

A QUESTÃO ENERGÉTICA E O PADRÃO TECNOLÓGICO DA AGRICULTURA BRASILEIRA¹

Valéria Comitre²

1 - INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico ocorrido na agricultura brasileira nos últimos trinta anos (1960-90), e o conseqüente aumento da demanda de insumos energéticos no setor, traz à tona a questão da eficiência energética.

O padrão tecnológico atual da agricultura deve ser compreendido como resultado do esforço de diversos agentes (produtores, indústria, pesquisa e políticas públicas), a partir dos anos 60, no sentido de modernizar o setor agrícola. Essa modernização buscava o aumento da produtividade agrícola através da utilização crescente dos processos mecânicos (tratores, irrigação e colhedoras) e dos insumos químicos (adubos e pesticidas), além da melhoria dos insumos biológicos com novas variedades de plantas.

O esforço modernizador, acompanhado de políticas agrícolas discricionárias, ocorreu de forma diferenciada espacialmente, concentrando a produção agrícola em determinadas regiões, em especial no Sul e Sudeste do País. Assim também alguns produtos foram mais beneficiados que outros. É o caso daqueles destinados à exportação e/ou matéria-primas (café, cana-de-açúcar e soja), em relação aos alimentares de mercado doméstico (arroz, feijão e mandioca).

Se, por um lado, o desenvolvimento de novas técnicas gerou avanços na produtividade de determinadas culturas, por outro, atingiu um padrão de consumo energético de elevada dependência em relação a recursos dos quais o País não possui auto-suficiência, caracterizando uma dupla dependência: tecnológica e econômica.

¹Recebido em 19/09/95. Liberado para publicação em 06/11/95.

² Administrador de Empresas, MS, Doutorando em Planejamento de Sistemas Energéticos, AIPSE-FEM/UNICAMP.

2 - A QUESTÃO ENERGÉTICA

O colapso do mercado de petróleo, previsto no relatório do "Clube de Roma", no início da década de 70, e mesmo depois dos dois "choques do petróleo" (1973 e 1979), não se concretizou.

De fato, o petróleo ainda é a base energética em que se apoia o desenvolvimento da maioria dos países. Segundo BARROS (1993), "na área energética reafirmou-se o antigo", ou seja, o petróleo continua como o principal produto das matrizes energéticas. Seu preço no mercado internacional esteve em baixa, sobretudo nos anos 80-90, uma vez que, contrariamente às previsões da rápida escassez do produto, teve início a exploração de novos campos como os do Mar do Norte (Figura 1).

No Brasil, por exemplo, a produção aumentou de 9,33 milhões de m³ em 1977 para 36,41 milhões de m³ em 1992, de acordo com o BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (1993), o que significa um aumento de 290,20% em quinze anos.

Por outro lado, esforços foram realizados no sentido de se gerir a demanda pelo produto, significando uma melhoria do rendimento ou eficiência energética, entendida como o consumo de energia por unidade de produto, através de inovações tecnológicas.

A incorporação e difusão destas tecnologias consolidaram, a partir dos anos 70, o processo de modernização iniciado na década de 60, que transformou o setor agrícola. A mudança tecnológica, entretanto, aumentou o consumo energético de derivados do petróleo de 1,08 milhão de tep (tonelada equivalente de petróleo) em 1974 para 3,43 milhões de tep em 1992, BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (1990 e 1993).

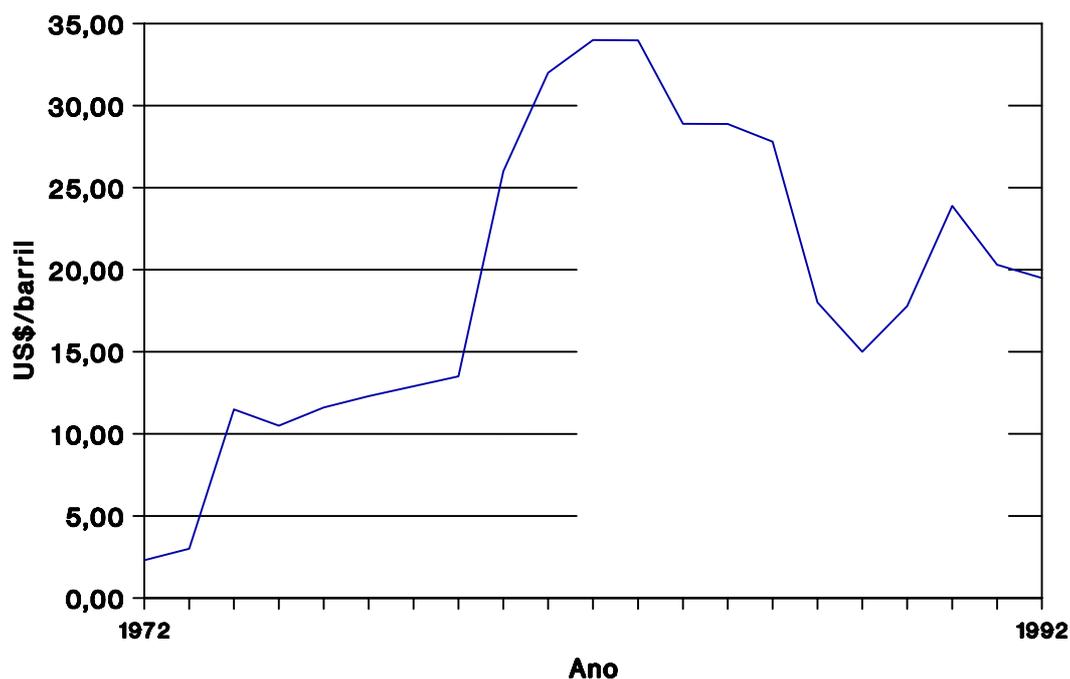


FIGURA 1 - Evolução do Preço Médio Anual do Petróleo Bruto no Mercado Internacional, 1972-92.

Fonte: Elaborada a partir de dados do Banco Mundial, Arabian Light até 1986, Brent depois de 1987, citados por LESOURD & FABERON, 1994.

Dentro desse debate o objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução dos rendimentos energéticos dos principais produtos da agropecuária brasileira ao longo das duas últimas décadas (1970-90). A partir dos dados de produção do setor analisou-se qualitativa e quantitativamente o desempenho energético *vis-à-vis* a evolução do padrão tecnológico, representado pela utilização de insumos modernos.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de produção para vinte atividades do setor agropecuário para os anos de 1970, 1980 e 1990, abrangendo culturas perenes, temporárias, pecuária bovina e suína, além de aves, ovos e leite (Tabela 1). Os dados foram obtidos nos levantamentos dos Anuários Estatísticos do Brasil (FIBGE).

O consumo de energia para o setor agrope-

cuário, no período estudado, foi extraído dos Balanços Energéticos Nacionais e dos Anuários Estatísticos do Brasil da FIBGE (Tabela 2).

Os coeficientes para a contabilização energética da produção, para as diversas atividades, foram obtidos em CASTANHO FILHO & CHABARIBERY (1982) (Tabela 3). Para os coeficientes energéticos dos insumos, que não constam do Balanço Energético Nacional, utilizaram-se dados de PIMENTEL (1980) e SERRA et al. (1979).

Os rendimentos energéticos têm sido objeto de estudo de pesquisadores no desenvolvimento de metodologias destinadas a contabilizar as energias produzidas (*outputs*) e consumidas (*inputs*) em um determinado sistema, tanto em nível micro, representado por uma única atividade, como em nível macro para todo um setor da economia.

Da relação entre *outputs/inputs* convertidos em unidades energéticas ou equivalentes energéticos (*joule*, caloria ou tep), obtém-se um índice que indica

TABELA 1 - Produção para Diversas Atividades, Brasil, 1970, 1980 e 1990
(em t)

Produto	1970	1980	1990
Algodão	1.954.993	1.439.330	1.813.399
Amendoim	928.073	482.819	151.094
Arroz	7.553.083	9.775.720	11.044.453
Banana	20.948.250	19.041.955	23.395.188
Batata-inglesa	1.583.465	1.939.537	2.132.286
Café	1.509.520	2.122.391	3.059.685
Cana-de-açúcar	79.752.936	148.650.563	252.642.623
Cebola	284.603	694.585	797.325
Feijão	2.211.449	1.968.165	2.310.546
Laranja	2.529.143	8.887.721	14.527.442
Mandioca	29.464.275	23.465.649	23.668.473
Milho	14.216.009	20.372.072	26.572.592
Soja	1.508.540	15.155.804	24.071.360
Tomate	764.119	1.535.331	2.177.467
Trigo	1.844.263	2.701.613	5.552.841
Bovinos	1.845.200	2.083.800	62.835.800
Suínos	766.500	699.400	729.500
Aves	85.400	914.500	1.604.700
Leite	6.918.088	10.827.378	14.049.882
Ovos	655.969	1.016.682	1.599.521

Fonte: ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL (1970-90).

TABELA 2 - Consumo de Energia pelo Setor Agropecuário, Brasil, 1970, 1980 e 1990

Fonte	1970		1980		1990	
	mil tep	%	mil tep	%	mil tep	%
Lenha	4.633	79,08	3.191	41,60	2.142	24,53
Óleo diesel	394 ¹	6,72	2.174	28,34	3.146	36,04
Óleo combustível	-	-	114	1,49	26	0,30
Gás liquefeito de petróleo	-	-	0	0,00	1	0,01
Querosene	-	-	2	0,03	0	0,00
Eletricidade	317	5,41	591	7,71	1.933	22,14
Carvão vegetal	-	-	10	0,13	11	0,13
NPK	515	8,79	1.588	20,70	1.471	16,85
Defensivos ²	0	0,00	0,22	0,00	0,18	0,00
Total	5.859	100,00	7.670	100,00	8.730	100,00

¹Incluídos todos os derivados de petróleo.

²Inclui inseticidas, fungicidas e herbicidas.

Fonte: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (1990-93) e ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL (1970-90).

TABELA 3 - Valores Médios de Conversão de Petróleo

Produto	Mcal/t	tep/t
Algodão	2.640	0,24
Amendoim	5.300	0,49
Arroz	5.240	0,49
Banana	1.200	0,11
Batata-inglesa	920	0,09
Café	2.180	0,20
Cana-de-açúcar	640	0,06
Cebola	460	0,04
Feijão	3.370	0,31
Laranja	690	0,06
Mandioca	1.470	0,14
Milho	3.610	0,33
Soja	4.000	0,37
Tomate	190	0,02
Trigo	3.320	0,31
Bovinos	1.850	0,17
Suínos	2.200	0,20
Aves	1.850	0,17
Leite	630	0,06
Ovos	1.630	0,15

Fonte: Elaborada a partir dos dados de CASTANHO FILHO & CHABARIBERY, 1982 e BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (1993).

quantas unidades de energia são produzidas para cada unidade investida no processo.

A procura de um mesmo denominador que permita comparações entre sistemas implica a hipótese de que é possível converter a uma mesma unidade calórica os diferentes processos produtivos à semelhança de uma matriz de custo, em que todos os itens de uma atividade são convertidos em valores monetários.

A partir dos dados da produção física das vinte atividades selecionadas procedeu-se a transformação das quantidades expressas em toneladas (t) para toneladas equivalentes de petróleo (tep). Alguns produtos, no entanto, necessitaram ter suas produções transformadas primeiramente em toneladas, conforme descrição a seguir.

Para banana, cujos dados levantados apresentaram-se em 1.000 cachos, estimou-se um peso médio de 0,0425t/cacho (PEDRO JUNIOR et al., 1987).

A produção de laranja em 1.000 frutos foi transformada pelo peso médio de uma caixa com 250 frutos em 0,0408t/caixa, o que significa 0,1632 t/1.000

frutos (MAIA, 1992).

Para a produção de carne bovina, os dados de animais abatidos foram convertidos pela proporção carne/resíduo em 0,38 e 0,62, respectivamente, o mesmo ocorrendo com a carne suína, cujos coeficientes foram de 0,75 e 0,25 (CARMO et al., 1988).

Para carne de aves, também estimada em 1.000 unidades, não foi possível estimar os dados de resíduos.

A produção de leite, apresentada em 1.000 litros, foi convertida em toneladas, considerando-se a densidade de 0,97kg/litro, e ovos pelo peso médio de 64,73g/unidade, ou seja, 0,78kg/1.000 dúzias, CARMO et al. (1988).

A metodologia de transformação consistiu em converter os valores expressos em toneladas de cada produto para megacalorias (Mcal). Em seguida esses valores foram transformados em toneladas equi-valente de petróleo (tep), estimada em 10.800 Mcal/tep no BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (1993).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A participação relativa das fontes no dispendio energético mostra a importância crescente da energia fóssil dentro do setor agropecuário nestas últimas duas décadas. Desse total, à exceção de 1970, em que estão contabilizados em um único item, todos os derivados de petróleo, representando 6,72% do consumo total de energia, a participação dos derivados de petróleo, em 1980, representou 29,86% sendo que somente o óleo diesel, combustível empregado nas máquinas agrícolas como tratores e colhedoras, contribuiu com 28,34%. Para 1990, os valores são de 36,35% para o total de derivados, sendo o óleo diesel responsável por 36,04%. A participação de óleo combustível (1,49% em 1980 e 0,30% em 1990) é bastante modesta, o mesmo acontecendo com gás liquefeito de petróleo (GLP), com apenas 0,01% em 1990, e com querosene em 1980 de 0,03% (Tabela 2).

O consumo de eletricidade aumentou, em especial em 1990, indicando além de um maior emprego de máquinas, uma possível melhora na qualidade de vida da população rural, com o uso de aparelhos eletrodomésticos.

A utilização do carvão vegetal mostrou-se constante em 1980 e 1990, não havendo informações para 1970. O consumo deste produto, de origem extrativa, em geral para a cocção de alimentos, parece indicar uma prática ainda em uso no setor rural.

Quanto ao emprego de adubos, observa-se aumento de aproximadamente 3,08 vezes no período de 1970 a 1980, ocorrendo em seguida queda de 0,93 ponto em 1990, indicando que o crescimento na utilização deste insumo coincidiu com o período de modernização do setor agrícola.

Já os defensivos, embora bastante utilizados nas culturas mais capitalizadas, como soja e cana-de-açúcar, têm participação bastante pequena no conjunto dos dispêndios energéticos.

O rendimento energético calculado em 1970, 1980 e 1990 foi de 4,09, 4,71 e 5,82, respectivamente, o que significa que para cada unidade calórica aplicada na produção obteve-se um retorno de 3,09, 3,71 e 4,82 unidades, respectivamente, descontando-se a unidade reposta. O alto poder calórico de algumas culturas como cana, soja e milho, por exemplo, aliado a um volume de produção também alto, contribuiu para essa elevada taxa de conversão líquida (Tabelas 4 e 5).

TABELA 4 - Produção de Energia pelo Setor Agropecuário, Brasil, 1970, 1980 e 1990
(em mil tep)

Produto	1970	1980	1990
Algodão	469	345	435
Amendoim	455	237	74
Arroz	3.701	4.790	5.412
Banana	2.304	2.095	2.573
Batata-inglesa	143	175	192
Café	302	424	612
Cana-de-açúcar	4.785	8.919	15.159
Cebola	11	28	32
Feijão	686	610	716
Laranja	152	533	872
Mandioca	4.125	3.285	3.314
Milho	4.691	6.723	8.769
Soja	558	5.608	8.906
Tomate	15	31	44
Trigo	572	838	1.721
Bovinos	336	380	517
Suínos	151	138	144
Aves	15	155	273
Leite	415	650	843
Ovos	98	153	240
Total	23.984	36.117	50.848

Fonte: Elaborada a partir dos dados da tabela 1 e CASTANHO FILHO & CHABARIBERY, 1982.

TABELA 5 - Consumo, Produção e Rendimento Energético, Brasil, 1970, 1980 e 1990
(em mil tep)

Item	1970	1980	1990
Total de produção	23.984	36.117	50.848
Total de insumo	5.859	7.670	8.730
Rendimento energético	4,09	4,71	5,82

Fonte: Elaborada a partir da tabela 4 e BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (1990-93).

5 - CONCLUSÕES

Este trabalho possibilitou mensurar os rendimentos energéticos das duas últimas décadas (1970 e 1990) abrangendo vinte atividades do setor agropecuário brasileiro.

Os resultados obtidos confirmam o dinamismo, em termos de crescimento da produtividade, ocorrido na agricultura através do processo de modernização. A forte expansão do setor, expresso pelo aumento da produção, em especial daqueles produtos com elevado grau de integração com a indústria, indica alteração do padrão técnico de produção aumentando a demanda por máquinas, implementos, pesticidas, adubos e sementes, aumentando o consumo de produtos energéticos, com ênfase para os derivados do petróleo.

Assim, confrontando-se os dados, entre os extremos do período, observa-se crescimento proporcionalmente maior da produção física (112%) em relação ao consumo de insumos empregados no setor (49%), constatados nos valores calculados para os rendimentos energéticos.

LITERATURA CITADA

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro, FIBGE, 1970-90.
- BARROS, José R.M. O Brasil e o novo cenário internacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 30. Ilhéus, 1993. (Aula Magna, mimeo).
- BOLETIM DO BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, Brasília, MME, 1988. 37p.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Brasília, MME, 1990. 140p.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Brasília, MME, 1993. 140p.
- CARMO, Maristela S. et al. Balanço energético de sistemas de produção na agricultura alternativa. **Agricultura em São Paulo**, SP, v.35, n.1, p.87-97, 1988.
- CASTANHO FILHO, Eduardo P. & CHABARIBERY, Denise. **Perfil energético da agricultura paulista**. São Paulo: IEA, 1982. 55p. (Relatório de Pesquisa, 9/82).
- LESOURD, J.B. & FABERON, J.Y. **Collecgtion Que sais-je?** Paris,Universitaires de France, 1994. 127p.
- MAIA, Maria L. **Citricultura paulista: evolução, estrutura e acordos de preços**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1992. 185p. Dissertação de Mestrado.
- PEDRO JUNIOR, Mario J. **Instruções agrícolas para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1987. (Boletim 200).
- PIMENTEL, David coord. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Flórida, CRC, 1980. - 475p.
- SERRA, Gil E. et al. **Avaliação de energia investida na fase agrícola de algumas culturas**. Brasília: Secretaria de Tecnologia Industrial, 1979.

A QUESTÃO ENERGÉTICA E O PADRÃO TECNOLÓGICO DA AGRICULTURA BRASILEIRA

SINOPSE: O artigo avalia a evolução dos rendimentos energéticos dos vinte principais produtos agropecuários entre as duas últimas décadas (1970-1990) no Brasil. O crescimento da produção física, em especial daqueles produtos integrados à indústria, indica alteração do padrão técnico ocorrido através do processo de modernização que resultou na maior utilização de máquinas, implementos, pesticidas e adubos, entre outros. Estes, por sua vez, elevaram o consumo de produtos energéticos, em especial dos derivados de petróleo. Concluiu-se que, mesmo com o significativo crescimento do uso de insumos, o rendimento energético (relação entre *outputs/inputs*) tem aumentado ao longo do período em função da crescente produtividade dos produtos selecionados.

Palavras-chave: energia do setor agropecuário, rendimentos energéticos.

THE ENERGY QUESTION AND THE BRAZILIAN AGRICULTURAL TECHNOLOGICAL PATTERN

ABSTRACT: In this paper the energetic yields of the main agricultural products in the 1970/90 period in Brazil are evaluated. The production increase, mainly of those products in integration with the industry, shows a technical pattern change caused by the agricultural modernization, with the employment of inputs such as machines, fertilizers and pesticides. These inputs, on their turn, have caused a higher consumption of energetic products, mainly oil by-products. As a conclusion, it could be observed that even with a significant increase in inputs utilization, the energetic yield (output/input relation) has increased during this period due to the selected products high yields.

Key-words: energy in agriculture, energetic yields.