

Eficiência econômica do uso de sistemas de irrigação para a produção de tomate orgânico, nas condições de Brasil Central

Waldir A. Marouelli^{1,3}; Rosana do C. N. Guiducci²; Marcos B. Braga¹; Yuri C. Barreto^{3,4}; Taynara C. de Macedo^{3,4}

¹Embrapa Hortaliças, C. Postal 218, 70359-970 Brasília-DF, waldir@cnph.embrapa.com.br, marcos.braga@cnph.embrapa.br; ²Embrapa Sede, Parque Estação Biológica - s/nº, 70770-901 Brasília-DF, rosana.guiducci@embrapa.br; ³Faculdades Promove de Brasília, QS 5, Rua 300, Lote 1, Areal, 71961-720 Brasília-DF, yuricardosob@gmail.com, taynara_cm@hotmail.com; ³Bolsista PQ-CNPq; ⁴Bolsista PIBIC-CNPq.

RESUMO

Avaliou-se a eficiência econômica do uso de diferentes sistemas de irrigação na produção de tomate orgânico. A análise foi realizada com dados obtidos em unidades demonstrativas conduzidas, em 2011, no Distrito Federal. Os sistemas avaliados foram: gotejamento com uma lateral por fileira de plantas (GO_{1L}), duas laterais (GO_{2L}) e com *mulching* plástico preto (GO_M); sulco (SU); microaspersão “subcopa” (MI); aspersão convencional (AS), e sistema combinado (gotejamento e aspersão) com irrigações alternadas (CO_A) e visando o controle de pragas (CO_C). As produtividades de frutos comerciais foram de 84, 92, 90, 105, 100, 90, 103 e 124 t ha⁻¹, respectivamente. Os indicadores econômicos usados foram receita líquida, taxa de retorno, ponto de nivelamento e lucratividade. Todos os sistemas apresentaram ótima eficiência econômica. Apesar de ser um dos sistemas com maior custo, o CO_C possibilitou a maior receita líquida, taxa de retorno e lucratividade. O SU foi o sistema com a segunda melhor eficiência econômica e menor custo de aquisição. O GO_{1L}, um dos sistemas mais utilizados para a irrigação do tomateiro, foi o de pior desempenho global.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, agricultura orgânica, controle de pragas.

ABSTRACT

Economic efficiency of the use of irrigation systems for organic tomato production under the conditions of Central Brazil

The objective of this work was to evaluate the economic efficiency of using different irrigation systems in organic production of tomatoes. The analysis was performed using data from demonstration units carried out on 2011 at Federal District of Brazil. The systems evaluated were: drip system with one lateral per line of plants (GO_{1L}), two laterals (GO_{2L}), and with plastic *mulching* (GO_M); furrow (SU); microsprinkler below plant canopy (MI); overhead sprinkler (AS); and combined systems (drip and overhead sprinkler) with alternated irrigations (CO_A) and pest control (CO_C). The marketable yields were, respectively, 84, 92, 90, 105, 100, 90, 103, and 124 t ha⁻¹. The economic indicators considered were net income, return rate, breakeven point and profitability. All irrigation systems presented excellent economic efficiency performance. Despite being one of the more expensive systems, the CO_C allowed the highest net income, return rate and profitability. The SU was the system with the second best economic performance and the lower cost. The GO_{1L}, one of the most widely used systems to irrigate tomato crop, had the worst global economic efficiency.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, organic agriculture, pest control.

INTRODUÇÃO

Dentre as hortaliças produzidas em sistemas orgânicos, o tomate é uma das mais demandadas pelos consumidores, uma vez que sua produção em sistema convencional é comumente criticada pelo uso exagerado de agrotóxicos. No entanto, existe dificuldade do cultivo do tomateiro em sistemas orgânicos devido a ocorrências de problemas fitossanitários (Schallenberger *et al.*, 2008), o que torna o custo do cultivo do tomate orgânico muito superior ao convencional.

A irrigação é uma prática normalmente utilizada pelos produtores de tomate, pois a deficiência de água prejudica a produtividade e a qualidade de frutos. O excesso de água também é prejudicial (Marouelli *et al.*, 2011a).

Existe uma estreita relação entre a incidência de algumas pragas e a forma com que a água é aplicada ao tomateiro. As condições que favorecem a maioria de doenças do tomateiro são a existência de água livre nas folhas e de alto teor de água no solo. Segundo Rotem & Palti (1969) e Lopes *et al.* (2006), a irrigação por aspersão pode auxiliar a dispersão e proporcionar um microambiente favorável à infecção de vários patógenos que atacam a parte aérea. Por outro lado, o impacto das gotas de água nas folhas pode agir na remoção de propágulos de alguns patógenos, desfavorecendo o desenvolvimento de oídios, como *Leveillula taurica*, assim como de ovos e larvas de insetos-pragas, como da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) (Lopes *et al.*, 2006).

Os sistemas de irrigação por sulco e gotejamento, diferentemente da aspersão, minimizam a incidência de várias doenças foliares do tomateiro por não molharem as plantas, mas podem favorecer doenças causadas por patógenos de solo, sobretudo em condições de drenagem deficiente (Lopes *et al.*, 2006).

Diferentemente dos produtores convencionais de tomate de mesa, que irrigam fundamentalmente por sulco e gotejamento, a aspersão também tem sido utilizada por produtores orgânicos (Togni *et al.*, 2009), especialmente como forma de controlar alguns insetos-praga e oídios.

Além da viabilidade técnica, a decisão sobre o melhor sistema de irrigação deve ser fundamentada numa análise econômica. Nesse sentido, podem ser adotadas duas abordagens teórico-analíticas, uma considerando um horizonte de curto prazo, em que os retornos econômicos são obtidos ao final de uma safra, e outra de longo prazo, que envolve análise de investimento (Martin *et al.*, 1998; Antonik, 2004).

O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência econômica da utilização de distintos sistemas para a irrigação de tomateiro orgânico, nas condições de Distrito Federal, considerando um horizonte de curto prazo.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise de eficiência econômica foi realizada a partir de dados obtidos em unidades demonstrativas (UD's) instaladas na Área de Pesquisa e Produção Orgânica de Hortaliças (APPOH), localizada na Embrapa Hortaliças, Distrito Federal, entre maio e outubro de 2011.

Os sistemas de irrigação avaliados foram: gotejamento com uma lateral por fileira de plantas (GO_{1L}); gotejamento com duas laterais por fileira de plantas (GO_{2L}); gotejamento com uma lateral em solo coberto com *mulching* de plástico preto (GO_M); sulco (SU); microaspersão “subcopa” (MI_S); aspersão convencional acima do dossel (AS); sistema combinado (gotejamento e aspersão) com irrigações alternadas (CO_A); sistema combinado visando o controle de pragas (CO_C).

As mudas de tomate da cultivar Pérola foram transplantadas no espaçamento de 1,0 m x 0,5 m. Cada UD foi composta por dezesseis fileiras de plantas com 11,0 m de comprimento, perfazendo uma área de 176 m². As plantas foram tutoradas na vertical, com o uso de fitilho, conduzidas com uma haste e podadas com 1,7 m de altura. Os demais tratos culturais foram os comumente utilizados na APPOH.

Dependendo do sistema de irrigação, utilizou-se aspersores de impacto com bocais de 5 mm x 8 mm, espaçados de 18 m x 12 m, tubos gotejadores com emissores a cada 0,20 m ou microaspersores “subcopa” espaçados de 1,0 m x 1,0 m. Na irrigação por sulco foi utilizado um sulco por fileira de plantas.

O manejo de água foi realizado por UD, sendo as regas feitas quando a média das leituras de tensiômetros, instalados a 40-50% da profundidade efetiva radicular, atingia entre 20-40 kPa (Marouelli & Calbo, 2009).

O custo total anual do tomateiro irrigado pelos diferentes sistemas foi determinado com base nas despesas operacionais e no custo de oportunidade total dos recursos envolvidos nas diversas fases de produção, calculado sobre o capital físico e financeiro. O custo operacional compreendeu os dispêndios mínimos de custeio e a depreciação do sistema de irrigação ao longo de uma safra de produção. Os dispêndios de custeio foram

determinados pelo somatório do custeio parcial ocorridos na condução da cultura (despesas com mudas, defensivos, fertilizantes, mão de obra, combustível, além das despesas com alugueis e manutenção de máquinas usadas na produção do tomate) e nas despesas operacionais com a irrigação. Como não foi considerada a depreciação do fator terra, o custo operacional foi igual ao custeio mais o valor equivalente à depreciação do sistema de irrigação.

Os custos de produção do tomateiro, excluindo os de irrigação, foram levantados durante a condução das UD's e ajustados considerando coeficientes recomendados por Souza (2005) e EMATER-DF.

O custo operacional relativo à irrigação englobou os custos com energia elétrica, mão de obra e manutenção dos sistemas. O custo de mão-de-obra para fins de irrigação foi de R\$ 7,80 h-homem⁻¹ e para energia elétrica de R\$ 0,20 kWh⁻¹. O uso de energia foi de 0,20, 0,10, 0,50 e 0,35 kWh m⁻³ e o de mão-de-obra de 0,5, 6,0, 1,5 e 1,0 h-homen ha⁻¹ irrigação⁻¹ para GO/MI, SU, AS e CO, respectivamente. O custo de manutenção foi de 4% do custo dos GO e MI e de 3% para os demais sistemas. (Marouelli & Silva, 2011).

A depreciação foi determinada pelo método linear, subtraindo-se do valor inicial do bem o valor final de mercado (valor de sucata) e dividindo-se o resultado pela vida útil do equipamento (12 anos; exceto para tubos gotejadores - 3 anos, e microaspersores - 4 anos). O custo de oportunidade do capital investido foi determinado considerando-se uma taxa de juros de 6% ao ano sobre o valor do equipamento. O custo de oportunidade das despesas de custeio também foi calculado usando-se a mesma taxa de juros, observando-se um período de seis meses, equivalente ao tempo que os recursos financeiros permanecem imobilizados para a produção do tomate.

A receita bruta foi igual ao valor de venda da produção comercial, sendo o preço médio recebido na propriedade pelo produtor de R\$ 2,00 kg⁻¹ de fruto.

A partir dos valores de custo total e receita total anual foram determinados os seguintes indicadores: receita líquida (custo total menos receita total), taxa de retorno (relação entre receita líquida e custo total), ponto de nivelamento (relação entre custo total e preço recebido pelo produtor) e lucratividade (relação entre a receita líquida e receita total).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os custos dos sistemas de irrigação, números e lâminas totais de irrigações aplicadas e produtividade comercial de frutos são apresentados na Tabela 1. Verifica-se que o menor investimento para a aquisição e instalação dos sistemas de irrigação foi para o SU, enquanto o maior investimento ocorreu para o MI. A menor demanda de água para fins de irrigação foi verificada no sistema GO_M, resultante da menor perda de água por evaporação, enquanto a maior demanda ocorreu no SU, devido sua menor eficiência. A produtividade de frutos variou de 84 t ha⁻¹ (GO_{1L}) a 124 t ha⁻¹ (CO_C).

Uma síntese das despesas de custeio e operacionais associadas à irrigação, depreciação, custo de oportunidade e das receitas para os diferentes sistemas, assim como os indicadores de eficiência econômica, são apresentados na Tabela 2.

O sistema de irrigação que apresentou maior custo operacional anual foi o MI, 3,1% maior que CO_C, 3,8% que o CO_A, 6,9% que o GO_M, 10,4% que o GO_{2L}, 12,0% que o SU, 12,2% que o AS e 15,1% que o GO_{1L}. O sistema MI também foi aquele com maior custo de oportunidade (R\$2.806 ano⁻¹), enquanto o SU teve o menor custo de oportunidade (R\$1.488 ano⁻¹).

O custo total anual por hectare variou de R\$45.283 (GO_{1L}) a R\$52.975 (MI). O custo total do sistema MI foi, respectivamente, 3,7%, 4,4%, 8,7%, 11,6%, 14,3%, 14,5% e 17,0% maior que o custo dos sistemas CO_C, CO_A, GO_M, GO_{2L}, AS, SU e GO_{1L}.

A maior receita líquida anual foi verificada no sistema CO_C (R\$196.901), a qual foi 20,3%, 26,8%, 33,9%, 44,2%, 47,3%, 50,0% e 60,5% maior que a dos sistemas SU, CO_A, MI, GO_{2L}, AS, MI e GO_{1L}, respectivamente.

A maior taxa de retorno do capital investido foi verificada no sistema CO_C (3,85), seguindo do SU (3,54), enquanto o GO_{1L} teve a menor taxa (2,71). O maior retorno do CO_C deve-se principalmente à sua alta produtividade de frutos, enquanto no SU deve-se à boa produtividade associado ao baixo custo de aquisição do sistema.

O ponto de nivelamento da produção variou entre 22,6 t ha⁻¹ (GO_{1L}) e 26,5 t ha⁻¹ (MI), portanto, muito menor que as produtividades obtidas no presente estudo. Excelente desempenho de todos os sistemas também pode ser verificado na lucratividade da atividade produtiva, que variou entre 72,9% (GO_M) e 79,4% (CO_C).

Estudos realizados por Gravina *et al.* (2010) e Marouelli *et al.* (2011b), nas mesmas condições edafoclimática do presente trabalho, indicam que a produtividade do

MARQUELLI WA; GUIDUCCI RCN; BRAGA MB; MACEDO TC; BARRETO YC. 2012. Eficiência econômica do uso de sistemas de irrigação para a produção de tomate orgânico, nas condições de Brasil Central. *Horticultura Brasileira* 30: S5717-S5724.

tomateiro orgânico irrigado por AS é maior que a dos demais sistemas em anos mais secos (UR < 70%), ou seja, menos favoráveis à ocorrência de doenças foliares, como a requeima (*Phytophthora infestans*) e septoriose (*Septoria lycopersici*). Por outro lado, em estações secas com ocorrência de orvalho ou chuvas ocasionais (UR > 70%), o sistema MI tem se mostrado ser o mais produtivo. Assim, o sistema CO_C pode garantir ao produtor maior lucratividade e estabilidade na produção de tomate orgânico no Brasil Central, independente das variações climáticas que podem ocorrer a cada ano.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura Orgânica do Distrito Federal (CDTOrg-DF) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro parcial na condução do trabalho.

REFERÊNCIAS

ANTONIK LR. 2004. Análise de projetos de investimento sob condições de risco. *Revista FAE* 7(1): 67-76.

GRAVINA CS; MARQUELLI WA; JUNQUEIRA AMR; SOUZA RF; ARAÚJO TA. 2010. Produção de tomate orgânico sob diferentes manejos de irrigação. *Horticultura Brasileira* 28(2): 2834-2842. Suplemento. 1 CD-ROM.

LOPES CA; MARQUELLI WA; CAFÉ FILHO AC. 2006. Associação da irrigação com doenças de hortaliças. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 14: 151-179.

MARQUELLI WA; CARRIJO OA; SOUZA RB; SILVA WLC. 2011a. Irrigação e fertirrigação na cultura do tomate. In: SOUSA VF; MARQUELLI WA; COELHO EF; PINTO JM; COELHO FILHO MA (Ed.). *Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 739-769.

MARQUELLI WA; MACEDO TC; BARRETO YC; LAGE DAC; RESENDE FV. 2011b. Produção orgânica de tomate com diferentes sistemas e níveis de irrigação e coberturas de solo. *Cadernos de Agroecologia* 6(2): 1-6.

MARQUELLI WA; SILVA WLC. 2011. *Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças*. 2.ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011. 20 p. (Circular Técnica 11).

MARQUELLI, W.A.; CALBO, A.G. 2009. **Manejo de irrigação em hortaliças com sistema Irrigas®**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 16 p. (Circular Técnica, 69).

MAROUELLI WA; GUIDUCCI RCN; BRAGA MB; MACEDO TC; BARRETO YC. 2012. Eficiência econômica do uso de sistemas de irrigação para a produção de tomate orgânico, nas condições de Brasil Central. *Horticultura Brasileira* 30: S5717-S5724.

MARTIN NB; SERRA R; OLIVEIRA MDM; ÂNGELO JA; OKAWA H. 1998. Sistema integrado de custos agropecuários: CUSTAGRI. *Informações Econômicas* 28(1): 7-28.

ROTEM J; PALTJ. 1969. Irrigation and plant diseases. *Annual Review of Phytopathology* 7: 267-288.

SCHALLENBERGER E; REBELO JA; MAUCH CR; TERNES M; PEGORARO RA. 2008. Comportamento de plantas de tomateiros no sistema orgânico de produção em abrigos de cultivo com telas antiinsetos. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 7(1): 23-29.

SOUZA JL. 2005. Tomateiro para mesa em sistema orgânico. *Informe Agropecuário* 24(219): 108-120.

TOGNI PHB; SUJII ER; MEDEIROS MA; FRIZZAS MR; ERDMAN M; CAVALCANTE KR; NAKASU EYT. 2009. Dinâmica populacional da mosca-branca em tomateiro sob monocultivo e consórcio, cultivo orgânico e convencional. *Horticultura Brasileira* 27: 179-184.



Tabela 1. Custo do sistema, número de irrigações, lâmina total de água e produtividade comercial de tomate, conforme o sistema de irrigação. (cost of the system, number of irrigations, depth of water applied, and marketable yield of tomatoes, according the irrigation system). Brasília, DF, Embrapa Hortaliças, 2011.

Variável	GO _{1L}	GO _{2L}	GO _M	SU	MI	AS	CO _A	CO _C
Custo (R\$ ha ⁻¹)*	4.000/ 3.000	6.000/ 6.000	4.000/ 3.000	2.500	8.000/ 12.000	5.500	11.500/ 6.000	11.500/ 6.000
Irrigações	60	61	52	35	45	42	52	55
Lâmina (mm)	460	505	400	890	700	710	725	620
Produtividade (t ha ⁻¹)	84	92	90	105	100	90	103	124

* No caso de dois números, o segundo refere-se aos tubos gotejadores ou microaspersores.

GO_{1L}: gotejo com uma lateral por fileira de plantas, GO_{2L}: gotejo com duas laterais por fileira, GO_M: gotejo com *mulching* de plástico preto, SU: sulco, MI: microaspersão "subcopa", AS: aspersão acima do dossel, CO_A: sistema combinado com irrigações alternadas, CO_C: sistema combinado com manejo visando controle de pragas.

Tabela 2. Componentes médios de custos e receita (R\$ ha⁻¹ safra⁻¹) e indicadores de eficiência econômica para os diferentes sistemas de irrigação. [mean values of cost and income components (R\$ ha⁻¹ safra⁻¹), and indicators of economic efficiency for different irrigation systems]. Brasília, DF, Embrapa Hortaliças, 2011.

Despesas e receita	GO _{1L}	GO _{2L}	GO _M	SU	MI	AS	CO _A	CO _C
Custeio parcial ¹	41.400	41.700	44.800	42.700	43.300	42.900	43.500	43.900
Energia para irrigação	184	202	160	178	140	710	508	434
Mão de obra para irrigação	234	238	203	1.638	176	491	406	429
Manutenção sist. Irrigação	460	840	460	75	1.920	165	1.003	1.003
Custeio	42.278	42.980	45.623	44.591	45.536	44.266	45.416	45.766
Depreciação sist. Irrigação	1.317	2.475	1.317	198	4.633	435	2.910	2.910
Custo total operacional ²	43.595	45.455	46.939	44.789	50.169	44.702	48.326	48.676
Custo oport. sist. Irrigação	420	720	420	150	1.440	330	1.050	1.050
Custo oport. do custeio	1.268	1.289	1.369	1.338	1.366	1.328	1.362	1.373
Custo total oportunidade	1.688	2.009	1.789	1.488	2.806	1.658	2.412	2.423
Indicadores								
Custo total (A + B)	45.283	47.464	48.728	46.277	52.975	46.360	50.738	51.099
Receita total	168.000	184.000	180.000	210.000	200.000	180.000	206.000	248.000
Receita líquida	122.717	136.536	131.272	163.723	147.025	133.640	155.262	196.901
Taxa de retorno	2,71	2,88	2,69	3,54	2,78	2,88	3,06	3,85
Ponto nivelamento (t/ha)	22,6	23,7	24,4	23,1	26,5	23,2	25,4	25,5
Lucratividade (%)	73,0	74,2	72,9	78,0	73,5	74,2	75,4	79,4

¹ Inclui todo o custeio para a produção do tomateiro, exceto os custos da irrigação.

² Inclui as despesas de custeio mais a depreciação do sistema de irrigação.

GO_{1L}: gotejo com uma lateral por fileira de plantas, GO_{2L}: gotejo com duas laterais por fileira, GO_M: gotejo com *mulching* de plástico preto, SU: sulco, MI: microaspersão "subcopa", AS: aspersão acima do dossel, CO_A: sistema combinado com irrigações alternadas, CO_C: sistema combinado com manejo visando controle de pragas.