

**AGRICULTURA EM SÃO PAULO**  
*Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola*

Vol. 35

Tomo único

1988

**BALANÇO ENERGÉTICO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA  
 AGRICULTURA ALTERNATIVA <sup>(1)</sup>**

Maristela Simões do Carmo<sup>(2)</sup>  
 Valeria Comitre<sup>(3)</sup>  
 Richard Domingues Dulley<sup>(4)</sup>

**RESUMO**

Como objetivo principal, obtiveram-se as relações produção/consumo calóricas para as propriedades ditas alternativas analisadas como um sistema produtivo global. Empregaram-se as matrizes de coeficientes técnicos de pesquisa original sobre rentabilidade de sistemas alternativos de produção. Os coeficientes energéticos foram extraídos de tabelas ou trabalhos específicos sobre quantificação calórica de alimentos e insumos. Concluiu-se que as fontes biológicas são as mais importantes nesses sistemas, seguidas pelas de origem fóssil.

A eficiência energética das propriedades depende do total de calorias produzidas diretamente associadas às atividades produtivas e à tecnologia empregada, tendo sido bastante variáveis os balanços entre as propriedades. Os grãos e cereais foram os produtos de maiores retornos por unidade calórica investida, e hortaliças e produtos animais, exceto o mel, os de menores taxas. O desenvolvimento e o aperfeiçoamento de técnicas alternativas e de políticas agrícolas adequadas deverão contribuir para a maior absorção de contingentes energéticos biológicos e de menores impactos ambientais.

**ENERGETIC BALANCE OF FARMING SYSTEMS IN THE ALTERNATIVE  
 AGRICULTURE**

**SUMMARY**

The major purpose of this paper is to obtain the caloric input/output relations for the so called alternative farms, which were analysed as a global farming system. Technical coefficient matrices from a preliminary research concerning profitability of alternative farming systems were applied. Energetic coefficients came either from tables or from specific studies concerning both food and input caloric quantification. It was concluded that biological - origin was the most important source of energy, followed by the fossil - origin ones.

Farm energetic efficiency depends on the total amount of calories directly produced, which are closely related to the productive activities and to the applied technology, so the energetic balance ranged widely among farms. Grains and cereals were the products of highest returns per caloric unit invested, while vegetables and livestock products - except honey - showed the lowest rates. The development and improvement of alternative techniques as well as suitable agricultural policies, should contribute to a major absorption of biological energetic contingents which shows minor environmental impacts.

**1 - INTRODUÇÃO**

Do debate estabelecido nos últimos anos sobre a questão energética no País, pouco tem sido discutido e estudado no tocante ao balanço energético dos sistemas produtivos na agricultura. Considerações maiores têm sido feitas em torno da busca de novas fontes de energia, a

partir de culturas com alto potencial de produção calórica. O setor primário é encarado com importância estratégica, nesse caso, dado o seu potencial em fornecer alternativas energéticas. No entanto, o conhecimento da relação produção/consumo de energia na atividade agrícola é instrumental básico para elaboração de políticas que considerem o nível de dependência do País

<sup>(1)</sup> Este trabalho é uma versão resumida de pesquisa homônima financiada com recursos do Programa Nacional de Pesquisa de Energia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Os autores agradecem o auxílio dos Pesquisadores Científicos Denyse Chabaribery e Eduardo P. Castanho Filho na sistemática do cálculo da energia industrial, e a Cláudio Joaquim Poscidônio na informatização dos dados. Recebido em 22/06/88. Liberado para publicação em 04/01/89.

<sup>(2)</sup> Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola e bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

<sup>(3)</sup> Pesquisadora colaboradora do Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura (CNPDA/EMBRAPA).

<sup>(4)</sup> Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola.

em energia alimentar e combustíveis alternativos ao petróleo.

Ademais, a produção agrícola nos princípios da chamada agricultura alternativa constitui, na atualidade, tema inovador, rico e polêmico, dentro da discussão do redirecionamento da pesquisa e da política agropecuária. O sistema alternativo, no escopo deste trabalho, será considerado como um processo de produção ecologicamente sustentável, que busca minimizar e mesmo eliminar o uso de agroquímicos, procurando manter a fertilidade do solo em bases auto-sustentáveis, ou seja, sem a necessidade da reposição da fertilidade por elementos químicos de natureza inorgânica. Para tanto, tem entre seus princípios a utilização intensa das práticas que repõem a matéria orgânica e reduzem o revolvimento do solo, a diversificação de atividades e a integração da produção animal e vegetal na unidade de produção agrícola. Além disso, no tocante à questão sanitária, muito mais do que substituir o combate químico pelo biológico ou natural, centra-se na preocupação de conseguir menor intensidade de ataque dos agentes parasitas pela maior sanidade das plantas e animais.

A presente pesquisa originou-se de trabalho anterior sobre economicidade de sistemas de produção alternativos (4), cujos resultados indicaram viabilidade técnica e econômica a nível comercial, para vários segmentos da agricultura. No intuito de completar a análise econômica, desenvolveu-se a abordagem da produção e consumo calóricos, com seus respectivos balanços, relativos aqueles sistemas de produção. Desse ponto de vista, o interesse da análise concentra-se no conceito que embasa o próprio sistema de produção e, por isso, a relação consumo/produção energética de cada atividade não é o elemento fundamental. O que importa é o balanço do sistema como um todo, tornando-se essencial o cálculo energético para toda a unidade produtiva.

Objetivou-se determinar os balanços energéticos das propriedades que produzem dentro dos princípios gerais da agricultura alternativa, quer seja ela orgânica (4), biológica (1), natural (7) ou biodinâmica (8), através do cálculo de: dispêndio calórico, produção calórica e balanço energético para a unidade produtiva como um todo, a partir de quantificações por atividade,

porém considerando as inter-relações entre os subsistemas. Adotou-se como hipótese de trabalho que a tecnologia empregada, embora não caracterizada como parte do acervo de conhecimento da ciência agrícola oficial, representa um conjunto de práticas generalizadas entre os produtores que utilizam técnicas não convencionais.

## 2 - MATERIAL E MÉTODO

O material empregado originou-se de entrevistas diretas junto aos agricultores. DULLEY & CARMO (3) calcularam as exigências físicas de fatores de produção, nos anos agrícolas 1981/82 e 1982/83, para as múltiplas atividades, animais e vegetais, em várias propriedades com sistemas produtivos não convencionais. Embora haja produtores que adotam total ou parcialmente tais sistemas, distribuídos nas várias regiões do País, a área de estudo abrangeu somente o Estado de São Paulo e o sul de Minas Gerais, onde foram entrevistados dezoito produtores, constituindo-se numa série de estudos de caso. O critério básico para a inclusão dos estabelecimentos na pesquisa foi o de que já estivessem utilizando, de forma consciente, métodos de produção que incorporassem integral ou parcialmente as propostas da agricultura alternativa. Embora ainda não publicados na sua totalidade, os coeficientes técnicos e os custos de produção para todas as atividades estão disponíveis com os autores.

Os coeficientes energéticos foram obtidos em trabalhos de pesquisas que envolvem áreas específicas do conhecimento, tanto no Brasil como no exterior. Como o objetivo final foi o de conhecimento da relação energética da unidade produtiva, não houve problemas em se adotar coeficientes elaborados e testados em pesquisas de diferentes origens. Em muitos casos, porém, necessitou-se calcular coeficientes específicos adaptados às situações encontradas, com o auxílio de tabelas de composição de alimentos e matérias-primas. O esquema geral adotado para cada matriz de exigência física consistiu na sua transformação em megacaloria (Mcal), injetada e produzida, a partir dos valores energéticos representativos dos itens de ação produtiva e material, empregados na produção ou produzidos.

Para se converter grandezas físicas em energéticas não há maiores dificuldades quanto ao cálculo da energia direta. Metodologicamente, porém, encontram-se problemas quando da transformação da energia indireta que possa estar embutida em máquinas, implementos agrícolas e outros insumos, já que todo produto disponível à produção foi objeto de gastos anteriores com trabalho humano, matéria-prima e transporte. Ao se converter também essa energia, a contabilidade calórica torna-se mais realista. Em alguns casos, como máquinas e implementos agrícolas, foi possível tal estimativa; em outros só se obteve a energia direta contida no insumo ou atividade empregada. As bases metodológicas e a maior parte dos coeficientes utilizados estão detalhadamente descritas em CASTANHO FILHO & CHABARIBERY (2), SERRA et alii (13), MACEDÔNIO & PICCHIONI (10), IBGE (6), MCDOWELL et alii (9) e MORRISON et alii (11), entre outros. Sem entrar em considerações teóricas, de energia direta ou indireta, primária ou secundária, a preocupação básica centrou-se em calcular o conteúdo calórico dos itens que compoem cada atividade e a quantidade energética embutida no produto final, *in natura* ou transformado. Em outras palavras, detectar qual o retorno em Mcal por Mcal investida na produção.

As calorias despendidas foram desdobradas em três categorias, conforme a origem da energia: biológica, fóssil e industrial. A energia produzida foi transformada diretamente dos valores de produção. O balanço energético é a relação entre as unidades calóricas produzidas e o total de energia consumida no processo. Para a propriedade como um sistema global de produção, são freqüentes, nesse tipo de agricultura, atividades intermediárias, sendo muitas vezes impossível dimensionar suas quantidades produzidas, físicas ou energéticas. Nesse caso, não fizeram parte do cômputo calórico final.

## 2.1 - Energia Consumida

### 2.1.1 - Energia biológica

Nesta categoria estão inseridos os itens que correspondem à energia humana, animal, resíduos de animais e da agroindústria, além de sementes e mudas, alimentos para animais, adubação verde e cobertura morta. Restos de

cultura por ventura incorporados ao solo puderam ser considerados pela falta de índices físicos e energéticos.

O trabalho agrícola, quer seja humano, animal ou de máquinas, foi considerado para oito horas diárias. Para a energia despendida pela mão-de-obra empregou-se o coeficiente de 4,20 Mcal/dia e para a animal, 28,00 Mcal/dia (2). Em adubos orgânicos e verde, incluíram-se os provenientes de esterco animal, biofertilizantes, compostos orgânicos e leguminosas. A energia proveniente dos estercos animais baseou-se na quantidade de nutrientes em NPK existentes em média por tonelada. Os valores médios (em kg de N, P e K) foram, respectivamente: esterco bovino 5,5, 2,5 e 4,2; esterco equino 7,0, 4,0 e 5,0; esterco de aves 8,69, 11,63 e 4,91; e biofertilizantes 31,5, 15,0 e 10,0. A transformação em unidades calóricas (Mcal/kg) foi feita pelos coeficientes de DOERING citados por SERRA et alii (13): Nitrogênio (N) 13,87; Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 1,66; e Potássio (K<sub>2</sub>O) 1,11.

O dimensionamento da energia embutida nos compostos orgânicos foi diferente, uma vez que a sua composição média costuma ser muito variável. Preferiu-se, a partir da matriz dos coeficientes técnicos de produção, calcular-se a energia consumida e transferi-la diretamente às culturas onde foi utilizada, admitindo-a como componente do produto final. Procedimento semelhante foi adotado na adubação verde, quando não se dispunha da produção em massa verde ou das quantidades energéticas da cultura.

Para as pastagens sem especificação da espécie, gramas, capins nativos, bagaço de cana e palha de arroz, foram empregados os coeficientes calóricos médios calculados por CASTANHO & CHABARIBERY (2). Para as pastagens cultivadas, forrageiras secas e volumosas, silagens e fenos, quando disponíveis quantidades produzidas e espécies cultivadas, obtiveram-se coeficientes para parte aérea com diversos teores de umidade, sementes e grãos, conforme a situação apresentada. Em caso contrário, adotou-se procedimento semelhante ao do composto e adubação verde.

As rações balanceadas para aves tiveram seus coeficientes calculados em função das exigências mínimas, requeridas para crescimento e postura, estipuladas pela pesquisa agrônômica, admitindo como hipótese que as rações

comerciais obedecem nas suas formulações os limites exigidos. Para bovinos de leite o procedimento foi o mesmo, considerando rações para vacas com peso médio de 400kg e produção até 8 litros diários.

Os subprodutos da agroindústria de laticínios usados como insumo tiveram seus coeficientes extraídos diretamente das tabelas de IBGE (6), considerando a conversão de 1 litro para 0,97kg de leite desnatado e de soro (2). Quando não foi possível a obtenção direta em calorias nas tabelas, os procedimentos para materiais provenientes de restos animais e de resíduos da agroindústria foram idênticos aos descritos anteriormente, adaptados às diferentes situações.

A conversão calórica das sementes foi baseada nos teores médios de umidade que apresentam. Para muitas atividades, principalmente cereais, os coeficientes são os mesmos do produto final. No caso de forrageiras, porém, como a energia da semente é mais concentrada que a da massa verde, foram necessários outros procedimentos. No tocante às atividades que se utilizaram de mudas, não houve cômputo energético. Mesmo para aquelas produzidas no próprio campo, pela ausência de contabilização dos seus dispêndios físicos, não foi possível empregar valores em energia consumida na sua produção.

### 2.1.2 - Energia fóssil

Agrupados nessa categoria estão os produtos e subprodutos oriundos do petróleo, tido como fonte de energia primária. MACEDÔNIO & PICCHIONI (10) discutem em profundidade a caracterização dessa forma de energia, salientando que os subprodutos derivados do petróleo, entre eles diesel e gasolina, já estão transformados e compoem o que chamam de energia secundária. O que interessa no presente é que, independentemente da classificação energética, consideram-se neste item todas as calorias provenientes direta ou indiretamente do combustível fóssil. Engloba, ainda, o calcário, as rochas fosfatadas, quer no seu estado natural, quer tratadas por algum processo físico ou químico, os adubos químicos, formulados ou não, e os agrotóxicos.

Para os combustíveis, gasolina (8,15 Mcal/l) e diesel (9,02 Mcal/l), óleo lubrificante

(9,02 Mcal/l), graxa (9,02 Mcal/kg) e pneus (20,5 Mcal/kg) (2), aplicam-se diretamente os coeficientes energéticos às quantidades gastas no processo produtivo. Quando o produtor especificou a marca e o modelo dos tratores e máquinas, foram aplicados os consumos correspondentes. Caso contrário, com o intuito de homogeneização, adotaram-se modelos de porte médio e de potência mais frequentemente empregados na agricultura paulista.

O consumo de derivados de petróleo dos aparelhos de irrigação, pela dificuldade encontrada tanto no levantamento dos coeficientes físicos como pela composição de um valor energético, foi padronizado para um conjunto de motobomba 13CV, consumo de combustível 20,80l/dia, óleo lubrificante 0,09l/dia e duração de 10 anos em média. Gastos com graxa não foram computados, procedimento que também prevaleceu para outras máquinas e implementos agrícolas. As quantidades físicas e energéticas desses itens indicam o somatório do total do consumo dos equipamentos empregados na atividade.

O uso de adubos químicos e agrotóxicos, apesar de pequeno, ocorreu em algumas propriedades e foi incluído na energia consumida. No que diz respeito aos adubos simples ou formulados, o roteiro para se obter as quantidades físicas de cada nutriente foi o usualmente empregado em formulação. A somatória dos produtos dessas quantidades pelos valores energéticos dos nutrientes fornece o total de calorias injetadas na cultura. Quanto aos agrotóxicos, dada a falta dos nomes comerciais e da quantidade de ingredientes ativos neles contidos, resolveu-se trabalhar com o valor médio de 73,26 Mcal/kg sugerido por DOERING, em SERRA et alii (13).

### 2.1.3 - Energia industrial

Fundamentalmente aqui estão incluídas as máquinas e equipamentos agrícolas à tração mecânica e animal e à energia elétrica. Outros materiais consumidos, como vacinas, medicamentos, vidros, embalagens, arames, etc, não constaram dos cálculos pela carência de coeficientes de conversão calórica.

Conforme já salientado, as dificuldades maiores para se chegar ao total da energia industrial estão no cômputo da energia indireta.

Para contornar essa situação, empregou-se o conceito de valor adicionado. O significado desse valor está em depreciar as máquinas durante a sua vida útil até anulá-lo. Uma vez que nesse cálculo não entrou a matéria-prima de fabrico o que resta é exatamente a energia original contida no material com o qual foi construída. Baseando-se no peso dos equipamentos e das máquinas, e energia embutida pode ser calculada através dos seguintes coeficientes (13): tratores e microtratores 5.310 Mcal/t; máquinas e equipamentos de cultivo primário, em geral aquelas utilizadas até o plantio ou semeadura, 3.230 Mcal/t; e de cultivo secundário, empregadas após aquela operação, 2.580 Mcal/t. A partir desses valores, depreciaram-se máquinas e equipamentos, incluindo nesses cálculos reparos e manutenção, obtendo-se finalmente o consumo diário em Mcal para a maior parte deles. Em algumas situações, foi necessário aplicar índices de equipamentos assemelhados, devido à falta de informações, como o caso, entre outros, da plantadeira manual, enfardadeira e centrífuga.

A quantificação calórica da energia elétrica baseou-se na soma do consumo diário de todos os equipamentos elétricos empregados na atividade, multiplicado pelo índice de conversão, 0,84 Mcal/kw (10). Os dados de consumo encontram-se nas especificações técnicas dos fabricantes.

## 2.2 - Energia Produzida

A quantidade calórica produzida foi o resultado da multiplicação do produto físico pelos respectivos índices de conversão, nos teores médios de umidade usualmente encontrados. Em situações onde tais coeficientes não estavam disponíveis, aplicaram-se valores de produtos assemelhados e, quando houve consorciação de culturas, o produto calórico total foi a soma dos respectivos rendimentos energéticos.

Algumas estimativas do total produzido foram necessárias, principalmente quando o produtor declarou a produção em número de caixas. Para as frutas, não houve problemas, pois tendo-se o peso médio das caixas, calculou-se a produção. Porém, no caso de hortaliças e legumes comercializados em caixas com diversas

espécies que variam ao longo do ano, prática generalizada entre esses agricultores, as estimativas tanto físicas quanto calóricas foram mais complexas. Consideraram-se seis diferentes composições para as caixas, conforme a disponibilidade anual das espécies, estabelecendo-se dois tipos padrão de acordo com a declaração dos horticultores, o primeiro com peso médio de 9,51kg e 11 espécies ou variedades diferentes, e o segundo com 4,51kg e 8 espécies. Adotou-se o peso médio das unidades e maços de verduras de FILGUEIRA (5), quando não informados pelo agricultor. Da mesma forma, para as seis diferentes composições de caixas, obtiveram-se os rendimentos em calorias com a multiplicação da quantidade de cada hortaliça pelo seu respectivo índice energético. Os valores finais dizem respeito à média em Mcal de três caixas em cada faixa de peso distribuídos ao longo do ano. Uma vez obtidos o peso e as quantidades calóricas médias das caixas padrões anuais, calculou-se a energia por quilograma ou tonelada de verdura comercializada. Esse valor vezes o total de caixas produzido no ano forneceu os resultados finais do produtor. Infelizmente, não foi possível adotar a mesma sistemática para a horta medicinal, pois além dos problemas de estimativa da massa comercializada, não se encontrou coeficientes para a quase totalidade das ervas medicinais.

O cálculo da produção calórica do gado de corte e suínos levou em consideração a composição do rebanho, peso vivo médio por categoria (sexo e idade) e proporção de carne e resíduos de 0,38/0,62 do peso vivo, para o primeiro e 0,75/0,25 para o segundo. Os índices calóricos para carne englobam características do produto gordo e magro, obtidos diretamente em tabelas. Nos resíduos, ou seja, ossos, sangue, couro, chifre, etc, aplicou-se o valor sugerido por CASTANHO FILHO & CHABARIBERY (2). Para ovos, utilizou-se o peso médio por unidade de 64,73g; e para leite, a densidade 0,97kg/l, anteriormente citada. Os produtos transformados de origem animal, exceto a ricota, para a qual não se encontrou coeficiente, tiveram suas quantidades calóricas obtidas diretamente das tabelas. O mesmo não ocorreu para aqueles processados de origem vegetal, cujos valores foram o somatório em calorias dos materiais da sua composição.

### 3 - RESULTADOS

Os resultados encontrados estão resumidos por propriedade, em dispêndios por categoria, (biológica, fóssil, industrial e total), produção calórica e balanço energético de todos os sistemas de produção de cada estabelecimento (quadro 1). Por eficiência energética entende-se o retorno em calorias maior do que um para cada unidade calórica empregada no processo produtivo, significando o excesso em calorias além da reposição do valor despendido. As conversões calóricas menores do que a unidade indicam que não se recuperou por inteiro cada unidade energética investida na produção. Na discussão dos resultados explicita-se em relações quantitativas o posicionamento energético das propriedades, abordando-se rapidamente as características de cada uma.

A primeira propriedade, produtora de hortaliças e legumes, faz a comercialização em conjunto no sistema de caixas. A grande quantidade energética consumida nessa atividade foi a biológica, com cerca de 80% do total, restando a diferença para a energia fóssil. Os indicadores das calorias embutidas nos tratores e equipamentos, energia industrial, foram tão pequenos que se tornaram percentualmente nulos quando

comparados com as demais modalidades. A conversão para a produção foi baixa, com apenas 0,07 Mcal de retorno por unidade injetada.

No contexto da propriedade 2, produtora de arroz, milho, feijão irrigado, painço, mandioca e cará, o componente mais representativo da energia investida foi a fóssil, devido à mecanização e aos gastos com diesel na irrigação do feijão. Os subitens mais expressivos foram combustível e adubo formulado, representando esse uma transição lenta da agricultura convencional para a orgânica. Quanto à energia produzida, mandioca e milho foram os mais eficientes, ou seja, os que apresentaram as melhores taxas de conversão. A propriedade como um todo foi também energeticamente eficiente, produzindo 8,50 Mcal por unidade investida.

Conjugando a atividade leiteira para produzir queijo e ricota, com a produção de hortaliças e ervas medicinais, o estabelecimento 3 produz a maior parte da alimentação do gado, seja em forma de capineiras, silagens, pastagens ou grãos. Além disso, notabiliza-se pela alta produção de composto orgânico, insumo considerado pelos proprietários como fundamental na atividade hortícola. Ao se analisar a composição relativa dos diferentes tipos de energia na produção, observa-se grande impor-

QUADRO 1. - Área Total, Número de Atividades, Quantidades de Calorias Consumidas por Categoria e Total, Calorias Produzidas, e Balanço Energético para Diversas Propriedades Agrícolas com Sistemas não Convencionais de Produção, Estados de São Paulo e Minas Gerais, 1981/82 e 1982/83

Propriedade	Área total da propriedade (ha)	Número de atividades	Energia consumida (Mcal)				Energia total produzida (Mcal) (B)	Balanço energético (B)/(A)
			Biológica	Fóssil	Industrial	Total (A)		
1	6,00	01	293.306	74.625	416	368.347	24.170	0,07
2	44,00	06	11.250	72.045	2.187	85.482	726.833	8,50
3	186,00	11	556.108	89.480	18.566	664.154	213.798	0,32
4	8,50	02	313.321	38.843	12.486	364.650	93.090	0,26
5	130,00	01	59	1	0	60	918	15,30
6	98,00	07	220.833	34.378	1.567	256.778	180.669	0,70
7	2.042,00	11	636.523	193.300	11.534	841.357	1.483.096	1,76
8	62,92	05	310.390	50.052	3.761	364.203	87.598	0,24
9	10,00	02	11.889	915	261	13.065	1.958	0,15
10	74,00	11	16.996	2.352	194	19.542	39.835	2,04
11	319,44	12	166.693	107.872	6.360	278.925	431.836	1,55
12	2,00	06	72.112	3.536	351	75.999	7.613	0,10
13	217,00	10	32.746	3.226	403	36.375	23.226	0,64
14	64,13	08	4.201	1.079	50	5.330	45.159	8,47
15	82,00	07	14.973	579	31	15.583	31.488	2,02
16	96,80	08	69.043	34.112	630	103.985	82.510	0,79
17	245,30	08	151.543	-	5.212	156.755	167.373	1,07
18	16,94	06	14.194	15.085	362	29.641	20.984	0,72

Fonte: Instituto de Economia Agrícola (IEA).

tância das fontes biológicas, principalmente fertilizantes orgânicos e alimentação animal. No caso das pastagens e silagens, atividades que não receberam adubação de qualquer origem, a importância para as técnicas de mecanização no preparo do solo e no cultivo foi maior, porém elevando pouco (13%) o consumo de energia fóssil para o sistema produtivo como um todo. A relação produção/consumo da propriedade, 0,32, indicou baixa eficiência energética.

Associado à produção de hortaliças, o produtor 4 dispunha na ocasião da entrevista de plantel de 2.400 aves poedeiras. O esterco gerado pelas aves, em forma de cama, pré-curtido, foi totalmente empregado como fertilizante na produção de verduras e legumes. O grande contingente energético gasto na produção de ovos foi à alimentação das aves, com cerca de 98% do total de energia biológica. O inverso é válido na horta, onde o combustível respondeu por 99% do montante em calorías fósseis. No geral, porém, prevaleceu o maior consumo em calorías biológicas. As proporções energéticas entre produto e insumo não foram altas, restando ao sistema como um todo a produção de 0,26 Mcal para cada unidade empregada.

A característica principal da propriedade 5 reporta-se a atividades de lazer. O proprietário, porém, encara a produção de mel com finalidades lucrativas e a análise da eficiência energética global, apesar de existirem outras atividades para consumo próprio, ficou restrita à produção melífera. O mel obtido é totalmente artesanal, sendo o trabalho humano responsável por 98% das calorías investidas. Como é um produto altamente energético, a proporção mel/insumos foi bastante positiva com um saldo de 14,30 Mcal na produção final.

O empreendimento 6, com poucos anos de produção ecológica consciente, conforme palavras do produtor, inicia com fruticultura e grãos. Enfatiza a fertilização do solo com o emprego de esterco de galinha na planta e a adubação verde semeada nas entrelinhas das covas. Mais uma vez, a ênfase nos gastos biológicos centra-se nas adubações orgânicas, casos da manga, abacate e citros, que são as culturas mais recentes do pomar. A jabuticaba e a pecan, mais antigas, quase não consomem energia no seu trato, ficando percentualmente a maior parte dentro das calorías fósseis. O milho pipoca e o sorgo vassoura consumiram relativamente

poucas calorías na sua produção e tiveram bons retornos em energia. A propriedade como um todo apresentou a relação 0,70 na sua conversão geral.

O que se destaca no sistema de produção 7 é a significativa produção interna de insumos, característica comum às propriedades biodinâmicas. Produziu ainda bastante grão e empregou superfosfato e fosfato natural em diversas culturas. O composto, o feno e a pecuária de leite tiveram composição relativa maior no consumo biológico de energia, devido aos materiais empregados e aos alimentos dos animais. O milho consorciado com abóbora, arroz e a soja utilizaram proporcionalmente mais energia fóssil. Para as demais atividades, houve equilíbrio entre os dois itens. Graças à grande quantidade de máquinas e equipamentos em uso, registraram-se pequenos percentuais relativos para energia industrial em todas as atividades. Quanto aos balanços energéticos, observaram-se maiores eficiências para os grãos de um modo geral, ficando as menores conversões para pastagens e fenos. No global, o balanço foi de 1,76.

O produtor 8 considera seu sistema de produção como de cultivo mínimo, com o uso maciço de cobertura morta e capim seco. Produz hortaliças, milho verde e raízes em geral, que comercializa em caixas. Emprega bastante composto orgânico na horta, feito com consumo de 100% de energia biológica entre mão-de-obra e matérias verde. Para as outras culturas, há uma equivalência nos gastos biológicos e fósseis, com certa predominância para o segundo. Raízes e grãos foram energeticamente mais eficientes. A conversão foi pequena, transformando a unidade empregada em apenas 0,24 produzida.

O estabelecimento 9 realiza duas atividades, uma como meio e outra como fim. O composto produzido é totalmente empregado na obtenção de verduras e legumes. Os destaques em dispêndios calóricos ficaram com a biológica, mais de 90% em ambas as atividades. A horta com irrigação assinalou percentual um pouco maior no uso de combustível. O emprego de calcário, fosfato natural e termofosfato não teve representação significativa frente à grandeza dos valores encontrados. O balanço geral foi de 0,15.

A notabilidade do sistema de produção 10 está em empregar apenas o trabalho familiar

e integrar as atividades animais com as culturais, através da produção de composto orgânico a partir do esterco do gado e o aproveitamento das pastagens e matas para a produção apícola. O mel é fruto de trabalho artesanal, o que lhe reporta 97% de dispêndio em calorías biológicas. A adubação verde, feita manualmente nos campos de cultivo de feijão e milho, tem 100% de emprego energético em trabalho humano e semente. O composto concentra gastos biológicos no esterco fresco e apenas 1% de energia fóssil no fosfato de rocha. Produz também frutas e leite, sendo o mel e o abacate os de melhor conversão energético. Apesar do alto consumo biológico, a propriedade como um todo teve retorno energético de 2,04 Mcal para cada unidade empregada.

O principal produto do estabelecimento 11 é o leite, sendo grande parte das atividades destinada a produzir alimentos para o gado, cuja alimentação é complementada com ração e farelos protéicos. Bastante tecnicizada, o emprego de máquinas e implementos acusa 38% de participação em energia fóssil e pequeno gasto de energia industrial. As proporções relativas entre energias fóssil e biológica oscilam em preferência nas diversas atividades, conforme o maior ou menor emprego de matérias-primas na produção. A proporção geral dos produtos e insumos na propriedade foi 1,5, com os melhores desempenhos para as culturas da mandioca, milho espiga, abóbora e milho grão.

É bastante peculiar a situação do sistema produtivo 12, onde o produtor ligado por laços familiares ao proprietário utiliza uma área dentro de uma grande gleba produtora de café e gado de corte. Nesse espaço, pratica agricultura orgânica com hortaliças, ervas medicinais e pequenas áreas de cultivos anuais. A energia biológica é a principal fonte energética que emprega. A menta e a melissa, cultivadas manualmente, têm o mesmo comportamento, registrando-se para a primeira um pequeno gasto em energia industrial. Essas ervas geralmente têm baixo teor energético, mas alto valor medicinal. Os balanços, bastante favoráveis para mandioca e milho, não o foram para as atividades, que exercem maior influência no balanço global, reduzido a 0,10.

Produtos animais são as principais atividades da exploração 13: mel, ovos, leite e derivados. A mais importante forma de energia é a

biológica, enfatizada novamente nos materiais empregados e na alimentação dos animais. Exceto o mel, cuja conversão calórica tem-se mostrado sempre elevada, as das outras atividades contribuíram para reduzir o balanço geral da propriedade a apenas 0,64.

Os gastos energéticos da propriedade 14 foram bastante modestos para todas as atividades. O leite foi o produto de menor consumo, uma vez que a alimentação dos animais se deu exclusivamente com pastos, indicando uma atividade apenas complementar e de subsistência do proprietário. Os grãos e o mel foram os mais eficientes do ponto de vista energético. Do total de energia produzida e consumida, obteve-se 8,47 de ganhos energéticos para toda propriedade.

A notabilidade do produtor 15 está no fato de transformar os produtos vegetais, principalmente amendoim e milho, processando-os artesanalmente em paçoca e fubá, antes de comercializá-los. Seus maiores consumos são também na forma biológica, sendo novamente grãos e mel os melhores conversores. Para todas as atividades em conjunto o balanço calórico foi de 2,02.

A fertilização orgânica intensa das culturas à o traço mais importante da propriedade 16, que produz hortaliças, grãos e leite. Emprega esterco bovino, composto de galinha e biofertilizante, itens que sobrecarregam gastos em energia biológica quase sempre acima de 90%. Para a horta, a situação inverte-se com o uso intenso de combustível na irrigação de verduras. Quanto aos balanços, as forragens e o milho são os mais eficientes; o leite e a horta os menos eficientes, restando à propriedade como um todo o valor 0,79 de conversão calórica.

A propriedade 17, tipicamente familiar, tem em todas atividades, à exceção do leite, gasto de 100% em energia biológica. Não existem máquinas à tração motomecanizada e todo transporte é feito no lombo de animais. O preparo do solo, quando não é manual, é feito com junta de bois. O esterco animal é aproveitado nas capineiras e o soro do leite, resíduo da produção de queijo, na alimentação dos suínos. Existe, portanto, uma integração entre as atividades produtivas com aproveitamento total dos subprodutos. Do ponto de vista energético, grãos e forragens são os melhores conversores, restando aos produtos animais as piores per-

formances. A propriedade como um todo apresentou um balanço energético de 1,07.

A característica do produtor 18 está em não se utilizar da fertilização com esterco animal. Emprega, na produção de frutas, hortaliças, raízes e grãos, apenas restos de cultura para repor nutrientes no solo e capim seco como cobertura morta. Por esse motivo, seus maiores gastos calóricos concentram-se nos combustíveis fósseis, em média 51% das calorias da propriedade. O milho verde e a mandioca apresentaram os maiores balanços, porém a horta conduziu o balanço geral da propriedade e apenas 0,72.

#### 4 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Observando os indicadores anteriores, discriminados pela origem calórica, é notória a importância das fontes biológicas nos sistemas de produção da agricultura alternativa. Esses gastos estão associados ao emprego maciço de insumos biológicos, fertilizantes orgânicos e alimentação animal. Apesar do emprego elevado de mão-de-obra, geralmente presente neste tipo de agricultura, não há, proporcionalmente aos insumos, grande participação no total da energia consumida. A energia com gênese no trabalho animal chega a ser insignificante.

A mecanização, também importante nessas propriedades, faz com que o consumo em energia fóssil ocupe o segundo lugar na participação energética dos dispêndios, ocorrendo em poucas propriedades a inversão de posição com a biológica. Geralmente, o seu componente mais expressivo é o combustível, representado pelo diesel. Os fosfatos naturais, outros derivados de petróleo e o calcário, não têm presença marcante no total de despesas, quer seja pelo pouco volume empregado, quer seja pela baixa concentração calórica.

O que realmente parece não pesar em termos energéticos para esse tipo de agricultura é a fonte industrial. SERRA (13) salienta a pequena participação das calorias industriais, quando comparadas aos gastos com combustíveis e fertilizantes. Com a presente metodologia de captação dos valores calóricos embutidos nas montagens de máquinas e implementos, e dadas as dificuldades em se obter coeficientes, não há

maiores inconvenientes em se eliminar a contribuição dessa fonte energética.

As propriedades 3, 7 e 11 apresentaram altos teores de energia total consumida dada a grande diversificação e integração das suas atividades. Outras têm poucas linhas de produção, mas não são intensivas no consumo energético, como horticultura e avicultura. É o caso dos sistemas 1, 4 e 8.

As calorias produzidas associam-se não apenas ao número de linhas de atividades, mas principalmente ao que se está produzindo. O estabelecimento 2, por exemplo, teve alto retorno em energia com produção de cereais e grãos, o mesmo ocorrendo com o 7, cujos produtos principais foram grãos e carne bovina.

A eficiência da propriedade está ligada ao total de calorias produzidas, que por sua vez estão diretamente associadas aos produtos e à tecnologia empregada na produção. O balanço energético de *per se* muitas vezes não reflete a complexidade do processo produtivo, podendo, quando examinado isoladamente, levar a equívocos. É preciso cuidado ao se analisar o retorno calórico, já que altas taxas também podem significar menor produção e baixos investimentos em caloria de forma proporcionalmente compensatória em termos de balanço. A propriedade 5, a mais eficiente de todas, teve apenas uma linha produtiva, o mel. Este, por ser um produto altamente energético, por não requerer grandes consumos e considerando que não há possibilidade de quantificar o gasto em energia representado pelo trabalho das abelhas, forneceu altas taxas de conversão.

Logo a seguir, em eficiência energética, vêm a 2 e a 14, duas propriedades relativamente simples quanto às atividades e sistemas de produção adotados, tendo baixo consumo energético e produtos e elevada conversão. No outro extremo, observa-se que as piores proporções produto/insumo encontram-se nas propriedades com produções horticolas e de produtos animais, à exceção do mel. Intermediando esses dois grandes grupos estão as de números 7, 10, 15 e 17, que apresentaram relativo equilíbrio entre energia absorvida e produtiva, derivado de suas linhas produtivas e das técnicas aplicadas, compensando-se no total e indicando um balanço pouco superior à unidade.

De um modo geral, grãos, cereais e raízes forneceram os melhores retornos em calorias.

Esses produtos são portadores de grandes quantidades calóricas e, via de regra, não tiveram tecnologias intensivas de produção. Produtos animais, ao contrário, geralmente apresentaram baixa conversão energética. Leite e seus derivados, e ovos, com elevadas necessidades em energia para serem produzidas, não tiveram retornos equivalentes. O mesmo pode-se dizer sobre as hortaliças e legumes.

Embora produzir proteínas de origem animal exija muita energia, principalmente porque o gado se alimenta de grãos, e tenha um baixo coeficiente de conversão, deve-se considerar as necessidades de se produzi-las por serem parte fundamental da atual alimentação humana. Em sociedades industrialmente avançadas, como os Estados Unidos, PIMENTEL & PIMENTEL (12) calcularam que 91% do total de cereais, legumes e proteínas vegetais, passíveis de consumo humano, são fornecidos aos animais. Regiões em desenvolvimento ainda não apresentaram proporção tão elevada, mas têm como tendência seguir os mesmos modelos dos países economicamente líderes.

A maior produção agrícola é função da maior quantidade de energia aplicada no processo, energia essa que na agricultura dita moderna provém do emprego maciço de combustível e agroquímicos. Esse fato, se por si só preocupa, dado ser o petróleo um recurso escasso, também importa porque o seu uso excessivo pode causar danos ambientais às vezes irreversíveis.

Na agricultura convencional, o incremento energético tem sido bem maior ao correspondente ganho na produção. Produz-se mais, porém a custo de quantidades cada vez maiores de insumos com alto teor calórico, e exploração de recursos naturais não renováveis. Ou seja, emprega-se muita energia para um crescimento proporcionalmente menor de produtos. Se a eficiência calórica tem diminuído, a produção e a produtividade têm aumentado. São variáveis que, junto com o retorno econômico, as necessidades alimentares em proteínas, a preservação dos recursos naturais e a manutenção dos agroecossistemas a longo prazo, têm que ser consideradas interligadamente em estudos que visem traçar estratégias e políticas desenvolvimentistas.

A introdução do enfoque energético complementa as análises tradicionais, auxiliando

do nos processos de alteração tecnológica e determinando direções para que o retorno econômico e a preservação ambiental sejam maximizados. Nesse sentido, os fluxos energéticos e a relação entre insumos e produtos apontam possíveis itinerários para desenvolvimentos tecnológicos futuros, principalmente se o objetivo for o uso controlado e racional da energia fóssil. A eficiência energética em sistemas de produção, na agricultura alternativa, interliga-se com investigações no emprego de energia de fontes renováveis e de pequeno potencial poluidor. O desenvolvimento e o aperfeiçoamento dessas técnicas, dentro da enorme gama de linhas de pesquisa presente no modelo alternativo, contribuirá para a absorção de contingentes energéticos biológicos e de menores impactos ambientais.

A política agrícola, por sua vez, não deve prescindir de uma análise baseada no perfil energético da agricultura, seja ela convencional ou alternativa. As análises econômica e energética, juntas, reforçam as medidas de políticas agrícolas, tecnológicas ou ambientais.

## LITERATURA CITADA

1. AUBERT, Claude. Agricultura orgânica. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE AGRICULTURA ALTERNATIVA, 2. Petrópolis, 1985. *Anais*. Petrópolis, FAEAB, 1985.
2. CASTANHO FILHO, Eduardo P. & CHABARIBERY, Denyse. *Perfil energético da agricultura paulista*. São Paulo, Secretaria da Agricultura, IEA, 1982. 55p. (Relatório de Pesquisa, 9/82).
3. DULLEY, Richard D. & CARMO, Maristela S. do. Viabilidade econômica do sistema de produção na agricultura alternativa. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 25(2):225-50, abr./jun. 1987.
4. ESTADOS UNIDOS, Department of Agriculture. *Relatório e recomendações sobre*

- agricultura orgânica*. Trad. Iara Maria C. D. S. Brasília, Secretaria de Planejamento, 1984. 126p.
5. FILGUEIRA, Fernando A. R. *Manual de oleicultura: cultura e comercialização de hortaliças*. 2.ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 2v.
  6. FUNDAÇÃO IBGE. *Estudo nacional de despesa familiar: tabelas de composição de alimentos*. Rio de Janeiro, FIBGE, 1977. 201p.
  7. FUNDAÇÃO MOKITI OKADA, MOA. *Introdução à agricultura natural*. São Paulo, Mokidi Okada International Association, 1982. 65p.
  8. KOEPF, Herbert H.; PETERSON, Bo D.; SCHAUMANN, Wolfgang. *Agricultura biodinâmica*. Trad. Andreus R. Lowens e Ursula Szajewski. São Paulo, Nobel,
  9. MCDOWELL, Lee R. et alii. *Tabelas de composição de alimentos da América Latina*. Trad. Herman Fonseca e Edgard Caielli. Gainesville, Universidade da Flórida, 1974. 63p.
  10. MACEDÔNIO, Angela C. & PICCHIONI, Silvia A. *Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária*. Curitiba, Secretaria da Agricultura, Departamento de Economia Rural, 1985. 99p.
  11. MORRISON, Frank; MORRISON, Elsie B.; MORRISON, Spencer H. *Alimentos e alimentação dos animais*. Trad. João Soares Veiga. 2. ed. São Paulo, USAID, 1966. 892p.
  12. PIMENTEL, David & PIMENTEL, Marcia. - Contar las kilocalorias. *Ceres*, Roma, 10(5):17-21, set./out. 1977.
  13. SERRA, Gil E. et alii. *Avaliação de energia investida na fase agrícola de algumas culturas*. Brasília, Secretaria de Tecnologia Industrial, 1979. 86p.