



Balanço energético de uma cultura de tomate



Carlos A. Teixeira¹, Adílio F. de Lacerda Filho², Sidney Pereira³, Luís H. de Souza¹ & José R. Russo⁴

¹ DEA/UFV, CEP 36571-000, Viçosa-MG. Fone: (031) 3899-1897, E-mail: carlos@vicoso.ufv.br; lhsouza@alunos.ufv.br,

² DEA/UFV, E-mail: alacerda@ufv.br, Fone: 3899-1872

³ Doutorando UFU, E-mail: sidney@alunos.ufv.br

⁴ DEA/UFV. Fone: (031) 3799-0093

Protocolo 149 - 25/9/2003 - Aprovado em 24/2/2005

Resumo: É importante destacar que o consumo de energia envolvido ao longo do cultivo de tomate depende de fatores que tornam complexa a sua estimativa. Neste trabalho considerou-se, basicamente, a energia contida na mão-de-obra, no combustível necessário à produção e aplicação de fertilizantes, inseticidas, fungicidas e na produção e operação de tratores e equipamentos, durante o desenvolvimento da cultura. A metodologia utilizada para se obter o balanço energético da cultura foi proposta por Serra et al. (1979). O consumo de energia total observado foi igual a 2.661.945 MJ ha⁻¹, enquanto a planta do tomateiro produziu 26.013 MJ ha⁻¹. A energia solar global média disponível foi igual a 2.515.303 MJ ha⁻¹ e a produtividade média de tomate foi igual a 23,94 t ha⁻¹.

Palavras-chave: poder calorífico, eficiência energética, fertilizante

Energy balance of a tomato crop

Abstract: It is important to point out that the energy consumption involved along the tomato cultivation depends on factors that are very complex to estimate. In this work, basically, the energy contained in the labor, in the necessary fuel for production and application of fertilizers, insecticides, fungicides, and for production and operation of tractors and equipments, during the development of the tomato crop were considered. The methodology used to obtain the energy balance of the crop was proposed by Serra et al. (1979). The total energy consumption observed was equal to 2,687,432 MJ ha⁻¹, while the tomato plant produced 26,013 MJ ha⁻¹. The available average global solar energy was equal to 2,515,303 MJ ha⁻¹ and the average productivity of tomato was 23.94 t ha⁻¹.

Key words: calorific power, energetic efficiency, fertilizer.

INTRODUÇÃO

A racionalização do uso de energia tem sido considerada uma forma eficiente de se reduzir gastos com insumos e de ganhar competitividade no mercado, sem demandar investimentos financeiros.

Em vários setores da economia brasileira a racionalização do uso de energia se faz presente, mas seu maior impulsionador foi o setor elétrico que, por meio da ELETROBRÁS (2003), tem feito ações de gerenciamento do lado da demanda em equipamentos elétricos de uso final, sempre visando à racionalização do uso de energia elétrica.

O balanço energético do tomate está inserido no contexto da racionalização do uso da energia. Nesta atividade, tal racionalização é uma ferramenta auxiliar para a otimização do

uso da energia contida em combustíveis fósseis, fertilizantes, inseticidas, fungicidas, mão-de-obra, máquinas e equipamentos agrícolas podendo, assim, reduzir os custos de produção do produtor rural, aumentando sua competitividade no mercado.

Dentre os produtos hortícolas, o tomate é largamente cultivado devido, entre outros fatores, à sua resistência ao transporte e à sua menor perecibilidade em relação a outros produtos da mesma categoria, tais como cenoura, cebola e alho.

O tomate é a terceira hortaliça cultivada no mundo (FAO, 2003); no Brasil, ele ocupa a terceira posição em hortaliças cultivadas, aumentando a área cultivada de 50,1 mil ha em 1980 para 62,3 mil ha em 2002, e uma produção de 1,53 milhões em 1980 para 3,52 milhões de toneladas também em 2002, mostrando a importância econômica que a hortaliça tem para a economia do País.

O tomate pode ser classificado pelo tamanho; o tipo 3A é aquele que possui diâmetro maior que 55 mm; o tipo 2A se situa entre 55 e 50 mm de diâmetro e o tipo A é aquele cujo diâmetro é menor que 50 mm.

Em geral, os produtores de tomate utilizam quantidades excessivas de defensivos como forma de garantir melhor produtividade. Para a produção comercial de tomate é necessário o controle de agentes patogênicos, por meio de produtos químicos. A estimativa do balanço energético da cultura permite analisar-se o custo com defensivos, fertilizantes e combustíveis. No caso do tomate, existem fatores produtivos que agregam preço ao produto; mesmo assim, inviabilizando, às vezes, a obtenção de lucro com a produção.

Segundo Serra et al. (1979), os dois processos freqüentemente utilizados para obtenção de energia total consideram a somatória das energias direta e indireta, embutidas num bem ou serviço; e esses dois métodos são conhecidos como análise de processos e matriz insumo-produto.

A análise de processos requer um exame detalhado de todos os bens e formas de energia direta utilizados na fabricação de um produto que está sob investigação.

A avaliação da energia total embutida no bem (por exemplo, a produção da cultura de tomate) só pode ser feita se ocorrer uma solução fracionada à análise de processos em certa etapa (Serra et al., 1979).

Ainda de acordo com Serra et al. (1979), a matriz insumo-produto se caracteriza como outra técnica utilizada para a avaliação da energia total dos bens; por meio deste processo se pode, em princípio, fazer uma avaliação completa da energia sem truncamento, desde que a matriz tenha sido propriamente montada. A maneira natural de se chegar à matriz é contabilizar, junto às indústrias, lavouras, setores comerciais e de serviços, quais os bens utilizados como insumo e as formas de energia direta que são utilizadas na fabricação dos produtos.

Pimentel & Heichel, citados por Serra et al. (1979), informaram que os valores de energia embutidas na mão-de-obra variaram entre 2,03 e 2,2 MJ h⁻¹ quando estudaram a avaliação da energia utilizada com a aplicação de mão-de-obra para atividades diversas. A estimativa de energia embutida no trator, implementos e no caminhão, foram obtidos conforme Serra et al. (1979).

Segundo Doering (1977), Stout (1979) e Pimentel & Hall (1984), a energia embutida nos fertilizantes é igual a 58,14 MJ kg⁻¹ para o nitrogênio, 6,98 MJ kg⁻¹ para o fósforo, 4,65 MJ kg⁻¹ para o potássio e 0,17 MJ kg⁻¹ para o calcário. Conforme Brasil (2001) o poder calorífico do óleo diesel é igual a 37,81 MJ kg⁻¹.

Segundo Pimentel & Giffith, citados por Serra et al. (1979), a energia embutida nos defensivos para sua produção, equivale a 306,96 MJ kg⁻¹.

O presente trabalho teve como objetivo estimar a quantidade de energia necessária para a produção de tomate e avaliar a produção energética da lavoura, considerando-se as técnicas de produção adotadas pelos produtores rurais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em uma propriedade rural localizada no município de Coimbra, MG, na latitude 20° 45' S, longitude 45° 51' W e altitude de 650 m.

A área de cultivo de tomate foi de 2.830 m², com uma população individual de 4.000 plantas. As mudas foram produzidas em bandejas com capacidade para 128 unidades, abrigadas em estufa e transplantadas manualmente.

Os tratamentos consistiram de dois blocos aleatórios, em que cada bloco recebeu adubação foliar com produtos diferenciados pela formulação e pela origem, enquanto o preparo do solo consistiu de aração, uma gradagem, uma aplicação manual de calcário e uma de matéria orgânica com cama-de-galinha.

Para dar sustentação à parte vegetativa da planta, fez-se estaqueamento manual com bambu.

A movimentação de insumos e as aplicações de fertilizantes durante a condução da lavoura foram manuais, empregando-se dosadores para sólidos e pulverizadores para líquidos. A dosagem de fertilizante em cobertura foi de 10 g cova⁻¹, aplicada sete dias após a formação dos primeiros frutos. Para a aplicação do herbicida Cincar, utilizou-se um pulverizador costal cuja dosagem do princípio ativo foi igual a 2 L ha⁻¹. Os inseticidas e fungicidas foram aplicados através de jato compressor, em intervalo de duas a três vezes por semana.

Quanto a irrigação, esta foi manual, aplicando-se água em planta por planta, com auxílio de um conjunto moto-bomba, acionada por um motor de dois tempos, a óleo diesel. De acordo com o produtor rural, o turno de rega estabelecido foi de três dias.

A colheita foi manual. A estimativa das perdas baseou-se na massa de frutos desclassificados comercialmente e naqueles localizados na superfície do solo, oriundos de queda natural. Após o ciclo produtivo, algumas plantas foram colhidas e secadas em estufa e, depois da secagem, separadas as raízes, caules e folhas para a determinação do poder calorífico, em bomba calorimétrica. O poder calorífico do fruto foi estimado segundo Du Maroc, Adans e Richardson, citados por Espinoza (1991); pelo mesmo procedimento determinou-se o poder calorífico da cama de galinha.

A metodologia para a determinação do balanço energético do tomateiro foi obtida segundo Serra et al. (1979) em que, para cada item envolvido no ciclo produtivo, foi atribuído um valor energético.

A energia solar global incidente, no período correspondente ao ciclo da cultura do tomateiro foi monitorada em uma estação meteorológica automática. A coleta de dados de radiação abrangeu o período entre abril e outubro de 2000 e os resultados experimentais foram comparados àqueles obtidos por Serra et al. (1979), que consideraram todas as operações agrônômicas necessárias ao processo produtivo. Ainda de acordo com sua metodologia proposta, o trabalho foi feito em etapas, conforme a seguir:

a) foram aplicados questionários para aquisição de informações junto ao produtor rural, desde a formação da sementeira até a colheita dos frutos de tomate comercial. Neste intervalo de tempo colheram-se informações quanto: (i) à quantidade de adubo incorporada ao solo na época do plantio das sementes; (ii) ao transplantio das mudas do viveiro para o campo; (iii) à adubação de cova na época do transplantio; (iv) à quantidade de óleo diesel utilizado para os períodos de irrigação, e (v) à quantidade aplicada de fertilizantes, inseticidas e fungicidas;

b) na primeira visita discutiram-se os aspectos gerais da cultura do tomate, considerando-se o ciclo produtivo e se definiram, cronologicamente, as futuras visitas e a necessidade dos dados a serem coletados;

c) na segunda visita técnica foi realizado o levantamento planimétrico da área cultivada de tomate, sendo que uma das áreas cultivadas mediu 2830,061 m² utilizando-se um tipo de adubação foliar de um fabricante, e as outras duas áreas separadas 1000,315 e 1827,442 m², perfazendo aproximadamente 2830 m²; utilizou-se um outro tipo de adubação foliar de um outro fabricante;

d) a terceira visita técnica tratou do repasse dos dados referentes às mudas de tomate plantadas na estufa. Iniciou-se o monitoramento dos dados necessários para o balanço energético da cultura, quando foram coletadas, semanalmente, as informações sobre o preparo do solo, transplântio de mudas, irrigação e adubação de cova;

e) na sétima visita técnica foram contados todos os pés de tomate existentes em cada área cultivada, considerando-se a vitalidade das plantas;

f) nas visitas posteriores coletaram-se os dados de todos os insumos utilizados na cultura do tomate e da colheita dos frutos.

O volume médio de emulsão nas pulverizações foi de 300 L; logo, todas as quantidades de produtos foram multiplicadas por um fator igual a três.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de insumos utilizados no ciclo produtivo da cultura, correspondente ao período entre 25/4/2000 e 31/10/2000, é apresentada na Tabela 1. Atribuíram-se valores unitários para massa específica de fertilizantes, inseticidas e fungicidas, com o objetivo de se estimar suas respectivas quantidades.

Conforme a Tabela 1, a quantidade total aplicada de inseticida no ciclo da cultura do tomate foi de 15,74 kg, a quantidade total

Tabela 1. Quantidade de insumos utilizados na cultura do tomateiro

Inseticida	Quant.	Fungicida	Quant.	Fertilizante	Quant.
Elsan	1.440 mL	Derosal	630 mL	AMINOSAN	600 mL
Folidol	2.100 mL	Dithane	2.700 mL	Cobre Sandoz	900 g
Lannate	2.100 mL	Folio	4.800 mL	Estimulate	300 mL
Tamaron	1.200 mL	Ridomil	1.200 mL	Foliar L6	750 mL
Atabron	600 mL	Benlate	630 mL	Foliar L6 - 00:20:20	300 mL
Previcur	240 mL	Manzate	13.650 g	H Master	1.200 kg
Sialex Na	450 g	Orthocide	1.800 g	Hidro	600 kg
Trigard	45 g	Sialex	2.100 mL	KB2	750 g
Tracer	36 mL	Rovral	900 mL	MS33	750 g
Benlate	300 ml	Curzate	5.400 mL	Química 12:00:12	480 kg
Cercobim	840 g	Daconil	1.800 mL	Química 9:00:24	1000 kg
Meothrin	2.310 mL	Leronal	210 mL	Substrato	450 kg
Match	2.200 mL	Funguran	9.300 mL	Ubyverde	900 g
Turbo	975 mL	Tatoo	1.050 mL		
Vertimec	900 mL	Thiovit	1.260 mL		
Total (kg)	15,74		47,43		3.735,25

aplicada de fungicida foi de 47,43 kg e a quantidade total aplicada de fertilizante químico foi de 3.735,25 kg; já a Tabela 2 apresenta os índices médios de energia agregada por unidade de massa de cada defensivo, fornecidos pela literatura consultada.

Tabela 2. Valores médios de energia embutida em fertilizantes, estimada por diferentes autores

Fertilizantes	Energia agregada kg ⁻¹ de nutriente – MJ kg ⁻¹			Energia média Agregada kg ⁻¹ de nutriente – MJ kg ⁻¹
	Pimentel	Stout	Doering	
Nitrogenado (NH ₂)	61,59	58,66	58,14	± 59,46
Fosfatado (P ₂ O ₅)	12,57	16,32	6,98	± 11,96
Potássio (K ₂ O)	6,70	6,31	4,65	± 5,89

Fonte: Pimentel (1984); Stout (1979) e Doering (1977)

Segundo a Tabela 2, a energia média agregada ao fertilizante nitrogenado é de 59,46 MJ kg⁻¹, para os fosfatados de 11,96 MJ kg⁻¹ e para os potássicos de 5,89 MJ kg⁻¹. O poder calorífico do adubo orgânico, cama de galinha incorporada ao solo foi de 12,69 MJ kg⁻¹.

Ao se avaliar a massa dos componentes constituintes da planta, observou-se que o sistema radicular corresponde, em peso, a 3% da planta, o caule a 35%, as folhas a 20% e o peso médio da planta seca (±10% bu) foi igual a 0,4 kg.

A produção média de frutos úmidos (94% bu), por planta, foi igual a 2,34 kg, sendo 1,69 kg de frutos comerciais e 0,65 kg considerados perda; já a demanda de mão-de-obra no ciclo da cultura foi igual a 1.440 h. A energia solar global incidente no período foi igual a 2.515.303 MJ ha⁻¹.

A Tabela 3 apresenta o consumo de energia da cultura do tomate durante o ciclo produtivo, considerando-se os diferentes insumos, fases da cultura e equipamentos.

De acordo com a tabela anterior, a energia total embutida na cultura do tomate foi de 2.661.944,65 MJ ha⁻¹ e a produtividade da cultura de 23,94 kg ha⁻¹. Comparando-se com os dados da literatura, os gastos com energia embutida no processo foram parecidos, sem se considerar, no entanto, o adubo orgânico, cama de galinha. A produtividade foi menor que o da literatura, sendo que na literatura não ocorreu a incorporação de adubo orgânico.

A Tabela 4 mostra os resultados da determinação do poder calorífico da raiz, caule, folhas e fruto do tomateiro, além da energia embutida na cultura durante o ciclo produtivo.

De acordo com a tabela acima, o poder calorífico da raiz foi igual a 13,77 MJ kg⁻¹, a energia produzida pelo total de massa de raízes da cultura de tomate foi de 1.320,09 MJ, enquanto para o caule ele foi igual a 14,77 MJ kg⁻¹ e a energia produzida pelo total de massa de caules da cultura de tomate foi de 16.528,00 MJ mas, para as folhas, este poder foi igual a 12,77 MJ kg⁻¹ e a energia produzida pelo total de massa de folhas da cultura de tomate foi de 8.164,56 MJ, enquanto para os frutos secos o poder calorífico foi igual a 9,22.10⁻⁴ MJ kg⁻¹ e a energia produzida pelo total de massa de frutos secos da cultura de tomate foi de 0,25 MJ. Ainda conforme a Tabela 4, a energia total embutida no

Tabela 3. Utilização de energia correspondente ao ciclo da cultura de tomate por hectare

Cultura	Experimento (MJ)	Total (%)	Literatura* (MJ)	Total (%)
Mão-de-obra:	3.046,97	0,11	30.004,23	4,71
Tratores	590,79	0,02	590,79	0,93
Implementos	980,46	0,04	980,46	1,54
Caminhão	217,88	0,008	217,88	0,34
Combustível				
Tratores	3.781,47	0,14	9.708,23	15,21
Caminhão	3.781,47	0,14	3.701,27	4,81
Subtotal 1	12.399,05	0,47	12.779,50	20,03
Fertilizantes				
N	30.801,38	1,16	30.695,94	48,10
P ₂ O ₅	1,05	0,00004	5.581,08	8,75
K ₂ O	4.713,09	0,18	2.036,34	3,19
Calcário	1.031,16	0,04	335,2	0,53
Subtotal 2	36.546,68	1,37	38.648,56	60,56
Defensivos				
Herbicida	792,75	0,03		
Inseticida	4.830,23	0,18	4.122,96	6,46
Fungicida	14.559,00	0,55	3.230,49	5,06
Subtotal 3	19.390,06	0,73	7.437,25	11,52
Sementes	234,64	0,009	234,64	0,37
Cama de galinha	78.071,22	2,93		
Total parcial	146.641,65	5,51	63.813,70	
Energia solar global	2.515.303,00	94,49		
Total	2.661.944,65	100	63.813,70	100
Produtividade – t ha ⁻¹	23,94		41,47	

*Serra et al. (1979)

Tabela 4. Poder calorífico das partes constituintes do tomateiro e quantidade de energia embutida em um ciclo produtivo da cultura

Partes da planta	Poder Calorífico (MJ kg ⁻¹)	Energia Produzida (MJ)	Aproveitada (%)
Raiz	13,77	1.320,09	0,05
Caule	14,77	16.528,00	0,62
Folhas	12,77	8.164,56	0,31
Fruto seco	9,22.10 ⁴	0,25	-
Total	-	26012,90	0,98

ciclo da cultura foi igual a 2.661.944,65 MJ.ha⁻¹, devido à energia solar e à energia dos outros insumos e, ainda, que a cultura a converteu em biomassa, raiz, caule, folhas e frutos, em energia igual a 26.012,90 MJ; desta forma, o aproveitamento de conversão energética da planta foi igual a 0,98%.

A Tabela 5 engloba o comparativo de produtividade para os dois tipos de adubação foliar utilizados no ciclo da cultura.

De acordo ainda, com esta tabela, a produtividade agrícola média obtida foi de 23,94 t ha⁻¹. Obteve-se, na área em que se utilizou a adubação foliar tipo B, produtividade maior que a área em que se empregou a adubação foliar tipo A. Em termos econômicos, na venda do tomate a área trabalhada com adubação foliar tipo B foi mais rentável e a perda de tomate, estimada em peso foi, em média, 9,11 t ha⁻¹ (38%).

Tabela 5. Produtividade para os dois tipos de adubação foliar utilizados no ciclo da cultura

Adubação foliar tipo A	Adubação foliar tipo B
178 caixas de tomate tipo 3A	153 caixas de tomate tipo 3A
73 caixas de tomate tipo 2A	124 caixas de tomate tipo 2A
33 caixas de tomate tipo 1A	28 caixas de tomate tipo 1A
Produtividade da cultura de tomate: 23,1 t ha ⁻¹	Produtividade da cultura de tomate: 24,79 t ha ⁻¹

CONCLUSÕES

1. A energia resultante da planta apresentou valor igual a 26.013 MJ ha⁻¹.

2. A energia embutida no processo produtivo, desconsiderando-se a adubação orgânica, cama-de-galinha, apresentou valor semelhante ao da literatura.

3. A energia aproveitada pela planta correspondeu a 0,98% da energia total fornecida.

4. Verificou-se que, do total de energia embutida na produção, a energia solar global correspondeu a 94,49%, o fertilizante a 4,30%, os defensivos a 0,73% e o combustível a 0,47%.

5. Comparando-se os subtotais de fertilizantes utilizados no experimento com os da literatura consultada, observou-se que a cama-de-galinha proporcionou um incremento de 54,46% de energia embutida na cultura; entretanto, a produtividade observada no experimento foi 57,63% menor que o da literatura consultada.

6. Constatou-se, pelo balanço, que a percentagem de aproveitamento energético dos frutos, em relação ao total de energia embutida, foi desprezível.

7. A produtividade e a rentabilidade da área utilizada para a adubação foliar tipo B, foram maiores que para a área em que se empregou a foliar tipo A.

LITERATURA CITADA

- Brasil. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2001. 200p.
- Doering, O. C. Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis. Indiana: Agricultural Experimental Station, Purdue University, National Science Foundation / RA – 770128, 1977.
- ELETROBRÁS - Programa de combate ao desperdício de energia elétrica - PROCEL. Rio de Janeiro: PROCEL, 2003. <http://www.eletronbras.gov.br/procel/3.htm>. 20 Ago. 2003.
- Espinoza, W. Manual de produção de tomate industrial no Vale do São Francisco. Brasília: IICA, Escritório no Brasil, 1991. 301p.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOstat database results. <http://apps.fao.org>. 25 Mar. 2003.
- Pimentel, D.; Hall C. W. Food and energy resources. London: Academic Press. INC., 1984. 268p.
- Serra, G. E.; Moreira, J. R.; Goldemberg, J.; Heezen, A. M. Avaliação da energia investida na fase agrícola de algumas culturas. São Paulo: Secretaria de Tecnologia Industrial, Ministério da Indústria e Comércio, 1979. 86p.
- Stout, B. A. Energy for world agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979. 286p. FAO Agriculture Series N°. 7