



## PERFIL ENERGÉTICO DA AGRICULTURA PAULISTA

Eduardo Pires Castanho Filho  
Denyse Chabariberi

Governo do Estado de São Paulo  
Secretaria de Agricultura e Abastecimento  
Instituto de Economia Agrícola

Relatório de Pesquisa  
9/82



## PERFIL ENERGÉTICO DA AGRICULTURA PAULISTA

Eduardo Pires Castanho Filho  
Denyse Chabariberi

São Paulo  
1982

## ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO .....	1
1.1 - Objetivos .....	2
2 - REVISÃO DE LITERATURA .....	3
3 - MATERIAL E MÉTODO .....	6
3.1 - Fluxo Externo ou Energia Injetada na Agricultura .....	8
3.2 - Fluxo Interno ou Energia Produzida pela Agricultura .....	9
3.2.1 - Energia primária .....	9
3.2.2 - Energia secundária .....	11
3.2.3 - Fluxo interno .....	11
3.3 - Fluxo Perdido ou Reciclado .....	12
3.4 - Esquema Geral do Perfil Energético .....	12
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
4.1 - Uso da Terra .....	12
4.2 - Fluxo Externo .....	17
4.3 - Fluxo Interno .....	20
4.4 - Fluxos Reciclado e Perdido .....	23
4.5 - Índices de Desempenho Energético .....	25
4.6 - Produção Calórico-Protéica .....	28
4.7 - Tipificação das Atividades .....	28
4.7.1 - Consumo calórico por hectare .....	30
4.7.2 - Produção calórica total por hectare .....	32
4.7.3 - Conversão de energia por hectare .....	32
4.7.4 - Produção de energia alimentar humana por hectare .....	33
4.7.5 - Produção protéica para alimentação humana por hectare de área .....	33
4.8 - Síntese dos Principais Resultados .....	35
4.8.1 - Fluxo externo .....	35
4.8.2 - Fluxo interno .....	36
4.8.3 - Fluxo reciclado e perdido .....	36
4.8.4 - Perfil energético da agricultura paulista .....	36
4.8.5 - Produção calórico/proteica .....	37
4.8.6 - Tipificação das atividades .....	37

## PERFIL ENERGÉTICO DA AGRICULTURA PAULISTA

Eduardo Pires Castanho Filho

Denyse Chabaribery

### 1 - INTRODUÇÃO

A partir de 1973 - quando os países exportadores de petróleo qua druplicaram os preços dessa matéria-prima, de modo a corrigirem distorções que vinham de algumas décadas - a questão energética passou a ser um dos as pectos mais relevantes para a manutenção do crescimento econômico, principal mente naqueles países onde a dependência externa era muito elevada.

Intensificaram-se estudos em busca de novas fontes energéticas, e muitos deles apontaram a agricultura como um dos setores mais promissores.

Realizaram-se pesquisas para conhecer o potencial de produção ener gética de várias culturas, notadamente sob a ótica do balanço energético, pre tendendo-se verificar se o que se produz de energia ultrapassa, ou não, o que se gasta para produzi-la.

Essa série de trabalhos abriu um campo de especulações relativamente novo e passou-se a analisar as mais variadas atividades também sob o pon to de vista da energia. Isso permitiu uma ampliação do leque de opções quan to à tomada de decisões, dada a complementariedade entre as análises econômi ca e energética.

Maior "eficiência econômica" passou a ser cotejada com "melhor efi ciência energética", principalmente para as atividades onde o peso da ener gia de origem fóssil, caso do petróleo, fosse muito grande.

Na esteira dos conhecimentos gerados, verificou-se que esse enfo que trazia informações interessantes para se calcular, por exemplo, o grau de auto-abastecimento de um território, seja do ponto de vista dos combustí veis líquidos, seja do ponto de vista da energia alimentar requerida pela po pulação.

Assim, a avaliação da energia produzida pela agricultura - seja co mo energia alimentar necessária para cobrir os requisitos nutricionais da po pulação, seja como combustível para substituir derivados de petróleo - forne

ce subsídios que permitem verificar se o setor agrícola está, ou não, cumprindo esses objetivos estratégicos, ou de que forma poderia ser conduzido a fazê-lo.

As questões do suprimento calórico/protéico e da tecnologia empregada quanto aos saldos ou "déficits" de energia ganham relevância com o agravamento da situação energética como um todo.

Apesar da agricultura representar relativamente pouco no dispêndio geral de energia da economia, o conhecimento de como ela gasta e produz energia é fundamental para a definição de políticas de estímulo à produção ou de restrição ao consumo, em função da importância estratégica que ocupa como possível produtora de um excedente energético para outros setores econômicos.

Devido à pouca tradição quanto ao desenvolvimento de trabalhos nesse campo, em particular no Brasil, deparou-se com limitações para a sua elaboração, notadamente no tocante à obtenção de dados básicos - para os quais devem ser desenvolvidas pesquisas buscando suprir gradativamente essa lacuna.

## 1.1 - Objetivos

Para o estabelecimento de políticas de incentivo à produção, ou de restrições ao consumo de energia, é imprescindível que se conheça o modo pelo qual ela é produzida e gasta na agricultura.

Este trabalho estabelece os perfis de demanda e de produção energética nesse setor, visando adequar medidas para tomada de decisões. Para norteá-lo, procurou-se responder a algumas perguntas:

- a) de que maneira a energia é gasta na agricultura?
- b) qual é a composição desse consumo, segundo a origem da energia?
- c) quanto se gasta de energia para efetivar a produção agropecuária do Estado de São Paulo?
- d) quanto é produzido de energia pela agricultura paulista?
- e) como se compõe, e qual a destinação, dessa energia produzida?
- f) quais as atividades que mais produzem e mais consomem energia?
- g) quais as atividades que já utilizam mais energia do que são capazes de produzir?

Determinou-se, ainda, como objetivo deste trabalho, realizar uma tipificação das várias atividades estudadas, segundo alguns parâmetros - produção e consumo de energia por unidade de área, conversão energética e produ

ção de energia alimentar e de proteína por unidade de área - no sentido de proporcionar opções quanto ao estímulo ou desestímulo de cada uma, em termos de política agrícola.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

Os trabalhos desenvolvidos na área de energia na agricultura são relativamente recentes e, na sua maioria, produzidos fora do País. Abordam os mais variados aspectos da questão, destacando-se, no entanto, duas tendências. Uma de caráter mais abrangente, colocando o problema a nível do esgotamento dos recursos tradicionais de fornecimento energético, e outra mais preocupada com o enfoque da produção ou utilização de energia de fontes alternativas.

Dentre os trabalhos que enfocam o problema sob uma ótica mais geral pode-se citar MALASSIS (17), que fornece uma boa sistematização do que já se realizou na área até o presente.

As contribuições de HEIERLI (14) estimam o fluxo de calorías recebidas pelo sol em 5.000kcal por dia, por metro quadrado, e chegam à porcentagem aproveitável dessa energia pelas plantas de somente 3,5%.

Na mesma linha, o CNEEMA (7) avalia que, para a produção de uma caloria final vegetal, são necessárias de 2 a 4 calorías efetivamente aproveitáveis, o que reduziria a eficiência fotossintética para 1%, em relação ao fluxo solar total. Com base nessas hipóteses, calcularam-se os rendimentos possíveis, para cada cultura, dentro de um determinado padrão tecnológico.

LINDEMAN (16) propôs, no sentido do aproveitamento energético, a lei conhecida como "dos 10%", que exprime o rendimento das transferências de energia entre os níveis tróficos (planta → herbívoro → carnívoro).

Por outro lado, tanto o CNEEMA (7) como HEIERLI (14) avaliaram rendimentos energéticos de alguns processos produtivos na agricultura, fornecendo alguns quadros indicativos dessas transformações. Preocupados com o problema do espaço requerido para a alimentação, estimaram-se tipos de dietas mais ou menos poupadoras de área com fins de satisfazer as necessidades alimentares das populações.

BORGSTROM (4) analisou a história da participação da energia de origem fóssil na produção alimentar, concluindo que há cem anos ela se concentra essencialmente nas fases de transformação e distribuição, passando nes

te século a ser cada vez mais importante na fase de produção agrícola.

CIPOLLA (8) estimou que em 1840 a participação da energia fóssil representava 20% no processo de produção agrícola, e que atualmente esse percentual sobe para 80%; ou seja, que a industrialização da economia realizou-se sobre a base de uma disponibilidade crescente de energia mecânica - sobre tudo fóssil -, por unidade de trabalho.

PIMENTEL et alii (22), em razão de seus trabalhos, deram uma nova formulação para a lei dos rendimentos decrescentes, concluindo que a proporção em que o consumo energético aumenta, chega um instante em que os rendimentos passam a decrescer. Alguns países e atividades já atingiram esse estágio, como é o caso da cultura do milho nos Estados Unidos.

BOYELDIEU (5) fez estudos semelhantes para a França, e chegou a resultados análogos.

STEINHART & STEINHART (30) aprofundaram as conclusões de Pimentel e seus auxiliares, dado que calcularam o consumo de calorias para a obtenção da caloria final no prato do consumidor, e não apenas ao nível agrícola; concluíram que nos Estados Unidos atualmente são necessárias 9 calorias fósseis para produzir uma caloria final.

COOK (9) com seus trabalhos formulou as primeiras hipóteses de classificar as sociedades segundo seu perfil energético, em quatro tipos:

a) sociedades agrárias tradicionais ou pré-industriais, com baixo consumo de calorias biológicas;

b) sociedades agrárias modernizadas, onde o consumo de energia biológica é essencial, mas onde a injeção de energia fóssil já começou;

c) sociedades saídas da revolução industrial, com alto consumo de energia fóssil; e

d) sociedades industriais avançadas - do tipo da norte-americana - onde o consumo atingiu mais de 200Mcal/hab/dia (<sup>1</sup>), isto é, aproximadamente 400 vezes a quantidade de energia que um homem pode produzir por dia.

STEINHART & STEINHART (30) em seus trabalhos propuseram uma classificação dos tipos de culturas e de processos de produção segundo o número de calorias externas para obter uma caloria final para o consumidor:

a) de 0,02 a 0,05 para o arroz na Indonésia, China e Birmânia ou nas culturas itinerantes que se praticam até o "esgotamento" do solo;

---

(<sup>1</sup>) 1Mcal = 10<sup>3</sup>kcal, isto é, uma megacaloria corresponde a 10.000 quilocalorias.

b) 0,05 a 0,1 para a batata cultivada extensivamente para o consumo direto;

c) 0,1 a 0,2 na cultura extensiva do milho;

d) 0,5 a 0,9 na avicultura familiar ou pecuária bovina extensiva;

e) 1,0 para a pecuária leiteira em pastagens;

f) 2,0 a 5,0 na avicultura industrial; e

g) 10,0 a 20,0 para o confinamento de bovinos.

O CNEEMA (7) desenvolveu um trabalho onde fornecia fundamentos para a elaboração do perfil energético da agricultura francesa. Nesse estudo quantificaram-se os fluxos externos e internos de energia requerida para o funcionamento do sistema agroalimentar francês.

Estudo de Amaro publicado pelo BANCO DO ESTADO DE SÃO PAULO (2) apresenta uma síntese dos sistemas agroindustrial e agroalimentar que servem de base para o desenvolvimento dos conceitos do processo de produção de alimentos e dos fluxos energéticos em cada nível de atividade.

No que se refere a balanços energéticos de culturas no Brasil, foram realizados vários estudos.

SILVA et alii (29) estudaram o balanço energético de culturas passíveis de serem aproveitadas para a produção de álcool etílico e compararam os resultados relativos a gastos e produção energéticos de cana-de-açúcar, mandioca e sorgo sacarino.

SERRA et alii (28) efetuaram também um trabalho comparativo quanto à produção de álcool etílico de diversas fontes vegetais.

MOREIRA et alii (20) estabeleceram o balanço energético comparativo para a produção de álcool etílico e metílico a partir de biomassa.

SERRA et alii (27) realizaram estudo sobre várias culturas agrícolas no Estado de São Paulo e propuseram uma metodologia para a determinação do consumo energético dessas culturas, a qual, juntamente com os valores de conversão propostas nesse trabalho, foram utilizados na elaboração do presente estudo.

RUSCHEL (25) faz considerações a respeito dos diferentes tipos de culturas e suas capacidades intrínsecas de aproveitarem e transformarem energia de biomassa.

Trabalho da Universidade da Flórida (11) fornece as bases para a transformação de alimentos consumidos pelos animais em energia, medida em calorias.

Da mesma forma, a FUNDAÇÃO IBGE (12) em suas enquetes forneceu as bases para a transformação calórica dos diversos produtos de alimentação, ob

jetos deste estudo; outrossim, estabeleceu as condições da dieta requerida e efetivamente praticada pela população.

Trabalho da ONU (10) transcreve os níveis de segurança de proteínas e as necessidades diárias de calorias por pessoa, em função do sexo, peso, idade e tipo de trabalho realizado.

A conferência de 1971 da FAO/OMS estabeleceu os requisitos mínimos diários de proteínas por pessoa, em função dos seus pesos corporais, ou seja, 0,57g de proteína por grama de peso corporal, sendo que 50% devem ser de origem vegetal e 50%, de origem animal (10).

GOLDEMBERG (13) estima as porcentagens de uso dos diversos combustíveis para o Brasil.

E JUNQUEIRA et alii (15) transcrevem, para o Estado de São Paulo, o consumo de energia elétrica no meio rural.

Esta revisão permitiu que se tivesse uma visão razoável do que existe sobre energia e agricultura, fornecendo índices e resultados comparáveis para o estudo em pauta. Forneceu também a base metodológica para o desenvolvimento do trabalho, apoiando-se fundamentalmente nos estudos do CNEEMA (7) e em SERRA et alii (27) para a determinação dos fluxos interno e externo de energia.

### 3 - MATERIAL E MÉTODO

Para o desenvolvimento do trabalho, procurou-se estabelecer um quadro teórico de referência que permitisse uma visão geral do processo. A partir desse esquema teórico é que se desenvolveu a parte empírica do estudo.

Partiu-se da metodologia utilizada pelo CNEEMA (7) para a determinação do perfil energético do sistema agroalimentar francês, adaptando-o à realidade da agricultura paulista mediante algumas modificações, procurando-se ajustar um suporte teórico que melhor se adaptasse às finalidades do presente estudo. Nesse procedimento, buscou-se um maior detalhamento entre os tipos de energia considerados e as suas relações. De modo geral, e segundo estudo de MALASSIS (17), consideraram-se três fluxos de energia existentes no processo da produção agrícola (figura 1).

Para efeito deste trabalho não se levaram em consideração os fluxos que intervêm depois de obtida a produção agrícola, ou seja, as operações de transformação, transporte, armazenagem, distribuição, consumo e, mesmo,

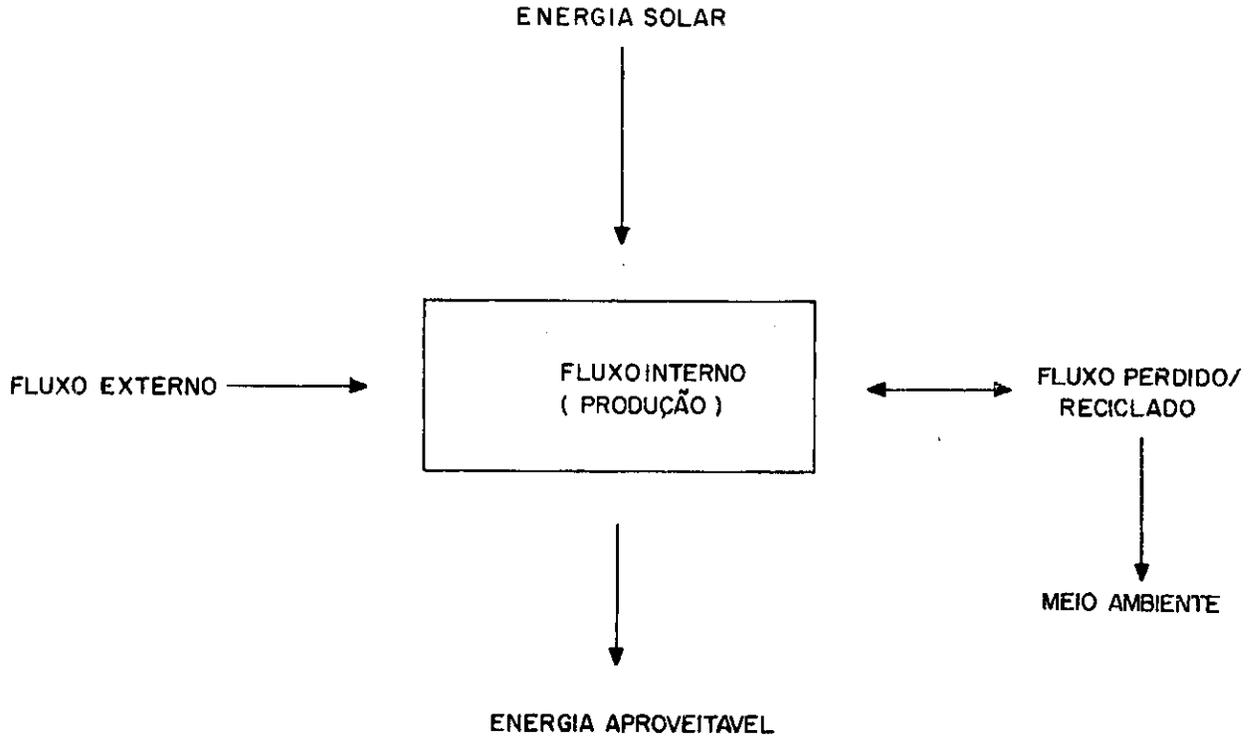


FIGURA 1.- Quadro Teórico de Referência dos Fluxos Energéticos na Agricultura (17).

aquele proveniente das operações de suporte à produção (sistema de crédito, estruturas de mercado, equipamentos para preparo alimentar, indústria de bens de capital, entre outros), efetuando-se um corte ao nível da agricultura.

Na composição desse esquema, utilizaram-se as categorias apresentadas a seguir.

### 3.1 - Fluxo Externo ou Energia Injetada na Agricultura

Este fluxo é baseado na observação de que o homem não pode produzir energia ou se apropriar dela sem se valer de atividades consumidoras de energia, por exemplo, do seu próprio trabalho. Através do desenvolvimento histórico, para aumentar sua eficiência e reduzir seus dispêndios energéticos, o homem passou por várias etapas, que inclusive caracterizam grandes tipos de agricultura - humana, a tração animal, a tração mecânica. O que mais marcou nesse desenvolvimento foi a evolução de uma agricultura baseada em energia biológica para outra baseada em energia fóssil, principalmente petróleo. CIPOLLA (8) estimou que, antes da evolução industrial, a agricultura desenvolvia-se com 80% de energia biológica e 20% de energia fóssil. Na agricultura de hoje essa relação é, praticamente, inversa.

O fluxo externo, energia injetada na agricultura (EIA), nas operações de produção, é por sua vez constituído de dois tipos básicos de energia: direta e indireta.

A energia direta (EDir) é constituída de:

a) energia biológica (EBio): energia do trabalho humano e animal e a contida nas sementes e mudas; não se considerou a provinda de biomassa, dada a sua aparente pequena participação no processo de produção agrícola no Estado de São Paulo;

b) energia fóssil (EFos), do petróleo, contida nos combustíveis (EComb) e nos lubrificantes, adubos, corretivos, defensivos, pneus, etc; e

c) energia hidroelétrica (EEI).

A energia indireta (EInd) é a necessária para a construção dos imóveis e melhoramentos, e fabricação dos equipamentos utilizados na produção agrícola; é estimada pela "depreciação energética" segundo os dias de utilização e em função da vida útil desses bens.

Assim, o fluxo externo, ou energia injetada na agricultura (EIA), pode ser equacionado como segue:

$$EIA = EDir + EInd, \text{ ou}$$

$$EIA = (EBio + EFos + EEI) + EInd.$$

Esse fluxo pode ser analisado, também, conforme a sua destinação, ou seja, para a produção de energia primária ou para a produção de energia secundária, constituintes do fluxo interno.

### 3.2 - Fluxo Interno ou Energia Produzida pela Agricultura

Em termos globais, o fluxo interno, energia produzida pela agricultura (EPA), é iniciado na utilização da energia solar, indo até a utilização, pelo consumidor, dos diferentes produtos obtidos, isso passando por uma série de transformações bioquímicas. Na base do processo encontra-se, sempre, um vegetal, captador da energia solar, o qual tem o poder de, pela fotossíntese, converter essa energia em energia utilizável pela transformação de matéria mineral em matéria orgânica. O fluxo interno é extremamente complexo, seja no seu funcionamento, seja pelos materiais que gera e dos quais a sociedade se apropria para suas necessidades.

Em linhas gerais, esse fluxo se constitui de dois tipos de energia: primária e secundária.

#### 3.2.1 - Energia primária

A energia primária (EPrim) é a energia vegetal que, para efeitos dos resultados que se pretendem, é dividida em energia de origem agrícola (EAgric) e a contida nas pastagens (EPast).

A energia agrícola (EAgric) é destinada a várias finalidades, sendo que grande parte é consumida, por transformação, durante o próprio processo de produção agrícola como energia intermediária.

Pode-se distinguir na produção agrícola os seguintes tipos de energia:

- a) energia alimentar destinada à alimentação humana - EAH;
- b) energia alimentar destinada à alimentação animal - EAAA;
- c) energia destinada a combustíveis sólidos - ECS;
- d) energia destinada a combustíveis líquidos - ECL;

- e) energia contida nas fibras têxteis - EFi; e
  - f) energia contida nos resíduos agrícolas - ERA.
- A equação da energia agrícola (EAgric) é, então:

$$EAgric = EAH + EAAa + ECS + ECL + EFi + ERA.$$

Na produção das pastagens, pode-se distinguir os seguintes tipos de energia:

- a) energia alimentar destinada à alimentação animal - EAAp; e
  - b) energia dos resíduos de pastagens (restos de pastagens) - ERP.
- Assim sendo:

$$EPast = EAAp + ERP$$

A energia primária é, portanto, integrada por dois grupos de energia: energia intermediária (EInterm), que sofrendo transformações e somada a outras energias chega à energia aproveitável ou final (EFA).

O papel da energia intermediária é bastante importante e, em termos do período para o qual foi considerado o funcionamento do processo de produção da agricultura paulista (1978-79), vem tendo as seguintes destinações:

- a) ECS: utilizada como auxiliar no processo de obtenção de combustíveis líquidos (ECL), principalmente álcool, e na produção de açúcar;
- b) EAAa e EAAp: utilizadas basicamente para a produção de energia secundária, pela transformação na alimentação animal; e
- c) ERA e ERP: energia contida nos resíduos da agricultura e das pastagens acaba retornando ao solo, propiciando uma economia de energia injetada na agricultura (EIA) no fluxo externo.

Assim, a equação da energia intermediária é:

$$EInterm = EAAa + ECS + ERA + EAAp + ERP$$

A energia final aproveitável (EFA), ao menos teoricamente, é a que pode satisfazer as necessidades do consumidor, não se considerando ainda as transformações pelas quais terão que passar nos processos de transformação, transporte, armazenagem e distribuição.

### 3.2.2 - Energia secundária

A energia secundária (ESec) é a que provém da transformação dos vegetais no processo da alimentação animal, e é composta de fluxo intermediário e fluxo final, como a primária. Para que sua produção se dê é necessária, portanto, a energia do fluxo externo e a energia intermediária, esta proveniente da energia primária. Esquematicamente:

$$ESec = EIA + EInterm.$$

Ela se compõe, por sua vez, de:

- a) EFe = Energia contida nos fertilizantes de origem animal;
- b) EAHS = Energia alimentar destinada à alimentação humana;
- c) EEa = Energia armazenada sob a forma de estoque calórico animal;
- d) ERe = Energia contida nos resíduos animais aproveitáveis; e
- e) EPe = Energia das perdas.

Assim:

$$ESec = EFe + EAHS + EEa + EPe$$

Quanto à destinação, observa-se que a EFe volta para o solo, realimentando o processo produtivo; a ERe se divide, uma parte vai para alimentação humana, somando-se à EAHS, outra parte vai para o fluxo perdido/reciclado (EPe) e, ainda outra, é utilizada pelo homem (couro, principalmente).

### 3.2.3 - Fluxo interno

O resultado do fluxo interno é, portanto, composto das energias finais de origem primária, produzidas pelos vegetais, e das de origem secundária, produzidas pelos animais, ou seja, é a energia final aproveitável da agricultura ou energia agrícola (EFA).

$$EFA = EAHa + EAHS + ECL + EFi + ERe.$$

### 3.3 - Fluxo Perdido ou Reciclado

E o fluxo formado pelas energias não utilizadas durante o processo, acrescidas daquelas que não são aproveitáveis pelo homem. Compõe-se das energias contidas nos resíduos agrícolas - ERA - (restos de culturas, perdidas na colheita); nos resíduos das pastagens - ERP - (parte não aproveitada pelos animais); parte dos resíduos animais - ERe - (principalmente animais mortos), e na contida nos fertilizantes animais - EFe - (esterco). Uma parte dessa energia é reconduzida ao processo produtivo, ou seja, reciclada; outra parte é perdida, principalmente nas queimadas, nos despejos em rios, e em outros destinos, por certo, o fluxo mais difícil de ser quantificado; mas, estimativas preliminares parecem indicar que a sua magnitude ultrapassa, inclusive, a produção final utilizável, sendo um campo aberto para estudos de um melhor aproveitamento energético.

### 3.4 - Esquema Geral do Perfil Energético

De posse dos vários elementos anteriormente citados, montou-se um quadro que representa, de forma esquemática, o funcionamento da agricultura em termos energéticos (figura 2), o qual facilitou o cálculo da magnitude dos diferentes fluxos envolvidos.

O processo desse cálculo está detalhado no anexo.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Uso da Terra

Quando se pretende analisar a produção agrícola, a magnitude da área ocupada pelas diferentes atividades precisa ser considerada. A produção, e assim o consumo energético, tem uma relação muito estreita com a dimensão da superfície ocupada.

A primeira preocupação foi observar como a terra tem sido utilizada



da no Estado de São Paulo em termos de sua expansão e da área cultivada em relação à área total. Isso dá uma idéia do potencial de crescimento horizontal da produção.

Outro ponto que mereceu atenção se refere à substituição de uma atividade por outra. Neste caso, poderia haver acréscimo ou decréscimo da produção e do consumo de energia em função das características das atividades envolvidas.

Pelos dados disponíveis no IEA (1, 23, 26), pôde-se constatar que a área total da agricultura tem sido praticamente estável desde, pelo menos, 1955 (quadro 1). Em que pese mudanças havidas na metodologia da coleta de tais dados, pode-se afirmar que a expansão da área tem sido muito pequena desde aquela data. Comparando-se alguns anos em que esses dados foram coletados (1955, 1962, 1972 e 1979), verifica-se uma tendência constante de redução das áreas ocupadas com pastagens naturais, matas naturais e terras em descanso. Inversamente, há uma tendência constante de aumento das áreas ocupadas com reflorestamento.

Outra constatação é de que algumas atividades cresceram em área, em termos absolutos, nesse período, apesar de apresentarem um ciclo de aumentos e reduções seguidas; é o caso das culturas anuais e dos pastos formados. Observou-se, ainda, um outro grupo que, apresentando aquele ciclo, diminuiu a sua participação em área, em termos absolutos; é o caso das culturas permanentes e das terras classificadas como "imprestáveis".

Esse quadro geral mostra estar havendo substituição de umas atividades por outras, dentro dos limites de área já relativamente fixos. A importância disto vai se refletir na competição entre atividades que se destinam a diferentes finalidades: produção de alimentos, produção de fibras, produção de combustíveis, entre as principais.

Estes breves comentários sobre a utilização da terra têm o objetivo de mostrar sua importância quando se pretende fazer uma análise sobre produção e consumo de energia.

Assim, o perfil energético a ser estabelecido baseia-se na estrutura de ocupação do solo paulista, pelas várias atividades contempladas neste estudo, da safra 1978/79. Ganham relevância, portanto, tanto os aspectos da produção e consumo globais de energia pela agricultura, quanto o desempenho de cada uma das atividades.

Seguindo o esquema proposto no quadro teórico de referência (figura 1), montaram-se os fluxos energéticos da agricultura paulista, ano agrícola 1978/79 (figura 3).

QUADRO 1. - Uso do Solo no Estado de São Paulo, 1955-79

(em hectare)

Especificação	1955	1962	1972	1979
Culturas anuais	-	3.267.000	3.894.890	3.420.507
Culturas permanentes (Culturas, sede e não especific.)	(6.236.340)	(7.812.400)	(6.844.390)	(6.354.550)
Pasto natural e campo (campo e cerrado)	4.936.000	-	-	-
Pasto formado (pastagens)	(13.147.060)	(10.454.400)	(12.154.000)	(9.968.082)
Mata natural	3.146.000	3.049.200	2.785.700	1.198.210
Reflorestamento	338.800	411.400	446.500	686.926
Em "descanso"	-	1.815.000	956.600	466.760
"Imprestáveis" (Rios, benf., estradas, etc.)	-	871.200	484.600	713.597
<b>Total</b>	<b>19.868.200</b>	<b>21.707.400</b>	<b>22.230.590</b>	<b>18.227.983</b>

OBS.: As especificações entre parênteses se referem àquelas empregadas em 1955, principalmente. Para se poder comparar, os dados foram agrupados em grandes itens (culturas, pastagens, etc.) para se ter uma idéia da evolução.

Fonte: 1955 - Agricultura em São Paulo, ano V, n. 12, dez. 1955.

1962 - "Estado e tendências da Agricultura", Agricultura em São Paulo, ano X, n.5/6, mai./jun. 1963.

1972 e 1979 - Levantamentos IEA. Objetivos de Abril.

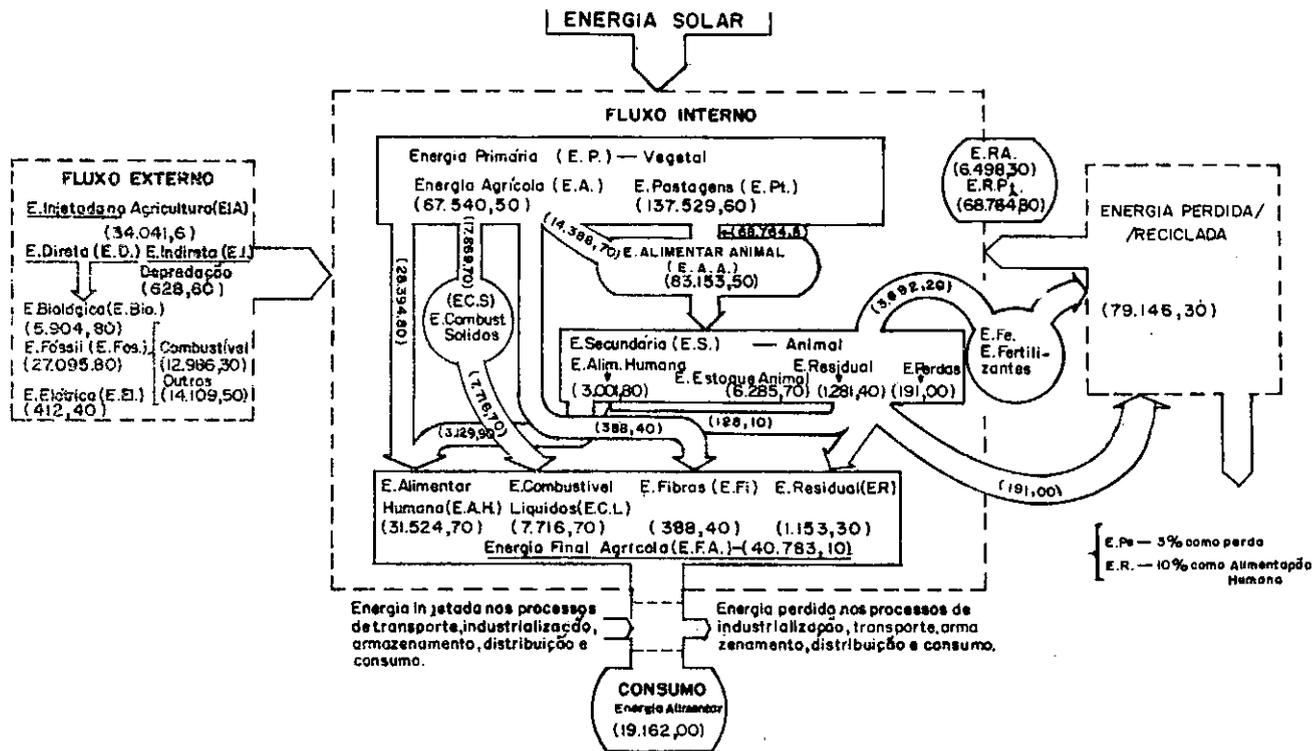


FIGURA 3.- Grandeza dos Fluxos Energéticos da Agricultura Paulista, Medida em  $10^9$  kcal, Ano Agrícola 1978/79. Dados Básicos do Instituto de Economia Agrícola (IEA).

Para melhor compreensão dos resultados obtidos procedeu-se à análise de cada fluxo, visando estabelecer o seu perfil.

#### 4.2 - Fluxo Externo

O consumo energético da agricultura paulista, ou Energia Injetada na Agricultura (EIA), referente ao ano agrícola de 1978/79, foi da ordem de  $34.041,6 \times 10^9$  kcal, para as 20 atividades consideradas neste estudo. Desse total,  $27.095,8 \times 10^9$  kcal foram de energia fóssil;  $5.904,8 \times 10^9$  kcal, de energia biológica;  $628,6 \times 10^9$  kcal, de energia indireta (depreciação), e  $412,4 \times 10^9$  kcal, de energia elétrica (quadro 2). Essa estrutura representa um consumo de 79,6% de energia de origem fóssil, em que os combustíveis entram com 38,1% do total; de 17,3% de energia biológica; de 1,9% de energia indireta, e de 1,2% de energia elétrica. Esta composição está de acordo com os percentuais verificados por CIPOLLA (8) em seus estudos.

A avaliação dos gastos energéticos com as atividades agrícolas, a nível um pouco mais específico, forneceu dados que seguem. As explorações vegetais consumiram 81,1% do total da energia injetada na agricultura, com a participação de 83,7%, 14,2% e 2,1%, de energia fóssil, biológica e indireta, respectivamente, nesse item; dos 83,7% de energia fóssil, 42,9% se referem a combustíveis. As atividades animais responderam por 17,7% da energia total gasta, assim distribuída: 16,2% de energia fóssil (onde combustível representa 19,2%), 32,9% de energia biológica e 0,9% de energia indireta. A energia elétrica só pôde ser computada a nível de gasto global, respondendo por 1,2%. Assim, as atividades de origem vegetal consomem também proporcionalmente mais combustível fóssil diretamente do que as atividades de origem animal.

É interessante observar, no quadro 3, que apenas as sete primeiras atividades são responsáveis por 86,40% do consumo energético total da agricultura paulista, destacando-se a cana-de-açúcar, café e bovinos com 28,0%, 19,6% e 16,3%, respectivamente. Estas sete atividades representam 85,71% da área total, no Estado.

O quadro 3 apresenta a composição do consumo calórico para as principais atividades agropecuárias do Estado de São Paulo, em 1978/79; essas atividades possuem uma estrutura de gastos em que o consumo de energia fóssil é bastante elevado, principalmente na produção de banana, tomate, batata e

QUADRO 2. - Distribuição do Consumo Calórico na Agricultura, Estado de São Paulo, 1978/79

Energia	Atividade					
	Agricultura		Pecuária		Total	
	10 <sup>9</sup> kcal	%	10 <sup>9</sup> kcal	%	10 <sup>9</sup> kcal	%
Direta						
Biológica	3.922,8	14,2	1.982,0	32,9	5.904,8	17,3
Fóssil						
Combustível	11.831,3	42,9	1.155,0	19,2	12.986,3	38,1
Outros usos	11.276,5	40,8	2.833,0	47,0	14.109,5	41,5
Total (fóssil)	23.107,8	83,7	3.988,0	66,2	27.095,8	79,6
Elétrica	-	-	-	-	412,4	1,2
Indireta	579,6	2,1	49,0	0,9	628,6	1,9
Total <sup>(1)</sup>	27.610,2	81,1	6.019,0	17,7	34.041,6	100,0

(<sup>1</sup>) Nos totais de Agricultura e de Pecuária não está incluída a participação da Energia Elétrica, que só pôde ser estimada para o total do setor. Então, o consumo calórico por atividade está assim distribuído: 81,1% pela agricultura; 17,7% pela pecuária, e 1,2% de energia elétrica não discriminada entre as duas atividades, o que soma 100,0%.

Fonte: Instituto de Economia Agrícola (IEA).

QUADRO 3. - Composição do Consumo Calórico (em 10<sup>9</sup>kcal) e Área Total (em 1.000ha) das Atividades Agropecuárias, Estado de São Paulo, 1978/79

Atividade	Energia injetada na agricultura (10 <sup>9</sup> kcal)							Área		(G)/(J)	
	Biológica (A)	Fóssil		Direta (A+C) (D)	Indireta (E)	Total <sup>(1)</sup>		(C)/(F)	1.000ha (I)		(% (J)
		E.combust. (B)	Total (C)			(D+E) (F)	(% (G)				
Cana	2442,8	4547,8	6825,4	9268,2	264,8	9533,0	28,0	0,71	1.210,0	7,0	4,00
Cafê	250,6	2241,5	6330,7	6581,3	80,2	6661,5	19,6	0,95	1.010,0	5,8	3,37
Bovinos <sup>(2)</sup>	1898,0	1155,0	3617,0	5515,0	49,0	5564,0	16,3	0,65	(10.188,0)	159,0	0,27
Laranja	47,5	921,8	3089,1	3136,6	39,8	3176,4	9,3	0,97	510,0	3,0	3,10
Milho	232,0	1379,3	1498,4	1730,4	59,0	1789,4	5,3	0,83	1.050,0	6,1	0,86
Algodão	94,4	512,7	1058,4	1152,8	24,4	1177,2	3,5	0,89	280,0	1,6	2,18
Soja	157,5	727,1	955,3	1112,8	27,9	1140,7	3,4	0,83	530,0	3,0	1,13
Banana	11,7	94,2	893,4	903,1	9,2	909,3	2,7	0,98	40,0	0,2	13,50
Feijão	113,6	232,0	401,8	515,3	17,6	523,9	1,6	0,76	350,0	2,0	0,80
Tomate	47,1	188,6	454,9	502,0	8,6	510,6	1,5	0,89	26,0	0,1	15,00
Amendoim	101,6	274,8	380,7	482,3	11,2	493,5	1,5	0,77	200,0	1,2	1,25
Batata	33,9	181,1	420,8	454,7	5,9	460,6	1,4	0,91	30,0	0,2	7,00
Arroz	70,4	174,5	236,1	408,5	20,7	429,2	1,3	0,55	300,0	2,0	0,65
Aves corte	34,0	-	359,0	393,0	-	393,0	1,2	0,91	371,0	2,1	0,57
Trigo	86,4	137,0	216,7	303,1	7,4	310,5	0,9	0,69	200,0	1,2	0,75
Cana forrageira	67,8	98,8	142,3	240,1	4,1	214,2	0,6	0,66	70,0	0,4	1,50
Cebola	10,3	99,8	178,2	188,5	2,7	191,2	0,5	0,93	20,0	0,1	5,00
Mandioca	53,3	20,3	25,6	78,9	1,1	80,0	0,2	0,32	40,0	0,3	0,66
Aves/ovos	20,0	-	12,0	32,0	-	32,0	0,0	0,37	586,0	3,4	....
Suínos	30,0	-	-	30,0	-	30,0	0,0	-	231,0	1,3	....
Subtotal	5904,8	12.986,3	27.095,8	33.000,6	628,6	33.620,2			17.242,0		
Energia Elétrica <sup>(3)</sup>						412,4	1,2				
<b>Total de Energia Injetada na Agricultura</b>						<b>34.041,6</b>	<b>100,0</b>		<b>15.546,0</b>	<b>100,0</b>	

(1) No total, por atividade, não está incluída a energia elétrica.

(2) Inclui o consumo calórico e a área do milho e de soja destinados à produção de ração, não incluindo industrialização desta ração.

(3) Não distribuída entre as atividade por falta de informações suficientes.

Fonte dos dados básicos: Instituto de Economia Agrícola.

cebola, devido aos seus sistemas de cultivo, que embutem no processo elevada utilização de adubo e defensivos químicos.

A relação entre as porcentagens de energia consumida pela atividade e a sua área ocupada dá uma idéia de quanto a atividade consome de energia, em relação às outras atividades, na agricultura paulista. A menor relação se refere à criação de bovinos, e as mais altas, às culturas de banana, batata e cebola. Isto é devido a que a criação de bovinos é extensiva e as três atividades agrícolas são das mais intensivas, o que lhes confere estruturas bastante diferenciadas de consumo de energia.

Apesar de a relação consumo energético/área ocupada dos bovinos ser pequena, não se pode desprezar o fato de que para a conversão de uma caloria animal são necessárias 19,4 calorias vegetais nas nossas condições. Este fato eleva a relação para 5,23, fazendo com que se torne uma atividade bastante consumidora de energia por área (<sup>2</sup>)

Dentre as atividades que mantêm a relação consumo energético/área ocupada menor ou igual à unidade, estão justamente aquelas destinadas à alimentação básica da população - feijão, arroz e trigo - ou alimentos indiretamente importantes para o homem por serem fornecidos principalmente a animais - no caso, o milho -, e que caracterizam os animais como competidores com o homem por esse produto.

#### 4.3 - Fluxo Interno

Este fluxo, sem dúvida o mais importante por se referir à produção obtida, encerra em sua análise algumas dificuldades. Como já foi ressaltado anteriormente, uma parte apreciável de energia produzida não pôde ser calculada devido à inexistência de dados, fundamentalmente os concernentes aos restos de culturas e perdas na colheita. Outro aspecto a ser ressaltado é que as atividades de produção animal apareceram como consumidoras de uma parte apreciável da energia primária produzida, o que tornou necessário aprofundar esse tipo de análise.

A energia total produzida foi avaliada em  $219.522,2 \times 10^9$  kcal. Desse total, 93,3% foram de Energia Primária, em que a agricultura participou com 30,7% e as pastagens com 62,6%, e 6,7% de Energia Secundária.

---

(<sup>2</sup>) Para melhor compreensão ver anexo.

Esse resultado pode ser considerado como referência de caráter geral, dado que o peso da Energia Intermediária (81,4%) é extremamente importante, como ver-se-á adiante.

A Energia Primária produzida, toda ela de origem vegetal, totalizou 205.070,1x10<sup>9</sup>kcal (quadro 4), e a Energia Secundária 14.452,1x10<sup>9</sup>kcal (quadro 5).

É importante destacar aqui o papel da energia intermediária, tanto de origem primária como de origem secundária. Ela foi o resultado do somatório a seguir (3):

$$\begin{array}{l} \text{E. Intermed.} \\ 178.739,1 \times 10^9 \text{ kcal} \end{array} = \begin{array}{l} \text{EAAA} + \text{ECS} + \text{ERA} + \text{EAAp} + \text{ERP} + \text{EFe} + \text{EEa} + \text{Epe} \\ \text{origem primária} \qquad \qquad \qquad \text{origem secundária} \\ (168.570,2 \times 10^9 \text{ kcal}) \qquad (10.168,9 \times 10^9 \text{ kcal}) \end{array}$$

Essa energia intermediária teve várias destinações, como insumos de outros processos. De forma esquemática, as destinações mais importantes foram:

a) para alimentação animal:

$$\text{EAAA} + \text{EAAp} = 83.153,5 \times 10^9 \text{ kcal} \text{ (37,9\% do total);}$$

b) para a obtenção de combustível líquido (etanol de cana) e açúcar:

$$\text{ECL} = 10.153,6 \times 10^9 \text{ kcal} \text{ (4,6\% do total);}$$

c) para se integrar ao ciclo de energia perdida e/ou reciclada,

ERA + ERP + EFe + Epe = 79.146,3x10<sup>9</sup>kcal (36,0% do total); e ainda

d) disponível na forma de estoque animal, necessária à reprodução de energia futura:

$$\text{EEa} = 6.285,7 \times 10^9 \text{ kcal} \text{ (2,9\% do total)}.$$

Dessa energia intermediária, portanto, uma parte incorporou-se ao processo, imediatamente, transformando-se em outras energias qualitativamente diferentes, como é o caso da alimentação animal, do combustível sólido e do estoque energético. Outra parte acabará se transformando e incorporando-se novamente, por aproveitamento subsequente, ao longo do processo, no fluxo de energia reciclada; e outra, ainda, acabará sendo perdida para efeito da produção agrícola.

(3) Para melhor entendimento ver o significado das notações nos quadros 4 e 5 (p. 22) ou no item 3, deste trabalho (p. 6).

QUADRO 4. - Composição da Energia Primária Produzida, Agricultura de São Paulo, safra 1978/79

Destinação	Sigla	Energia produzida	
		10 <sup>9</sup> kcal	%
E. alimentar humana de origem primária	-EAH	28.394,8	13,8
E. alimentar animal agrícola	-EAAa	14.388,7	7,1
E.combustível sólido	-ECS	10.153,6	4,9
E.combustível líquido	-ECL	7.716,7	3,8
E.de fibras	-EFibr	388,4	0,2
E.resíduos agrícolas	-ERA	6.498,3	3,2
E.alimentar animal das pastag.	-EAAp	68.764,8	33,5
E.resíduos das pastagens	-ERP	68.764,8	33,5
Total		205.070,1	100,0

Fonte: Instituto de Economia Agrícola.

QUADRO 5. - Composição da Energia Secundária Produzida, Agricultura de São Paulo, safra 1978/79

Destinação	Sigla	Energia produzida	
		kcal 10 <sup>9</sup>	%
E.alimentar humana de origem secundária	-EAHs	3.129,9	21,7
E.fertilizantes	-EFe	3.692,2	25,5
E.estoque animal	-EEa	6.285,7	43,5
E.resíduos (1)	-ERe	1.153,3	8,0
E.perdida	-EPe	191,0	1,3
Total		14.452,1	100,0

(1) Estimou-se que desta, cerca de 10% retornaram à energia alimentar humana de origem secundária.

Fonte: Instituto de Economia Agrícola.

Assim, na Energia Final Agrícola (EFA), possível de ser aproveitada pelo homem, a nível das atividades agrícolas, a composição observada foi:

$$\begin{aligned} \text{EFA} &= \text{EAH} + \text{ECL} + \text{EFibr} + \text{EAHs} + \text{ERE} \\ 40.783,1 \times 10^9 \text{ kcal} &= \text{origem primária} \quad \text{origem secundária} \\ &= 36.499,9 \times 10^9 \text{ kcal} + 4.283,2 \times 10^9 \text{ kcal} \\ &= (89,5\%) \quad (10,5\%) \end{aligned}$$

Mais desdobrada, a Energia Final Agrícola (EFA) apresentou a estrutura abaixo:

$$\text{E.alimentar humana} = 28.394,8 + 3.129,9^{(4)} = 31.524,7 \text{ (77,3\%)}$$

$$\text{E.combustível líquido} = 7.716,7 = 7.716,7 \text{ (18,9\%)}$$

$$\text{E.fibras} = 388,4 = 388,4 \text{ (1,0\%)}$$

$$\text{E.resíduos animais} = 1.153,3 = 1.153,3 \text{ (2,8\%)}$$

No mesmo sentido que foi feito para o fluxo externo, é importante verificar a participação de cada atividade considerada na obtenção da produção calórica.

As pastagens foram a atividade que maior quantidade de energia produziu, só que toda ela teve uma utilização intermediária. Assim, o mais correto é verificar, na produção final de energia, qual foi a participação das diversas explorações (quadro 6).

A cana é, de longe, a atividade que mais contribuiu na composição da EFA, tanto do ponto de vista da energia alimentar, como na energia total onde a sua participação cresce devido ao álcool. Se se considerar as sete principais culturas (até o milho), como no fluxo externo, vê-se que elas foram responsáveis por 83,1% da energia total produzida e por 80,4% da energia alimentar.

#### 4.4 - Fluxos Reciclado e Perdido

Estes fluxos são formados pela energia intermediária não diretamente aproveitada no processo produtivo, que retorna à produção nos ciclos

---

(4) Incorporando-se cerca de 10% da Energia de Resíduos.

QUADRO 6. - Composição da Produção de Energia Final Agrícola, São Paulo, 1978/79

Discriminação	E.A.h. (1)		E.C.L. (2)		R. Re (3)		E. Fi (4)		Total	
	(10 <sup>9</sup> Kcal)	(%)	(10 <sup>9</sup> Kcal)	(%)	(10 <sup>9</sup> Kcal)	(%)	(10 <sup>9</sup> Kcal)	(%)	(10 <sup>9</sup> Kcal)	(%)
Cana	16.245,8	51,8	7.716,7	100	-	-	-	-	23.962,5	58,7
Laranja	2.686,9	8,6	-	-	-	-	-	-	2.686,9	6,6
Bovino	1.730,0	5,5	-	-	956,6	82,9	-	-	2.686,9	6,6
Soja	1.391,4	4,4	-	-	-	-	-	-	1.391,4	3,4
Amendoim	1.114,5	3,5	-	-	-	-	-	-	1.114,5	2,7
Cafê	1.109,2	3,5	-	-	-	-	-	-	1.109,2	2,7
Milho	969,9	3,1	-	-	-	-	-	-	969,9	2,4
Aves de corte	780,6	2,5	-	-	185,4	16,1	-	-	966,0	2,4
Algodão	401,8	1,3	-	-	-	-	388,4	100	790,2	1,9
Feijão	777,1	2,5	-	-	-	-	-	-	777,1	1,9
Trigo	740,7	2,3	-	-	-	-	-	-	740,7	1,8
Arroz	739,3	2,3	-	-	-	-	-	-	739,3	1,8
Banana	736,9	2,3	-	-	-	-	-	-	736,9	1,8
Mandioca	723,2	2,2	-	-	-	-	-	-	723,2	1,8
Aves e ovos	618,1	1,9	-	-	9,9	0,8	-	-	628,0	1,5
Batata	478,6	1,5	-	-	-	-	-	-	478,6	1,2
Cebola	142,7	0,4	-	-	-	-	-	-	142,7	0,3
Tomate	136,8	0,4	-	-	-	-	-	-	136,8	0,3
Suínos	1,2	-	-	-	1,4	0,1	-	-	2,6	-
<b>Total</b>	<b>31.524,7</b>		<b>7.716,7</b>		<b>1.153,3</b>		<b>388,4</b>		<b>40.783,1</b>	

(1) Energia alimentar humana.

(2) Energia de combustíveis líquidos.

(3) Energia de resíduos

(4) Energia de fibras.

Fonte dos dados básicos: IEA.

seguintes. Apesar da sua estimativa estar sujeita a uma série de limitações, verificou-se, pelos dados disponíveis, que a sua magnitude é muito grande. Apenas considerando as pastagens não consumidas e os resíduos estimáveis da agricultura e da pecuária esses fluxos foram estimados em  $79.146,3 \times 10^9$  kcal, ou seja, quase a mesma grandeza que a da energia destinada à alimentação animal, que responde por 36,0% da energia total produzida. Estudos aprofundados das características físicas desses fluxos poderão conduzir a uma maior independência energética da agricultura, visto ser um volume muito grande de biomassa, passível de ser transformada em energia mecânica ou, mesmo, em energia de fertilizante. Além disso, são também responsáveis por boa parte da poluição das águas, o que ratifica a necessidade de se procurar conhecer melhor sua magnitude e as opções de seu aproveitamento. Na sua composição a ERP foi o componente mais importante com 86,8%. Os outros componentes, pela ordem, foram ERA, 8,3%; EFe, 4,7%; e ERe, 0,2%.

#### 4.5 - Índices de Desempenho Energético

No sentido de se aferir o estágio da agricultura paulista, segundo o enfoque energético, calcularam-se alguns índices que permitem essa avaliação. Esses índices possibilitam também posicionar a agricultura paulista, em termos comparativos, entre as agriculturas de alguns países onde se desenvolveram estudos semelhantes, particularmente a França.

Uma primeira medida foi avaliar como a agricultura transforma a energia externa em energia aproveitável, EFA/EIA, que apresentou a relação 1,19, ou seja, cada caloria injetada no processo produtivo gera 1,19 calorias finais ao nível da agricultura. Esse resultado é bastante aproximado daquele obtido pelo CNEEMA (7) para a agricultura francesa na década de 70, que foi de 1,09<sup>(5)</sup>. Esse índice, por outro lado, coloca a agricultura paulista no estágio de "pecuária de leite em pastagens", segundo a classificação de STEINHART & STEINHART (30), o que representaria a média da agricultura do Estado - mesma classificação obtida pela França. Ainda com relação a

---

(5) Esses trabalhos redundaram numa série de sugestões de medidas a serem efetivadas a nível da política agrícola, visando melhorar o desempenho energético da agricultura francesa. Entre elas, destaca-se a que propunha uma redução da área ocupada pelos bovinos de corte.

"calorias produzidas/calorias injetadas", é importante verificar como a agricultura e pecuária se comportaram. A agricultura apresentou um índice de 1,32, enquanto nas atividades criatórias ele foi de 0,71. Isso indica que as explorações animais já estão deficitárias em termos de transformação calórica (devido principalmente a bovinos, que representam mais da metade da produção do setor).

Outro índice que revela o desempenho da agricultura é aquele que mede o rendimento do processo biológico agrícola ou a eficiência da transformação energética. Ele é obtido pela relação EPrimária/EFA. No caso paulista esse índice foi de 0,20. Isso quer dizer que, de 100 calorias iniciais geradas pelas plantas, é possível aproveitar-se 20 a nível da agricultura. Para a agricultura francesa, o CNEEMA (7) calculou esse índice em 0,35. Mais uma vez aqui os resultados parecem consistentes, e a diferença indica que provavelmente a agricultura francesa tem melhor aproveitamento que a paulista, ou seja, as perdas são menores e a transformação animal é mais eficiente. A transformação animal, inclusive, merece aqui mais algumas considerações à parte. Verificou-se que ela foi responsável pelo consumo de 38% de toda a energia produzida na agricultura paulista, participação que sobe para 59% se forem excluídas as energias recicladas e perdidas, para produzir 10,5% da energia final aproveitável. Para a França, o CNEEMA (7) estimou esses percentuais em 66% e 14%, o que mais uma vez se aproxima bastante da agricultura paulista, revelando uma eficiência maior na transformação animal. Sob esse aspecto, observou-se também que os animais são maus transformadores energéticos, já que para produzir 1 caloria aproveitável eles consumiram em média 19,4 calorias de origem vegetal. Isso os torna competidores do homem em termos de alimentos, principalmente quando essa transformação é feita a partir de calorias diretamente aproveitáveis pelo homem (milho, soja, etc). A relação verificada, 19,4:1, é bem maior do que as estimadas pela FAO (7:1) e supera totalmente as previstas por LINDEMAN (16) em sua "lei dos 10%" onde seria de 10:1. É evidente que esse índice tão alto é fortemente influenciado pelos bovinos que, além da sua baixa capacidade intrínseca de conversão, são relativamente ineficientes nas condições de exploração prevalentes no Estado de São Paulo (criação extensiva, baixos índices zootécnicos de desempenho, etc). Isso, no entanto, parece indicar que estaria na pecuária bovina uma das formas de se aumentar a oferta calórica da agricultura paulista, principalmente pela elevação dos índices zootécnicos de desempenho.

Outro aspecto a ser ressaltado quando se trata das atividades cria

tórias diz respeito à área ocupada. Com exceção dos bovinos, não se faz referência à área ocupada pelas criações que, no entanto, tem um significado relevante, levando-se em conta que a produção energética por área, com o esgotamento das fronteiras de expansão agrícola, tende a ser um fator limitante para o aumento da oferta física e calórica da agricultura. Nesse sentido, procurou-se estimar qual a área que as explorações animais ocupam para realizar a sua produção.

Numa estimativa preliminar, verificou-se que tais explorações ocuparam no Estado uma área equivalente a 940.000ha de milho e 740.000ha das outras culturas fornecedoras de matérias-primas para rações (soja, algodão, amendoim).

Isso significa que a área indiretamente ocupada pelas explorações animais atingiu 1,68 milhão de hectares, mais de 10% da área total considerada neste estudo. Dessa área, deve-se excluir a parte relativa aos bovinos (53 mil hectares de milho e 167 mil hectares de outras culturas), restando ainda 1,46 milhão de hectares para as outras atividades (aves, ovos, suínos), que forneceram  $1.596,6 \times 10^9$  kcal, com uma conversão média de 6,75:1 (índice idêntico ao da FAO), visto que essa área produziu em calorias vegetais  $10.789,0 \times 10^9$  kcal.

Uma última consideração ainda deve ser feita em relação a esses índices. Pelas estimativas obtidas, observou-se uma similitude bem próxima à agricultura francesa, o que induz algumas inferências a respeito da continuidade do processo. Como foi alertado na parte metodológica, este estudo pretendeu verificar o comportamento energético da produção agrícola apenas ao nível do setor. Não se levou em consideração que para se chegar aos produtos finais, estes devem passar por outros níveis de atividade no processo agroindustrial. No estudo do CNEEMA (7), que considerou essas outras fases, verificou-se, basicamente, que haviam perdas da ordem de 60% entre as calorias a nível agrícola e as calorias chegadas ao consumidor.

Ao mesmo tempo, para o funcionamento desse processo foi injetada mais uma quantidade de energia externa equivalente àquela utilizada no processo de produção agrícola, o que faz com que, em verdade, os índices caloria final/caloria injetada e caloria final/caloria inicial se alterem fundamentalmente. O primeiro caiu para 0,18, ou seja, 5 calorias externas para a obtenção de 1 caloria final; o segundo situou-se em 0,12. Se bem que não se possa dizer a rigor que o complexo agroindustrial paulista seja tão parecido com o da França, é de se esperar que os índices encontrados para São Paulo também sofram modificações no mesmo sentido. Dessa forma, tanto a

produção de calorias finais é fatalmente menor, como a quantidade de energia gasta é substancialmente maior do que aquelas que se estimou a nível da agricultura.

#### 4.6 - Produção Calórico-Protéica

Ainda a nível global, dada a importância que suscita a questão alimentar, verificaram-se as produções finais em termos de calorias e proteínas destinadas à alimentação humana fornecidas pela agricultura. Para tanto, utilizaram-se tabelas de composição de alimentos que forneceram as quantidades de proteínas por quilograma de produto. Para estabelecer as calorias de origem protéica, multiplicou-se pelo fator 4 quando não haviam referências específicas.

Para maior facilidade de acompanhamento da análise, procurou-se agrupar os produtos estudados em termos de grupos de alimentos, conforme se verifica no quadro 7.

Como cada grama de proteína fornece, em média, 4kcal, a produção de calorias derivadas das proteínas foi da ordem de  $1.746,6 \times 10^9$  kcal, com  $725 \times 10^9$  kcal de origem vegetal e  $1.021 \times 10^9$  kcal de origem animal. De modo geral, observou-se que em termos protéicos os papéis das produções vegetais e animais se alteram fundamentalmente quando comparados com a simples produção calórica. Os animais, que respondiam por 10,5% da produção calórica, em termos de proteínas, elevam sua participação para quase 60%, o que configura sua importância enquanto fornecedores desse fator nutricional. No entanto, essa proteína é obtida em grande parte graças ao concurso das proteínas contidas nos vegetais destinados à alimentação animal. Se essas proteínas vegetais não fossem assim utilizadas, aumentariam substancialmente a participação das proteínas vegetais no cômputo geral.

#### 4.7 - Tipificação das Atividades

Até o presente, o estudo se conduziu de forma a mostrar o comportamento da produção agropecuária paulista de modo global, retratando o que aconteceu no ano agrícola 1978/79. Isso forneceu uma visão relativamente a

QUADRO 7. - Produção Calórica-Protéica da Agricultura Paulista, 1978/79

Produto	Produção p/alim. hum. (1.000t)	Produção calórica p/ alim. hum. (10 <sup>9</sup> kcal)	Produção de proteína (kg/t de produto)	Produção de proteína p/alim.hum. (1.000t)
<b>Cereais</b>				
arroz s/casca	739,3	72	203,1	14,6
trigo	740,7	127	223,1	28,3
milho	969,9	94	269,0	25,3
feijão	777,1	220	230,6	50,7
<b>Oleaginosas</b>				
amendoim	1.114,5	-	210,3	-
soja	1.391,4	-	348,0	-
algodão	401,8	-	152,0	-
<b>Raízes e tubérculos</b>				
mandioca	723,2	8	492,0	3,9
batata	478,6	18	520,2	9,4
cebola	142,7	14	310,3	4,3
<b>Frutas e legumes</b>				
tomate	136,8	8	720,1	5,8
laranja	2.686,9	8	3.894,1	31,1
banana	736,9	13	614,1	8,0
Café	1.109,2	-	508,8	-
Cana	16.245,8	-	25.384,0	-
Total vegetal <sup>(1)</sup>	28.394,8			181,4
Bovino (carne)	705,1	200	462,9	92,6
Leite	1.024,9	31	1.627,0	50,4
Ave (carne)	780,6	200	327,0	65,4
Ovos	618,1	130	358,6	46,6
Suínos	1,2	160	1,0	0,2
Total animal <sup>(2)</sup>	3.129,9		2.776,5	255,2
<b>Total</b>	<b>31.524,7</b>			<b>436,6</b>

(1) 89,5% da produção destinada à alimentação humana e 41,5% da produção total de proteína para alimentação.

(2) 10,5% da produção destinada à alimentação humana e 58,5% da produção total de proteína para alimentação.

Fonte dos dados básicos: Instituto de Economia Agrícola.

brangente do funcionamento da agricultura nesse período, que pode ser tomado como base para os anos da última metade da década de 70, em termos de gastos e de produções energéticas. No entanto, os resultados obtidos requerem uma análise mais detalhada para identificar possíveis restrições ou alternativas, para o equacionamento da questão energética na agricultura. Assim, optou-se por efetuar uma análise para cada atividade estudada.

O consumo energético, a produção energética, a transformação energética, a produção de energia alimentar, e de proteínas para alimentação humana, todos por unidade de área, explicam melhor o comportamento das diversas atividades a nível global (quadro 8), ao mesmo tempo em que detectam as principais vantagens e desvantagens de cada uma delas, oferecendo sugestões para a correção de problemas ou de estímulo às políticas alternativas que venham a ser propostas. Frisando, os resultados apresentados na primeira parte foram bastante influenciados pela área ocupada pelas diversas atividades, visto que, tanto para o consumo, como para a produção calórica, as sete primeiras explorações, classificadas em ordem decrescente, ocuparam cerca de 90% da área considerada.

É imprescindível ter sempre em mente que esses resultados, para cada tipo de exploração, se referem ao modo pelo qual elas são produzidas e destinadas nas condições atuais da agricultura paulista. Isto quer dizer que não refletem, necessariamente, o potencial de cada uma.

Em função dos critérios propostos, obtiveram-se as classificações apresentadas nos itens a seguir.

#### 4.7.1 - Consumo calórico por hectare

a) Consumo muito alto (acima de 14.244kcal/ha): banana, 24.055; to mate, 19.247; e batata, 15.027.

b) Consumo alto (de 14.243 a 10.686kcal/ha): nihil.

c) Consumo acima da média (10.685 a 7.122kcal/ha): cebola, 10.248; aves de corte, 8.598; cana-de-açúcar, 7.848; suínos, 7.775; e ovos, 7.582.

d) Consumo abaixo da média (7.121 a 3.561kcal/ha): bovinos, 7.082; café, 6.565; laranja, 6.151; e amendoim, 4.105.

e) Consumo bem abaixo da média (abaixo de 3.560kcal/ha): cana forrageira, 3.451; soja, 2.129; mandioca, 2.044; milho, 1.697; trigo e feijão, 1.516; e arroz, 1.429.

QUADRO 8. - Produção, Consumos e Conversão Calóricos, Produção de Energia Alimentar e de Proteína por Hectare de 20 Produtos da Agricultura, Estado de São Paulo, 1978/79

(10.000m<sup>2</sup>)

Atividade	Produção calórica	Consumo calórico	Conversão	Produção energia alimentar 1978/79	Prod.pro-téica p/a lim.hum. 1978/79
	(kcal/ha) A	(kcal/ha) B	C=A/B	(kcal/ha) D	(1.000kg) E
Cana	33.562	7.848	4,28	13.374	-
Mandioca (c/rama)	26.500	2.044	12,96	18.496	99,7
Cana forrageira	26.000	3.451	3,96	-	-
Banana	18.250	24.055	0,76	19.495	211,6
Batata	16.000	15.027	1,06	15.050	295,6
Amendoim	8.750	4.105	2,13	9.272	-
Laranja	8.353	6.151	1,36	5.206	60,2
Milho	7.838	1.696	4,62	920	48,1
Cebola	7.000	10.248	0,68	7.672	231,2
Soja	6.415	2.129	3,01	2.597	-
Tomate	5.000	19.274	0,26	5.162	218,8
Algodão	4.821	4.151	1,16	1.417	-
Arroz	3.900	1.429	2,73	2.464	48,6
Trigo	3.650	1.516	2,41	3.617	138,2
Aves de corte	2.825	8.598	0,33	245	176,3
Feijão	2.228	1.516	1,47	2.211	144,2
Bovinos	1.222	7.082	0,17	69	14,0
Ovos	1.220	7.582	0,16	139	79,5
Cafê	1.099	6.565	0,17	1.099	-
Suínos	1.037	7.775	0,13	1	0,9

Fonte dos dados básicos: Instituto de Economia Agrícola.

#### 4.7.2 - Produção calórica total por hectare

a) Produção muito alta (acima de 18.560kcal/ha): cana-de-açúcar, 33.562; mandioca, 26.500; e cana forrageira, 26.000.

b) Produção alta (18.559 a 13.926kcal/ha): banana, 18,250; e batata, 16.000.

c) Produção acima da média (13.925 a 9.284kcal/ha): nihil.

d) Produção abaixo da média (9.283 a 4.642kcal/ha): amendoim, 8.750; laranja, 8.353; milho, 7.838; cebola, 7.000; soja, 6.415; tomate, 5.000; e algodão, 4.821.

e) Produção bem abaixo da média (abaixo de 4.641kcal/ha): arroz, 3.900; trigo, 3.650; aves de corte, 2.825; feijão, 2.228; bovinos, 1.222; ovos, 1.220; cafê, 1.099; e suínos, 1.037.

#### 4.7.3 - Conversão de energia por hectare (<sup>6</sup>)

a) Conversão muito alta (acima de 4,39): mandioca, 12,96; e milho, 4,62.

b) Conversão alta (de 4,38 a 3,29): cana-de-açúcar, 4,28; e cana forrageira, 3,96.

c) Conversão acima da média (3,28 a 2,19): soja, 3,01; arroz, 2,73; e trigo, 2,41.

d) Conversão abaixo da média (2,18 a 1,11): amendoim, 2,13; feilão, 1,47; laranja, 1,36; e algodão, 1,16.

e) Conversão bem abaixo da média (de 1,10 a 1,00): batata, 1,06.

f) Conversão negativa (abaixo de 1,00): banana, 0,76; cebola; 0,68; aves de corte, 0,33; tomate, 0,26; bovinos e cafê, 0,17; ovos, 0,16; e suínos, 0,13.

---

(<sup>6</sup>) Relação entre produção calórica total e consumo calórico por unidade de área. Para este parâmetro introduziu-se um extrato suplementar, das aquelas atividades que gastam mais do que produzem, ou seja, têm o coeficiente menor que a unidade.

#### 4.7.4 - Produção de energia alimentar humana por hectare

a) Produção muito alta (acima de 10.851kcal/ha): banana, 19.495; mandioca, 18.496; batata, 15.050; e cana-de-açúcar, 13.374.

b) Produção alta (de 10.850 a 8.138kcal/ha): amendoim, 9.272.

c) Produção acima da média (de 8.137 a 4.425kcal/ha): cebola, 7.672.

d) Produção abaixo da média (de 5.424 a 2.713kcal/ha): laranja, 5.203; tomate, 5.162; e trigo, 3.617.

e) Produção bem abaixo da média (abaixo de 2.712kcal/ha): soja, 2.597; arroz, 2.464; feijão, 2.211; algodão, 1.417; café, 1.099; milho, 920; aves de corte, 245; ovos, 139; bovinos, 69; suínos, 1; cana forrageira, -.

#### 4.7.5 - Produção protéica para alimentação humana por hectare de área

a) Produção muito alta (acima de 176,7t): batata, 295,6; cebola, 231,2; tomate, 218,8; e banana, 2116,.

b) Produção alta (de 176,6 a 132,5t): aves de corte, 176,3; feijão, 144,2; e trigo, 138,2.

c) Produção acima da média (132,4 a 88,3t): mandioca, 99,7.

d) Produção abaixo da média (88,2 a 44,2t): ovos, 79,5; laranja, 60,2; arroz, 48,6; e milho, 48,1.

e) Produção bem abaixo da média: bovinos, 14,0; suínos, 0,9; cana-de-açúcar, -; cana forrageira, -; amendoim, -; soja, -; algodão, -; e café, -.

Os resultados obtidos para cada um dos cinco critérios mostraram que as atividades variaram bastante de posição em função de cada um. Com eles, poder-se-ia estabelecer uma escala de explorações que atendesse às condições de serem as mais produtivas em termos energéticos; as que consumissem menos energia; que, conseqüentemente, fossem as melhores conversoras, e que, além disso, fornecessem a maior quantidade de energia alimentar humana juntamente com a maior produção de proteínas por área. Não se constatou, como era esperado, nenhuma atividade que preenchesse todas essas condições; mas pode-se observar, por uma análise preliminar, que a mandioca é o produto que sempre esteve acima da média em relação a todos os parâmetros. O café, as explorações animais e o algodão mantiveram-se quase sempre em posi

ções inferiores. O arroz, o milho, o trigo e o feijão ocuparam quase sempre posições intermediárias, sempre próximos uns dos outros. Ressalte-se aqui que, se o milho fosse utilizado para alimentação humana, competiria com a mandioca pelos primeiros postos.

Com exceção da laranja que se manteve quase sempre em posições intermediárias, as culturas de alta produção por área, passam das últimas colocações, quanto a consumo e conversão de energia, para as primeiras quando analisadas sob o prisma de produção de energia alimentar e de proteína. A cana-de-açúcar e a cana forrageira mantiveram-se sempre em posições altas a mercê de suas produções extremamente elevadas por unidade de área, quando comparadas com outras culturas, se bem que em termos proteicos para alimentação humana elas sejam produtoras praticamente nulas.

Apesar dessas classificações serem um auxiliar importante e fornecerem uma visão detalhada do desempenho de cada atividade, não podem ser consideradas isoladamente para se definir uma política alimentar e energética para a agricultura paulista; podem servir de guia na adoção de novas tecnologias para culturas grandes produtoras de alimento, mas que estão consumindo mais energia do que produzindo, principalmente sabendo-se que essa energia é, em mais de 80%, de origem fóssil. Nesse caso estariam a banana, o tomate, a cebola, as atividades pecuárias e criatórias e o café.

É importante ressaltar aqui o aspecto tecnológico que esses resultados levantam.

Considerando-se um horizonte relativamente longo, percebe-se que o fator energético, principalmente quando ligado exclusivamente ao petróleo, tende a ser um freio na adoção de práticas agrícolas baseadas na sua utilização.

Portanto, as atividades que hoje já apresentam problemas de conversão devem buscar alternativas de produção menos consumidoras sob risco de se tornarem inviáveis tanto do ponto de vista energético como do ponto de vista econômico.

Tratando-se de produtos fundamentais para a dieta alimentar da população, ratifica-se a necessidade de se pesquisar novos processos produtivos para eles, os quais viabilizem suas produções.

Na proposição de uma política de pesquisa, esses produtos deveriam, portanto, receber uma atenção especial visando, sobretudo, encontrar substitutos para a energia de petróleo que vêm consumindo em escala muito elevada.

Para se determinar uma política de incentivos, é imprescindível

ainda considerar-se outros aspectos, entre eles as condições ecológicas e as exigências de cada atividade; as condições sócio-econômicas prevalecentes em cada região; o grau de urbanização e a industrialização de produtos agrícolas a nível regional e global; os hábitos alimentares da população e suas mudanças previsíveis, e as necessidades diárias e anuais de cada alimento na composição da dieta média da população.

#### 4.8 - Síntese dos Principais Resultados

O objetivo desta seção é permitir, de forma sintética e rápida, a apreensão dos principais resultados de cada um dos aspectos analisados no trabalho.

Possibilita, outrossim, que dessa visão esquemática se possa ter um conjunto suficiente para permitir conclusões e recomendações a respeito do problema abordado.

De cada item, extraiu-se o que de mais significativo pôde ser observado, uma vez que o estudo apresentou uma quantidade de informações muito grande e ainda pouco analisadas em estudos correlatos, o que, no entanto, poderá dar subsídios a futuros estudos.

##### 4.8.1 - Fluxo externo

O consumo de energia pela agricultura na produção de 1978/79 foi da ordem de  $34.041,6 \times 10^9$  kcal.

A composição desse consumo foi de 79,6% de energia de origem fóssil (onde os combustíveis representaram 38,1%), 17,3% de energia de origem biológica, 1,8% de energia indireta e 1,2% de energia elétrica.

Estes resultados comprovam as teses de vários autores de que a agricultura, com o desenvolvimento econômico, substitui cada vez mais energia biológica por energia mecânica, principalmente de origem fóssil (no caso brasileiro quase exclusivamente petróleo).

O consumo de energia fóssil é fator de dependência energética da agricultura, e a energia elétrica é muito pouco utilizada na produção agrícola.

As sete atividades responsáveis pela maior parte do consumo (85%) foram as que ocuparam maiores extensões de área (91% do total).

#### 4.8.2 - Fluxo interno

A produção total da agricultura paulista foi da ordem de  $219.522,2 \times 10^9$  kcal, sendo 93,3% de origem primária ou vegetal e 6,7% de origem secundária ou animal.

Do total de energia produzida, 81,4% foram consumidos ou perdidos dentro do próprio processo, chegando a ser aproveitável apenas 18,6%.

Da energia consumida no processo produtivo, 37,9% destinaram-se à alimentação animal, 36,0% foram perdidas ou recicladas, 4,6% destinaram-se à produção de combustível líquido e açúcar e 2,9% ficaram retidas na forma de estoque animal.

Da energia final aproveitável, 77,3% destinaram-se à alimentação humana; 18,9%, aos combustíveis líquidos (etanol de cana); 2,8% ficaram com os resíduos animais, e 1,0% como fibras para têxteis, principalmente.

As sete atividades que mais contribuíram para a obtenção dessa energia (83,1%) foram, também, as que ocuparam maiores superfícies (80,4%).

#### 4.8.3 - Fluxo reciclado e perdido

Extremamente difícil de ser estimado é, no entanto, o que se apresenta como possível solução para os problemas energéticos da agricultura, visto representar 36% da energia total produzida pela agricultura.

#### 4.8.4 - Perfil energético da agricultura paulista

O índice de conversão de energia externa em energia aproveitável foi de 1,19, ou seja, para cada caloria injetada no processo produtivo, obteve-se 1,19 caloria em condições de ser aproveitada, a nível da agricultura.

O índice de eficiência, ou seja, a relação entre caloria final e caloria inicial, foi da ordem de 20%, isto é, de cada 100 calorias inicialmente geradas através da fotossíntese, apenas 20 calorias eram aproveitáveis ao nível da agricultura.

Esses índices da agricultura paulista quando comparados com os obtidos em estudos semelhantes para a agricultura francesa (1,0% e 35%) mostraram uma relativa semelhança, e pela classificação de STEINHART (30), as colocam no mesmo estágio. A melhor eficiência aparente da agricultura francesa se deve, provavelmente, ao caráter mais intensivo das atividades criatórias, notadamente de bovinos.

O índice de conversão de calorias vegetais em calorias finais animais foi de 19,4:1, muito elevado se comparado com o que a FAO emprega usualmente em seus estudos, de 7:1.

A área indiretamente ocupada pelas atividades animais, via alimento concentrado, representou 940.000ha de milho e 740.000ha das outras culturas mais usadas em rações (soja, amendoim, algodão).

#### 4.8.5 - Produção calórica/protéica

A produção calórica para alimentação humana foi formada de 89,5% de calorias vegetais e 10,5% de calorias de origem animal.

A produção protéica apresentou um quadro inverso, com a agricultura respondendo por 41,5% e a pecuária, por 58,5%. Em termos calóricos, a produção protéica atingiu  $1.746,4 \times 10^9$  kcal (5,5% do total).

#### 4.8.6 - Tipificação das atividades

Considerando as explorações estudadas quanto ao desempenho por unidade de área, de produção calórica, consumo energético, índice de conversão energética, produção de caloria para alimentação humana e produção de proteína para alimentação humana, verificou-se que:

- a) a mandioca foi o produto que melhor desempenho mostrou em relação a todos os itens;
- b) os grãos (arroz, feijão, trigo e milho) situaram-se, sempre, em

posição intermediária, e tiveram um desempenho razoável;

c) o café e as atividades animais ocuparam, quase sempre, as últimas colocações, para quase todos os critérios;

d) a cana foi uma exploração que sempre manteve boa colocação em função de sua elevada produção por área, quando comparada com as outras culturas; e

e) várias culturas parecem não estar utilizando boa tecnologia, já que gastam mais energia do que produzem, e várias delas são importantes do ponto de vista alimentar (banana, cebola, aves/ovos, tomate, café, bovinos e suínos).

## 5 - CONCLUSÕES

A nível mais geral, para a realidade da agricultura paulista, verificou-se que, apesar da dificuldade de obtenção de dados precisos, os resultados obtidos em termos de índices de conversão de energia revelam-se bastante consistentes quando comparados aos de estudos de mesma natureza e efetuados em outras regiões. Dados os objetivos deste estudo, onde interessa mais a ordem de grandeza e a composição da energia utilizada e produzida, em lugar da precisão quantitativa, pode-se dizer que as 20 atividades estudadas representam, de forma satisfatória, a agricultura paulista.

Assim, os resultados alcançados, mantidas certas restrições a insuficiência de dados, podem ser considerados como o desempenho da agricultura paulista em termos energéticos para o Estado de São Paulo, para o ano 1978/79, que, no entanto, parece ser representativo da última metade da década. Quanto ao consumo energético há que se destacar a participação elevada da energia fóssil, atingindo quase 80% do total requerido pela agricultura para realizar a sua produção. Ainda nesse aspecto, a participação dos combustíveis é significativa, obtendo o maior peso como componente isolado do consumo energético com 38%. Esse dado é de bastante relevância dada a conjuntura atual da economia de derivados de petróleo, especialmente combustíveis. O que se pode concluir a respeito é que a agricultura é extremamente dependente do suprimento de combustível externo para poder produzir. Nesse campo, apesar da extrema pobreza das informações existentes pode-se vislumbrar que as alternativas para a auto-suficiência energética da produção agrícola parecem estar num melhor conhecimento das potencialidades ofereci

das pelo fluxo reciclado/perdido. A biomassa que compõe esse fluxo é de uma magnitude elevada e difícil de ser estimada com precisão, mas indica que através de uma reciclagem mais racional possa se obter não só combustível, mas outras formas de energia mecânica, não só para a agricultura como para outras atividades ligadas principalmente ao meio rural.

Outro aspecto importante revelado pela análise foi o papel das explorações animais. Elas possuem os índices mais baixos de conversão de energia e de produção por área, das atividades estudadas além de competirem diretamente com o homem por alguns alimentos, caso principalmente do milho e da soja. No entanto, seu papel é importante na produção global de proteínas, onde representam quase 60%, quando em termos calóricos atingem 10%. Está aí, portanto, um outro setor que deve ser estudado em maior profundidade, procurando-se alternativas de aumento de produção com redução de área, buscando fontes de alimentação não competitivas com o homem.

Os índices apresentados pela agricultura paulista indicam que ela se encontra num estágio semelhante à de países desenvolvidos, como a França por exemplo, mas ao mesmo tempo mostram que se deve fazer um esforço no sentido de utilizar tecnologias menos dependentes de fontes externas de energia e que ofereçam uma conversão de energia mais elevada. Verificou-se que algumas atividades já consomem mais energia do que são capazes de produzir e esse tipo de comportamento, dadas as limitações energéticas atuais, pode-se configurar num ponto de estrangulamento mais tarde, se a tendência da tecnologia agrícola continuar sendo a mesma.

Do total de energia produzida pela agricultura, apenas cerca de 19% é aproveitável ainda a nível de agricultura. Se considerar-se que até que essa caloria chegue ao consumidor ela ainda passará por um processo de perdas e de injeções de energia - fóssil e elétrica, principalmente - verifica-se que o rendimento final será muito baixo, estando aí outro aspecto que merece mais atenção e poderá oferecer novas opções.

Assim, se se considerar que, depois de sair da agricultura, esses produtos perdem bastante do seu potencial calórico (na transformação, no transporte, na armazenagem, na distribuição), a situação tende a ser ainda mais crítica.

## LITERATURA CITADA

1. AGRICULTURA EM SÃO PAULO, São Paulo, v.5. n.12, dez. 1955.
2. BANCO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Agroindústria e desenvolvimento no Estado de São Paulo. São Paulo, 1978.
3. BESSA JR., Alfredo de A. et alii. Estimativa de custo operacional e coeficientes técnicos das principais explorações agropecuárias, Estado de São Paulo, safra 1979/80. Informações Econômicas, SP, 10 (7):17-104, 1980.
4. BORGSTROM, G. Principles of food science. New York, Macmillan, 1958. v.2.
5. BOYELDIEU, J. Rendement énergétique de la production agricole: les bilans énergétiques. Agriculture, Paris, (386):124-28, mai., 1975.
6. CENTRE NATIONAL D'ETUDE ET EXPERIMENTATION DU MACHINISME AGRICOLE. L'activité agricole et l'énergie. Paris, 1975. (Etude, 408)
7. \_\_\_\_\_. Essai sur l'énergie dans l'agriculture ou dans le système agro-alimentaire en France. Paris, 1975. 22p. (Etude, 404)
8. CIPOLLA, Carlo M. Histoire économique de la population mondiale. Trad. Serge Bricianem. Paris, Gallimard, 1965. 183p. Original inglês.
9. COOK, E. The flow of energy in an industrial society. Scientific American, New York, 225 (3):135, 1975.
10. DEMOGRAPHIC YEARBOOK. New York, United Nations, 1971.
11. FLORIDA UNIVERSITY. Tabelas de composição de alimentos na América Latina. Gainesville, 1974. 17p.
12. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estudo nacional de despesa familiar: tabelas de composição de alimentos. Rio de Janeiro, 1977.

13. GOLDEMBERGER, J. Energia e padrões de consumo. Revista ABRA, 10 (1): 3-12, jan./fev. 1980.
14. HEIERLI, Urs. Bilan Énergétique et développement: les temps modernes. s.l.p., 1975. p.285.
15. JUNQUEIRA, Antonio A.B. et alii. O uso de energia na agricultura paulista. São Paulo, Secretaria da Agricultura, IEA, 1979. (não publicado)
16. LINDEMAN, C. Eléments d'ecologie appliquée. New York, McGraw Hill, 1974.
17. MALASSIS, Louis. Evolution des modèles de production et consommation agro alimentaires. Montpellier, IAM, 1976/77. (Fascicule 3)
18. MARTIN, Nelson B. Custo de produção na pecuária de corte. Informações Econômicas, SP, 8 (5):1-8, maio, 1978.
19. MATSUNAGA, Minoru et alii. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. Agricultura em São Paulo, SP, 23 (1):123-39, 1976.
20. MOREIRA, J.R. et alii. Energy balance for the production of ethyl and methyl alcohol. São Paulo, Instituto de Física/USP, 1979.
21. MORRISON, Frank. Alimentos e alimentação dos animais. São Paulo, Melhoramentos, 1966. 892p.
22. PIMENTEL, David et alii. Food production and energy crisis. Science, New York, 182:443-449, Nov. 1973.
23. PREVISÕES E ESTIMATIVAS DAS SAFRAS AGRÍCOLAS NO ESTADO DE SÃO PAULO. São Paulo, Secretaria da Agricultura, IEA, abr. 1975-79.
24. PREVISÕES E ESTIMATIVAS DAS SAFRAS AGRÍCOLAS NO ESTADO DE SÃO PAULO: ano agrícola 78/79, SP, nov. 1979.

25. RUSCHEL, A.P. As alternativas energéticas na agricultura tropical brasileira. Energia, 2 (6):31-34, jan./fev. 1980.
26. SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. Divisão de Economia Rural. Estado e tendências da agricultura paulista. Agricultura em São Paulo, SP, 10 (5/6):1-64, maio/jun. 1963.
27. SERRA, G.E. et alii. Avaliação de energia investida na fase agrícola de algumas culturas. Brasília, Secretaria de Tecnologia Industrial, MIC, 1979.
28. SERRA, G.E. et alii. The energetic of alternative biomass sources for ethanol production in Brazil. São Paulo, Instituto de Física/USP, 1979.
29. SILVA, José G. da et alii. Balanço energético cultural da produção de álcool etílico de cana-de-açúcar, mandioca e sorgo sacarino: fase agrícola e industrial. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 45(6):8-21, dez. 1976.
30. STEINHART, John S. & STEINHART, Carol E. Energy use in the U.S. food system. Science, Lancaster, 184 (4134) Abr. 1974.
31. TUNDISI, Aga. Idade e raças para confinamento de bovinos. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE CONFINAMENTO DE BOVINOS DE CORTE, Araguari, outubro de 1971. p.15.

## RESUMO

Este trabalho traça o perfil energético da agricultura paulista, com o agroecossistema considerado como um sistema fechado, sem importação de produtos agropecuários; seu objetivo é fornecer subsídios para o estabelecimento de políticas de incentivo à produção ou de restrições ao consumo de energia.

O cálculo dos fluxos de energia foi realizado 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 consumo energético foi calculado a partir das matrizes de exigências físicas de fatores para determinação dos custos de produção do Instituto de Economia Agrícola, seus valores convertidos a calorias.

A produção energética foi calculada a partir das estimativas finais de safras do IEA, convertendo-se os valores físicos para calorias.

Estimou-se, por atividade e no global, o consumo e a produção de caloria e as perdas mensuráveis observadas no processo. Procurou-se desagregar, tanto a produção como o consumo, em unidades estruturais que pudessem explicitar melhor o desempenho da agricultura paulista.

Em termos globais o consumo energético da agricultura paulista é de  $34.041 \times 10^9$  kcal, em que 79,6% são de origem fóssil, 17,3% de origem biológica, 1,9% de energia indireta e 1,2% de origem elétrica. Verifica-se a dependência da agricultura paulista da energia fóssil, principalmente do petróleo, minimizada ainda pelo fato de não se ter considerado o transporte neste estudo.

No aspecto da produção energética, observa-se que apesar da produção primária atingir  $205.070,1 \times 10^9$  kcal, apenas 19% são aproveitados ao nível da agricultura, e de cada caloria injetada no processo produtivo obtém-se 1,2 caloria final.

Com relação à energia perdida e/ou reciclada, apesar da magnitude deste fluxo ser difícil de ser estimada com precisão razoável, mas considerando-se os restos de pastagens, o restilo, as cascas de alguns produtos, e os animais mortos, pode-se, numa primeira aproximação, chegar a 36% de energia total produzida; dada a sua subestimação, conclui-se que esse fluxo encerra a maior quantidade produzida, e o seu aproveitamento é praticamente nulo ou é feito irracionalmente, nas atuais condições da agricultura paulista.

De modo geral, verificou-se que as atividades vegetais produziram 90% da energia aproveitável, contra apenas 10% dos animais.

No que se refere ao balanço energético, por área, verifica-se que as melhores atividades conversoras são, pela ordem: mandioca, milho, cana-de-açúcar ou de forragem, soja e trigo. As piores transformadoras são: suínos, ovos, bovinos, café, tomate, aves de corte, cebola e banana.

As explorações animais possuem os índices mais baixos de conversão de energia e de produção por área, além de competirem diretamente com o homem por alguns alimentos (caso do milho e da soja).

## PERFIL ENERGÉTICO DA AGRICULTURA PAULISTA

### Anexo

#### ORIGEM DOS DADOS E PROCESSO DE CÁLCULO

A metodologia usualmente empregada para a determinação da quantidade de energia produzida pela agricultura parte da quantidade de energia recebida do sol por período de tempo e por área.

Estabelece-se, a seguir, um certo coeficiente de conversão que multiplicado pela energia por área e tempo forneceria a quantidade de energia produzida pelas plantas. Essa seria a produção potencial de um agroecossistema<sup>(7)</sup>. No entanto, além do subjetivismo que isso pode encerrar dadas as mais diferentes variáveis (variação da energia solar recebida, as diferenças de altitudes, os diferentes ciclos de cada uma das culturas, o grau de cobertura do solo ou da área pelas culturas, a capacidade intrínseca diferente de transformar energia que as plantas possuem), dados a esse nível ainda não são obtidos, pelo menos sistematicamente, no Brasil. Adotou-se então, para se determinar a produção calórica, dados que pudessem ser mensurados. Como se trata de uma primeira aproximação e se pretende trabalhar com valores globais, procurou-se, na medida do possível, trabalhar com dados médios. Esses dados se referem à produção do Estado de São Paulo no ano agrícola 1978/79, concernentes às estimativas de safra do Instituto de Economia Agrícola. Os valores de rendimento por área (kg/ha) foram cotejados com as médias prevalecentes dos últimos cinco anos agrícolas para se verificar se não haviam distorções de grande monta. As atividades contempladas neste estudo foram escolhidas em função do seu peso relativo na composição do valor da produção agropecuária do Estado e da área que ocupavam, chegando-se a mais de 80% do valor da produção e a quase totalidade da área utilizada em atividades agropecuárias do Estado de São Paulo. Para a conversão da produção física em produção calórica, adotaram-se como regra geral valores constantes nas tabelas de nutrição e alimentação. Utilizando-se basicamente duas tabelas, alguns ajustes precisaram ser efetuados para converter produtos que não têm um consumo imediato. Isso foi feito em função de sua compo

---

(7) Conceito de agroecossistema, segundo PASCHOAL, Adilson D. em Pragas, praguicidas e crise ambiental: os ecossistemas devem ser entendidos como as unidades funcionais e estruturais básicas da natureza. Agroecossistema é um ecossistema artificial, implantado pelo homem com o objetivo de obtenção de fibras, alimentos, bebidas, drogas, estimulantes, etc.

sição em termos de proteínas, carboidratos e lipídeos. Cotejando-se as tabelas, verificou-se que os dados de valores energéticos eram bastante consistentes e adotou-se então a seguinte tabela de referência:

QUADRO A.1.1 - Valores Médios de Conversão de Quilograma para Quilo Caloria

Produto	kcal/kg	Produto	kcal/kg	Produto	kcal/kg
Algodão	2.640	Milho	3.610	Tomate	190
Amendoim	5.300	Soja	4.000	Pastagens	630
Arroz grão	3.640	Mandioca raiz	1.470	Carne bovina	1.850
Arroz palha	1.600	Mandioca rama	670	Carne suína	2.200
Batata	920	Trigo	3.320	Carne aves	1.850
Cana-de-açúcar	640	Banana	1.200	Ovos	1.630
Cebola	460	Laranja	690	Leite	610
Feijão	3.370	Café	2.180		

Fonte: Baseada nas tabelas de composição de alimentos do ENDEF (12) e UNIV. FLÓRIDA (11).

Os valores do quadro A.1.1 referem-se ao produto colhido, ou seja, já estão convertidos de matéria seca (M.S.) para os teores médios de umidade que eles apresentam. Os valores para as diversas carnes foram obtidos através de uma média simples entre valores para carne gorda e carne magra. Os resíduos dos animais foram considerados como tudo aquilo que não é carne, se

jam alimentos ou não, e adotou-se um valor médios de 2.000kcal/kg para sua conversão energética.

A produção calórica foi então obtida através da multiplicação da produção obtida pelos rendimentos calóricos respectivos. Para ser o mais fiel possível à metodologia original, procurou-se determinar a quantidade total de energia produzida por área, tendo em vista a totalidade da planta. No entanto, a par da dificuldade de se obter dados dessa natureza, verificou-se que, nas práticas usuais das culturas em apreço, os "restos culturais" são normalmente reincorporados ao solo, sem que isto indique que essa incorporação seja feita da forma mais racional. Dessa forma, considerou-se, a grosso modo, que a energia neles contidas está sendo aproveitada no processo, e acaba sendo considerada implicitamente quando da utilização de energia externa para a produção futura. Exemplificando: a energia contida nos restos da cultura do milho poderiam ser aproveitadas e computadas como uma produção de energia, se utilizados. No entanto, quando ele é incorporado ao solo, pode ser considerado como um insumo energético que serve inclusive para minimizar a quantidade de energia de fertilizantes que deveria ser gasta, economizando portanto energia. Assim, para efeito deste trabalho considerou-se que essas energias se compensam, não sendo computadas. No caso das pastagens, adotou-se o mesmo procedimento, apesar da existência de dados que permitem estimar em 50% o aproveitamento pelo pastoreio, consequentemente com 50% da produção sendo reincorporada. Para a tipificação de culturas quanto ao seu potencial produtivo e conversão de energia, utilizam-se os dados referentes aos rendimentos médios por área das últimas cinco safras, multiplicando-os pelos valores de rendimento calórico. Esses valores calóricos, tanto os relativos à produção efetivamente observada no ano agrícola 1978/79, como aqueles referentes aos rendimentos médios tiveram que ser ajustados segundo algumas hipóteses quanto ao destino dessa caloria produzida.

Assim, apesar de se trabalhar com o conceito de limite na esfera da produção agrícola, para se determinar a destinação das calorias produzidas dividiram-se as atividades consideradas segundo um destino provável dessa produção, excluindo-se dessa destinação o que é consumido como sementes e mudas. Isso foi determinado levando-se em conta basicamente se o produto pode ser destinado diretamente à alimentação humana, ou se ele deve necessariamente passar por uma transformação industrial para poder ser consumido. É evidente que ao assumir essas hipóteses incorrem-se em erros de avaliar a energia necessária para essa transformação industrial, mas, para se determi

nar a estrutura da produção calórica, esse aspecto não é o mais relevante em função dos objetivos do trabalho. Em face, portanto, dessas colocações, adotaram-se parâmetros para o destino provável da produção, conforme o quadro A.1.2.

É evidente que esses números podem encerrar distorções, mas de maneira geral eles representam de que modo a energia produzida é destinada a partir dos produtos agrícolas. Para algodão, amendoim, cana, soja e laranja, consideram-se os rendimentos médios observados nos seus respectivos processos industriais para se determinar essas destinações "finais" da energia produzida. Dessa forma, para esses produtos adotaram-se alguns coeficientes físicos, verificados na prática, que permitiram estabelecer a composição da energia pelo destino provável. Os valores de transformação energética foram estimados a partir dos dados do ENDEF (12) e UNIV. FLÓRIDA (11).

Para a cana, adotou-se a distribuição de 1978/79 que foi da ordem de 75% para açúcar e 25% para álcool. Na produção açucareira, cada tonelada de cana fornece em média 90kg de açúcar, 7 litros de álcool por 60kg de açúcar e 90 litros de restilo por 60kg de açúcar. Na produção alcooleira cada tonelada fornece 60 litros de álcool e 13 litros de restilo por litro de álcool. E há ainda uma média de 250kg de bagaço por tonelada em qualquer dos destinos. Adotou-se, como valores de transformação, 3.850kcal/kg para o açúcar; 5.260kcal/litro para o álcool; 630kcal/kg para o bagaço; e 3.500kcal/litro para o restilo.

Para o algodão, partiu-se da composição do capulho, com 36% de pluma, 58% de caroço e 6% resíduo, em peso. Do caroço, 12,5% são linter, 15,2% são óleo, 46,7% se transformam em torta, 20,7% são casca e 4,9% resíduo. Verifica-se, assim, uma composição final de 36% em pluma, 7,25% em linter, 8,82% em óleo, 27,08% em torta, 12,0% em casca e 8,84% para resíduo. Adotaram-se os valores de transformação de 4.000kcal/kg para fibras, 8.840kcal/kg para óleo, 3.070kcal/kg para torta e 2.080kcal/kg para casca e resíduos.

No caso da soja, considerou-se uma composição de óleo 18%, farelo 75% e resíduo 7%, adotando-se os valores de transformação de 8.840kcal/kg para óleo e 3.040kcal/kg para o farelo.

Para o amendoim, considerou-se 15% de casca e 85% de sementes com 45% óleo e 55% torta. Utilizou-se para a transformação 2.470kcal/kg para casca, 8.840kcal/kg para óleo e 3.350kcal/kg para torta.

No caso da laranja, utilizaram-se os coeficientes do ENDEF (12) tanto para calorias como para a composição do produto, que é de 63% comestível

QUADRO A.1.2. - Destino Provável da Energia Produzida  
(em porcentagem)

Produto	Alim. humana	Alim. animal	Combust. líquido	Combust. sólido	Outros
Algodão	30	41	-	-	29
Amendoim	63	37	-	-	-
Arroz grão	100	-	-	-	-
Arroz casca	-	100	-	-	-
Batata	100	-	-	-	-
Cana	40	-	19	25	16
Cana forrageira	-	-	-	-	-
Cebola	100	-	-	-	-
Feijão	100	-	-	-	-
Mandioca raiz	100	-	-	-	-
Mandioca rama	-	100	-	-	-
Milho	12	88	-	-	-
Soja	41	59	-	-	-
Trigo	100	-	-	-	-
Banana	100	-	-	-	-
Laranja	63	37	-	-	-
Café	100	-	-	-	-
Tomate	100	-	-	-	-

Fonte: Dados básicos: IEA.

vel e 37% não comestível, transformada em ração.

No que se refere aos produtos de origem animal, ou seja, da produção secundária de energia, a metodologia utilizada foi um pouco diferente, dada a própria natureza do processo ser diferente.

Para se determinar a produção calórica a partir dos bovinos, partiu-se da composição do rebanho por categorias representativas das diversas faixas etárias e sexo. De posse desse quadro, estimaram-se pesos médios para essas categorias de acordo com a tabela de TUNDISI (31) modificada:

- a) até 1 ano: peso médio 110kg;
- b) 1 a 2 anos: peso médio 230kg;
- c) 2 a 4 anos - machos: peso médio 375kg; e
- d) 2 a 4 anos - fêmeas: peso médio 350kg.

Multiplicando-se a população de cada categoria pelo seu respectivo peso médio, chegou-se ao peso total do rebanho, que dividido pelo efetivo total forneceu um peso médio por cabeça. Esse foi então considerado como o peso do bovino médio do rebanho, sobre o qual estimaram-se as necessidades alimentares e a produção de fertilizantes do rebanho. Esse peso total multiplicado pelos valores de conversão energética forneceram a energia do estoque bovino. A produção efetiva de calorias foi calculada a partir da produção verificada, observando-se os seguintes índices: carne: 0,38 do peso vivo (PV) e o restante pode ser considerado como resíduo: 0,62PV. É evidente que esses dados variam com a raça, a idade, o sexo, e o estado geral do animal, mas podem ser tomados como média para um estudo desta natureza. Para a transformação de carne em calorias, utilizaram-se os valores da tabela ENDEF (12), ajustando-se uma média para carne gorda e magra, dada a não disponibilidade de informações dessa natureza e a grande diversidade de animais conduzidos ao abate, além das diferenças existentes entre os "cortes" de carne.

Para o que se denomina aqui de "resíduos" (gordura, sebo, ossos, couro, vísceras, pêlos, chifres, sangue, etc), não existem tabelas que os transformem em termos calóricos de uma maneira precisa, mas, através das informações esparsas que puderam ser coletadas, pode-se estimá-los em torno de 2.000kcal/kg. A produção de leite foi estimada conjuntamente com a de carne, dado o caráter misto da pecuária bovina prevalecente no Estado. Assim, a produção de energia alimentar pela bovinocultura se refere à carne e leite. A produção calórica do leite foi estimada multiplicando-se a produção efetivamente obtida pelo fator de conversão 630kcal/kg. Para tanto, ajustou-se a produção de litro para quilos através do fator 0,97. A produ

ção de fertilizantes pelo rebanho foi calculada a partir dos dados de MORRISON (21), que estima uma produção de esterco da ordem de 7 toneladas/a no por animal adulto ou unidade animal (450kgPV). Segundo esse autor, um bovino adulto fornece por ano 5,5kg de N; 2,5kg de  $P_2O_5$  e 4,2kg de K, por tonelada/ano. Essa relação foi então ajustada pra o bovino médio representativo do rebanho do Estado e calculou-se por elementos o fornecimento de fertilizantes, convertendo-se depois esses valores em calorias, obedecendo à seguinte escala, citada por SERRA (27):

- a) N - 13.875kcal/kg;
- b)  $P_2O_5$  - 1.665kcal/kg; e
- c) K - 1.110kcal/kg.

Para os suínos, adotou-se a mesma sistemática para o cálculo do estoque energético e da população calórica, utilizando-se apenas coeficientes diferentes para o cálculo de carne e resíduos, respectivamente de 0,75PV e 0,25PV.

Os valores de conversão foram estimados com base na tabela do ENDEF (12) e resultaram em 2.200kcal/kg para carne e 2.000kcal/kg para resíduo, com as mesmas considerações que foram feitas para o uso dos bovinos.

Para carnes de aves e ovos, a produção foi também calculada da mesma forma, variando apenas os coeficientes, ou seja, 1.850kcal/kg para carnes e 1.630kcal/kg para ovos. O estoque se referiu apenas aos animais de postura, dada a natureza do processo de produção de carne de aves onde todos os animais são mortos após o período de engorda.

Para finalizar a parte referente "ao fluxo interno" ou à produção calórica, é importante verificara estimativa de produção calórica das pastagens. O cálculo dessa produção deve ser feito indiretamente já que não existem estudos que quantifiquem a produção das pastagens para todo o Estado. A produção foi então calculada a partir das necessidades do rebanho, medida em termos do bovino médio. Essa ração foi calculada em função de um consumo diário médio de 3% do PV <sup>(8)</sup> medido em matéria seca e depois transformado para capim verde, com teor médio de umidade de 28%. Essa ração diária foi multiplicada por 365 dias e por 630kcal/kg, que corresponde aproximadamente ao valor médio em calorias das principais pastagens do Estado. Como a relação entre rebanho e pastagens é de aproximadamente 1 para o Estado de São Paulo, multiplicou-se o consumo de um bovino pela área de pastagens do Estado para obter-se a produção calórica das pastagens ingeridas pelos bovinos. Co

---

(8) PV = peso vivo.

mo já foi alertado anteriormente, essa ingestão é de cerca de 50% do mesmo total produzido, conseqüentemente a produção efetiva das pastagens é de cerca do dobro do que foi obtido, mas esse restante é reincorporado ao solo, e, para tanto, adotou-se o mesmo procedimento que foi utilizado para os restos de cultura.

Para a tipificação das culturas, elegeram-se cinco (5) parâmetros: produção calórica por hectare; consumo calórico por hectare; conversão calórica; produção de energia alimentar humana por hectare e produção protéica para alimentação humana, por hectare.

Adotou-se, para classificar as culturas segundo os 5 parâmetros considerados acima, o critério de ordená-los em ordem decrescente dividindo-as em 5 estratos, cujas separatrizes foram estabelecidas como a seguir: para o mais alto entraram aquelas culturas que obtiveram um valor maior que 2 vezes a média aritmética; o estrato médio - alto ficou entre esse valor e 1,5 vezes a média; outro entre 1,5 e 1; um médio baixo entre 1,0 e 0,5; e o estrato inferior, abaixo de 0,5 vezes a média. Quando se tratou do consumo, evidentemente consideraram-se os critérios de maneira inversa. Chama-se a atenção para o fato de que os dados obtidos a seguir obedeceram à média de produção das últimas 5 safras, de modo que representassem melhor tanto a tecnologia empregada como as variações das condições ecológicas da produção. Determinado o fluxo interno, passou-se a estimar o fluxo externo de energia.

A metodologia aplicada nesta parte do trabalho pode ser considerada como um reagrupamento de outras para se conseguir, dentro do objetivo deste estudo, dados globais os mais próximos possíveis da realidade. Trabalho semelhante já foi realizado por outros autores, entre os quais o estudo de SERRA et alii (27), onde é avaliada a energia investida na fase agrícola de algumas culturas. Assim, a obtenção de coeficientes físicos de utilização dos fatores de produção das 16 principais culturas e dos 5 produtos de origem animal de maior expressão no Estado de São Paulo, para a realização deste estudo, seguiu a metodologia de Custo Operacional de Produção adotada pelo IEA (19), que se constitui basicamente das despesas diretas, e se refere aos insumos ("inputs") efetivamente injetados no processo produtivo, mais juros bancários e depreciação de máquinas. Claro que algumas ressalvas devem ser feitas quanto a utilização desta metodologia, pois, como em princípio tentou-se traduzir todo e qualquer gasto em quilocalorias (kcal), materiais como sacaria, embalagem, barbante, arame, etc não foram considerados pela dificuldade na obtenção de coeficientes de conversão e também por representarem muito pouco em termos de custo. Quanto ao item juros bancá

rios, não foi considerado por se constituir, efetivamente, num desembolso direto em valor.

A utilização desta metodologia possibilitou o uso das matrizes de Exigências Físicas dos Fatores de Produção das culturas obtidas em pesquisas realizadas pelo IEA (3) e ponderadas por produtos e por tecnologia, conforme a representatividade em termos de produção de cada região da qual tenha se originado a matriz. Esta ponderação foi baseada nas Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas do Estado de São Paulo, ano agrícola 1978/79 (24) e pretende homogenizar a matriz de Exigência Física dos Fatores de Produção de cada cultura, para que as discrepâncias a nível tecnológico sejam eliminadas. Quando, dado um exemplo hipotético, foi tirada a média ponderada entre os coeficientes físicos da matriz 1 (Região A - Tecnologia A) e matriz 2 (Região B - Tecnologia B) de um determinado produto, a matriz média final será um perfil dos coeficientes físicos de utilização dos insumos para esse produto que refletirá uma tecnologia média, ponderada entre as tecnologias A e B.

Extrapolando-se a metodologia de custo operacional para a de "custo energético", obtêm-se o Fluxo Externo do Sistema Energético Agroalimentar que consiste na Energia Injetada na Agricultura (EIA) composta pelas Energia Direta (ED) e Energia Indireta (EI).

No cálculo da Energia Direta foram considerados os seguintes consumos energéticos: a Energia Biológica (EBio) injetada no sistema, que inclui os itens mão-de-obra, tração animal, sementes, mudas e adubos orgânicos; a Energia Fóssil (EFos) que se refere aos adubos químicos, defensivos, combustível, lubrificantes e pneus; e a Energia Elétrica (EEI) que neste estudo foi considerada como um dado global de consumo para a agricultura e pecuária.

Os dados em dia foram sempre transformados em dia de 8 horas. Adotou-se para a mão-de-obra um consumo de 4.200kcal/dia e para o trabalho animal 28.000kcal/dia. Os dados de conversão para sementes e mudas são os do ENDEF (12) e da Universidade da Flórida (11). Também para a transformação dos adubos orgânicos em energia - basicamente, esterco de curral - foram utilizados os dados de MORRISON (21).

Os dados de conversão para a Energia Fóssil (EFos) injetada no Sistema Agroalimentar são de Doering citado por SERRA (27) e correspondem a: 8.148kcal por litro de gasolina, 9.025kcal por litro de óleo (diesel e lubrificante), 13.875kcal por kg de Nitrogênio, 1.665kcal por kg de Fósforo na forma de  $P_2O_5$ , 1.110kcal por kg de Potássio na forma k, 40kcal por kg de

Calcário, 73.260kcal por kg de Defensivo e 20.500kcal por kg de Pneu.

O cálculo da Energia Indireta (EI) baseou-se no "conceito de valor adicionado porque ele não inclui o valor energético da matéria-prima em forma de aço ou ferro, adquirido pela fábrica. A máquina é então depreciada linearmente até zero sobre a vida útil do equipamento. O que sobra é a energia embutida no metal com valor idêntico ao que entrou na fábrica quando da montagem do equipamento (27)". Assim, considerou-se a seguinte classificação, segundo Döring:

- a) trator:  $5,31\text{kcal}\times 10^6$  por tonelada produzida;
- b) colhedeira automotriz:  $4,16\text{kcal}\times 10^6$  por tonelada produzida;
- c) cultivo primário:  $3,23\text{kcal}\times 10^6$  por tonelada produzida; e
- d) cultivo secundário:  $2,58\text{kcal}\times 10^6$  por tonelada produzida.

A partir desses dados, a máquina foi depreciada pela vida útil e por dia. Também foram considerados os gastos por dia com reparos e manutenção de máquinas e equipamentos. Na depreciação diária, os dias de uso e o peso para máquinas e equipamentos são os utilizados pelo IEA nos cálculos de Custos Operacionais.

Foram englobados no conceito de cultivo primário todos os equipamentos utilizados nas operações básicas de cultivo, como arado, grade, roçadeira, sulcador, etc.

No cultivo secundário, consideraram-se implementos que seriam utilizados nos tratamentos culturais ou em outras fases da cultura, como enleirador, pulverizador, cultivador, secador, etc.

Para equipamentos à tração animal, a metodologia seguida é a mesma.

Cabe salientar que todo gasto computado em operações de máquinas e implementos se refere àquele que efetivamente ocorre no processo produtivo de cada cultura.

Na determinação do fluxo externo referente às atividades criatórias, utilizaram-se vários procedimentos, dado que não existia uma padronização a nível de matrizes de custos e exigências de fatores como foi o uso das culturas. Na determinação dos gastos para bovinos, foi utilizada uma média ponderada dos custos de produção estimados por MARTIN (18) e computaram-se os gastos totais, ou seja, inclusive o que foi utilizado nas pastagens. Esse procedimento pareceu ser mais correto em virtude de ser praticamente impossível dissociar o custo da pastagem em si, já que fundamentalmente ela se destina ao consumo de bovinos. A estrutura do gasto energético apurado foi dividida segundo o esquema adotado para as culturas, de forma

que se pudesse comparar os resultados. Para aves e ovos, utilizou-se uma matriz de exigência de fatores do IEA e adotou-se o procedimento já descrito de transformá-los em valores calóricos. Para os suínos, houve necessidade de utilizar outros artifícios e o cálculo do consumo energético foi feito com base na alimentação requerida por cada categoria multiplicada pelo rebanho existente no Estado. Assim, o consumo energético do rebanho porcino ficou subestimado devido à falta de informações quanto aos componentes do custo de produção. No entanto, em face da sua reduzida participação no total da produção, esses resultados pouca interferência causam nos valores finais.

O fluxo reciclado/perdido, como já foi salientado, acabou sendo estimado pela diferença entre o que foi potencialmente produzido e que de fato pôde ser aproveitado. Essa estimativa é preliminar e subvalorizada, em consequência da não existência de alguns dados fundamentais, como restos de cultura por exemplo.

De posse desses dados, foi possível estabelecer alguns índices que permitissem classificar a agricultura paulista, sendo alguns fatores, como STEINHART (30), COOK (9), e compará-la com resultados de outras agriculturas, principalmente a francesa através do estudo do CNEEMA (7).

Os indicadores mais importantes são:

a) EFA/EIA: coeficiente de transformação de energia externa em energia final;

b) EFA/E Primária: coeficiente do rendimento do processo biológico agrícola;

c) composição da EFA em termos vegetais e animais;

d) coeficientes de transformação de calorías vegetais em animais;

e

e) consumo e produção médios de energia por área.

**SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA**

**Comissão Editorial:**

**Coordenador:** Ismar Fiorêncio Pereira

**Membros:** Antônio Augusto Botelho Junqueira

Sebastião Nogueira Jr.

José Ricardo Cardoso de Mello Junqueira

José Roberto Vianna de Camargo

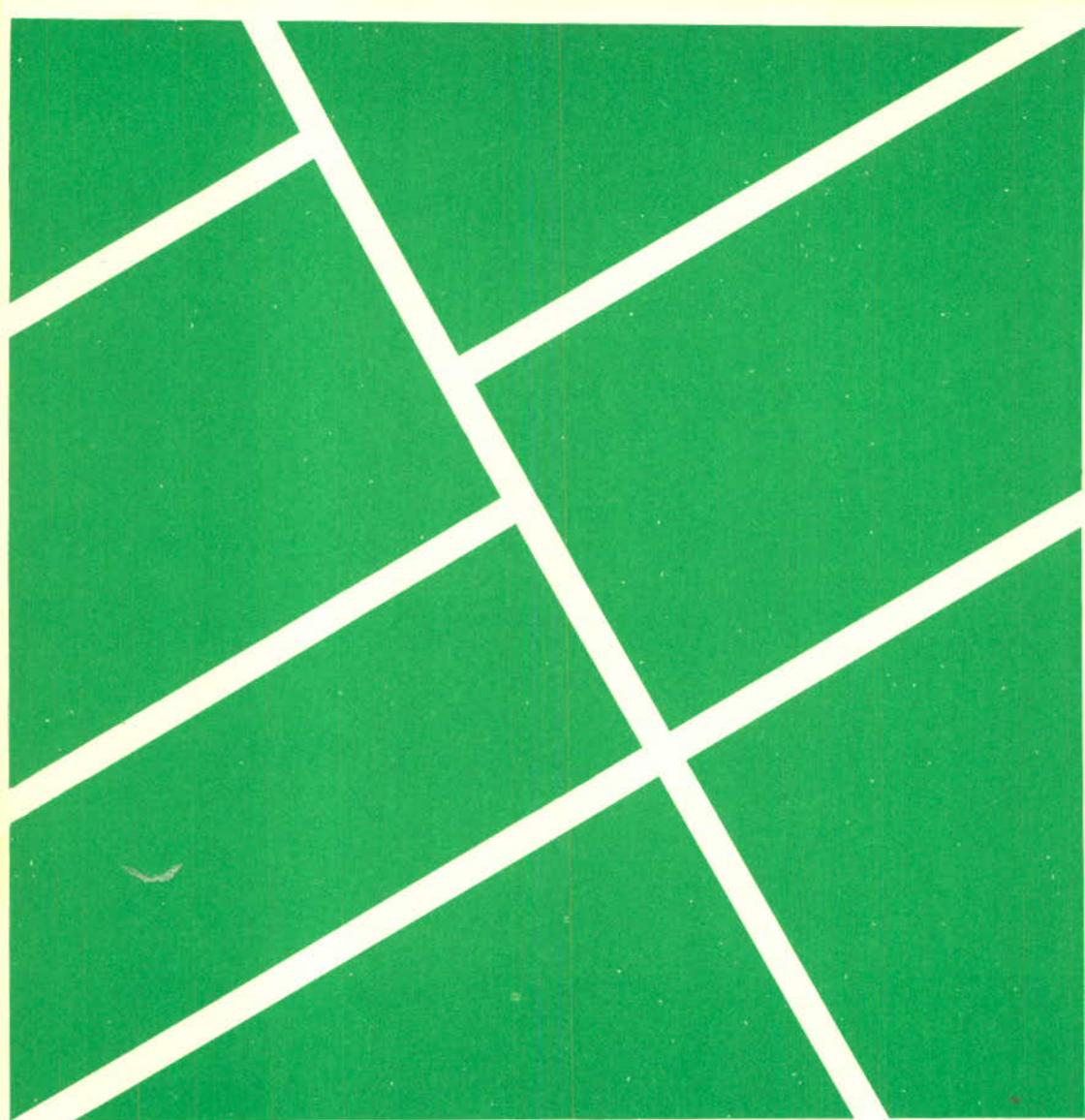
Rosa Maria Pescarin Pellegrini

Yuly Ivete Mizaki de Toledo

**Bibliografia:** Maria Luiza Alexandre Peço



**Impresso no Setor Gráfico do IEA  
Av. Miguel Stefano, 3900 - 04301, São Paulo, SP**



Relatório de Pesquisa  
9/82