

## **Balanco energético das culturas de girassol e soja para produção de biocombustível**

---

**Paulo Henrique Nardon Felici<sup>1</sup>; Rafael M. e S. Coronato<sup>2</sup>; Décio Luiz Gazzoni<sup>3</sup>; Ricardo Ralisch<sup>4</sup>.** <sup>1</sup>Bolsista de Mestrado UEL / Embrapa Soja; <sup>2</sup>Bolsista de Iniciação Tecnológica Industrial - CNPQ; <sup>3</sup>Pesquisador, Embrapa Soja; <sup>4</sup>Professor, Agronomia UEL.

### **Introdução**

Atualmente, existe um crescente interesse da sociedade mundial por fontes alternativas de energia, principalmente aquelas que contribuem para reduzir a emissão de gases de efeito estufa, característica das fontes tradicionais de energia fóssil. O uso de biocombustíveis é visto, hoje, como uma alternativa viável de uso, segundo Urquiaga et al. (2005). Ainda de acordo com o esses autores, pouca atenção vem sendo dada aos estudos de balanço energético, os quais estabelecem a relação entre o total de energia contida no biocombustível e o total de energia investida em todo o processo de produção, incluindo-se as etapas agrícola e industrial.

O balanço energético é o parâmetro mais adequado para definir a viabilidade técnica de um programa de bioenergia. Para ser positivo, o balanço energético depende de diversos fatores, em especial do rendimento da cultura e do menor consumo de fertilizantes nitrogenados, que demanda grande quantidade de energia para sua produção. Assim, alguns dos desafios da pesquisa agropecuária são aumentar a produtividade da cultura e o teor de óleo do grão, bem como promover a utilização da adubação verde e a fixação simbiótica como fonte de N.

Vários estudos realizados no exterior, envolvendo biocombustíveis, principalmente na Europa e nos Estados Unidos, apontam para balanços energéticos negativos. Pimentel & Patzek (2005) calcularam que são necessárias, aproximadamente, 6597 kcal de energia fóssil para produzir um litro de etanol de milho, nos Estados Unidos. Entretanto, um litro de etanol tem o valor energético de 5130 kcal, resultando em um balanço energético negativo de

1467 kcal, portanto um balanço energético negativo de 29%. Não foi considerada, nesse estudo, a energia gasta no transporte para distribuição do etanol que, segundo DOE (2002), é estimada em 331 kcal. L<sup>-1</sup>. Sheehan et al. (1998) relataram um saldo negativo na conversão de soja em biodiesel, pois a obtenção de 1MJ de biodiesel exige 1,24 MJ de energia fóssil.

A energia consumida no sistema de produção de uma cultura não é de fácil determinação, pois depende de muitos fatores. É necessário estimar a energia consumida em todo o processo produtivo, desde a fabricação de máquinas e implementos, a produção de insumos, a semeadura, o manejo e a colheita, até o transporte do produto agrícola ao local de processamento.

O consumo de combustível nas operações agrícolas pode apresentar variação em uma mesma operação, pois depende dos fatores clima, topografia, tipo de solo, profundidade de trabalho, tamanho e forma da área de trabalho, habilidade do operador e outros. No Brasil, que é um país de dimensões continentais, é difícil considerar valores exatos de gastos, por isso tomam-se como base valores médios.

O objetivo deste trabalho foi efetuar um levantamento dos gastos de energia nos sistemas de produção de girassol e soja para fabricação de biodiesel.

## **Materiais e Métodos**

As operações do sistema de produção da matéria prima, que redundam em gastos energéticos, são descritas na Tabela 1.

Para o cálculo da energia necessária na fabricação das máquinas e dos implementos, dos fertilizantes e dos agrotóxicos, bem como o valor energético do óleo diesel, e a energia contida na semente de girassol e na de soja, adotaram-se os valores de Pimentel & Patzek (2005), que fornecem a energia necessária para a produção de cada unidade do insumo empregado na produção.

Adotou-se o sistema de semeadura direta e os cálculos consideraram os gastos de energia na pré-semeadura, na semeadura, no manejo, na colheita e no transporte da produção e na fase industrial.

**Tabela 1.** Atividades que requerem gasto de energia no cultivo de girassol e soja no Brasil.

Pré-Semeadura	Semeadura	Manejo	Colheita	Transporte
Mão-de-obra	Mão-de-obra	Mão-de-obra	Mão-de-obra	Mão-de-obra
Trator	Trator	Trator	Colhedora	Caminhão
Pulverizador	Sementes	Nitrogênio (cobertura) <sup>1</sup>	Trator <sup>2</sup>	–
Dessecante	Plantadora / adubadora		Pulverizador <sup>2</sup>	–
Micronutriente (Boro) <sup>1</sup>	Adubação	Pulverizador	Dessecante <sup>2</sup>	–
	Nitrogênio (semeadura) <sup>1</sup>	Inseticida	–	–
Calagem	Fósforo	Herbicida	–	–
Trat. sementes	Potássio	–	–	–
Inoculação <sup>2</sup>	–	Micronutriente Co e Mo <sup>2</sup>	–	–
Combustível	Combustível	Combustível	Combustível	Combustível
–	–	Fungicida	–	–

<sup>1</sup> Não utilizado na cultura de soja

<sup>2</sup> Não utilizado na cultura de girassol

Assumiu-se, de acordo com Pimentel & Patzek (2005), que uma pessoa trabalha 2.000 horas ano<sup>-1</sup> e seu gasto energético equivale ao uso de 8.000 litros de óleo ano<sup>-1</sup>. O cálculo da depreciação de máquinas e equipamentos foi baseado em dados de Pimentel & Pimentel (1996).

Knowles & Bukantis (1980) calcularam o gasto de 8,6 horas de mão-de-obra ha<sup>-1</sup>, para a cultura de girassol e 7,1 horas ha<sup>-1</sup> para a cultura de soja, considerando todas as etapas de produção. No sistema de semeadura direta da soja, que demanda 6,3 horas de mão-de-obra ha<sup>-1</sup>, a redução de 0,8 horas ha<sup>-1</sup>, que equivale a 11% do total, é referente a uma menor demanda de mão-de-obra no manejo do solo.

Nas condições dos EUA, Knowles & Bukantis (1980) estimaram um gasto de 180 e 38,8 litros de óleo diesel ha<sup>-1</sup>, para as culturas de girassol e soja,

<sup>1</sup> Informação pessoal A.C. Roessing, Pesquisador Embrapa Soja, 2006.

respectivamente. No Brasil, estudos de Roessing et al. (1981) estimaram um gasto de 54 litros de óleo diesel ha<sup>-1</sup>, no sistema de semeadura direta, e demonstraram que esse sistema economizou cerca de 70% de óleo diesel em relação ao sistema convencional. Para a soja, adotou-se o valor de 66 litros<sup>I</sup>, referentes ao trator New Holland 135 TM, 93 kW Transmissão de 24 x 12 velocidades e tração auxiliar.

Castro & Oliveira (2005) recomendam a adubação de girassol, utilizando doses entre 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e, em solos com médio teor de fósforo e potássio, deve-se utilizar 18 kg ha<sup>-1</sup> e 33 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, estimando uma produtividade de 2000 kg ha<sup>-1</sup>. Para a cultura de soja, conforme Embrapa (2005), adotou-se a proporção 0-20-20 (NPK), para uma produtividade de 3000 kg ha<sup>-1</sup>.

Blamey et al. 1997, citados por Pimentel & Patzek (2005), estimaram o uso de 1 t ha<sup>-1</sup> de calcário na cultura de girassol. Para a soja, adotou-se 2 t ha<sup>-1</sup> <sup>I</sup>.

Adubações de boro com 1 kg ha<sup>-1</sup> em solos arenosos e de 3 kg ha<sup>-1</sup> em solos argilosos, têm sido consideradas como adequadas para eliminar as deficiências desse micro-elemento em cultivares sensíveis (Blamey et al. 1979, citados por Castro & Oliveira 2005).

Silveira et al. (2005) estimaram variação de 3,0 kg ha<sup>-1</sup> a 4,5 kg ha<sup>-1</sup> na quantidade de semente de girassol. O cálculo de sementes para soja foi baseado na fórmula  $Q=(1000 \times P \times D) \times 1,1 (G \times E)^{-1}$  onde P= 10,4g (peso de 100 sementes), D= 14 (número de plantas por metro), G= 80% (% de emergência em campo) e, E= 0,4 m (espaçamento utilizado).

Blamey et al. 1997, citados por Pimentel & Patzek (2005), consideraram um gasto de 3,0 kg ha<sup>-1</sup> de herbicida, valor confirmado por Brighenti<sup>II</sup>. O gasto com inseticida foi estimado em 1,0 kg ha<sup>-1</sup>, de acordo com Corso<sup>III</sup>. Conforme planilha de custos (2004/05) fornecida por A. C. Roessing<sup>I</sup>, tem-se para herbicida: POS 1, Classic; 0,07 litros (soja), POS 2, Select 240 0,40 litros e para inseticida: Dimilin 0,03 litros, Baculovirus 1 dose (soja), Endossulfan 350 CE 1 litro.

<sup>I</sup> Informação pessoal A.C. Roessing, Pesquisador Embrapa Soja, 2006.

<sup>II</sup> Informação pessoal A. Brighenti, Pesquisador Embrapa Soja, 2006.

<sup>III</sup> Informação pessoal I. C. Corso, Pesquisador Embrapa Soja, 2006.

Foi considerado um valor médio de 270 km e 154 km, para o transporte do maquinário, do combustível, da semente e do escoamento da produção de girassol e soja, respectivamente.

Os gastos, no processamento industrial, foram estimados segundo Pimentel & Patzek (2005), sendo calculados os gastos com a energia para transformação do grão em óleo e a posterior transformação do óleo em biodiesel.

## **Resultados e Discussão**

Na cultura do Girassol, em média, para cada tonelada de grão são produzidos 400 kg de óleo, 250 kg de casca e 350 kg de torta, (Oliveira & Vieira 2004). Fonseca<sup>V</sup> considera que 1,0 kg de óleo de girassol ou de soja contem 9.000 kcal de energia.

De acordo com esses valores, necessitam-se 2,5 kg de grãos de girassol para produzir 1 kg de óleo. Para uma produtividade média de 2 t ha<sup>-1</sup> de grãos obtêm-se 800 kg de óleo ha<sup>-1</sup>, com valor energético de 7.200.000 kcal ha<sup>-1</sup>.

A Tabela 2 estima em 2.855.000 kcal a energia (fóssil ou renovável) gasta para produzir 2000 kg ha<sup>-1</sup> de girassol.

Na cultura de soja, em média, para cada tonelada de grãos, são produzidos 180 kg de óleo e 820 kg de torta, sendo a quantidade de casca desprezível. Portanto para uma produção de 3000 kg ha<sup>-1</sup>, obtêm-se uma produção de 540 kg de óleo ha<sup>-1</sup>, com valor energético de 4.860.000 kcal ha<sup>-1</sup>.

Os resultados estimados de entradas na indústria de produção de biodiesel são demonstrados na Tabela 3.

O total estimado de energia fóssil gasta para produzir 800 kg de biodiesel de girassol e 540 kg de biodiesel de soja, foram de 1.610.000 kcal e 1.670.000 kcal, respectivamente.

Na Tabela 4, para o girassol, consideraram-se a produtividade de 2000 kg ha<sup>-1</sup> e as proporções 40% óleo, 35% de torta e 25% casca que, multipli-

---

<sup>V</sup>Informação pessoal N.A.N. Fonseca, Professora Associada, Dept. de Zootecnia, Universidade Estadual de Londrina, 2005.

**Tabela 2.** Entradas e Saídas de energia na produção de girassol e soja por hectare no Brasil.

Fator	Girassol		Soja	
	Quantidades	kcal x 1000	Quantidades	kcal x 1000
Mão-de-obra	8,6 horas	344	6,3 horas	252
Maquinário	20 kg	360	20 kg	360
Combustível	54 litros	540	66 litros	660
Nitrogênio	40 kg	640	–	–
Fósforo	18 kg	72	20 kg	83
Potássio	33 kg	107	20 kg	63
Calcário	1000 kg	281	2000 kg	562
Boro	3 kg	11	1 kg	4
Sementes	4 kg	32	50 kg	400
Herbicidas	3 litros	300	0,47 litros	47
Inseticidas	1 litro	100	2,03 litros	203
Transporte	270 km	68	174 km	44
Grãos	2000 kg	–	4000 kg	–
Total de entradas	–	2855	–	2678
Saída	–	7200	–	6480

**Tabela 3.** Entradas de energia para produção industrial de 800 kg e 540 kg de biodiesel de girassol e soja, respectivamente.

Entradas	Girassol		Soja	
	Quantidades	kcal x 1000	Quantidade	kcal x 1000
Eletricidade	137.75 kWh	137	145.8 kWh	145
Vapor	688.775 kcal	688	729.000 kcal	729
Água de limpeza	81.633 kcal	81	86.400 kcal	86
Calor no espaço interno	77.550 kcal	77	82.080 kcal	82
Calor direto	224.490 kcal	224	237.600 kcal	237
Perdas	133.061 kcal	133	162.000 kcal	162
Aço Inoxidável	6 kg	86	5,4 kg	77
Aço	11 kg	129	10 kg	117
Cimento	29 kg	55	30 kg	57
Total	–	1.610	–	1.670

**Tabela 4.** Saídas de energia do sistema de produção

Fatores	Girassol		Soja	
	Quantidade	kcal x 1000	Quantidade	kcal x 1000
Casca	Incluído na torta	Incluído na torta	desprezível	desprezível
Óleo	800 kg	7.200	540 kg	4.860
Torta	1.200 kg	4.800	2.460 kg	9.840
Total	2.000 kg	12.000	3.000 kg	14.700
Entradas	Agrícola	2.855	Agrícola	2.678
	Industrial	1.610	Industrial	1.670
Total	–	4.465	–	4.348
Balanco óleo	800 kg	2735 (1: 1,61)	540 kg	512 (1: 1,12)
Balanco geral	–	7.535 (1: 2,69)	–	10.352 (1: 3,38)

cando pelo poder calorífico de cada fração, resultam em 9000 kcal, 4000 kcal e 4000 kcal, respectivamente. Para a soja, adotou-se a produtividade de 3000 kg ha<sup>-1</sup>, 18% de óleo e 82% de torta.

## Considerações Finais

Verifica-se um balanço energético final positivo de 7.535.000 kcal ha<sup>-1</sup> em girassol e 10.352.000 kcal ha<sup>-1</sup> para soja. Isto significa que, na cultura do girassol, para cada unidade de energia que entra no sistema, são produzidas 2,69 unidades de energia, sendo essa relação de 3,38:1 para a soja. Considerando a utilização da torta, a soja demonstra melhor desempenho energético, por apresentar maior produtividade; porém, analisando apenas a obtenção de óleo, o girassol mostra-se mais eficaz (2735.000 kcal ha<sup>-1</sup> x 512.000 kcal ha<sup>-1</sup> da soja), por possuir maior teor de óleo no grão.

## Referências

CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 317-373.

DOE. **Review of transport issues and comparison of infrastructure**

**costs for a renewable fuels standard.** Washington, DC: Department Energy. Disponível em: <<http://tonto.eia.doe.gov/FTPROOT/service/question3.pdf>>. Acesso em 18 mai. 2006.

**EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil 2006.** Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 220 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 9).

KNOWLES, P. F.; BUKANTIS, R. Energy inputs and outputs for crop systems, field crops. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture.** Boca Raton: CRC Press, 1980. p. 131–132

OLIVEIRA, M. F. de; VIEIRA, O. V. **Extração de óleo de girassol utilizando miniprensa.** Londrina: Embrapa Soja, 2004. 27 p. (Embrapa Soja. Documentos, 237).

PIMENTEL, D.; PATZEK, T. W. Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. **Natural Resources Research**, v. 14, n. 1, 2005.

PIMENTEL, D.; PIMENTEL, M. **Food, energy and society.** Boulder: Colorado University Press, 1996. 363 p.

ROESSING, A. C.; MESQUITA, C. M.; GAZZIERO, D. L. P. Consumo de energia na produção de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 2., 1981, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro : COPPE/UFRJ, 1981. v. B p. 561-572.

SHEEHAN, J.; CAMOBRESCO, V.; DUFFIELD, J.; GRABOSKI, M.; SHAPOURI, H. **Overview of biodiesel and petroleum diesel lyfe cycles.** [S.I.]: U.S. Department of Energy. National Renewable Energy Laboratory, 1998.

SILVEIRA, J. M.; CASTRO, C. de; MESQUITA, C. de M.; PORTUGAL, F. A. F. Semeadura e manejo da cultura de girassol. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. (Ed.). **Girassol no Brasil.** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 381

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BOODEY, R. M. Produção de biocombustíveis, a questão do balanço energético. **Revista de Política Agrícola**, v. 14, n. 5, p. 42-46, 2005.