

DESEMPENHO DA IRRIGAÇÃO POR SULCOS NA TOMATICULTURA-DE-MESA DA REGIÃO DE CAMPINAS-SP.

Eder Pereira Gomes¹; Roberto Testezlaf²

¹*Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, ederp@uepar.br*

²*Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campus Zeferino Vaz, Campinas, SP*

1 RESUMO

A região de Campinas é uma das maiores produtoras de tomate-de-mesa do Brasil. O sistema de irrigação por sulcos adotado tradicionalmente pelos tomaticultores dessa região apresenta uso excessivo de água, principalmente pela forma como é conduzido, na qual a vazão total bombeada é distribuída em canais de solo nu aos talhões plantados e pela falta de controle do manejo de irrigação. Procurando identificar as principais causas de perdas de água, avaliou-se durante cinco eventos consecutivos, um sistema de irrigação por sulcos implantado em uma propriedade produtora de tomate de mesa da região, determinando-se em campo os parâmetros de desempenho: eficiência de aplicação, eficiência de armazenamento, grau de déficit, perdas por escoamento superficial e por percolação. Adicionalmente, avaliou-se, no final da safra, a eficiência de uso da água para a cultura. Baseado nos resultados observou-se que os valores de eficiência de aplicação estiveram compreendidos entre 25,3 e 32,2%, com perdas por percolação compreendidas entre 62,3 e 74,1%. Os valores dos parâmetros de desempenho encontrados demonstram que o manejo de irrigação adotado proporciona baixos valores de eficiência de aplicação, devido principalmente a elevada perda por percolação. Esses resultados mostram a necessidade dos produtores em adotar algum critério técnico de manejo de irrigação e de buscar mudanças tecnológicas no sistema de distribuição de água nos talhões.

UNITERMOS: eficiência de aplicação, perdas de água, eficiência de armazenamento.

GOMES, E. P; TESTEZLAF, R. FURROW IRRIGATION PERFORMANCE IN FRESH-MARKET-TOMATOES PRODUCTION IN THE REGION OF CAMPINAS, BRAZIL

2 ABSTRACT

The region of Campinas is one of the largest producer of fresh market tomatoes in Brazil. However, the furrow irrigation system usually adopted by the farmers is known by its high water consumption; due to lack of water management and to its distribution in bare soil open channels. In order to identify the major causes of water loss, a furrow irrigation system traditionally employed in the region was evaluated. The following irrigation performance parameters were determined under field conditions: water application efficiency, storage efficiency, deficit degree, runoff and deep percolation losses. Additionally, the water use efficiency was evaluated at the end of the crop cycle. Based on the obtained results, it was observed that the values of application efficiency were between 25.3 and 32.2%, with deep

percolation losses between 62.3 and 74.1%. The values of the irrigation performance parameters demonstrated that the adopted irrigation management provides low values of application efficiency, mainly due to high losses by percolation. These results showed that farmers need to implement some technical criteria to manage the irrigation practices and search for technological changes in the water distribution systems.

KEYWORDS: application efficiency, water losses, soil water storage efficiency.

3 INTRODUÇÃO

Na Região Metropolitana de Campinas, se encontra a segunda maior área de tomaticultura-de-mesa do país, com aproximadamente 1840 ha (IBGE, 2004). Essa região está inserida na bacia hidrográfica dos Rios Piracicaba, Jundiá e Capivari (PCJ), que possui uma relação hídrica de demanda/disponibilidade da ordem de 90% no período de abril a outubro (CBH-PCJ, 2003), apresentando assim situações críticas de escassez de água.

O tomateiro é uma cultura extremamente exigente em água, requerendo elevados valores de umidade do solo e fazendo com que a irrigação seja imprescindível, mesmo em regiões com considerável precipitação pluvial, pois curtos períodos de estiagem podem comprometer o desenvolvimento e a produção da cultura (Filgueira, 2000).

Por exigir menor investimento e por uma questão de tradição, a irrigação por sulcos é a mais utilizada na tomaticultura de mesa, instalada em aproximadamente 90% da área plantada no país. Os tomaticultores utilizam normalmente sulcos de irrigação curtos (20 a 30 metros) e fechados no final, alimentados por canais abertos em declives acentuados, proporcionando perdas de água por escoamento superficial e por infiltração. A distribuição de água nos sulcos é realizada, na maioria das vezes, por meio de interceptação manual (Gomes, 2005). De acordo com Tyagi (1984), os métodos de irrigação por superfície, principalmente os que utilizam sulcos de infiltração, muito raramente alcançam uma eficiência de aplicação de água superior a 50%, dada a não uniformidade de distribuição e a ocorrência de percolação. Em concordância com esse autor, Campos (2004) encontrou uma eficiência média de aplicação de água para um produtor de tomate da região de Estiva Gerbi, SP, igual a 26%, demonstrando que a falta de controle adequado da irrigação tem causado impactos que podem prejudicar o êxito da cultura. Adicionalmente, Silveira (2004), avaliando outra propriedade no mesmo município, encontrou perdas por percolação na ordem de 80% para esse sistema de produção, sendo essas perdas maiores que as perdas por escoamento superficial.

Sousa et al. (2000) definiram a eficiência do uso da água (EUA) como sendo a relação entre a acumulação de biomassa ou produção comercial com a quantidade de água aplicada ou evapotranspirada pela cultura. A determinação desse parâmetro é utilizada comumente para caracterizar o potencial de conservação da água de sistemas de irrigação, sendo a escolha do sistema e do manejo de irrigação adotado pelo produtor fatores que afetam o valor desse parâmetro. Singandhupe et al. (2003) e Hebbbar et al. (2004) encontraram valores de 16,4 kg.m⁻³ e 10,5 kg.m⁻³, respectivamente, para a cultura do tomate sob irrigação por sulcos.

O presente trabalho teve por objetivo identificar as perdas de água que ocorrem no manejo da irrigação por sulcos tradicionalmente realizada por tomaticultores de mesa da região de Campinas, SP, estimando os parâmetros de desempenho da irrigação nesse tipo de cultivo, e buscando contribuir com informações que auxiliem o aprimoramento do uso da técnica para essa cultura.

4 METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Bela Vista, área rural do Município de Monte Mor, SP, Região Metropolitana de Campinas, 22° 56' 04" S e 47° 18' 58" W, altitude média de 560 metros. O clima da região é do tipo Cwa, segundo Köppen, clima subtropical úmido, com temperatura média anual de 20,7°C e temperaturas anuais máximas médias de 22,0°C e mínima média de 18,0°C e índice pluviométrico médio anual de 1344,6 mm (Prefeitura Municipal de Monte Mor, 2004). O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura franco-arenosa (Oliveira et al., 1999).

A propriedade escolhida explorava a cultura do tomate de mesa, utilizando a irrigação por sulcos, sendo que no experimento o manejo da água adotado atendia os padrões praticados pelos produtores da região. Nesse manejo, o tomaticultor não utiliza nenhum tipo de aparelho ou técnica para definir o momento ideal para realização da irrigação, valendo-se exclusivamente da experiência pessoal. Frequentemente, utilizam turnos semanais de irrigação na ausência de chuvas, sendo o tempo de irrigação igual ao tempo de abastecimento de cada sulco, que deve ser o mais curto possível para economia de tempo do produtor.

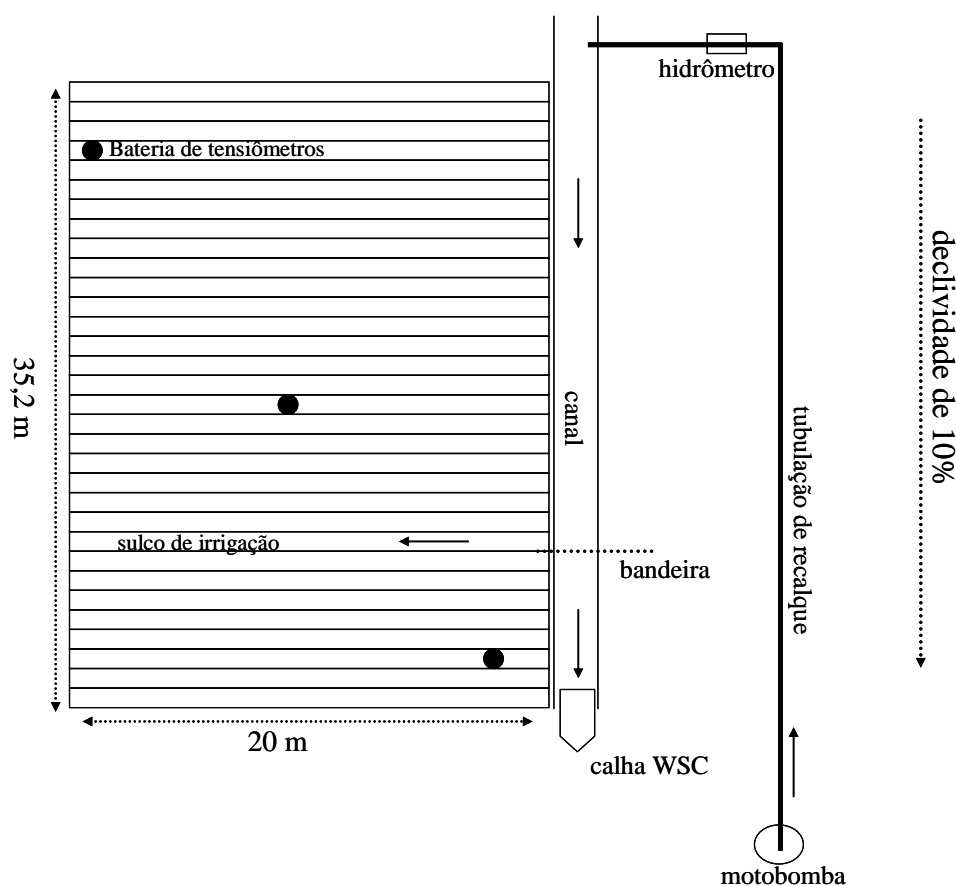


Figura 1. Esquema geral da parcela de irrigação e equipamentos utilizados.

A parcela experimental tinha área total de 704 m². As avaliações de desempenho foram realizadas durante cinco eventos de irrigação, entre os dias 4 de outubro e 8 de novembro 2003. A Figura 1 apresenta um croqui da área experimental, onde as setas dispostas indicam o percurso da água durante cada evento de irrigação e como era realizada a

distribuição de água. Por meio de uma motobomba, a água era recalçada até o ponto mais alto da parcela, e depois, por gravidade, era conduzida por meio de um canal. Por se tratar de solo arenoso, o canal foi revestido como lona plástica para evitar erosão, não havendo por tanto perdas por infiltração ao longo de seu comprimento. A água aplicada neste canal era interceptada manualmente por meio de uma “bandeira” (estrutura feita de plástico) e desviada para dentro dos sulcos (Figura 2). A irrigação era realizada a partir dos sulcos localizados no ponto mais alto, próximo ao hidrômetro, caminhando para o ponto mais baixo, próximo a calha.



Figura 2. Irrigação por sulcos com desvio feito pela “bandeira”.

Para a realização das avaliações, instalaram-se na parcela três baterias de tensiômetros, uma calha WSC tipo B e um medidor de vazão ultrassônico. Cada bateria de tensiômetros continha dois equipamentos em diferentes profundidades, 10 cm e 30 cm, representando as camadas de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, respectivamente. Os tensiômetros foram instalados para obter a tensão média de água no solo, de cada camada, antes do evento de irrigação. O medidor de vazão foi instalado com a finalidade de medir a vazão na tubulação de recalque e, assim, estimar o volume de água aplicado pelo sistema. Com o objetivo de se estimar o volume de água perdido superficialmente sob a bandeira, foi instalada no final do canal uma calha calibrada.

A relação tensão/umidade e curvas de retenção de água no solo foram determinadas, a partir de três pontos de amostragem, às profundidades de 0-20 e 20-40 cm estabelecidos em uma diagonal da área. Os pontos das curvas de retenção foram obtidos por meio de amostras indeformadas colocadas em câmaras de Richards e submetidas a pressões de 0 (amostra saturada) a 300 kPa. Utilizando o programa *Soil Water Retention Curve*, versão 3 (Dourado-Neto et al., 2001), ajustou-se as curvas por meio da equação 1 (van Genuchten, 1980).

$$\theta_a = \theta_r + \left[\frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + (\alpha|\Psi|)^n)^m} \right], \quad (01)$$

Onde:

θ_a = umidade atual ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$),
 θ_r = umidade residual ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$),
 θ_s = umidade de saturação ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$),
 ψ = potencial de água no solo (kPa),
 α , n e m = coeficientes de ajuste.

Os parâmetros de desempenho da irrigação foram obtidos pelas seguintes expressões:

$$EA = \frac{V_a}{V_d} 100 \quad (02)$$

Onde:

EA = eficiência de aplicação (%)
 V_a = volume de água armazenado na zona radicular (L)
 V_d = volume de água derivado à parcela (L)

O volume de água armazenado (V_a) foi obtido após a irrigação, a partir das leituras dos tensiômetros instalados de 0-20 e 20-40 cm, enquanto o volume derivado (V_d) foi estimado pelo medidor ultrassônico de velocidade de fluxo, conectando-o na tubulação de recalque no momento da irrigação.

$$ES = \frac{V_a}{V_r} 100 \quad (03)$$

Onde:

ES = eficiência de armazenamento (%)
 V_r = volume requerido (L)

O volume requerido (V_r) foi estimado a partir da lâmina requerida em cada irrigação, calculada utilizando-se as curva de retenção nas camadas de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, e aplicando os valores na equação 4:

$$L_r = (\theta_{cc} - \theta_a) * Z \quad (04)$$

Onde:

L_r = lâmina de irrigação (mm)
 θ_{cc} = umidade na capacidade de campo ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)
 θ_a = umidade atual ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)
 Z = profundidade efetiva do sistema radicular (igual a 0,40 m)

Para transformar a lâmina requerida (L_r) em volume requerido (V_r), multiplicou-se o valor da lâmina pela área da parcela (704 m^2), ou seja:

$$V_r = L_r * A \quad (05)$$

Onde:

V_r = volume requerido (L)
 L_r = lâmina requerida (mm)
 A = área (m²)

O grau de déficit foi estimado por:

$$G_d = 100 - E_s \quad (06)$$

Onde:
 G_d = grau de déficit (%)

A perda por escoamento superficial foi estimada por:

$$P_e = \frac{V_e}{V_d} 100 \quad (07)$$

Onde:
 P_e = perda por escoamento superficial (%)
 V_e = volume escoado superficialmente (L)

O volume escoado (V_e) foi medido através da calha WSC colocada no final do canal de alimentação.

A perda por percolação foi obtida pela equação:

$$P_p = \frac{V_p}{V_d} * 100 \quad (08)$$

Onde:
 P_p = perda por percolação (%)
 V_p = volume percolado (L)

O volume percolado (V_p) foi obtido pelas diferenças entre volume derivado (V_d), volume armazenado (V_a) e volume escoado (V_e), ou seja:

$$V_p = V_d - V_a - V_e \quad (09)$$

No final do experimento estimou-se a eficiência de uso da água (EUA) por meio da relação da produtividade (P_c) pelo volume derivado por área (V_d):

$$EUA = \frac{P_c}{V_d} \quad (10)$$

Onde:
 EUA = eficiência de uso da água (kg.m⁻³)
 P_c = produtividade comercial (kg.ha⁻¹)

V_d = volume derivado por área ($m^3 \cdot ha^{-1}$)

Esse parâmetro foi estimado utilizando o valor total da lâmina aplicada durante o ciclo de 120 dias, quando foram realizados doze eventos de irrigação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores das constantes de umidade (θ_r e θ_s), coeficientes de ajuste (α , n e m) e coeficiente de determinação (r^2) da equação de van Genuchten para as duas camadas de solo avaliadas.

Tabela 1. Parâmetros da equação de van Genuchten para as duas camadas de solo avaliadas.

Camadas (cm)	θ_r	θ_s	θ	n	m	r^2
0-20	0,000	0,351	8,8134	2,2717	0,0564	0,932**
20-40	0,143	0,390	0,0001	0,3452	11,1509	0,887**

** significativo a 1% de probabilidade.

Aplicando os valores dos parâmetros da Tabela 1 na equação 1 estimaram-se as umidades na capacidade de campo, obtendo-se valores iguais a $0,21 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ e $0,25 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$, para as camadas de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm, respectivamente. Estes valores foram estimados considerando uma tensão de água no solo igual a 6 kPa na capacidade de campo. Esse valor é recomendado para solos arenosos, de acordo com Silva e Silva (1984).

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios de tensão de água no solo, umidade em cada evento de irrigação durante o período avaliado e a lâmina requerida nas duas camadas do solo. Estes valores foram obtidos por meio de leituras realizadas antes do início de cada evento de irrigação.

Tabela 2. Tensão de água no solo (ψ , kPa), umidade (θ , $m^3 \cdot m^{-3}$) e lâmina requerida (L_r , mm) nas camadas de solo 0-20 e 20-40 cm, no início das irrigações.

Data	0-20 cm			20-40 cm		
	ψ	θ	L_r	ψ	θ	L_r
04 / 10	17	0,185	5,3	14	0,225	5,1
17 / 10	11	0,195	3,2	11	0,233	3,6
24 / 10	16	0,186	5,0	13	0,228	4,6
01 / 11	13	0,191	4,0	17	0,220	6,2
08 / 11	17	0,185	5,3	18	0,218	6,5

Na Tabela 3 estão apresentados os valores das diferentes componentes de volume encontrados nos dias avaliados. O volume derivado foi muito maior que o requerido em todos os dias avaliados, com valores superiores de três a quatro vezes, ocasionando volume armazenado (V_a) igual a volume requerido (V_r) em todos os eventos de irrigação, mas com elevados valores de volumes percolados dentro do sulco.

Tabela 3. Valores dos volumes de água para as diferentes componentes do balanço hídrico.

Dias	Volume (L)				
	Requerido	Derivado	Armazenado	Escoado	Percolado
4/10	7251	22528	7251	443	14834
17/10	4787	18560	4787	200	13573
24/10	6758	26752	6758	160	19834
1/11	7181	26880	7181	120	19579
8/11	8307	23040	8307	384	14349

Os parâmetros de desempenho da irrigação apresentados na Tabela 4, mostram que devido ao fato do volume armazenado ser igual ao requerido (Tabela 3), em todos os eventos de irrigação ocorreu uma eficiência de armazenamento de 100% e, conseqüentemente, um grau de déficit de 0%. De acordo com Frizzone (1999), índices com valores extremos não são desejáveis, pois indicam a ineficiência do sistema.

Tabela 4. Parâmetros de desempenho de irrigação para os cinco eventos avaliados.

Dias	Parâmetros de desempenho (%)				
	Eficiência de aplicação	Eficiência de armazenamento	Grau de déficit	Perdas por escoamento	Perdas por percolação
4/10	32,2	100	0	2,0	65,8
17/10	25,8	100	0	1,1	73,1
24/10	25,3	100	0	0,6	74,1
1/11	26,7	100	0	0,5	72,8
8/11	36,0	100	0	1,7	62,3

Os valores de eficiência de aplicação estiveram compreendidos entre 25,3 e 32,2%. Esses valores são considerados baixos, pois segundo Bernardo (1995), o valor de eficiência de aplicação na irrigação por sulcos deve ser no mínimo igual a 60%. Campos (2004) também observou baixa eficiência de aplicação nesse tipo de sistema irrigação, encontrando valor de 26%. Segundo Scaloppi (2003), sulcos fechados em nível, têm potencial para alcançar valores de eficiência de aplicação acima de 80%. Trabalho realizado por Gomes (2005) corrobora essa afirmativa, pois adotando manejo de irrigação com tensiômetros, em um sistema semelhante ao analisado, encontrou uma eficiência média de aplicação da ordem de 85%.

Os valores de perdas por percolação estiveram compreendidos entre 62,3 e 74,1% e as perdas por escoamento superficial no canal entre 0,5 e 2%. Silveira (2004) também encontrou elevada perda por percolação neste mesmo tipo de sistema (80%), perdas por escoamento superficial no canal entre 0,5 e 2% e perda por escoamento superficial da ordem de 3,9%. Esses resultados demonstraram que a perda por percolação, devido à ausência de um manejo técnico de irrigação, é bem maior que a perda por escoamento superficial; no entanto, o volume de água perdido por escoamento foi suficiente para provocar erosões no final do canal secundário.

Durante um ciclo de 120 dias foram realizados doze eventos de irrigação onde se derivou para a parcela experimental um volume da ordem de 282 m³. Com uma produtividade de 90.500 kg.ha⁻¹, obteve-se uma eficiência de uso da água igual a 22,6 kg.m⁻³. Apesar da ineficiência do sistema de irrigação, o valor é superior aos encontrados por Singandhupe et al. (2003) e Hebbar et al. (2004), iguais a 16,4 kg.m⁻³ e 10,5 kg.m⁻³, respectivamente. A elevada produtividade, acima da média nacional da ordem de 54,2 t.ha⁻¹ (IBGE, 2004), e a

considerável precipitação pluviométrica ocorrida no período, igual 379 mm, contribuíram na obtenção deste valor.

6 CONCLUSÕES

Os valores dos parâmetros de desempenho encontrados nesse estudo demonstram que o manejo de irrigação adotado proporciona baixos valores de eficiência de aplicação, devido principalmente a elevada perda por percolação, apesar dos baixos valores de perdas por escoamento superficial. O sistema apresentou uma eficiência de uso da água superior ao apresentado pela literatura, demonstrando que o baixo desempenho da irrigação não afetou no valor desse parâmetro. Esses resultados evidenciam que a lâmina aplicada pelo agricultor é excessiva para a condição de cultivo em sulcos curtos e fechados, sendo necessária, a adoção de critério técnico para a tomada de decisão do momento ideal de se irrigar, complementada com mudanças no sistema de abastecimento de água, para permitir a elevação da eficiência de aplicação de água e a redução de impactos causados pelas perdas por percolação e escoamento.

7 REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 657 p.
- CAMPOS, M. A. **Custo do uso da água na irrigação por sulcos na cultura do tomate de mesa no município de Estiva Gerbi**. 2004. 70 p. Dissertação (Mestrado em Água e Solos) Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS-PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Relatório de situação das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. Piracicaba, 2003. Disponível em: < <http://www.comitepcj.sp.gov.br/Relatorios-PCJ.htm> >. Acesso em: 23 nov. 2004.
- DOURADO-NETO, D. et al. **Soil water retention curve (version 3.0)**. Piracicaba: USP, Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, 2001. 1 CD-ROM.
- GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conduction of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.44, p. 892-898, 1980.
- GOMES, E. P. **Viabilidade de mudanças tecnológicas na tomaticultura de mesa**. 2005. 95p. Tese (Doutorado em Água e Solos) Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 402 p.

FRIZZONE, J. A. **Anotações de aula:** avaliação do desempenho de sistemas de irrigação. Piracicaba: USP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Engenharia Rural, 1999. 14p.

HEBBAR, S. S. et al. Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato. **Europe Journal Agronomy**, Amsterdam, v. 21, p. 117–127, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados agregados:** agricultura. Brasília, 2004. < Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo> >. Acesso em: 10 nov. 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MONTE MOR. Perfil físico. Monte Mor, 2004. Disponível em: <<http://www.montemor.sp.gov.br>>. Acesso em: 15 dez. 2004.

OLIVEIRA, J. B. et al. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, 1999: EMBRAPA; Campinas: IAC, 1 mapa color.

SCALOPPI, E. J. Sistemas de irrigação por superfície. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. (Eds.). **Série engenharia agrícola: irrigação**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. v. 2, p. 311- 404.

SINGANDHUPE, R. B. et al. Fertigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation system in tomato crop. **Europe Journal Agronomy**, Amsterdam, v.19, p.327-340, 2003.

SILVA, A. M.; SILVA, E. L. Retenção da água pelo solo. In: SILVA, A. M.; SILVA, E. L. (Eds.). **Conceitos básicos para irrigação**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1984. p. 20-23.

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

SOUSA, V. F. et al. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.183-188, 2000.

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.