

## **ANÁLISE ENERGÉTICA NA AGRICULTURA: FERRAMENTA IMPORTANTE PARA UMA PRODUÇÃO AGRÍCOLA MAIS SUSTENTÁVEL**

**Marísia Cristina da Silva<sup>1</sup>**

**Osmar de Carvalho Bueno<sup>2</sup>**

**RESUMO:** A produção de alimentos e matérias-primas é considerada um dos maiores desafios da atualidade. Assim, os impactos gerados pela atividade da agricultura são muitos, como por exemplo, erosão dos solos, poluição de águas doces e geração de resíduos. Com isso faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias para promover a redução desses impactos. O presente trabalho tem como objetivo apresentar e discutir análises energéticas em sistemas de produção agrícola como uma ferramenta capaz de destacar a dependência dos agroecossistemas de energia externa e de fontes não renováveis, particularmente de fontes fósseis. Assim, com o uso dessa ferramenta, alternativas para uma produção agrícola com menos impacto ambiental pode ser alcançada, proporcionando a ampliação das possibilidades para uma produção mais sustentável.

**Palavras-chave:** Balanço energético. Produção agrícola. Sustentabilidade.

### **1. INTRODUÇÃO**

---

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação Energia na Agricultura - Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP. Pós-graduanda do Curso de Energia na Agricultura. E-mail: mcsilva@fca.unesp.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP. Professor Adjunto. E-mail: osmar@fca.unesp.br

Em meados dos anos 60, o Brasil inicia o processo de modernização na agricultura, trazendo transformações na produção vegetal e animal.

Esse modelo de modernização era baseado na dependência de insumos externos além das operações mecanizadas, com o objetivo de garantir o desenvolvimento e a proteção absoluta de grandes áreas cultivadas com organismos geneticamente homogêneos (Rodrigues, 1999).

A noção de desenvolvimento rural, naquele período, foi moldada pelo "espírito da época", com o ímpeto modernizante (e seus significados e trajetórias), orientando as ações realizadas em nome do processo de modernização da agricultura (NAVARRO, 2001).

Assim, o desenvolvimento rural concebido como sinônimo de modernização acarretou graves problemas no contexto da sustentabilidade, do ponto de vista econômico, social e ambiental, uma vez que os agroecossistemas carregam um elevado grau de ineficiência energética e causam impactos ambientais como a erosão dos solos, a poluição das águas e dos solos por nitratos, fosfatos e agrotóxicos, a contaminação dos agricultores e dos alimentos, a destruição das florestas, a diminuição da biodiversidade e dos recursos genéticos e a destruição dos recursos não renováveis [MENEGETTI,199-].

O desenvolvimento rural sustentável surge reconhecendo a "insustentabilidade" do modelo de desenvolvimento contemporâneo (SCHMITT, 1995).

Os impactos ambientais, que surgiram com a modernização, fizeram nascer à idéia de sustentabilidade. O componente "sustentável" da expressão refere-se exclusivamente ao plano ambiental, indicando a necessidade das estratégias de desenvolvimento rural, incorporarem uma compreensão das chamadas "dimensões ambientais" (NAVARRO, 2001).

Vale ressaltar que houve a necessidade de buscar melhor eficiência na utilização dos recursos naturais, minimizando assim os impactos ambientais, mas também a necessidade de estabilizar os níveis de consumo destes recursos, tornando-se um desafio para solucionar o problema energético mundial (CERVI, 2009).

Em muitas das atividades agrícolas, fontes energéticas de origem não renovável tem sido frequentemente utilizadas tais como, por exemplo, fertilizante industrial e diesel.

A utilização dessas fontes tem por objetivo alcançar a produtividade agrícola em quantidade e qualidade suficiente para manter altos índices economicamente viáveis ao produtor.

Por outro lado, essa utilização tem gerado problemas complexos relacionados não somente às questões ambientais como, também, sociais e econômicas; que ensejam preocupação, com a sustentabilidade da produção de alimentos e matérias-primas.

Neste sentido, a preocupação em desenvolver e implantar sistemas de produção sustentáveis, buscando o equilíbrio entre as dimensões econômica, social, cultural, ambiental e energética, vem ganhando importância em escala nacional e internacional.

Uma das maneiras de se proporcionar a gestão sustentável das atividades agrícolas, por conta de diversos aspectos, tais como, a utilização de insumos de origem fóssil, por exemplo, se efetivam em estudos de análises energéticas.

A realização dessas análises referentes às atividades agrícolas como um todo, se apresenta como importante ferramenta na avaliação dos atuais itinerários técnicos para os fins de suporte na avaliação dos sistemas de produção.

As análises energéticas podem ainda auxiliar a avaliação mais aprofundada de utilização das entradas e saídas de energia; ou seja; os “inputs e outputs” respectivamente, além do grau de dependência energética de um determinado agroecossistema.

O objetivo do presente trabalho é apresentar e discutir análises energéticas em sistemas de produção agrícola como uma ferramenta capaz de destacar a dependência dos agroecossistemas de energia externa e de fontes não renováveis, particularmente de fontes fósseis. Assim, com o uso dessa ferramenta, alternativas para uma produção agrícola com menos impacto ambiental pode ser alcançada, proporcionando a ampliação das possibilidades para uma produção mais sustentável.

## **2. IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO PELA AGRICULTURA MODERNA DEPENDENTE DE FONTES FÓSSEIS**

De acordo com Teixeira (2005), o processo de modernização da agricultura no Brasil teve origem na década de 50 com a chegada de técnicas mais avançadas, de outros países, para a produção agrícola. Mas só nos anos 60 com a instalação no país de um setor industrial voltado para a produção de equipamentos e insumos para a agricultura, que o processo de modernização se concretizou.

O autor ainda destaca que nessa época pretendia-se passar de uma agricultura tradicional, totalmente dependente de recursos naturais, além de praticada por meio de técnicas tradicionais, para uma agricultura mecanizada. Assim, o uso dos fertilizantes industriais e agrotóxicos, oriundos de fontes energéticas não renováveis, acentuou-se na década de 60, apresentando altos índices de utilização. O consumo de fertilizante industrial aumentou a taxa média de 60% ao ano, enquanto que os agrotóxicos cresceram 25% (GRAZINO NETO, 1985).

Dessa forma, a modernização do processo produtivo na agricultura nos anos 70, tornou-se requisito indispensável às novas exigências do setor social e econômico (FLORES, 1991).

Com a implantação desse modelo de desenvolvimento baseado na modernização, a produção de alimentos tornou-se um dos maiores desafios do mundo moderno, pois o crescimento populacional exagerado proporcionou a necessidade de produzir mais alimentos e essa produção vem acompanhada da diversidade de produtos oferecidos pela atividade agrícola.

Pesquisas foram desenvolvidas para que tecnologias inovadoras permitissem o aumento da oferta de alimentos para a humanidade, entretanto, a produção de alimentos na agricultura moderna ainda causa impactos ao meio ambiente.

São diversos esses impactos, como por exemplo, o desmatamento das florestas, a perda da biodiversidade de espécies, a degradação e desertificação dos solos, a poluição e o esgotamento de águas doces, a destruição de mananciais, a poluição atmosférica, a geração de resíduos entre outros.

Esses impactos são mais evidenciados quando a atividade é desenvolvida em sistema de monocultura, ou seja, que cultiva uma única espécie agrícola em uma determinada área.

De acordo com Zimmermann (2009) a monocultura ocorre com maior intensidade no Brasil, especificamente em grandes propriedades rurais. Com o desenvolvimento agrário no país, as grandes culturas receberam apoio do governo como, por exemplo, a cultura da cana-de-açúcar e atualmente a da soja.

No caso da produção de cana-de-açúcar, por exemplo, por ser uma planta de crescimento rápido e assim possuir alta exigência de nutrientes presentes no solo, ocasiona o empobrecimento nutricional do mesmo.

Piacente (2005) destaca que sendo uma monocultura, a cana-de-açúcar causa impactos tais como a perda da biodiversidade, contaminação das águas superficiais e subterrâneas. No caso dos solos, sua contaminação é decorrente da intensificação do uso de adubos químicos, corretivos minerais além da aplicação de herbicidas e agrotóxicos.

O referido autor ainda cita os problemas com a compactação do solo causada pelo tráfego de máquinas e equipamentos agrícolas durante os processos de plantio, tratamentos culturais e colheita; assoreamento de corpos d'água; emissão de fuligem e gases de efeito estufa (GEE) durante a queima de palha para a colheita; danos à flora e fauna, causados por incêndios descontrolados; consumo intenso de óleo diesel, nas etapas de plantio, colheita e transporte; concentração de terras, rendas e condições subumanas do trabalho do cortador de cana.

Diante da intensidade dos impactos provocados pela agricultura moderna que busca atingir a produção de alimentos em larga escala, há necessidade de difundir uma agricultura mais sustentável.

Assim, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) instituiu em junho de 2010 um programa que tem como objetivo aliar a produção de alimentos e a bioenergia para promover a redução dos gases de efeito estufa, denominado, Agricultura de Baixo Carbono (ABC).

Visando a adoção de processos tecnológicos, que possam vir a neutralizar ou mesmo minimizar os efeitos dos gases de efeito estufa no campo, pelos agricultores, o

programa ABC incentiva seis iniciativas básicas como metas e resultados previstos até 2020, como Plantio direto na palha; Recuperação de pastos degradados; Integração lavoura-pecuária-floresta; Plantio de eucalipto e de pinus; Substituição de fertilizantes nitrogenados pela fixação simbiótica de nitrogênio e Tratamento de resíduos animais.

Dessa maneira, a prática da agricultura sustentável pode de fato contribuir para a minimização dos impactos ao meio ambiente. Porém, ainda é evidente a dependência dos agroecossistemas em energia externa não renovável, o que mostra a necessidade da realização de análise energética com o objetivo de estimar essa dependência aos produtores e assim reforçar a ideia de adoção de tecnologias mais sustentáveis do ponto de vista ambiental.

### **3. ANÁLISE ENERGÉTICA DOS AGROECOSSISTEMAS**

Ao falar sobre agroecossistemas, Hecht (1991) observa que estes são ecossistemas agrícolas, que por sua vez têm como objetivo básico a manipulação dos recursos naturais buscando a otimização da captura da energia solar e transferindo-a para as pessoas na forma de alimentos ou fibras.

Segundo Gliessman (2005), ecossistema é um sistema funcional de relações que se complementam, entre organismos vivos e o seu ambiente, com fronteiras de delimitação escolhida arbitrariamente, no espaço e no tempo, as quais parecem manter um equilíbrio dinâmico e estável.

O referido autor ainda define um agroecossistema como uma área de produção agrícola, ou seja, uma propriedade e que é entendida como um ecossistema. Assim, o conceito de agroecossistema para o autor baseia-se em princípios ecológicos e no entendimento dos ecossistemas naturais, além de propiciar estrutura, com a qual posteriormente, podem-se analisar os sistemas de produção de alimentos como um todo, incluindo os seus conjuntos complexos de insumos e produção e as interconexões entre as partes que o compõem.

De acordo com Altieri e Yurjevic (1991), em um agroecossistema, podem estar envolvidos os elementos e/ou fatores externos às unidades de produção, que podem influenciar e/ou determinar a sua dinâmica, como por exemplo, as indústrias de insumos.

Do ponto de vista da sustentabilidade nos agroecossistemas, as fontes energéticas usadas podem ser limitantes. Podem ser renováveis ou não renováveis e podem ser poluidoras ou não poluidoras ao meio ambiente (BASSO, 2007).

Assim, a análise energética em agroecossistemas se faz necessária para identificação das fontes energéticas e posteriormente dimensionar o impacto ambiental que essas fontes podem causar.

De acordo com Bueno (2002), a análise energética pode ser entendida como um processo de avaliação das “entradas” (inputs) e das “saídas” (outputs) de energia dos agroecossistemas.

Já Risoud (2000) afirma que a análise energética é um método que pode avaliar a sustentabilidade da agricultura além de apresentar a complementaridade entre culturas agrícolas e produção animal.

Diante disso, o balanço energético traduz em unidades ou equivalentes energéticos os fatores de produção bem como os consumidores intermediários, apresentando indicadores comparáveis entre si, que potencialmente pode permitir a intervenção no sistema produtivo visando melhorar a eficiência deste (BUENO *et al.*, 2000).

Através de análise energética, em um agroecossistema de algodão em explorações agrícolas familiares, Romero; Bueno (2007) verificaram que o itinerário técnico utilizado pelos agricultores privilegiou a fonte industrial, com participação de 65,79% e foi o fator determinante na matriz energética do sistema, procedente principalmente da utilização de inseticidas, herbicidas e adubação química.

Os autores observaram também a dependência de conjunturas externas e de fontes de energia não renovável, através da fonte de energia fóssil (33,80%), destacando-se nesta a participação do óleo diesel 33,32%.

Na cultura do milho em Sistema Plantio Direto (SPD) em assentamento rural, Santos; Simon (2010) constataram a dependência do SPD de fontes de energia industrial,

provindas de fertilizantes (39,49%) e agrotóxicos (27,74%), e de energia fóssil do óleo diesel (24,94%).

Os autores afirmam ainda que a contribuição do dispêndio energético dos fertilizantes químicos, destacando os nitrogenados, foi determinante para o elevado consumo energético das duas matrizes energéticas estudadas, confirmando a tendência observada em outros trabalhos já realizados.

Para a produção de silagem de milho, Campos *et al.* (2004) observaram que o óleo diesel teve maior participação nos custos energéticos na produção do milho para silagem, correspondendo a 46,84% do total da energia consumida, considerando que entre os combustíveis, o óleo diesel consumiu 98,11% da energia. Os fertilizantes químicos nos dispêndios energéticos participaram com 10,96% da energia e os defensivos, com 25,15%.

Estudando a produção de leite bovino na região de Botucatu/SP, Basso (2007) concluiu que o agroecossistema leiteiro, é altamente dependente da energia de origem industrial, devido à utilização de energia elétrica e fertilizante industrial. A autora ressaltou ainda que para se produzir uma unidade energética de leite é necessária a entrada 1,75 unidades calóricas em média e que a produção de leite do ponto de vista energético é dependente em 18,22% das fontes não renováveis de energia.

## 5. CONCLUSÃO

É evidente que a busca por uma agricultura mais sustentável representa um dos maiores desafios para a humanidade e para o Brasil em especial, por ser um país rico em recursos naturais.

Vale ressaltar que as atividades agrícolas precisam alcançar índices de produção desejáveis, e para que isso ocorra, há necessidade de buscar a competitividade no mercado, com bases sustentáveis de produção.

O aumento do volume de produção de alimentos e de matérias-primas faz-se necessário pela demanda de mercado e futuramente os estudos, pesquisas e tecnologias devem ser desenvolvidos, com o apoio de políticas públicas, para que a sustentabilidade



dos agroecossistemas de produção agrícola apresentem-se de forma eficiente e com o mínimo de impacto ambiental.

Assim, a utilização de ferramentas, como a análise energética, apresenta-se como suporte para o alcance desse objetivo; proporcionando a ampliação das possibilidades para uma produção sustentável.

## REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A., YURJEVIC, A. La agroecologia y el desarrollo rural sostenible en America Latina. Agroecologia y Desarrollo. Santiago, v.1, 1991. Disponível em: <

BASSO, Z. F. C. **Análise energética da produção de leite bovino em explorações familiares na região de Botucatu-SP**. Botucatu, 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu. 2007.

BUENO, O. C.; CAMPOS A. T. de. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: AVANCES EN INGENIERÍA AGRÍCOLA, 2000, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2000. p. 477- 482.

BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural**. 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu. 2002.

CAMPOS, A. T. et al. Balanço energético e sustentabilidade na produção de silagem de milho. In: 5º Encontro de Energia no Meio Rural, 2004, Campinas, SP, Brasil. **Anais...** Disponível: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022004000100030&lng=pt&nrm=iso](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022004000100030&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 08 ago. 2011.

CERVI, R. G. **Avaliação econômica do aproveitamento do biogás e biofertilizante produzido por biodigestão anaeróbia**: Estudo de Caso em Unidade biointegrada. Botucatu/SP. 2009. 57 f. (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu. 2009.

FLORES, M. X. A pesquisa agropecuária no Brasil. Brasília, DF: EMBRAPASEA, 1991. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 6). 23 p.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGRS, 2005. 653p.

GRAZIANO NETO, Francisco. **Questão Agrária e Ecologia: Crítica da Agricultura Moderna**, São Paulo: Brasiliense, 1985.

HECHT, S. B. La evolucion del pensamiento agroecológico: agroecologia y desarrollo. Santiago: CLADES, 1991. p. 2-15.

MENEGETTI, G. A. Desenvolvimento, sustentabilidade e agricultura familiar. Disponível em: <<http://www.emater.tche.br/site/br/arquivos/servicos/biblioteca/digital/art18.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2011.

NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, SP, v.16, n.44, p. 83-100, set/dez. 2001.

PIACENTE, F.J. . **Agroindústria Canavieira e o Sistema de Gestão Ambiental: O Caso das Usinas Localizadas nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. 2005. 181 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico/ Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas. 2005.

Programa ABC: Agricultura de baixo carbono – Programa estimula sustentabilidade com resultados. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/programa-abc>>. Acesso em: 06 ago. 2011.

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

RISOUD, B. **Energy efficiency of various French farming systems**: questions to sustainability. The Netherlands: Wageningen University, 2000. p.18-20. Communication au colloque international "Sustainable energy : new challenges for agriculture and implications for land use".

RODRIGUES, G. S. Conceitos ecológicos aplicados à agricultura. **Revista Científica Rural**, v. 4, n. 2, p. 155-166, dez.1999.

SCHMITT, C. J. **Sociedade, natureza e desenvolvimento sustentável: uma abordagem preliminar**. Porto Alegre: PPGS/UFRGS, março 1995. (Datilog.)



ROMERO, M. G. C.; BUENO, O. C. Análise energética do agroecossistema algodão em explorações agrícolas familiares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2007, Uberlândia. **Anais....** Uberlândia, 2007. 1 CD-ROM.

SILVEIRA, J. T. **Análise energética da produção de leite bovino na fazenda experimental professor Hamilton de Abreu Navarro – ICA/UFMG, em Montes Claros.** 2010. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros. 2010.

TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros - Seção Três Lagoas**, Três Lagoas, MS, v 1, n. 2, ano 2, p. 21-42, set. 2005.

ZIMMERMANN, C. L. Monocultura e transgenia: impactos ambientais e insegurança alimentar. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, MG, v.6, n.12, p. 79-100, jul./dez. 2009.