

ANÁLISE ENERGÉTICA DO MILHO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, NO ASSENTAMENTO RURAL DA FAZENDA PIRITUBA, ITABERÁ/SP¹

RICARDO RODRIGUES DOS SANTOS² & ELIAS JOSÉ SIMON³

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi analisar do ponto de vista energético o agroecossistema milho, em sistema de plantio direto, localizado na área III do projeto de assentamento de trabalhadores rurais Pirituba II, no município de Itaberá/SP. A análise energética quantificou todas as operações realizadas, juntamente com suas exigências físicas, os insumos utilizados e os grãos produzidos, classificando-os em seus respectivos fluxos, a partir da definição das entradas e saídas de energia, traduzindo-os em equivalentes energéticos e determinando, assim, a matriz energética do agroecossistema. Os índices calóricos utilizados foram os de eficiência cultural e e

nergia cultural líquida. Os resultados desta pesquisa demonstraram a dependência do sistema de fontes de energia industrial, provindas de fertilizantes (39,49%) e agrotóxicos (27,74%), e de energia fóssil do óleo diesel (24,94%). Os valores energéticos, referentes aos tipos de energia direta e indireta, apresentaram grandezas distintas, significando que as fontes energéticas utilizadas encontram-se pouco equilibradas. A eficiência cultural encontrada foi de 12,86 e a energia cultural líquida atingiu 115.025,92 MJ x ha⁻¹. Num segundo momento, os dados obtidos foram comparados aos publicados por Bueno (2002), que realizou sua pesquisa no sistema de plantio convencional, onde as entradas culturais de ambos os sistemas apresentaram valores distintos, com 9.696,97 MJ x ha⁻¹ (plantio direto), e 8.783,78 MJ x ha⁻¹ (convencional). As saídas úteis tiveram resultados diferentes com 124.722,89 MJ x ha⁻¹ e 79.118,38 MJ x ha⁻¹, respectivamente. Portanto, a energia cultural líquida foi bem maior no sistema estudado (115.025,92 MJ x ha⁻¹) comparativamente ao sistema convencional (70.334,60 MJ x ha⁻¹). Também, é importante salientar que o dispêndio energético dos fertilizantes nitrogenados contribuiu para o elevado consumo energético das duas matrizes energéticas estudadas, e que há pouca contribuição da energia de fonte biológica em ambos os sistemas.

¹ Parte da dissertação de mestrado do 1º autor intitulada: Análise energética do milho em sistema de plantio direto, em assentamento rural, Itaberá/SP.

² Aluno do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura, FCA/UNESP, Botucatu/SP, Brasil, ricardopmb@hotmail.com

³ Orientador e docente do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA/UNESP, Botucatu/SP, Brasil, ejsimon@fca.unesp.br

Palavras-chave: Análise energética, balanço energético, plantio direto, milho.

CORN ENERGETIC ANALYSIS AT DIRECT PLANTING SYSTEM, AT A RURAL SETTLEMENT, ITABERÁ/SP.

***SUMMARY:** The aim of this work was to proceed, from the energetic point of view, an analysis of a corn agroecosystem, on the direct planting, located at Pirituba II rural workers placement project, Área III, city of Itaberá/SP. The energetic analysis measured all operations, together with its physical demands, the inputs and produced grains, classifying them within their respective flux, based on the definition of energy inputs and outputs, converting them into energetic equivalents and, so, determining the energetic matrix of the agroecosystem. The caloric index used were cultural efficiency and cultural liquid energy*

. The results showed the dependence of the studied systems on the chemical energy sources, from fertilizers (39,49%), agrottoxics (27,74%), and fossil energy of diesel (24,94%). The energetic values of the direct and indirect energy showed a very big difference between them, what means that the energy sources used in the system are not balanced. The cultural efficiency found was 12,86 and cultural liquid energy got to 115.025,92 MJ x ha⁻¹. Later on, obtained data was compared to already existing data in Bueno (2002), who researched conventional planting system. The cultural inputs of both systems were energetically different: 9.696,97 MJ x ha⁻¹ (direct planting), e 8.783,78 MJ x ha⁻¹ (conventional planting). The outputs had very different results: 124.722,89 e 79.118,38 MJ x ha⁻¹, respectively. So, we had much more cultural liquid energy on the studied system: 115.025,92 MJ x ha⁻¹, compared to conventional system: 70.334,60 MJ x ha⁻¹. The energetic loss of nitrogenated fertilizers contributed for the high energetic loss of both energetic studied matrices. There are few contribution from biological energy source in both systems.

Keywords: Energy analysis, energetic balance, direct planting, corn.

1 INTRODUÇÃO

O atual desenvolvimento industrial e a expansão urbana acentuam cada vez mais o papel fundamental da agricultura como transformadora e consumidora de energia à medida que atende as

necessidades energéticas da sociedade através de alimentos para o homem e matérias-primas para a indústria. Diante dessa demanda, a agricultura passou a utilizar em seu processo de produção, além das energias encontradas livremente na natureza (energia solar, ar, água, nutrientes orgânicos e minerais do solo), mais intensamente as energias adicionadas pelo homem como fertilizantes, combustíveis, agrotóxicos, etc. (CARVALHO & LUCAS JÚNIOR, 2001).

Este modelo de produção agrícola, que acabou por se generalizar em várias regiões do mundo, é conhecido por ser um conjunto tecnológico constituído de animais e variedades vegetais melhorados geneticamente, insumos originados na indústria química e farmacêutica, completado pelo uso de máquinas agrícolas movidas por combustíveis fósseis e energia elétrica. Por sua vez, a generalização dessa forma de produzir a despeito dos benefícios relativos ao aumento da produção e produtividade, ajudou também a disseminar problemas como a erosão e o aumento da degradação dos solos mais susceptíveis, principalmente no tocante ao manejo, que implica, por vezes, em grande mobilização de terra em algumas fases do ciclo produtivo (VEIGA FILHO & OLIVEIRA, 2002).

Conseqüentemente, esse modelo de produção que privilegia o uso de insumos energéticos, principalmente os de origem fóssil, apresentando dependência energética de regiões distantes, que promove a degradação ambiental e compromete o grau de sustentabilidade da agricultura, deve ser objeto de preocupação da sociedade. Pois, segundo Carmo (1998), dentre as principais características para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável é necessário que a mesma possua alta eficiência energética e recicle grande parte da energia introduzida e produzida.

Em termos econômicos, a vantagem do plantio direto é expressa no menor custo representado pela redução das horas-máquinas empregadas e, conseqüentemente, no menor gasto com combustíveis e lubrificantes (OLIVEIRA & VEIGA FILHO, 2002; BERTOL & FISHER, 1997).

Segundo INCRA/FAO (2000), em 1995 a participação dos estabelecimentos agropecuários familiares no Valor Bruto da Produção (VBP) de milho atingiu 48,6%, quase a metade de todo o VBP do milho produzido no Brasil, sendo a agricultura familiar a principal geradora de postos de trabalho no meio rural brasileiro, mesmo dispondo de apenas 30% da área.

Bergamasco (1993) constatou, também, a importância do caráter familiar na agricultura no estado de São Paulo. A autora demonstrou que 54,5% dos estabelecimentos paulistas eram constituídos pelo conjunto de unidades familiares.

Em estudo feito pelo ITESP (1998), referente à safra 97/98, o milho esteve entre as culturas que mais se destacaram nos assentamentos rurais do estado de São Paulo, seja pela área ocupada ou pelo número de famílias envolvidas, com uma área ocupada de 11.446 ha e um número de 2.864 produtores envolvidos com essa cultura, correspondendo a 39,40% da área total utilizada por culturas anuais e presente em mais de 50% dos lotes.

Conseqüentemente, observar a produção desse agroecossistema milho em seu sistema de plantio, buscando compreender a sustentabilidade da agricultura nesta forma de organização social de produção, que são os assentamentos rurais, torna-se justificado.

Com vistas à avaliação da sustentabilidade dos agroecossistemas, pode-se dizer que a abordagem energética e/ou análise de fluxos de energia é uma forma de avaliação do seu nível de desenvolvimento. A relação entre a energia contida nos alimentos e a energia contida nos insumos gastos para a sua produção é uma das alternativas para avaliar a sustentabilidade da agricultura (SCHROLL, 1994). Portanto, a análise energética ao apresentar índices que relacionam entradas e saídas de energia no agrossistema, justificar-se-á enquanto instrumento complementar de avaliação do processo produtivo (BUENO, 2002); principalmente como importante instrumento no monitoramento da agricultura ante ao uso de fontes de energia não-renováveis.

O objetivo deste trabalho foi proceder uma análise energética, utilizando indicadores que permitam, caso necessário, a intervenção no sistema produtivo visando melhorar sua eficiência. Num segundo momento, a partir desses resultados, compará-los aos índices calóricos publicados por Bueno (2002), que realizou pesquisa neste mesmo agroecossistema, ano agrícola e área, porém em duas glebas diferentes que empregavam o sistema convencional de produção. Comparação, esta, que visa subsidiar a tomada de decisões nas ações no interior do agroecossistema, possibilitando a utilização mais racional dos recursos não-renováveis, assim como, uma avaliação acerca do sistema de produção agrícola adotado no assentamento rural.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido na Área III do Projeto de Assentamento de Trabalhadores Rurais Pirituba II, em uma gleba de 139,2 ha, situado no município de Itaberá, no sul do Estado de São Paulo, na área de gestão da Cooperativa de Produção Agropecuária Vó Aparecida - COPAVA, que tem características peculiares como a gestão e trabalho agrícola processados coletivamente, contando com 31 famílias participantes.

O trabalho foi realizado em um agrossistema de milho, no sistema de plantio direto, fazendo-se uma análise energética destinada a quantificar todas as operações realizadas, a partir das exigências físicas dos fatores de produção, dos insumos utilizados e dos grãos produzidos, classificando-os em seus respectivos fluxos, a partir da definição das “entradas” e “saídas” de energia do agroecossistema, traduzindo-os em equivalentes energéticos e determinando, assim, a matriz energética do agroecossistema.

Os índices calóricos utilizados foram os de eficiência cultural ($\frac{\text{“saídas” úteis}}{\text{“entradas” culturais}^{-1}}$) e e

nergia cultural líquida (“saídas” úteis - “entradas” culturais).

Os itens da matriz energética utilizadas foram os seguintes:

- Entradas de energia (*inputs*): mão-de-obra e/ou trabalho humano, sementes (origem biológica); óleo diesel, lubrificantes e graxa (origem fóssil). Ambas as origens: biológica e fóssil, foram consideradas energia de entrada do tipo Direta. As máquinas, implementos, corretivos de solo, fertilizantes químicos e agrotóxicos foram consideradas formas de entrada de energia de origem industrial do tipo Indireta.

- Saídas de energia (*outputs*): grãos de milho colhidos.

Os valores calóricos observados nas entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) da matriz energética são embasados e justificados na revisão de literatura.

Os dados foram coletados a partir das cadernetas de controle da produção da prestação de contas da safra do ano agrícola 1999/00.

Outro fator importante desta escolha se deu pela comparação com dados já existentes em Bueno (2002), que realizou sua pesquisa com o agroecossistema milho, no mesmo ano agrícola (1999/00), na mesma área citada, com duas glebas (135,52 ha), no sistema de plantio convencional. Cabe destacar, entretanto, que observações realizadas junto a Cooperativa de Produção Agropecuária Vó Aparecida - COPAVA, em 17/09/2005, demonstraram que a mesma não utiliza mais o sistema convencional, em se tratando do agroecossistema milho, pois, com o sistema de plantio direto, a mesma observou uma maior umidade e qualidade do solo, uma redução gradual do uso de herbicidas, assim como diminuição dos custos com manutenção de máquinas. Ainda, segundo relatos, o processo erosivo tem diminuído devido à adoção de rotação de culturas. Tem-se observado, também, uma maior produtividade a partir da adoção do novo sistema de plantio.

A reconstituição do itinerário técnico do agroecossistema milho em questão foi feita através de cadernetas de campo arquivadas na cooperativa. Foram oito operações: calagem, aplicação de herbicida (manejo), semeadura e adubação, aplicação de herbicida (pós-emergente), adubação de cobertura, aplicação de inseticida, colheita mecanizada e transporte interno (realizado na implantação, desenvolvimento e parte final da cultura).

Todas as operações estão detalhadas conforme demonstra o plano de pesquisa realizado em campo. A unidade energética utilizada foi o Joule (J), de acordo com o sistema internacional. O índice de 0,24 foi adotado para a conversão de Joule (J) em caloria (cal), e o índice de 4,16667 para a conversão de caloria (cal) em Joule (J), sendo que na apresentação final dos dados, os resultados foram aproximados em duas casas decimais.

2.1 Entradas energéticas

2.1.1 Energia direta de origem biológica

- Mão-de-Obra

O cálculo da energia investida pelos agricultores nas diversas operações que caracterizaram o itinerário técnico, foram baseados nas informações oriundas das cadernetas de anotações da Cooperativa e entrevistas realizadas com os próprios produtores familiares assentados, anotados em formulário próprio, apontando o gênero, massa, altura, idade de cada um, associando-se à operação desenvolvida.

Na posse dos dados, foi determinado o gasto de energia no repouso (GER) ou metabolismo basal (MB) de cada agricultor por intermédio da equação a seguir expressa em kcal.

Como somente trabalharam homens nas operações do sistema estudado, a equação utilizada é somente a de gênero masculino:

$$\text{GER} = 66,5 + 13,75 P + 5,0 A - 6,78I$$

Sendo:

P = massa, em kg;

A = altura, em cm; e,

I = idade, em anos completos.

A metodologia utilizada divide o período do dia (24 horas) em três frações ou períodos, segundo o modo de ocupação em número de horas, onde somente o tempo de trabalho varia: tempo do sono (2/6 do GER 24 h), tempo de trabalho ($\frac{X}{6}$ do GER 24 h) e tempo de ocupações não-profissionais (3/6 do GER 24 h)

No caso do trabalho exceder 8 horas, retirou-se o tempo daquele reservado às ocupações não-profissionais, preservando o período de repouso.

Como as operações e seus detalhamentos exigem níveis diferentes de dispêndio energético, adotou-se os valores apresentados por Bueno (2002), para as atividades similares proposta por Carvalho et al (1974), exposto na tabela a seguir:

Tabela 1 – Comparativo de dispêndio de energia de agricultores por tipo de trabalho agrícola, em fração correspondente ao GER, em ordem crescente.

Tipo de trabalho		
Carvalho et al. (1974)	Comparativo dos agricultores da Cooperativa	Dispêndio de energia
Condução de trator	Condução de trator, colheitadeira e caminhão	3/6 do GER 24 h
Atomização com canhão	Plantio e adubação	5/6 do GER 24 h
Empa (carpa)	Adubação de cobertura	6/6 do GER 24 h
Atomização com equipamento dorsal, poda	Transporte de sementes e adubos	7/6 do GER 24 h
Colocação de tutores e empar, aplicação de herbicida (pulverizador de dorso), plantio de batatas.	Aplicação de calcário	8/6 do GER 24 h

Fonte: Bueno (2002).

- Sementes

O material utilizado foi a semente 909 Agroceres, na quantidade de 15,2 kg x ha⁻¹. O valor energético adotado por quilo de semente de milho foi de 7.936,65 kcal.

2.1.2 Energia direta de origem fóssil

4.6.1.1

- Óleo diesel, óleo lubrificante e graxa

O consumo de óleo diesel foi determinado pelas cadernetas de campo, utilizando 14% como fator de insumo-produção para o poder calorífico do óleo diesel obtendo-se o coeficiente energético de 10.442,4 kcal x l⁻¹. Gastou-se 55,59 litros por hectare deste combustível.

O consumo de lubrificantes e graxas, após consulta às cadernetas de campo da cooperativa, demonstrou ser igual aos de Bueno (2002), devido às máquinas e implementos utilizados nas operações do plantio direto serem os mesmos utilizados pela Cooperativa nas operações do plantio convencional estudados pelo mesmo autor, exceto os implementos usados nas operações de subsolagem e gradagem que não foram realizadas no sistema estudado. Devido a isto, os valores dos pontos de engraxamento e lubrificação utilizados neste estudo são os mesmos do autor citado, e os coeficientes energéticos adotados são: $9.420 \text{ kcal} \times \text{l}^{-1}$ para os óleos lubrificantes e $10.361,52 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$ para a graxa.

2.1.3 Energia indireta de origem industrial

- Máquinas e implementos

Três modelos de tratores Valmet foram utilizados durante o itinerário técnico: 785, 980 4X4 turbo e 985S, com potências diferenciadas entre si. São os mesmos tratores utilizados no plantio convencional estudado por Bueno (2002), portanto a depreciação energética será considerada a mesma. Também, além das máquinas e seus contrapesos, o caminhão Mercedes Bens 1113 e os implementos utilizados foram os mesmos, exceto os implementos utilizados nas operações de subsolagem e gradagem niveladora.

- Corretivos de solo

Foram gastos 29.000 kg de calcário dolomítico na calagem da área em estudo (139,2 ha); portanto, foram utilizados 208,33 kg de calcário por hectare. Foi adotado o equivalente energético do calcário no valor de $40 \text{ kcal} \times \text{ha}^{-1}$.

- Fertilizantes químicos

Foram utilizados 23.200 kg de adubo químico 8-20-20 em área total no plantio, o que corresponde à $166,67 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$.

Na cobertura foram utilizados 26.100 kg de sulfato de amônio, sendo gastos $187,5 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$.

Os equivalentes energéticos adotados são os seguintes: $14.930 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$ de “N”; $2.300 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$ de “ P_2O_5 ”; e, $2.200 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$ de “ K_2O ”. Porém, seguindo a linha adotada por Bueno (2002), na conversão das unidades físicas de N total, P_2O_5 e K_2O em equivalentes energéticos, acrescentou-se 0,50

MJ x kg⁻¹ de fertilizantes aplicados, referente ao transporte marítimo, face ao volume das importações dos adubos, que é representativo.

- Agrotóxicos⁴

Foram utilizados 580 litros de herbicida Roundup para manejo (pré-semeadura), sendo gastos 4,1667 L x ha⁻¹ (correspondente à 4,8750 kg x ha⁻¹). Os herbicidas pós-emergentes Sanson e Atrazina foram utilizados na seguinte proporção: 58 e 290 litros, respectivamente. Por hectare gastou-se 0,4167 L x ha⁻¹ (ou 0,4167 kg x ha⁻¹) de Sanson e 2,0833 L x ha⁻¹ (2,2333 kg x ha⁻¹) de Atrazina.

Foram, também, utilizados 19 litros de inseticida Furadan, correspondendo a 0,1365 L x ha⁻¹ (0,1501 kg x ha⁻¹) e, 17,4 litros de inseticida Valon, correspondendo a 0,1250 L x ha⁻¹ (0,1245 kg x ha⁻¹).

2.2 Saídas energéticas (úteis)

Foram consideradas como saídas energéticas (*outputs*) a produção física obtida multiplicada pelo seu valor calórico (3.968,32 kcal x kg⁻¹). Foram desconsiderados os restos culturais, no computo da produção física, pela sua usual incorporação ao solo e conseqüente reaproveitamento no processo.

A produção física do agroecossistema milho estudado foi 17.500 sacas de 60 kg cada (1.050.000 kg) em 139,2 hectares, isto é, a produtividade foi 125,72 sacas ou 7.543,10 kg por hectare.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise energética quantificou a energia diretamente consumida e a indiretamente utilizada nos pontos previamente estabelecidos do sistema produtivo em estudo. As entradas energéticas foram classificadas por Tipo (direta e indireta), Fonte (biológica, fóssil e industrial), e Forma (mão-de-obra, sementes, combustível, lubrificantes, graxa, máquinas e implementos, corretivos, fertilizantes e agrotóxicos).

A discussão dos mesmos foi apresentada em dois momentos: apresentação da matriz energética calculada e, outro, a comparação com os resultados obtidos por Bueno (2002).

⁴ Os valores em litro foram convertidos para quilograma usando-se a densidade em g/cm³ informada pelos fabricantes dos produtos. $d_{\text{Roundup}} = 1,170$, $d_{\text{Sanson}} = 1,000$, $d_{\text{Furadan}} = 1,100$, $d_{\text{Atrazina}} = 1,072$ e $d_{\text{Valon}} = 0,996$. Os coeficientes energéticos foram obtidos de Pimentel (1973) e correspondem a 83.090 kcal x kg⁻¹ para os herbicidas e 74.300 kcal x kg⁻¹ para os inseticidas.

3.1 Matriz energética do agroecossistema milho

A energia cultural líquida e a eficiência cultural do agroecossistema milho estão apresentadas na tabela 2, através de uma matriz energética onde entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) de energia foram quantificadas e contabilizadas em unidades energéticas.

Tabela 2 – Matriz energética por tipo, fonte e forma, entradas culturais, saídas úteis, energia cultural líquida e eficiência cultural do agroecossistema milho, em MJ x ha⁻¹ e suas devidas participações percentuais.

TIPO, Fonte e forma	Entradas culturais	
	MJ x ha ⁻¹	%
ENERGIA DIRETA	2.965,21	30,58
- <u>Biológica</u>	<u>514,22</u>	<u>5,30</u>
<i>Mão-de-obra</i>	10,25	0,10
<i>Sementes</i>	503,97	5,20
- <u>Fóssil</u>	<u>2.450,99</u>	<u>5,28</u>
<i>Óleo diesel</i>	2.418,68	4,94
<i>Óleo lubrificante</i>	14,34	0,16
<i>Graxa</i>	17,97	0,18
ENERGIA INDIRETA	6.731,76	69,42
- <u>Industrial</u>	<u>6.731,76</u>	<u>69,42</u>
<i>Máquinas e implementos</i>	177,88	1,83
<i>Calcário</i>	34,72	0,36
<i>Fertilizantes químicos</i>	3.828,93	39,49
<i>Agrotóxicos</i>	2.690,23	27,74
ENTRADAS CULTURAIS	9.696,97	100,00
SAÍDAS ÚTEIS	124.722,89	

ENERGIA CULTURAL LÍQUIDA	115.025,92
EFICIÊNCIA CULTURAL	12,86

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

É perceptível a predominância da energia do tipo indireta, mais a dos combustíveis fósseis no agroecossistema estudado. Isto demonstra a dependência do sistema de fontes de energia química provindas de fertilizantes (39,49%), agrotóxicos (27,74%), e óleo diesel (24,94%).

Os valores energéticos referentes aos tipos de energia direta e indireta, apresentam-se bem díspares. A energia indireta (69,42%) representa mais que o dobro da energia direta (30,58%) utilizada no sistema, significando que as fontes energéticas utilizadas no sistema encontram-se pouco equilibradas. Isto é, há pouca contribuição da energia biológica no sistema, demonstrando ser este um sistema bem tecnificado, com pouca utilização de mão-de-obra. Muito embora, o material de propagação híbrido (fonte biológica) apresente um alto dispêndio energético, devido aos gastos na sua produção (PIMENTEL, 1973).

O itinerário técnico composto de calagem, aplicação de herbicida de manejo, semeadura e adubação, adubação de cobertura, aplicação de herbicida pós-emergência e inseticidas, colheita mecanizada e transporte, produziu uma eficiência cultural de 12,86. Isto é, para cada unidade de energia aplicada na produção do milho obtiveram-se 11,86 unidades, subtraindo-se a unidade investida. Também a energia cultural líquida, ligada à produtividade do agroecossistema atingiu 115.025,92 MJ x ha⁻¹.

3.2 Apresentação e discussão da matriz energética calculada e comparação com o plantio convencional

Além da análise energética do agroecossistema em questão, dada a sua importância, outro fator significativo para a escolha deste estudo se deu pelo fato de possibilitar a comparação dos dados obtidos com o trabalho de Bueno (2002): “Eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá/SP”.

Através da Tabela 3 pode-se observar os resultados comparativos das matrizes energéticas nos plantios convencional e direto.

Tabela 3 – Comparação dos resultados obtidos em sistema de plantio direto e convencional

TIPO, <u>Fonte</u> e <i>forma</i>	Entradas culturais	
	Plantio direto	Plantio convencional
	MJ x ha ⁻¹	MJ x ha ⁻¹
ENERGIA DIRETA	2.965,21	4.146,89
- <u>Biológica</u>	<u>514,22</u>	<u>1.035,28</u>
<i>Mão-de-obra</i>	10,25	90,94
<i>Animais de trabalho</i>	-	397,70
<i>Sementes</i>	503,97	546,64
- <u>Fóssil</u>	<u>2.450,99</u>	<u>3.111,61</u>
<i>Óleo diesel</i>	2.418,68	3.047,44
<i>Óleo lubrificante</i>	14,34	36,05
<i>Graxa</i>	17,97	28,12
ENERGIA INDIRETA	6.731,76	4.636,89
- <u>Industrial</u>	<u>6.731,76</u>	<u>4.636,89</u>
<i>Máquinas e implementos</i>	177,88	209,84
<i>Calcário</i>	34,72	413,22
<i>Fertilizantes químicos</i>	3.828,93	4.013,83
<i>Agrotóxicos</i>	2.690,23	-
ENTRADAS CULTURAIS	9.696,97	8.783,78
SAÍDAS ÚTEIS	124.722,89	79.118,38
ENERGIACULTURAL LÍQUIDA	115.025,92	70.334,60
EFICIÊNCIA CULTURAL	12,86	9,01

Fonte: Dados da pesquisa de campo e Bueno (2002).

Em um primeiro momento percebe-se na fonte biológica (mão-de-obra) uma diferença grande entre os valores apurados. Isto ocorreu porque na pesquisa conduzida por Bueno (2002) consta nas

rubricas operacionais do itinerário técnico as operações de capina com tração animal e capina manual, mais a mão-de-obra envolvida com as rubricas de subsolagem e gradagem, que não constam no sistema de plantio direto objeto do presente estudo. Neste trabalho, a participação da mão-de-obra, em números de agricultores, foi na ordem de seis, enquanto em Bueno (2002), a participação foi de 34 agricultores.

Também não foi computado na fonte biológica, o item animais de trabalho, sendo em Bueno (2002) igual a 38,41%, do total de dispêndios energéticos diretos (47,21%).

Os materiais de propagação e o item máquinas e implementos, em ambos os trabalhos, apresentaram resultados bem próximos, sendo o primeiro o mais representativo nos dois casos.

Já o óleo diesel, de origem fóssil, nesse estudo, apresentou um dispêndio energético menor, devido ao número inferior de rubricas operacionais realizadas pelo sistema de plantio direto. No plantio convencional, foram realizadas as rubricas de subsolagem e gradagem que se destacam pela utilização intensa de óleo diesel. Portanto, com a ausência da etapa de preparação do solo, dispensa-se, também, a necessidade do uso de implementos (grades, arados, escarificadores), o que, proporcionalmente, reduz a manutenção e a reposição de peças, bem como o consumo de combustível (WILES & YAMOAKA, 1981). Consequentemente, os dispêndios energéticos com lubrificantes e graxas, no agroecossistema estudado, foram inferiores aqueles observados no plantio convencional.

O dispêndio energético do calcário apresentado neste estudo mostrou-se muito aquém do que foi aferido no trabalho de Bueno (2002).

Fundamentalmente, a contribuição do dispêndio energético dos fertilizantes químicos foi determinante para o elevado consumo energético das duas matrizes energéticas estudadas, confirmando a tendência observada em outros trabalhos já realizados.

Excepcionalmente, o item agrotóxico não foi utilizado no sistema convencional, o que prejudica em parte a comparação entre os sistemas de plantio estudados.

As entradas culturais foram superiores no plantio direto: 9.696,97 MJ x ha⁻¹ para o plantio direto, e 8.783,78 MJ x ha⁻¹ no plantio convencional. O mesmo comportamento ocorreu em relação às saídas úteis com 124.722,89 MJ x ha⁻¹ no plantio direto e, 79.118,38 MJ x ha⁻¹ no convencional. Portanto, em que pese uma participação maior de fonte biológica e do uso mais intenso de máquinas agrícolas motomecanizadas nos estudos de plantio convencional, a energia cultural líquida foi bem maior no sistema de plantio direto com 115.025,92 MJ x ha⁻¹, se comparado ao sistema convencional representado por 70.334,60 MJ x ha⁻¹.

3.2.1 – Comparação do total de entradas culturais nos dois sistemas

Tabela 4 – Comparação dos resultados das entradas energéticas no plantio direto e convencional, Itaberá/SP (1999/2000).

TIPO E <u>Fonte</u>	Entradas culturais	
	Plantio Direto	Plantio convencional
	MJ x ha ⁻¹	MJ x ha ⁻¹
ENERGIA DIRETA	2.965,21	4.146,89
- <u>Biológica</u>	<u>514,22</u>	<u>1.035,28</u>
- <u>Fóssil</u>	<u>2.450,99</u>	<u>3.111,61</u>
ENERGIA INDIRETA	6.731,76	4.636,89
- <u>Industrial</u>	<u>6.731,76</u>	<u>4.636,89</u>
TOTAL	9.696,97	8.783,78

Fonte: Dados da pesquisa de campo.

Conforme pode ser observado na Tabela 4, é perceptível a forte dependência dos agroecossistemas estudados de fontes de energia providas de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, combustíveis fósseis e agrotóxicos.

Há pouca contribuição da energia de fonte biológica em ambos os sistemas, demonstrando serem estes sistemas bem tecnificados, com pouca representatividade energética de mão-de-obra, muito embora, o material de propagação híbrido (fonte biológica) apresente um alto dispêndio energético em ambas as matrizes.

As entradas culturais no sistema de plantio direto (9.696,97 MJ x ha⁻¹) foram superiores as do plantio convencional (8.783,78 MJ x ha⁻¹) em função, sobretudo, do uso de agrotóxicos apenas no primeiro sistema.

4 CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos e as discussões apresentadas neste trabalho, pode-se destacar as seguintes conclusões:

1) Os resultados desta pesquisa demonstraram a dependência do sistema de plantio direto de fontes de energia industrial, provindas de fertilizantes (39,49%) e agrotóxicos (27,74%), e de energia fóssil do óleo diesel (24,94%).

2) Os valores energéticos do sistema de plantio direto, referentes aos tipos de energia direta e indireta, apresentaram grandezas distintas, sendo que a energia indireta (69,42%) representou quase o dobro da energia direta (30,58%), significando que as fontes energéticas utilizadas encontram-se pouco equilibradas.

3) A entrada cultural do sistema de plantio direto apresentou um valor de 9.696,97 MJ x ha⁻¹, superior aos 8.783,78 MJ x ha⁻¹ do plantio convencional, em virtude da utilização de agrotóxicos no primeiro sistema.

4) A contribuição do dispêndio energético dos fertilizantes químicos, principalmente os nitrogenados, foi determinante para o elevado consumo energético das duas matrizes energéticas estudadas, confirmando a tendência observada em outros trabalhos já realizados.

5) Há pouca contribuição da energia de fonte biológica em ambos os sistemas, demonstrando serem estes sistemas bem tecnificados, com pouca representatividade energética de mão-de-obra.

5 REFERÊNCIAS

BERGAMASCO, S. M. P. P. Família e trabalho rural no Brasil e no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 23, supl. 1, p. 7-16, 1993.

BERTOL, O. J.; FISHER, I. I. Semeadura direta *versus* sistemas de preparo reduzido: efeito na cobertura de solo e no rendimento da cultura da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 17, n. 2, p. 86-96, 1997.

BUENO, O. C. **Eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá/SP**. 2002. 147 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CARMO, M. S. A produção familiar como locus ideal da agricultura sustentável. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 45, n. 1, p. 1-15, 1998.

CARVALHO, S. M. R.; LUCAS JR., J. Balanço energético e potencial de produção de biogás em granja de postura comercial na região de Marília, SP. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 40-61, 2001.

CARVALHO, A.; GONÇALVES, G. G.; RIBEIRO, J. J. C. **Necessidades energéticas de trabalhadores rurais e agricultores na sub-região vitícola de Torres**. Oeiras: Instituto Gulbenkian de Ciência – Centro de Estudos de Economia Agrária, 1974. 79p.

INCRA. **Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto**. Brasília: FAO, INCRA, 2000. 74p. (Projeto de Cooperação Técnica).

ITESP. **Retrato da terra: perfil sócio-econômico dos assentamentos do estado de São Paulo – 96/97**. São Paulo, 1998. 56p. (Série cadernos ITESP, 1).

OLIVEIRA, M. D. M.; VEIGA FILHO, A. A. **Análise de custos e rentabilidade de alternativas de plantio direto e convencional: estudo de caso para um sistema de rotação em São Paulo**. **Informações Econômicas**, São Paulo, abr. 2002. Disponível em:

<<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=323>>. Acesso em: 02 out. 2005.

PIMENTEL, D. et al. Food production and the energy crises. **Science**, Washington, v. 182, p. 443-9, 1973.

SCHROLL, H. Energy-flow and ecological sustainability in Danish agriculture. **Agriculture, Ecosystems, Environment**, Amsterdam, v. 51, n. 3, p. 301-10, 1994.

VEIGA FILHO, A. A.; OLIVEIRA, M. D. M. Análise de investimento em plantio direto, para um modelo de sucessão milho-soja, estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, jun. 2002. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=317>>. Acesso em: 02 out. 2005.

WILES, J. C.; YAMOAKA, R. S. Mecanização. **Circular IAPAR**, n. 23, 1981. 244p.