor percentual de 0,35%, valor considerado baixo em relação ao custo operacional de produção. Mas, quando adicionaram a esse valor o custo referente ao consumo de energia elétrica no bombeamento, o percentual passou para 3%, valor mais expressivo para os componentes de custos relacionados com a irrigação no conjunto dos encargos pagos pelo produtor. Assim, a obrigação do pagamento desse tributo determinou uma maior preocupação dos produtores com relação às formas de se reduzir esse impacto na tomaticultura de mesa.

Estudando o uso da técnica de irrigação por sulcos na produção do tomate de mesa, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os parâmetros de eficiência do uso da água e de aplicação na condição de campo do agricultor. Dentro desse contexto, determinou-se a demanda de água da cultura, comparando o manejo adotado com outros cenários de irrigação determinados pela simulação de diferentes valores de eficiência de aplicação, de forma a auxiliar o produtor na tomada de decisão para a redução das perdas de água que ocorrem no processo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na área rural do Município de Estiva Gerbi, SP, região de Mogi Guaçu, 22° 16' 135"S e 46° 57' 61"O, altitude média de 600 metros, na safra de 2003. O clima da região é do tipo Cwa, segundo Koppen, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso. A precipitação pluviométrica média de 10 anos foi de 1.263 mm ano⁻¹. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de

textura franco-argilo arenosa.

Foi escolhida para ser monitorada uma propriedade rural dentro do Município que explorava a cultura do tomate de mesa utilizando a irrigação por sulcos e o manejo da água dentro dos padrões adotados pelos produtores da região. A gleba utilizada para exploração de tomate possuía uma área total de 4,1 ha, com 3,75 ha cultivados. A área foi dividida pelo agricultor em doze quadras, separadas por carreadores. Realizou-se o transplante de 45.000 pés de tomate, cultivar “Débora Plus”, no dia 01 de julho de 2003.

O sistema de irrigação era constituído de um conjunto moto-bomba, com motor elétrico trifásico com potência de 75 cv e 1775 rpm e bomba centrífuga com vazão nominal de 150 m³ h⁻¹. A captação da água foi realizada em um açude localizado a 330 metros de distância do canal primário de irrigação, sendo conduzida até o canal primário em tubulações de alumínio com DN125.

O canal primário era de solo nu, praticamente em nível, feito com arado de 3 bacias, com dimensões de 300 m de comprimento, 1,00 m de largura e 0,40 m de profundidade, e localizava-se em posição longitudinal aos sulcos de irrigação e transversal ao canal secundário, o qual apresentava 175 m de comprimento, 0,70 m de largura e declividade média de 4 %. Os sulcos de irrigação, em nível e com 20 m de comprimento, foram construídos com sulcadores tratorizados com espaçamento de 1,10 m.

O manejo de irrigação adotado na propriedade consistia em aplicar a água em intervalos não maiores do que sete dias. O único critério adotado na aplicação da água era permitir que toda vazão admitida no canal secundário fosse derivada para o sulco até atingir o seu final, sendo que nesse momento, o operador passava a irrigar o próximo sulco.

Para se determinar a lâmina total bombeada, monitorou-se a vazão de entrada, medida na linha de recalque do sistema moto-bomba, utilizando-se um medidor de velocidade que utiliza o princípio de ultrassom. Para cada evento de irrigação foram realizadas sete repetições para determinação da velocidade média e os valores de vazão foram obtidos multiplicando-se a velocidade da água pelo valor da seção transversal da tubulação. O tempo de funcionamento do sistema moto-bomba foi determinado por um contador de horas, marca Coel, modelo DH. Como resultado da somatória de todos os eventos de irrigação obteve-se o tempo total de funcionamento do sistema moto-

bomba. Por meio da multiplicação deste tempo total de funcionamento pela vazão média obtida, obteve-se o volume total de água captado no manancial em toda safra de tomate.

Na estimativa da lâmina total bombeada, considerou-se que o valor da vazão permaneceu constante ao longo de toda a safra devido ao fato do agricultor manter a válvula gaveta, instalada logo após a bomba centrífuga, totalmente aberta em todos os eventos de irrigação. Pequenas flutuações nos valores de vazões podem ter ocorrido devido à variações na tensão do motor elétrico, as quais não foram consideradas significativas.

Para o monitoramento da umidade no solo foram instaladas na área três baterias com três tensiômetros em cada uma, do tipo tensímetro digital de punção, nas profundidades de 0,20; 0,40 e 0,60 m. As baterias foram localizadas no início, meio e fim de uma das quadras e instaladas nas linhas da cultura, para que não interferissem no manejo da irrigação.

Para determinação da umidade do solo em função do potencial matricial foi construída a curva de retenção de água do solo. Amostras de solo indeformadas foram coletadas em três diferentes camadas (0-20, 20-40 e 40-60 cm). As curvas de retenção foram obtidas utilizando a câmara Richards, para as pressões de 0, 2, 6, 10, 20, 33, 50, 70, 150 e 300 kPa, no Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp.

Foi instalada na propriedade a uma distância de 520 m da área de produção de tomates, uma estação meteorológica portátil com sistema automático de aquisição de dados, que eram registrados a cada 10 segundos e automaticamente transformados em médias e totais, horários e diários. Os seguintes dados eram registrados: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (UR%), velocidade do vento (m s⁻¹), direção do vento (graus em relação ao norte verdadeiro), radiação solar (kW m⁻²), precipitação em (mm h⁻¹ e mm dia⁻¹), evapotranspiração de referência (mm h⁻¹ e mm dia⁻¹). A estação foi instalada na condição de solo nu e a evapotranspiração de referência (ET_o), determinada pelo método de Penman-Monteith, ajustado para essa condição.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi estimada entre os dias 01/07/2003 (plantio das mudas) até o dia 14/11/2003 (final da colheita), pela seguinte relação:

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (1)$$

em que

Etc = evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹);

ETo = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); e

Kc = coeficiente da cultura;

O período de 137 dias de produção foi dividido em cinco estádios da cultura, assim denominados: Inicial (E1), desenvolvimento (E2), intermediário (E3), final (E4) e colheita (E5). Os valores de Kc utilizados na estimativa da evapotranspiração da cultura estão demonstrados no Quadro 1 (DOORENBOS & KASSAM, 1994).

A eficiência de uso da água (EUA) foi determinada pela relação entre a produtividade total dos frutos e a quantidade de água utilizada na irrigação, conforme o modelo proposto por Doorenbos & Kassam (1994) :

$$EUA = \frac{Pt}{W} \quad (2)$$

em que

EUA = Eficiência de uso da água (kg m⁻³);

Pt = Produtividade total (kg ha⁻¹); e

W = volume de água bombeado (m³ ha⁻¹)

A eficiência de aplicação da água de irrigação (EA) foi determinada pela relação entre o volume necessário para suprir o déficit hídrico na camada de solo que contém o sistema radicular, calculado pela evapotranspiração da cultura, e a lâmina média aplicada, calculada a partir do volume total captado no manancial e bombeado até a área a ser irrigada, conforme o modelo proposto por Frizzone & Dourado Neto (2003).

$$EA = \frac{Y_s}{Y_a} \cdot 100 \quad (3)$$

em que

EA = eficiência de aplicação da água de irrigação (%);

Y_s = Lâmina de irrigação necessária para suprir o déficit hídrico na camada de solo que contém o sistema radicular (mm); e

Y_a = Lâmina de água bombeada (mm);

Com o objetivo de se avaliar a economia de água resultante da adoção de diferentes valores da eficiência de irrigação na propriedade, comparou-se o volume de

água utilizado pelo produtor na irrigação da cultura do tomate durante toda safra com o volume simulado pela reposição integral da ETc. Simulou-se a reposição em cada período de desenvolvimento da cultura, repetindo-se as mesmas datas de irrigação utilizadas pelo produtor. Além da reposição integral da ETc, o que representaria uma eficiência de 100%, simulou-se mais dois valores de eficiência: 80 e 60%. Com os volumes obtidos em cada simulação, calculou-se a diferença do volume de água utilizado pelo produtor na irrigação do tomate.

Nessas simulações, não foram consideradas as duas primeiras irrigações de ajuste do sistema realizadas após o transplântio das mudas de tomate, pelo fato da cultura ainda não estar estabelecida e assumiu-se que a condição inicial de umidade do solo era aquela correspondente à capacidade de campo.

Quadro 1. Valores de coeficiente de cultivo Kc para tomate de mesa

Estádio	Valores Kc	Período (dias)
E1	0,5	15
E2	0,8	23
E3	1,2	37
E4	0,9	40
E5	0,6	22

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer do período de cultivo, o agricultor realizou 20 irrigações com o tempo total de 318,02 horas de operação do sistema moto-bomba, resultando em um tempo médio de irrigação de 16 horas para cada evento, com uma vazão média de 156,4 m³ h⁻¹. O volume total de água bombeado para fins de irrigação foi de 49.738,9 m³ para 3,75 ha cultivados, significando uma lâmina total de 1326,35 mm.

Os valores de evapotranspiração da cultura desde o transplântio até a colheita (137 dias de ciclo) determinados pelo método de Penman-Monteith, utilizando valores de Kc fornecidos por Doorenbos & Kassam (1994) estão apresentados na Figura 1.

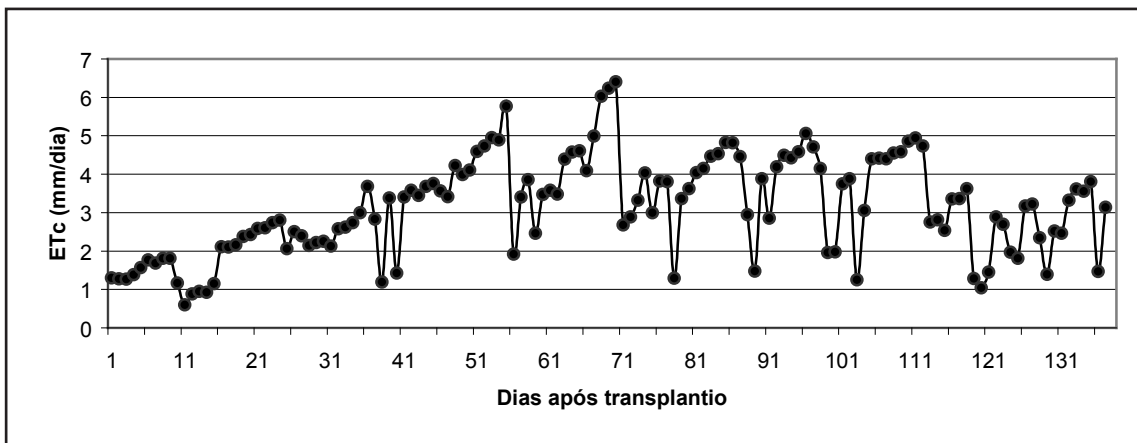


Figura 1. Evapotranspiração da cultura (ETc) durante a safra, estimada pelo método de Penman-Monteith.

Quadro 2. Estimativa da Evapotranspiração da cultura durante o seu ciclo de desenvolvimento

Período	Dias	Estádio	Kc	ETo (mm)	ETc (mm)
01/07 a 15/07	15	E1	0,5	39,17	19,58
16/07 a 07/08	23	E2	0,8	70,38	56,31
08/08 a 13/09	36	E3	1,2	122,01	146,42
14/09 a 23/10	40	E4	0,9	167,69	150,92
24/10 a 14/11	23	E5	0,6	95,90	57,54
Total	137	----	----	495,15	430,76

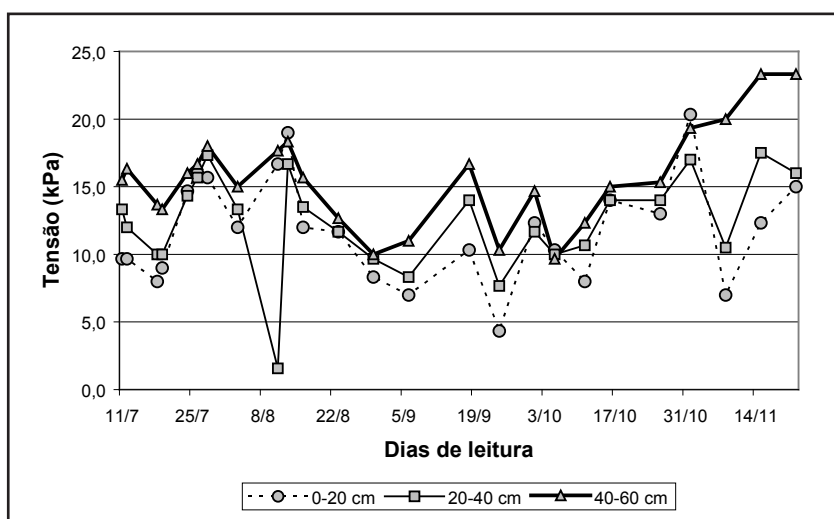


Figura 2. Média das leituras dos tensímetros durante o ciclo da cultura do tomate de mesa para as três profundidades.

A análise da Figura 1 demonstra que a cultura apresentou o valor máximo da Evapotranspiração da cultura no estágio intermediário (E3) da cultura, caracterizando essa fase como a mais crítica em termos de déficit hídrico, conforme cita Marouelli et al. (1996), que definiram esse período como de formação e desenvolvimento dos frutos do tomateiro.

No Quadro 2 estão apontados os valores de ET_c para os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura demonstrando as necessidades hídricas de cada fase.

O valor da evapotranspiração total da cultura durante o ciclo avaliado foi de 430,76 mm, que está em concordância com o valor apresentado por Doorenbos & Pruitt (1997), que afirmam que para cultura do tomateiro essa estimativa fica entre 300 e 600 mm. Esse valor é inferior ao valor médio encontrado por Hanson & May (2006), que encontraram valor médio de 648 mm para o período de 2001 a 2004, na produção de tomate industrial em San Joaquin Valley-USA. Essa diferença pode ser justificada pelo número maior de dias, aproximadamente 160, nas safras avaliadas por esses autores.

Na Figura 2 observa-se a variação das leituras média dos tensímetros nas três profundidades (20, 40 e 60 cm).

Os valores médios de tensão de água no solo mantiveram-se com valores entre 5 e 25 kPa. Em média durante todo ciclo, a leitura até 20 cm esteve em 12 kPa, até 40 cm em 13 kPa e até 60 cm em 15,5 kPa. Esses valores demonstram que o perfil de solo avaliado esteve, durante todo ciclo de produção, com alta umidade. Observa-se também que as leituras em nenhum momento atingiram o ponto crítico de 30 kPa definido por Marouelli et al. (1996), permanecendo no máximo em 20 kPa até quase o final da safra. Esses valores demonstram que, apesar do agricultor adotar um método empírico de manejo, a cultura não entra em estresse hídrico por escassez de água. Por outro lado, permite visualizar que se o intervalo entre as irrigações fosse ampliado através da orientação das leituras dos tensímetros, no final da safra poderia haver uma redução no número total de eventos de irrigação, o que geraria uma economia de custos e, como consequência, aumento na lucratividade da produção.

A colheita de tomates iniciou-se no dia 10 de outubro e se estendeu até 15 de novembro. A produção total foi de 9.732 caixas de 22 Kg, tendo uma produtividade de 52 toneladas por ha, ou na terminologia utilizada pelos

agricultores, de 216 caixas por mil pés de tomate. Devido a um problema de virose causado pelo geminivirus, a produtividade na safra ficou abaixo da média na região que foi de 75 t ha⁻¹. A partir dos dados de produtividade e de lâmina total aplicada (mm), determinou-se a eficiência de uso de água (*EUA*), que foi de 4 kg m⁻³, valor inferior ao determinado por Doorenbos & Kassam (1994), que encontraram valores de *EUA* para tomateiros entre 10 e 12 kg m⁻³ e de Hanson & May (2006) que estimaram o valor de 12,5 kg m⁻³ para tomate industrial cultivado em San Joaquin Valley-USA. Gomes (2005) encontrou uma eficiência do uso da água para irrigação por sulcos convencional de 24,1 kg m⁻³. Comparando-se esse resultado com os valores determinados na área monitorada observou-se que a produtividade foi de 2,5 a 3 vezes menor, correspondendo a uma baixa *EUA*.

O valor calculado da ET_c foi de 430,76 mm e o volume total captado no manancial foi de 1.326 mm, a relação entre os dois fornece em valores percentuais uma EA de 32%. Trata-se de uma EA baixa, pois, segundo Doorenbos & Pruitt (1997) um valor aceitável deveria ser superior a 60 %. Segundo os autores, existem alguns fatores que podem explicar a baixa eficiência de irrigação. O primeiro fator estaria relacionado ao excesso de água, que não sendo armazenado, perde-se por infiltração. Durante as irrigações, o canal primário, com aproximadamente 300 m de comprimento e um metro de largura, permanecia saturado durante todo tempo de irrigação, caracterizando a ocorrência de perdas por infiltração. Notou-se também que, devido a erosão formada no canal secundário resultante da excessiva velocidade de escoamento, parte do volume de irrigação, não era derivada para o sulco determinando o escoamento superficial nesse canal. Eram visíveis, também, perdas devido aos vazamentos nos engates da tubulação, além das perdas por evaporação no canal primário, no canal secundário e no sulco. A somatória de todas as perdas resultou em uma baixa eficiência de aplicação de água de irrigação.

Com o objetivo de comparar o manejo adotado pelo agricultor com outros cenários de irrigação definidos por diferentes valores de eficiência de aplicação, simulou-se o volume de água que seria utilizado pelo produtor na irrigação da cultura do tomate durante toda safra para as eficiências de 60, 80 e 100%. O resultado da simulação está apresentado no Quadro 3.

Quadro 3. Simulação entre diferentes valores de eficiência de aplicação de água *EA*

<i>EA</i>	<i>EUA</i>	Lâmina bombeada (mm)	Volume total (m ³)	Economia de recursos hídricos (m ³)
Real (32%)	4,3	1.326,35	49.738,31	0
60%	8,88	603,06	22.614,75	27.123,56
80%	11,8	516,91	19.384,13	30.354,18
100%	14,7	430,76	16.153,50	33.584,81

Observa-se no Quadro 3, que o volume total de água utilizado pelo produtor com o sistema e o manejo adotado foi de 49.738,31 m³, e se ele trabalhasse com uma eficiência de aplicação de água (*EA*) de 60%, valor factível de ser atingido, obteria no final da safra uma economia de, aproximadamente, 27.123,56 m³ de recursos hídricos. Sabendo-se que a área plantada de tomate de mesa no Município de Estiva Gerbi no ano agrícola de 2003 foi de 18,3 ha e que o manejo utilizado nas outras propriedades era similar ao da propriedade avaliada, é possível extrapolar os valores obtidos na simulação para toda área da bacia. Essa estimativa demonstra que existe o potencial de economia de 121.063,69 m³ de recursos hídricos no município, o que representaria uma vazão média de 10,2 L s⁻¹ distribuídos durante a safra de 137 dias.

A obtenção de valores maiores de eficiência já é uma realidade para alguns produtores de tomates que fazem uso de mangueiras no abastecimento dos sulcos em substituição ao canal secundário. Gomes (2005) avaliou o sistema de irrigação por sulcos com mangueira encontrando valores de eficiência de aplicação superiores a 80%.

CONCLUSÕES

- O sistema de irrigação por sulcos, adotado pelo produtor de tomate de mesa, apresentava perdas excessivas na condução e distribuição de água, que acrescido ao manejo empírico da irrigação, provocou baixos valores de eficiências de aplicação e de uso da água, apresentando, como consequência, um consumo desnecessário.
- A adoção de uma ferramenta de controle na tomada de decisão do momento ideal de se irrigar, por exemplo, tensiômetro, complementada com mudanças no sistema de abastecimento de água que tenham tubulações sem vazamentos, canais revestidos de plástico, ou uso de

mangueiras no abastecimento dos sulcos, permitiriam a elevação da eficiência de aplicação de água para valores superiores a 60%. Essa ação contribuiria para uma economia de recursos hídricos e, assim, mitigar os impactos sobre a disponibilidade de água da bacia hidrográfica e reduzir possíveis custos adicionais pela cobrança da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP – Consultoria & Agroinformativos, 2006. p. 482.
- CAMPOS, M. A.; TESTEZLAF, R.. Impacto da cobrança pelo uso da água no custo de produção da tomaticultura de mesa no município de Estiva Gerbi, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo: IEA, v. 39, n. p. 50-55, n.3, mar. 2009.
- CASER, D. V. et al. Previsões e estimativas das safras agrícolas de São Paulo, ano agrícola 2006/07, abril de 2007. **Informações Econômicas**, São Paulo: IEA, v.37, n.4, p. 116, abr. 2007.
- COLETTI, C. **Impactos do uso da irrigação por sulcos na cultura do tomateiro sobre a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio das pedras, Mogi Guaçu-SP**.164p. Tese (Doutorado) – Faculdade de engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2005.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994. 306p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997. 204p.

FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação. **Irrigação Volume II**. Editado por Jarbas Honório de Miranda e Regina Célia de Matos Pires. Jaboticabal: FUNEP, 2003, p 573-652.

GOMES, É. P. **Viabilidade de mudanças tecnológicas na irrigação da tomaticultura de mesa**. 96p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

HANSON, B. R.; MAYD, M. Crop evapotranspiration of processing tomato in the San Joaquin Valley of California, USA. **Irrigation Science**. v.24, p.211–221, 2006.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; OLIVEIRA, C. A. S. Produção de tomate industrial sob diferentes regimes

de umidade no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, nº 9, p.1531-537,1991.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed., rev. ampl. Brasília: Embrapa-SPI, 1996.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

SILVEIRA, J. M. C. **Impactos ambientais da irrigação do tomateiro no município de Estiva Gerbi/SP**. 2004. 156 f. Tese (Doutorado em Água e Solo), Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2004.

TYAGI, N. K. Effect of land surface uniformity on some economic parameters of irrigation in sodic soil under reclamation. **Irrigation Science**. v.5, n.3, p.151 – 160. 1984.