

Balanço energético na cultura da mamona para a produção de biocombustível

Rafael Machado e Silva Coronato¹; Paulo Henrique Nardon Felici²; Décio Luiz Gazzoni³; Ricardo Ralisch⁴. ¹Bolsista de Iniciação Tecnológica Industrial - CNPQ; ²Bolsista de Mestrado UEL / Embrapa Soja; ³Pesquisador, Embrapa Soja; ⁴Professor, Agronomia UEL.

Introdução

Existem diversas culturas oleaginosas, potenciais fornecedoras de óleos vegetais para a produção de biodiesel. Precisamos avaliar qual dessas culturas é mais viável para esse fim. Um dos métodos para realizar tal avaliação é através do balanço energético, que compreende a relação entre a energia investida na produção do combustível e a energia obtida na sua combustão. O balanço energético indica a viabilidade econômica e ambiental para cada cultura, (Almeida Neto et al., 2006).

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 na produção e na operação de tratores e equipamentos, na produção e na aplicação de agrotóxicos e fertilizantes, no transporte de implementos e insumos, a energia contida no combustível, bem como a despendida pelo operador, (Roessing et al., 1980).

A mamoneira, provavelmente originada da Ásia, possui, em média, 49% de óleo no grão, é resistente à seca e possui alta adaptabilidade para fotoperíodo e clima, sendo uma alternativa para gerar emprego e renda, principalmente no Norte e Nordeste do Brasil.

Objetivo

Realizar o balanço energético na cultura da mamona, comparando o sistema de cultivo manual e o sistema de cultivo mecanizado, considerando os processos de produção agrícola e industrial do biodiesel.

Materiais e Métodos

As atividades que exigem gasto energético na produção agrícola e no transporte para a cultura de mamona, estão descritas na tabela 1.

Tabela 1. Atividades que requerem gasto de energia no cultivo de mamona no Brasil.

Pré-semeadura	Semeadura	Manejo	Colheita	Transporte
Mão-de-obra	Mão-de-obra	Mão-de-obra	Mão-de-obra	Mão-de-obra
Trator ²	Trator ²	Trator ²	Colhedora ²	Caminhão
Pulverizador ²	Sementes	Desbaste ¹	Combustível ²	Combustível
Fungicida	Adubo N-P-K	Capina ¹	–	–
Combustível ²	Combustível ²	Herbicida	–	–
–	–	Inseticida	–	–
–	–	Adubo N	–	–
–	–	Combustível ²	–	–

¹ Não utilizado no cultivo de mamona mecanizada

² Não utilizado no cultivo de mamona manual

Para o cálculo da energia gasta com a produção de fertilizantes e agrotóxicos, assim como o valor energético do diesel consumido, utilizou-se os estudos de Pimentel & Patzek (2005), que fornecem a energia consumida em kcal por unidade de produto. O cálculo da energia contida na semente foi baseado nos estudos de Almeida Neto et al. (2006).

Segundo Pimentel & Patzek (2005), uma pessoa trabalha em média 2.000 horas por ano e seu gasto energético equivale a 8.000 litros de óleo diesel. Com base nesses estudos, estimou-se o gasto energético com mão-de-obra.

A quantidade de homens necessária na semeadura é de 40 homens.ha⁻¹, no cultivo manual, e três homens.ha⁻¹, no cultivo mecanizado¹, em uma jornada de 8 horas, considerando ainda que, 8000 litros de óleo diesel equivalem a 20.000.000 kcal Pimentel & Patzek (2005), são gastos 3.200.000 e 240.000 kcal por dia, respectivamente para cultivo manual e mecanizado.

¹ Severino S.L., Pesquisador, Embrapa Algodão. Informação Pessoal, 2006

O cálculo da depreciação de máquinas e equipamentos baseou-se em estudos de Pimentel e Pimentel (1996).

Para o cultivo manual não há gasto com combustível, porém, no cultivo mecanizado são necessários 120 litros.ha⁻¹, que equivalem a 1.200.000 kcal, segundo estimativas médias de um consumo de 12 litros.hora⁻¹, em uma máquina agrícola^{II}.

A adubação em mamona varia conforme o sistema de cultivo. Para o cultivo manual, as proporções são 50 kg de N (1/3 na semeadura e 2/3 em emergência), 60 kg de P e 40 kg de K, ambos na semeadura^{III}, para uma produtividade de 1200 kg ha⁻¹, o que demanda uma energia de 1.169.000 kcal Pimentel & Patzek (2005). No cultivo mecanizado utiliza-se: 80 kg de N, fornecidos parceladamente de modo similar ao manual, 60 kg de P e 40 de K^{IV}, para uma produtividade de 1800 kg.ha⁻¹ que demanda 1.649.000 kcal Pimentel & Patzek (2005). Segundo estudos de Almeida et al. (2006) os gastos para estas quantidades de adubo seriam 1.122.000 e 1.550.000 kcal respectivamente para cultivo manual e mecanizado. Estas variações devem-se, provavelmente, às diferentes formas de produção do adubo. Desconsideraram-se estas diferenças neste trabalho.

A quantidade de semente varia conforme o sistema de cultivo. Para o cultivo manual, a quantidade de sementes foi de 17,5 kg.ha⁻¹ (peso 100 sementes = 70 gramas) e para o mecanizado, 7,5 kg.ha⁻¹ (peso 100 sementes = 30 gramas). O cálculo considera germinação de 80% e população de 20.000 plantas.ha⁻¹.

O uso de herbicida ocorre apenas no cultivo mecânico. Considerou-se o uso de diuron 1,6 kg ia = 3,2 L.ha⁻¹. A quantidade de inseticida para cultivo manual é 1,9 kg.ha⁻¹, sendo 0,2 kg de endosulfan e 1,7 de carbo-sulfan, utilizado no tratamento de semente. Para o cultivo mecanizado, utiliza-se maior quantidade de inseticida (6 kg.ha⁻¹).

^{II} *Abi-Saab, O. J. G. Docente do departamento de agronomia, Universidade Estadual de Londrina. Informação Pessoal, 2006*

^{III} *Severino S. L. Pesquisador, Embrapa Algodão. Informação Pessoal, 2006*

^{IV} *Severino S. L. Pesquisador, Embrapa Algodão. Informação Pessoal, 2006*

No transporte da maquinaria, do combustível, da semente e do escoamento da produção, estimou-se uma distância média de 250 km (Pimentel & Patzek, 2005). O veículo considerado foi caminhão movido a diesel.

O balanço final energético foi calculado subtraindo a energia gasta nas produções agrícola e industrial, da energia obtida com a produção dos grãos, óleo e subprodutos.

O cálculo dos gastos industriais foi calculado com base nos estudos de Pimentel e Patzek (2005), e esse processo corresponde à extração do óleo do grão e sua posterior transformação em biodiesel.

Resultados e Discussão

Em média, para cada tonelada de grãos de mamona produzida são obtidos 490 kg de óleo e 510 kg de torta (Azevedo, 2001).

São necessários 2,04 kg de mamona para a produção de 1 kg de óleo. Considerando-se que 1 kg de óleo de mamona contém 9.000 kcal, têm-se 588 e 882 kg de óleo.ha⁻¹, o que correspondem a 5.292.000 e 7.938.000 kcal, para os sistemas manual e mecanizado, respectivamente.

De acordo com a Tabela 2, a estimativa de energia fóssil gasta para produzir 1200 e 1800 kg.ha⁻¹ de mamona, foi 5.149.000 e 4.615.00 kcal para os sistemas manual e mecanizado, respectivamente.

A quantidade de energia fóssil gasta para produzir 588 e 882 kg de biodiesel de mamona no sistema manual e mecanizado, é 1.182.000 e 1.772.000 kcal, respectivamente.

No cálculo da Tabela 4, considerou-se a produtividade de 1200 e 1800 kg.ha⁻¹ de mamona, para os sistemas manual e mecanizado, respectivamente. As proporções são de 49% de óleo, 51 % de torta e poder calorífico de 9.000 kcal.l⁻¹ para óleo e 4.000 kcal.kg⁻¹ para torta.

Tabela 2. Entradas e saídas de energia por hectare, na produção de mamona no Brasil, comparando os sistemas manual e mecanizado.

Fator	Manual		Mecânica	
	Quantidade	kcal x 1000	Quantidade	kcal x 1000
Mão de obra	40 homens.dia ⁻¹	3200	3 homens.dia ⁻¹	240
Maquinário	20 kg	360	20 kg	360
Combustível	–	–	120 l	1.200
Nitrogênio	50 kg	800	80 kg	1.280
Fósforo	60 kg	240	60 kg	240
Potássio	40 kg	129	40 kg	129
Sementes	17,5 kg	24	7,5 kg	11
Herbicida	–	–	3,2 kg	349
Inseticida	1,9 kg	190	6 kg	600
Transporte	250 km	206	250 km	206
Grãos	1.200 kg	–	1.800 kg	–
Total de entrada	–	5.149	–	4.615
Saída (óleo)	–	5.292	–	7.938

¹ Considerou-se, também, a mão-de-obra com desbaste e capina manual.

Tabela 3. Entradas de energia para produção industrial de 588 e 882 kg de biodiesel de mamona no sistema manual e mecanizado, respectivamente.

Entradas	Sistema manual		Sistema mecanizado	
	Quantidade	kcal x 1000	Quantidade	kcal x 1000
Eletricidade	101.952	101	152.928	152
Vapor	506.249	506	759.373	759
Água de limpeza	59.864	59	89.796	89
Calor no espaço interno	56.803	56	85.204	84
Calor direto	164.759	164	247.138	246
Perdas	97.845	98	146.767	147
Aço Inoxidável	4.2	63	6.3	94
Aço	7.8	95	11.7	142
Cimento	21	40	31,5	60
Total	–	1182	–	1772

Tabela 4. Saídas de energia do sistema de produção.

Fatores	Sistema manual		Sistema mecanizado	
	Quantidade	kcal x 1000	Quantidade	kcal x 1000
Casca	Incluído na torta	Incluído na torta	Incluído na torta	Incluído na torta
Óleo	588 kg	5.292	882 kg	7.938
Torta	612 kg	2.448	918 kg	3.672
Total	1200 kg	7.740	1800 kg	11.610
Entradas	Agrícola	5.149	–	4.615
	Industrial	1.182	–	1.772
Total		6.331		6.387
Balanço óleo	588 kg	-1039 (1: 0,83)	882 kg	1551 (1: 1,24)
Balanço final		1409 (1: 1,22)		5223 (1: 1,82)

Considerações Finais

Verifica-se um balanço energético positivo para mamona de 5.233.000 kcal para o cultivo mecanizado e 1.409.000 kcal.ha⁻¹ no sistema manual. Isto indica que no sistema mecanizado, para cada unidade que entra, produz-se 1,82. No sistema manual, produz-se 1,22. Porém, se considerarmos apenas a energia contida no óleo, teremos um balanço negativo para o sistema manual de 1.039.000 kcal ha⁻¹, significando uma retirada de 0,83 unidades de energia do sistema para cada unidade investida.

Referências

- ALMEIDA NETO, J. A. de; CRUZ, R. S. da; ALVES, J. M. ; PIRES, M. de M.; ROBRA, S.; PARENTE JUNIOR, E. Balanço energético de ésteres metílicos e etílicos de óleo de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., Campina Grande. **Energia e sustentabilidade**. Disponível em: <http://www.redebaianadebiocombustiveis.br.gov.br/arquivo/165.pdf> . Acesso em: 17 jul. 2006.
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. 350 p.

MORALES UDAETA, M. E.; BAITILO, R. L.; BURANI, G. F.; GRIMONI, J. A. B. Comparação da produção de energia com diesel e biodiesel analisando todos os custos. Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.agr.unicamp.br/energia/agre2004/Fscommand/PDF/Agrener/Trabalho%2084.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2006.

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 Univ. 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.