

**DEMANDA ENERGÉTICA EM DIFERENTES MANEJOS DE SOLO E HÍBRIDOS DE MILHO¹
NEILOR BUGONI RIQUETTI²; SÉRGIO HUGO BENEZ³ & PAULO ROBERTOARBEX SILVA⁴**

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo contabilizar o balanço energético de seis diferentes sistemas de produção: CMT (cultivo mínimo com milho transgênico); CMNT (cultivo mínimo com milho não transgênico); PCT (preparo convencional com milho transgênico); PCNT (preparo convencional com milho não transgênico); PDT (sistema de plantio direto com milho transgênico) e PDNT (sistema de plantio direto com milho não transgênico). O estudo foi realizado na fazenda Experimental Lageado pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp Campus de Botucatu - SP. O balanço energético foi realizado subtraindo-se o total de entradas de energia pelo total de saídas de energia. A eficiência energética foi calculada dividindo-se o total de saídas de energia pelo total de entradas de energia. Os valores totais de entradas e saídas de energia foram expressos em MJ ha⁻¹ (megajoule por hectare). Para o cálculo das entradas foram contabilizadas as energias referentes ao consumo de combustível e lubrificantes, depreciação energética das máquinas e implementos, mão-de-obra e insumos agrícolas. As saídas de energia foram calculadas em função da produtividade da cultura do milho. Os resultados obtidos mostram que o sistema de PDT foi o sistema que apresentou uma melhor eficiência energética e o sistema que apresentou a menor eficiência foi o sistema de PCT. O sistema de menor demanda energética foi o PDT e o de maior demanda foi o PCNT.

Palavras-Chave: Cultivo mínimo, preparo convencional, plantio direto.

¹ Extraído da dissertação do primeiro autor intitulada: Efeito do manejo de solo nos parâmetros agrônômicos e energéticos de híbridos de milho transgênico e não transgênico

² Aluno do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônômicas UNESP, Botucatu – SP. neilor@fca.unesp.br; neilorbugoni@yahoo.com.br

³ Orientador e docente do Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências agrônômicas UNESP, Botucatu / SP. benez@fca.unesp.br

⁴ Co-orientador e docente do Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas UNESP, Botucatu /SP. arbex@fca.unesp.br

ENERGY DEMAND IN DIFFERENT SOIL TILLAGE AND CORN HYBRIDS

SUMMARY: *This study aimed to account the energy balance of six different farming systems: CMT (minimum tillage with transgenic corn); CMNT (minimum tillage with non-transgenic corn); PCT (conventional tillage with transgenic corn); PCNT (conventional tillage with non-transgenic corn); PDT (no-tillage system with transgenic corn) and PDNT (no-tillage system with non-transgenic corn). The study was carried out at the Experimental Farm Lageado FCA/Unesp, Botucatu - SP. The energy balance was performed by subtracting the total energy inputs by the total energy output. Energy efficiency was calculated by dividing the total energy output by the total energy inputs. The total values of energy inputs and outputs were expressed in $MJ.ha^{-1}$ (mega joules per hectare). To calculate the energy inputs were accounted the fuel consumption and lubricants, depreciation energy of machinery and implements, manpower and agricultural inputs. The energy outputs were calculated according to the maize yield. The result shows that the system PDT was the system that had better energy efficiency and the system that had the lowest efficiency was the PCT system. The system with lower energy demand was the PDT and the greatest demand was PCNT.*

Keywords: *Minimum tillage, conventional tillage, no tillage.*

1 INTRODUÇÃO

A degradação acelerada dos recursos naturais e o alto custo energético dos sistemas de preparo de solo convencionais fizeram com que fossem adotados métodos conservacionistas, como o plantio direto e o cultivo mínimo.

No Plantio Direto não se realiza o preparo do solo, havendo uma manutenção do resíduo vegetal presente na superfície do solo, muito importante para a diminuição da erosão, manutenção da temperatura e umidade do solo. Não havendo a mobilização periódica do solo e somando-se a isso o tráfego das máquinas usadas na semeadura, tratos culturais e colheita, pode ocorrer a formação de camadas compactadas, afetando negativamente o desenvolvimento radicular, acarretando em redução na produtividade, principalmente em períodos com pouca umidade do solo.

Quando a compactação for impeditiva para o crescimento das raízes, há a necessidade de romper essas camadas. Esse rompimento é realizado por implementos conhecidos como escarificadores ou subsoadores. Se não for utilizado outro implemento de mobilização do solo antes da semeadura, tal prática é conhecida como cultivo mínimo, que permite uma manutenção da cobertura vegetal, porém como esse

sistema de preparo realiza a mobilização a grandes profundidades e certamente em um solo com elevada resistência ao rompimento, requer um alto consumo de combustível e potência para sua execução, elevando assim a demanda energética do sistema.

De acordo com Campos e Campos (2004), o balanço energético visa estabelecer os fluxos de energia, identificando a demanda total e eficiência, refletida pelo ganho líquido e pela relação saída/entrada. Nesse processo, quantificam-se todos os insumos utilizados e produzidos que são transformados em unidades de energia. Mesmo quando não são completamente precisos, os dados relacionados a consumo e eficiência energética constituem poderosas ferramentas de diagnóstico de sistemas produtivos agrícolas. Pela existência de numerosos trabalhos neste sentido em todas as partes do mundo, justificam-se mais estudos. É necessário visar, em uma primeira instância, o levantamento e a publicação de coeficientes energéticos relacionados aos produtos, equipamentos, insumos e instalações característicos brasileiros, de forma semelhante aos trabalhos coordenados por Pimentel (1980), que venham a fornecer subsídios para o desenvolvimento de balanços energéticos com melhor nível de precisão.

Freitas et al. (2006) consideram que grande parte dos balanços energéticos que se fundamentam em matrizes e coeficientes técnicos institucionais computam a saída de energia com base na produtividade expostas nessas planilhas, as quais são esperadas e não necessariamente obtidas e que, os estudos de caso, em menor número na literatura, mensuram o balanço energético tendo como base a produtividade efetivamente alcançada. Nesse caso, os resultados da eficiência energética são mais precisos. O mesmo autor afirma que no sistema convencional a colheita é o item que mais consome energia (24%). Porém agregando-se o conjunto de operações pertinentes ao preparo do solo (aração, subsolagem e gradagem), a energia gasta nesta etapa da produção de milho assume maior importância, 33%.

Diferentes sistemas de produção têm diferentes demandas por energia dependendo do tempo de uso de máquinas e implementos, consumo de combustível, herbicidas e inseticidas. As culturas modificadas geneticamente, seja para resistência a pragas ou herbicidas, geralmente, requerem menor quantidade de energia, devido à redução no número de aplicações de agrotóxicos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a demanda energética exigida por diferentes sistemas de manejo de solo com híbrido de milho transgênico e não transgênico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2009/2010, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, localizada no município de Botucatu - SP, na região centro oeste do Estado de São Paulo, tendo como coordenadas geográficas aproximadas de Latitude

22° 51' S e Longitude 48° 26' W de Greenwich, altitude média de 770 m, clima subtropical chuvoso, apresentando inverno seco, tipo Cfa, de acordo com o critério de Köppen.

O solo da área experimental foi classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico de acordo com a classificação da Embrapa (1999). A área experimental vem sendo cultivada com plantio direto há 11 anos.

Os tratamentos constaram de seis diferentes sistemas de produção: CMT (cultivo mínimo com milho transgênico); CMNT (cultivo mínimo com milho não transgênico); PCT (preparo convencional com milho transgênico); PCNT (preparo convencional com milho não transgênico); PDT (sistema de plantio direto com milho transgênico) e PDNT (sistema de plantio direto com milho não transgênico).

Para a dessecação da área para implantação do experimento foi utilizado pulverizador marca Jacto modelo FalconVortex com capacidade de 600 L e barra de 14 m equipada com 29 bicos SF 11002, espaçados em 0,5 m com massa total de 730 kg e um trator marca Massey Ferguson modelo 296 4x2 simples com potência de 80,91 kW (110 cv) no motor e massa total de 4463 kg.

Para a realização dos preparos do solo, semeadura e determinação de consumo de combustível foi utilizado um trator marca John Deere, modelo 6600 com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), com potência de 89 kW (121 cv) no motor e massa total de 4053 kg com rotação de 2100 rpm na marcha B1.

Para o acionamento da debulhadora de grãos foi utilizado um trator Massey Ferguson modelo 50X com potência de 36,78 kW (50 cv) no motor e rotação de 1600 rpm.

Para o cultivo mínimo foi utilizado um escarificador, marca Jan, modelo Jumbo Matic JMAD-7, de arrasto, equipado com sete hastes parabólicas espaçadas em 0,4 m, comprimento de 0,43 m e massa total de 1400 kg.

Para o preparo convencional foi utilizada uma grade aradora intermediária Marchesan modelo GAICR com 20 discos recortados em ambas as seções, espaçados em 0,27 m, 28 polegadas de diâmetro, largura de corte de 2,57 m e massa total de 2272 kg.

A semeadura foi realizada com uma Semeadora-adubadora de precisão marca Semeato modelo PS-6 com quatro linhas de semeadura e massa total de 1575 kg. A carga aproximada utilizada foi de aproximadamente 200 kg, somados o adubo e a semente.

A adubação em cobertura foi realizada com trator New Holland modelo TL75E com potência de 55,16 kW (75 cv) no motor e massa total de 3260 kg e um cultivador Marchesan modelo CPD de quatro linhas com massa total de 434 kg.

Foram utilizados os seguintes defensivos agrícolas durante a condução do experimento: Herbicida Roundup (Glifosate) WG, 720 g kg⁻¹ de ingrediente ativo (i.a.) na dose de 2,0 kg ha⁻¹ na dessecação da área experimental para a implantação da cultura. Herbicida Atrazina Nortox (Atrazine) 500 SC, 500 g L⁻¹ i.a. na dose de 3,0 L ha⁻¹. Herbicida Sanson (Nicosulfuron) 40 SC, 40 g L⁻¹ i.a. na dose de 0,4 L ha⁻¹ para o con-

trole de plantas invasoras em pós-emergência da cultura do milho. Inseticida Tracer (Espinosa, 480 g L⁻¹.i.a.) na dose de 0,06 L ha⁻¹ para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Em todas as aplicações realizadas o volume de calda utilizado foi de 200 litros por hectare.

As sementes de milho utilizadas para semeadura foram do híbrido 2B604 e de seu isogênico 2B604 Hx (Herculex) transgênico.

Na adubação de base foram utilizados 300 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16 (N, P₂O₅, K₂O) e na adubação em cobertura 200 kg ha⁻¹ de uréia (45% de Nitrogênio).

Para a determinação do consumo de combustível foi utilizado um fluxômetro, marca “Flowmate”, modelo Oval M-III, com precisão de 0,01 L.

O balanço energético foi realizado por meio de entradas e saídas de energia de cada sistema de produção.

Para a determinação dos coeficientes caloríficos das máquinas e implementos fez-se uso da metodologia proposta por Döering et al. apud Comitre (1993) e Bueno (2002) denominada “Depreciação Energética” que tem como parâmetro o peso das máquinas e dos pneus, depreciando-os durante sua vida útil, restando ao final somente a energia embutida na matéria prima de seu processo de fabricação, motivo pelo qual a energia contida na matéria prima não é considerada no cálculo da energia direta e sim, apenas àquela relativa ao valor adicionado na sua fabricação e as correspondentes ao seu reparo e manutenção que, segundo Comitre (1993), são estimados em 5% e 12%, respectivamente sobre o valor energético.

A depreciação energética (DE) de máquinas e implementos foi calculada segundo Comitre (1993) de acordo com a expressão:

$$DE = \frac{A + B + C + D}{Vu}$$

Onde:

DE = Depreciação energética (MJh⁻¹)

A = Produto da massa das máquinas ou implementos pelos coeficientes energéticos

B = 5% do valor de A.

C = Produto da massa de pneus das máquinas ou implementos pelo coeficiente energético

D = 12% do valor de A+B+C

Vu = Vida útil das máquinas e equipamentos

Como resultado dessa expressão obtém-se a depreciação energética das máquinas ou implementos em cada hora. Para calcular a depreciação em cada hectare o resultado obtido foi multiplicado pelo tempo de utilização de cada máquina ou implemento por hectare.

O coeficiente energético utilizado para máquinas foi de 69830,96 MJ ton⁻¹ e de 57195,28 MJ ton⁻¹ para implementos (MACEDÔNIO; PICCHIONI, 1985). Para pneus o coeficiente energético utilizado foi de 85829,4 MJ ton⁻¹, valor esse proposto por Döering e Peart apud Comitre (1993).

A vida útil das máquinas e implementos foi utilizada de acordo com Pacheco (2000) onde a vida útil de um trator é de 10000 horas; grade, cultivador e escarificador 2000 horas e o pulverizador 1200 horas.

A massa total das máquinas, implementos e pneus foi obtida junto aos catálogos dos fabricantes.

Os valores energéticos dos combustíveis empregados na fase agrícola foram os sugeridos por Comitre (1993), cujos valores são: óleo diesel de 38534,64 kJL⁻¹, lubrificante de 35940,56 kJL⁻¹ e graxa de 39036,72 kJkg⁻¹.

O consumo de lubrificantes e graxa foi determinado conforme Balastreire (1990) de acordo com a expressão:

$$C_o = 0,00059H + 0,02169$$

Onde:

C_o = Consumo de lubrificante (L h⁻¹)

H = Potência nominal do motor do trator (kW)

O consumo de graxa fica em torno de 0,5kg a cada 10 horas de trabalho do trator.

Para os nutrientes aplicados na produção utilizaram-se os seguintes coeficientes energéticos: Nitrogênio total 62,51 MJ kg⁻¹, P₂O₅ 9,63 MJ kg⁻¹ e para o K₂O 9,21 MJ kg⁻¹, conforme Bueno (2002).

Para os defensivos agrícolas foram utilizados os coeficientes propostos por Pimentel (1980), sendo para os herbicidas 347,88 MJ kg⁻¹ e para os inseticidas 311,08 MJkg⁻¹, considerando que 1 litro possui a massa de 1kg.

Como a colheita do experimento foi realizada manualmente, não foram computados os dispêndios energéticos com essa operação. Também não foram computados os gastos com relação ao transporte dos grãos do campo para o armazém e tampouco os gastos para secagem e beneficiamento dos mesmos.

A energia gasta com mão-de-obra foi calculada de acordo com Campos et. al. (1998), sendo 2196 kJhora⁻¹. Para as operações de pulverização, semeadura e cobertura é necessário o uso da mão-de-obra de mais uma pessoa para o abastecimento da máquina, portanto, nessas operações o tempo total necessário de

mão-de-obra foi determinado pelo número de horas necessário para a realização da operação multiplicado por dois.

Para o cálculo do gasto energético com sementes para a semeadura foi utilizado o coeficiente 33229,12 kJkg⁻¹ para o milho híbrido e de 16614,56 kJkg⁻¹ de grão de milho colhido (PIMENTEL et al., 1973).

Os dados não foram submetidos à estatística devido a que o dispêndio total de energia foi resultado da somatória de vários fatores não comum a todos os sistemas de manejo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No sistema de CMT comparado com o sistema de PDT há um aumento de consumo de energia relativo à operação de escarificação, sendo o consumo de combustível responsável pelo maior aumento.

Em todos os sistemas de produção o uso de energia relativo a herbicidas e nutrientes utilizados na semeadura e cobertura são sempre os mesmos e são estes fatores que constituem o maior consumo de energia em todos os sistemas de produção, sendo maiores que a energia relativa ao consumo de combustível.

Os valores de entradas de energia no sistema de preparo convencional não foram muito superior às entradas no cultivo mínimo devido a não realização de qualquer gradagem niveladora, portanto, ficando apenas com uma gradagem intermediária.

A Tabela 1 mostra que o saldo de energia entre o PDT e o PDNT foi de 2023,69 MJ ha⁻¹; entre o CMT e o CMNT foi de 5663 MJ ha⁻¹; e no PCT com PCNT foi de - 9662,86 MJ ha⁻¹. Nota-se que o PCT demandou menor quantidade de energia comparado com o PCNT, porém a saída de energia foi maior no PCNT devido à maior produtividade desse sistema, o que resultou em uma maior eficiência energética.

Tabela 1 - Balanço energético dos sistemas de produção.

Sistema de produção	Entrada (MJ ha ⁻¹)	Saída (MJ ha ⁻¹)	Saída – Entrada (MJ ha ⁻¹)
PDT	11.532,25	161.742,74	150.210,49
PDNT	11.645,27	159.832,07	148.186,80
CMT	12.237,08	160.762,48	148.525,40
CMNT	12.350,82	155.213,22	142.862,40
PCT	12.156,89	140.376,42	128.219,53
PCNT	12.379,69	150.262,08	137.882,39

A eficiência energética, ou seja, quanto de energia foi retirado em função da energia aplicada em cada sistema de produção foi calculada pelo quociente entre a quantidade de energia que saiu do sistema pela quantidade de energia que entrou no sistema e os resultados são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Eficiência energética dos sistemas de produção.

Sistema	Eficiência energética
PDT	14,03
PDNT	13,73
CMT	13,14
CMNT	12,57
PCT	11,55
PCNT	12,14

A maior eficiência energética, assim como a energia líquida foi maior no sistema de produção plantio direto com milho transgênico, seguida pelo plantio direto com milho não transgênico, depois pelo cultivo mínimo com milho transgênico, cultivo mínimo com milho não transgênico, preparo convencional com milho não transgênico e por último pelo preparo convencional com milho transgênico.

Pracucho et al. (2007), avaliando o balanço energético da cultura do milho em duas propriedades obtiveram uma eficiência energética de 18,20 e 21,33, ressaltando que na propriedade onde a eficiência foi menor, o produtor utilizava maior quantidade de insumos, particularmente fertilizantes químicos, para aproveitar o efeito residual para o próximo plantio, pela expectativa de maior produtividade.

Campos et. al (2009), estudando a análise energética da produção da soja em plantio direto constatou que o consumo energético com óleo diesel, sementes e herbicidas, representaram 29,43%, 27,50% e 22,26%, respectivamente, do total de energia consumida, evidenciando a grande dependência de energia não sustentável. No sistema estudado, foi verificada eficiência energética de 18,64%, atribuída ao plantio direto.

4 CONCLUSÕES

O sistema de maior dispêndio energético foi o preparo convencional com milho não transgênico e o de menor gasto energético foi o plantio direto com milho transgênico.

O sistema de produção que apresentou a melhor eficiência energética foi o plantio direto com milho transgênico e o de menor eficiência foi o preparo convencional com milho transgênico.

5 REFERÊNCIAS

BALASTREIRE , L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 307 p.

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

CAMPOS, A. T. et al. Análise energética da produção de soja em sistema plantio direto. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 02, n. 02, p.38 - 44, maio/ago. 2009.

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

CAMPOS, A.T. et al. Balanço econômico e energético na produção de silagem de milho em sistema intensivo de produção de leite. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.9, n.1, p.10-20, 1998.

COMITRE, V. **Avaliação energética e aspectos econômicos da filière soja na região de Ribeirão Preto - SP**. 1993. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola / Planejamento Agropecuário) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

FREITAS, S. M. et. al. Análise comparativa do balanço energético do milho em diferentes sistemas de produção. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sober, 2006. p. 01-13.

MACEDÔNIO, A. C.; PICCHIONI, S. A. **Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária**. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura, 1985. v. 1.

PACHECO, E. P. Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas. **Documentos Embrapa Acre**, Rio Branco, n. 58, 2000. 21p.

PIMENTEL, D. Energy inputs for the production formulation, packaging, and transport of various pesticides. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton, CRC, 1980. p. 45-48.

PIMENTEL, D. et al. Food production and the energy crises. **Science**, Washington, v. 182, p. 443-449, Nov. 1973.

PRACUCHO, T. T. G. M. et al. Análise energética e econômica da produção de milho (*Zeamays*) em sistema de plantio direto em propriedades familiares no município de Pratânia-SP. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 22, n. 02, p. 94 - 109, 2007.