



ARTIGOS  
TÉCNICOS

---

## DESEMPENHO ENERGÉTICO DA AGRICULTURA PAULISTA (1)

---

Eduardo Pires Castanho Filho  
Denyse Chabaribery

---

---

### 1 - INTRODUÇÃO

---

Com a eclosão da crise do petróleo, em 1973, o problema energético passou a ser alvo de preocupações de praticamente toda a sociedade, devido à sua importância estratégica como componente do crescimento econômico. Com o intuito de encontrar novas fontes de energia e de buscar economia no uso das atuais, uma série de estudos foram elaborados. As conclusões desses trabalhos levaram à adoção de um elenco de medidas que, com maior ou menor eficiência, procuraram equacionar a questão energética.

Em termos de fontes alternativas de energia, um dos setores que apresentou maiores potencialidades foi o agrícola, através da utilização da biomassa. Nesse sentido, elegeram-se algumas culturas de alto potencial produtivo e estudaram-nas sob a ótica do balanço energético, ou seja, se elas seriam ou não capazes de produzir mais energia do que o necessário para fazê-las produzir.

Essas análises abriram, paralelamente, um vasto campo de investigação científica, com a elaboração de estudos que procuravam ampliar a noção de balanço energético, não apenas para a energia passível de ser substituída de combustíveis, como para os outros tipos de energia. A análise da energia sob outras formas - alimentar, de fibras, de fertilizantes, etc. - permite uma melhor compreensão do problema energético como um todo, e as conclusões a que se possa chegar fornecem subsídios importantes para a determinação de políticas de incentivo à produção de determinadas explorações, ou de restrições ao consumo de determinadas formas de energia.

Assim, a análise energética acoplada à análise econômica oferece uma ampliação do leque de opções quanto à tomada de decisões, principalmente em relação àquelas atividades onde o peso da energia fóssil (notadamente petróleo) for elevado. Dentro desse espírito procurou-se, neste trabalho, determinar o comportamento do setor agrícola paulista em termos energéticos, traduzindo em grandes números o quanto ele consome e produz de energia. Além disso verificou-se a composição desse consumo e des

---

(1) Este trabalho é um resumo do estudo "Perfil Energético da Agricultura Paulista", dos mesmos autores.

sa produção para se determinar os pontos que eventualmente poderiam ser modificados sem prejuízos para a produção, visando economia de combustíveis e produção de energia alimentar crescente, em quantidade e qualidade. Essas determinações foram efetuadas para o ano agrícola 1978/79, que pode ser considerado um ano representativo da última metade da década de setenta. Assim, tanto os resultados numéricos como a estrutura dos fluxos de energia aqui apresentados podem ser tomados como representativos, em termos médios, da agricultura paulista.

---

## 2 - CÁLCULO DOS FLUXOS DE ENERGIA

---

Realizaram-se determinações para 21 atividades agropecuárias, que ocupavam a quase totalidade da área agricultável do Estado e respondiam por mais de 80% do valor da produção do setor, o que, praticamente, representa toda a agricultura paulista.

Calculou-se o consumo energético a partir das matrizes de exigências físicas de fatores utilizados na determinação dos custos de produção no Instituto de Economia Agrícola <sup>(2)</sup>. Para os diferentes componentes dessas matrizes foram feitas as conversões para valores medidos em termos de calorias.

Estimou-se a produção energética partindo-se dos resultados das estimativas finais de safras do IEA <sup>(3)</sup>, convertendo-se os valores físicos para calorias.

Estimou-se, dessa forma, por atividade e no global quais os consumos e produções energéticas, aliando-se a estes as perdas mensuráveis observadas nos processos de produção. Para melhor apreensão do funcionamento energético da agricultura, procurou-se desagregar tanto a produção como o consumo em unidades estruturais que pudessem explicitar melhor esse desempenho.

O total do consumo fornece a Energia Injetada na Agricultura (EIA), que se compõe basicamente de: energia biológica (trabalho humano, trabalho animal, energia contida nas sementes e mudas); energia fóssil (combustível e lubrificantes, adubos químicos, defensivos, pneus, etc); energia elétrica e energia indireta (depreciação energética de máquinas e equipamentos).

Para a produção também se adotou uma decomposição. Numa primeira instância, dividiu-se segundo sua origem: primária e secundária. Primária, a de origem vegetal, tanto agrícola como de pastagens; e secundária, a de origem animal. Posteriormente, adotou-se uma divisão segundo as utilizações que são feitas da energia produzida, em relação ao processo

---

(2) Informações Econômicas, São Paulo, v.8, n.7, jul. 1978.

(3) Previsões e estimativas das safras agrícolas no Estado de São Paulo - ano agrícola 1978/79: estimativa final. São Paulo, Secretaria da Agricultura, IEA, nov. 1979.

produtivo: intermediária, quando utilizada no decorrer do processo; e final, quando passível de ser utilizada pelo consumidor. Estas energias, por sua vez, também foram subdivididas para efeito do estudo. A energia intermediária se constitui basicamente de: energia para alimentação animal, energia de combustíveis sólidos, energia contida no estoque animal, energia perdida/reciclada, energia de fertilizantes orgânicos.

A energia final, ou seja, aquela que é aproveitável pelo homem, compõe-se basicamente de: energia alimentar humana, energia de combustíveis líquidos, energia de fibras e energia de resíduos.

Matematicamente pode-se representar esses agregados assim:

a) Consumo ou Energia Injetada na Agricultura (EIA):

$$EIA = E. \text{ biológica} + E. \text{ fóssil} + E. \text{ elétrica} + E. \text{ indireta};$$

b) Produção, segundo a origem:

$$E. \text{ primária (EPR)} = E. \text{ agrícola} + E. \text{ pastagens, onde}$$

$$E. \text{ agrícola} = E. \text{ alimentar humana agrícola} + E. \text{ alimentar animal agrícola} + E. \text{ combust. sólido} + E. \text{ combust. líquido} + E. \text{ fibras} + E. \text{ resíduos}$$

$$E. \text{ pastagens} = E. \text{ alimentar animal pastag.} + E. \text{ resíduos Pastag.}$$

$$E. \text{ secundária} = E. \text{ alimentar humana animal} + E. \text{ fertilizantes animal} + E. \text{ estoque animal} + E. \text{ resíduos animais} + E. \text{ perdas animal}$$

) Produção, segundo as finalidades:

$$E. \text{ intermediária} = E. \text{ alimentar animal agrícola} + E. \text{ combust. sólido} + E. \text{ resíduos agrícolas} + E. \text{ alimentar animal pastag.} + E. \text{ resíduos pastag.} + E. \text{ fertilizantes animais} + E. \text{ do estoque animal} + E. \text{ perdas animal}$$

$$E. \text{ final agrícola (EFA)} = E. \text{ alimentar humana agrícola} + E. \text{ alimentar humana animal} + E. \text{ combust. líquido} + E. \text{ fibras} + E. \text{ resíduo}$$

Do ponto de vista prático, os agregados mais importantes são a Energia Injetada na Agricultura (EIA), que mede o consumo; a Energia Final Agrícola (EFA), que fornece a produção aproveitável, e a Energia Primária (EPR), que indica o potencial de produção energético a partir da fotossíntese. Com esses três indicadores estipulam-se algumas relações que medem o comportamento da agricultura em termos energéticos:

a) EFA/EIA, fornece o índice de conversão da agricultura, ou seja, quantas unidades de energia são produzidas com a injeção de uma caloria externa. Quanto mais alta for essa relação, melhor é o desempenho energético da agricultura;

b) EFA/EPR, mede a eficiência energética da agricultura, ou seja, do total de energia produzida diretamente pela fotossíntese, quanto termina em condições de ser aproveitado no consumo.

Outras relações também são importantes, como por exemplo a conversão de calorias vegetais em calorias animais, através da transformação perdida nas atividades criatórias.

### 3 - RESULTADOS

Entre os resultados alcançados pode-se destacar, com relação a cada ítem, o seguinte:

a) com relação ao consumo:

Em grandes números o consumo energético da agricultura paulista foi de  $34.014 \times 10^9$  Kcal, onde 79,6% são de origem fóssil (basicamente petróleo); 17,3% de origem biológica; 1,9% de energia indireta, e 1,2% de origem elétrica.

São importantes algumas considerações a respeito dessa estrutura. Como quase 80% da energia consumida é de origem fóssil, verifica-se a dependência da agricultura paulista a essa fonte de energia, minimizada ainda pelo fato de não ter se considerado o transporte neste estudo. Esses 80% representam, em termos calóricos,  $27.095,6 \times 10^9$  Kcal, onde os combustíveis respondem por  $12.986,3 \times 10^9$  Kcal. Considerando que um litro de óleo diesel fornece, em média, 9.085 Kcal e que o perfil de refinação médio do Brasil dá cerca de 40 litros de diesel por barril de petróleo, verifica-se que o consumo anual de combustíveis pela agricultura paulista é de aproximadamente 1,44 bilhões de litros de óleo diesel, que requerem para a sua obtenção o equivalente a 36 milhões de barris de petróleo, ou seja, 10% do consumo nacional. Esse resultado dá bem uma idéia do peso da agricultura paulista em relação às necessidades de petróleo, como também revela sua dependência a essa fonte energética, o que fica mais flagrante ao se considerar os outros insumos dependentes do petróleo e o transporte de produtos agrícolas.

b) com relação à produção:

Observa-se que a produção primária de energia pela agricultura paulista foi da ordem de  $205.070,1 \times 10^9$  Kcal. Desse total, acrescentando-se a energia secundária ( $14.452,1 \times 10^9$  Kcal) obteve-se o total geral produzido pelo setor, que acabou tendo os destinos discriminados abaixo (em  $\text{Kcal} \times 10^9$ ):

- 83.153,5 para alimentação animal
- 79.146,3 foram perdidos ou reciclados
- 40.783,1 constituíram a Energia Final Agrícola (aproveitável)
- 10.153,6 consumiram-se como combustíveis sólidos
- 6.285,7 ficaram retidos na forma de estoque animal

É importante verificar que apenas 20% do total inicialmente produzido chega em condições de ser aproveitado no final do processo. Dessa energia final produzida ( $40.783,1 \times 10^9$  Kcal), resultou uma estrutura onde a energia para alimentação humana respondeu por 77,33%; combustíveis líquidos por 18,9% (com tendência a aumentar em face das metas do PROALCOOL); fibras e resíduos por 3,8%. Outra relação a ser considerada é que gastou-se  $34.014 \times 10^9$  Kcal para produzir  $40.783,1 \times 10^9$  Kcal, ou seja, para cada caloria injetada obtiveram-se 1,2 calorias, aproveitáveis a nível da agricultura.

c) com relação à energia perdida/reciclada:

A magnitude do fluxo de energia perdida/reciclada é difícil de ser estimada com uma precisão razoável, devido à inexistência de informações a respeito. No entanto, considerando os restos de pastagens, o resíduo, as cascas de alguns produtos, os animais mortos, pôde-se, numa primeira aproximação, estimá-la em  $79.146,3 \times 10^9$  Kcal, o segundo em participação na energia total gerada no setor. Considerando que esse valor é conservador, dada sua subestimação, conclui-se que esse fluxo encerra a maior quantidade produzida e o seu aproveitamento é praticamente nulo ou irracionalmente feito, nas atuais condições da agricultura paulista.

d) com relação às atividades consideradas:

O estudo contemplou 21 atividades que respondem por mais de 80% do valor da produção do setor agrícola paulista e ocupam praticamente a totalidade da área agricultável do Estado. De um modo geral verificou-se que as atividades vegetais produziram 90% da energia aproveitável, contra apenas 10% dos animais. Em volume produzido, a cana-de-açúcar ocupando apenas 8% da área respondeu por 58% da produção energética final, - sendo sob esse aspecto o produto mais importante do Estado de São Paulo. No que se refere ao balanço energético por área, ou seja, a relação entre o que é produzido e o que é gasto por unidade de área, em termos de energia determinou-se que os melhores conversores foram, pela ordem: mandioca, milho, cana, soja e trigo. Os piores transformadores são: suínos, ovos, bovinos, café, tomate, aves de corte, cebola e banana (todos estes, inclusive, apresentam conversão negativa, consumindo mais energia do que produzem).

---

#### **4 - CONCLUSÕES**

---

Dos resultados obtidos pode-se concluir, numa primeira aproximação, que a agricultura paulista é extremamente dependente de petróleo, através do consumo de seus derivados - sejam eles combustíveis ou defensivos, fertilizantes, pneus, etc. -; não são do ponto de vista da estrutura do consumo (80% do total) como mesmo da magnitude desse consumo. Apenas com combustíveis, consome o equivalente a 10% do consumo nacional de petróleo, ou quase 40% da produção nacional desse produto em termos de equivalência com barris, dado o perfil de refinação no Brasil.

Quanto à produção, apesar da grande quantidade obtida primariamente, apenas 20% chegam a ser aproveitadas ao nível da agricultura e de cada caloria injetada no processo produtivo obtem-se 1,2 calorias finais, dando um balanço energético quase unitário em termos do setor e fatalmente negativo ao nível do consumo final, quando se computarem as energias dispendidas em transporte, industrialização, embalagens, armazenamento, distribuição e no próprio consumo final (preparação de alimentos, por exemplo).

Algumas explorações contribuem para esse desempenho não muito favorável, notadamente as atividades animais e o café, por terem índices de conversão energética baixos e grande participação na composição da produção, em área ocupada.

Esse é, em síntese, o quadro energético da agricultura paulista representativo da última metade dos anos 70, onde se destacam as necessidades de estudos que visem:

primeiro: diminuir a dependência da agricultura paulista com relação ao petróleo, dados os problemas com esse produtos;

segundo - melhorar o aproveitamento final de calorias em relação às inicialmente produzidas;

terceiro - racionalizar o uso da energia perdida/reciclada para a alimentação animal, fertilizantes e combustíveis, apesar desse aproveitamento encerrar algumas dificuldades em face da dispersão desse volume de energia;

quarto - adotar novas tecnologias poupadoras de insumos, principalmente para as explorações que já apresentam conversão energética negativa.