



BALANÇO ENERGÉTICO DA PRODUÇÃO DE GIRASSOL NO OESTE DO PARANÁ

Anderson Rosa¹ e Reginaldo Ferreira Santos¹

RESUMO

A cultura do girassol vem tornando-se expressiva no cenário nacional, devido à qualidade do óleo comestível, ao aproveitamento dos subprodutos em rações para animais, e, principalmente, à possibilidade da utilização do óleo na fabricação de biodiesel. É uma cultura de ampla adaptabilidade climática, alta tolerância à seca e alto rendimento de grãos e de óleo. A eficiência energética é de grande importância para análise da sustentabilidade do sistema de produção. O objetivo deste trabalho é avaliar a sustentabilidade energética da produção de girassol na região oeste do Paraná. O levantamento do custo energético total na produção de uma safra girassol é estimado pelo somatório das fontes de entrada de energia no sistema, dados de eficiência industrial foram considerados para a produção de biodiesel a partir de óleos vegetais. Foram analisadas duas formas de transporte externo ferroviário e rodoviário. A variável que teve o maior consumo energético na produção foi o uso de máquinas e combustível. O cultivo de girassol mostrou-se eficiente no ponto de vista energético tendo um balanço positivo de energia na região oeste do Paraná. O transporte por ferrovia é a forma mais eficiente no consumo de energia.

PALAVRAS-CHAVE: *Helianthus annuus*, Balanço energético, Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO/REFERENCIAL TEÓRICO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) pertencente à família Asteraceae é uma espécie de semente oleaginosa de grande importância mundial, está inserido entre as espécies vegetais de maior potencial para a produção de biocombustível, além de se constituir em uma importante opção para o produtor agrícola em sistemas envolvendo rotação ou sucessão de culturas (NOBRE et al., 2010).

O girassol possui grande potencial de adaptação às condições climáticas, boa adaptação aos diferentes tipos de solos, além de características que a diferenciam da maioria das culturas, como resistência à seca, ao frio e ao calor, possui elevada capacidade de ciclagem de nutrientes devido ao profundo sistema radicular (DUTRA et al., 2012), possui em média 41% de óleo em seus aquênios, esse óleo é considerado um produto nobre por suas qualidades nutricionais e estabilidade oxidativa (DE CARVALHO e PISSAIA, 2002).

O Brasil possui grande potencial para a produção agrícola, pois apresenta uma grande extensão rural e condições climáticas favoráveis a essa finalidade. Entretanto, a despeito do otimismo envolvido, com frequência a quantidade de energia investida num sistema produtivo tem sido maior do que o retorno conseguido em valor energético dos produtos, proporcionando um balanço negativo, o que compromete assim a sustentabilidade do sistema (PIMENTEL e PATZEK, 2005). Diante da crescente demanda energética, na agricultura passou-se a utilizar no seu processo de produção, não somente a energia encontrada livremente na natureza (energia solar, ar, água, nutrientes), como também intensamente a energia adicionada pelo homem na forma de fertilizantes, combustíveis, agrotóxicos, etc. (SANTOS e SIMON, 2010).

Segundo Campos et al. (2004) a eficiência dos sistemas de produção agrícola não deve ser medida somente pela produtividade obtida e relação custo/lucro, como também receber uma abordagem energética dos agroecossistemas. A análise energética dos sistemas de produção de grãos ganha em importância, à medida que ainda existam dúvidas sobre a melhor forma de avaliar a sustentabilidade dos sistemas conservacionistas e convencionais.

O balanço energético é definido como a razão entre a energia produzida por unidade de área (produção/ha⁻¹) e a energia consumida por unidade de área (insumo/ha⁻¹). O balanço energético apresenta indicadores importantes da viabilidade energética e ambiental para a produção do biodiesel, sendo possível conhecer os principais fatores que limitam a eficiência produtiva de biodiesel produzido utilizando esta cultura como matéria prima (MAIA et al., 2013).

Angonese et al. (2006) citam que o balanço de energia nos sistemas agrícolas baseia no princípio físico de conservação de energia, a variação de energia em um processo, isto é, entradas, saídas e variação da energia interna. A realização do balanço energético visa principalmente estabelecer os fluxos de energia, identificando sua demanda total, a eficiência refletida pelo ganho de energia e a energia necessária para produzir ou processar uma unidade de determinado produto (JASPER et al., 2010).

No balanço energético são quantificados todos os insumos utilizados e transformados em unidades de energia, o que permite fornecer parâmetros necessários para mensurar, interpretar e subsidiar a tomada de decisões, constituindo em um importante instrumento na adoção de técnicas de manejo agropecuários, permitindo economia de energia e consequente redução dos custos (CAMPOS et al., 2004).

Devido à importância da sustentabilidade energética o objetivo deste trabalho é avaliar a sustentabilidade energética da produção de girassol na região oeste do Paraná.

2. MATERIAL E MÉTODOS

¹Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Programa de pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura.
E-mail: andersonrosacb@hotmail.com



O levantamento do custo energético total na produção de uma safra girassol é estimado pelo somatório das fontes de entrada de energia no sistema. Os valores utilizados nesta etapa do estudo e suas variáveis pode ser dividido conforme apresentados na Tabela 1 (EMBRAPA, 2008).

Tabela 1- Estimativa de entrada de energia por hectare para o cultivo de girassol

Produto	Unidade	Quantidade	Energia por unidade (MJ)	Energia Total (MJ ha ⁻¹)
Calcário	Kg ha ⁻¹	1000,0	1,2	1180,0
Nitrogênio	Kg ha ⁻¹	40,0	67,0	2680,0
Fosforo	Kg ha ⁻¹	18,0	16,7	300,0
Potássio	Kg ha ⁻¹	33,0	13,6	450,0
Sementes	Kg ha ⁻¹	4,0	32,5	130,0
Herbicidas	Kg ha ⁻¹	4,0	420,0	1680,0
Inseticidas	Kg ha ⁻¹	1,0	418,61	418,6
Operações manuais	Horas ha ⁻¹	8,6	167,4	1440,0
Máquinas	Kg	20,0	75,5	1510,0
Óleo diesel	Litros	54,0	41,9	2260,0
Transporte interno	Ton.	1,3	215,4	280,0
Total consumido				12328,61

Fonte: EMBRAPA, 2008

A Eficiência Energética foi definida pela equação 1, é um dos índices mais utilizado na literatura em análise energética de culturas agrícolas (BUENO, 2002).

Equação 1:

$$E = \frac{\sum E_{produzida}}{\sum E_{consumida}}$$

em que:

E = Eficiência Energética;

$\sum E_{produzida}$ = Total de saída de energia (MJ);

$\sum E_{consumida}$ = Energia direta + energia indireta (MJ).

Atendendo o quesito do transporte, como Cascavel está situado na região oeste do Paraná, utiliza basicamente o sistema rodoviária para escoamento de sua safra. Esta é transportada, através da BR-277, até o porto de Paranaguá. A distância entre estes dois pontos é de 592 km (CNT, 2015). Outro tipo de escoamento, pouco utilizado, faz uso da Ferroeste, incorporando o transporte ferroviário, a distância percorrida pela malha ferroviária até o porto de Paranaguá de 557 km (SANDRI, 2006).

A tabela 2 mostra o consumo energético para as duas formas de transporte para o escoamento da safra na região de Cascavel, o cálculo para o balanço energético do transporte externo será calculado pela equação 2.

Tabela 2- Consumo energético do transporte de cargas (MJ.km) para cada 1000 kg transportado.

Tipo	Mínimo MJ.km para cada 1000 kg transportado	Máximo
Ferrovário	0,131	0,37
Rodoviário	1,663	2,426

Fonte: GUIMARÃES et al., 2013



Equação 2:

$$BE = \sum E \text{ produzida} - (\sum E \text{ consumida} + \sum E \text{ transporte})$$

Em que:

BE = Balanço energético;

$\sum E$ produzida = Total de saída de energia (MJ);

$\sum E$ consumida = Energia direta + energia indireta (MJ);

$\sum E$ transporte = Energia gasta no transporte (MJ/t.km)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade média do girassol é 1300 kg ha⁻¹, totalizando 33740 MJ ha⁻¹, dados de eficiência industrial foram considerados para a produção de biodiesel a partir de óleos vegetais (EMBRAPA, 2008). A eficiência energética da produção do girassol levando em consideração os gastos operacionais da tabela 1 é de 2,74 ou seja para cada 1,0 MJ ha⁻¹ de energia consumida são produzidos 2,74 MJ ha⁻¹ de energia, o custo de transporte externo até o porto de Paranaguá é mais vantajoso por meio de ferrovia tabela 3. Quando somado o total de energia consumido na produção com o consumo de energia no transporte o sistema rodoviário é o que tem a menor eficiência energética tabela 4.

Tabela 3- Consumo energético MJ ha⁻¹ de girassol.

Forma de Transporte	Consumo	
	Mínimo	Máximo
Ferrovia	94,86	267,92
Rodovia	1279,84	1867,05

Tabela 4- Eficiência energética de girassol.

Forma de Transporte	Eficiência energética (MJ ha ⁻¹)
Ferrovia	2,70
Rodovia	2,43

As operações com máquinas e o combustível somaram 30,57% do consumo de energia na produção do girassol, seguido pela adubação que consumiu 27,82%, os defensivos agrícolas somaram 17,02%. O balanço energético foi positivo para as duas formas de transporte tendo um melhor resultado para o transporte por ferrovias tabela 5.

Tabela 5- Balanço energético MJ há de girassol produzido e transportado até o porto de Paranaguá.

Forma de Transporte	Consumo	
	Mínimo	Máximo
Ferrovia	21316,53	21143,47
Rodovia	20131,55	19544,34

O percentual de sobra de energia nos dois transportes foi de 63,17% para o consumo mínimo e 62,66% para o consumo máximo de energia por ferrovias, e 59,66% para o consumo mínimo e 57,92% para o consumo máximo de energia por rodovias.



5. CONCLUSÕES

O cultivo de girassol mostrou-se eficiente no ponto de vista energético tendo um balanço positivo de energia na região oeste do Paraná. O transporte por ferrovia é a forma mais eficiente no consumo de energia.

6. REFERÊNCIAS

ANGONESE, A. R.; CAMPOS, A. T.; ZACARKIM, C. E.; MATSUO, M. S.; CUNHA, F. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia**, v. 10, n. 3, p. 745-750, 2006.

BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural**, Itabera, SP. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A.T. de. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1977-1985, 2004.

CNT. Transporte & Desenvolvimento – **Entraves Logísticos ao escoamento de Soja e Milho**. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/home>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

DE CARVALHO, D. B.; PISSAIA, A. Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha: I-Rendimento de grãos e seus componentes, índice de colheita e teor de óleo. **Scientia Agraria**, v. 3, n. 1, p. 41-45, 2002.

DUTRA, C. C.; FERREIRA DO PRADO, E. A.; RAMÃO PAIM, L.; QUINTÃO SCALON, S. D. P. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2657-2668, 2012.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Eficiência energética comparada das culturas do girassol e soja, com aptidão para a produção de biodiesel no Brasil**. Circular técnica 25, 2008.

GUIMARÃES, V. D. A., D'AGOSTO, M. D. A., LEAL JUNIOR, I. C., Silva, M. A. V., DeCastro, J., & Franca, L. S. Análise da evolução da eficiência energética no setor de transporte brasileiro. In: **XXVII ANPET-Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**. Disponível em:< http://www.anpet.org.br/ssat/interface/content/autor/trabalhos/publicacao/2013/431_AC.pdf>. Anais... Belém, PA. 2013.

JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, P. R. A.; SEKI, A. S.; BUENO, O. C. Análise energética da cultura do crambe (*crambe abyssinica hochst*) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 395-403, 2010.

MAIA, J.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C.P.; SOARES, L.H.B.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; MARCHÃO, R.L.; VILELA, L. Balanço energético da produção de grãos, carne e biocombustíveis em sistemas especializados e mistos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 48 (10), 1323- 1331, 2013.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; DE ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010.

PIMENTEL, D.; PATZEK, T.W. Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. **Natural Resources Research, Springer**, 14 (1), 65-76. 2005.

SANDRI, M. F. A. O. **Simulação do escoamento da produção de milho, soja e trigo dos núcleos regionais de Cascavel e Toledo**. Cascavel, PR. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2006.

SANTOS, R. R.; SIMON, E. J. Análise energética do milho em sistema de plantio direto, no assentamento rural da fazenda Pirituba, Itaberá/SP. **Energia na Agricultura**, v.25, n. 1, p. 121-137, 2010.