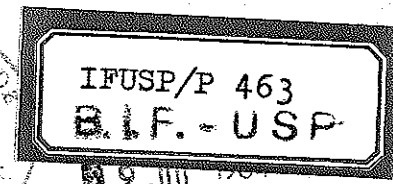


UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**INSTITUTO DE FÍSICA
CAIXA POSTAL 20516
01498 - SÃO PAULO - SP
BRASIL**



9 JUL 1961

publicações

IFUSP/P-463

AVALIAÇÃO DA ENERGIA INVESTIDA NA FASE AGRÍCOLA
DE ALGUMAS CULTURAS

Gil Eduardo Serra & Aloysius Maria Heezen
Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Bo-
tucatu - UNESP

José Roberto Moreira & José Goldemberg
Instituto de Física, Universidade de São Paulo

RELATÓRIO FINAL À SECRETARIA DE TECNOLOGIA INDUS-
TRIAL, MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO

RELATÓRIO FINAL

A

SECRETARIA DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO

SETEMBRO, 1979

AValiação DA ENERGIA INVESTIDA NA
FASE AGRÍCOLA DE ALGUMAS CULTURAS

GIL EDUARDO SERRA ¹
JOSE ROBERTO MOREIRA ²
JOSE GOLDEMBERG ²

ALOYSIUS MARIA HEEZEN ¹

¹ - Faculdade de Ciências Agronômicas

Campus de Botucatu - UNESP

² - Instituto de Física - USP.

INDICE

	página
I - Introdução	1
II - Material e Método	11
A) Coleta de dados	11
B) Conversão dos dados agrícolas em grandezas energéticas	16
B1) Obtenção de energia total	18
B2) Avaliação das intensidades de energia usando dados nacionais e estrangeiros	22
C) Descrição dos métodos de conversão energética	26
III - Resultados	37
IV - Discussão dos Resultados, Conclusões e Sugestões	73
Agradecimentos	82
Bibliografia	83

AVALIAÇÃO DA ENERGIA INVESTIDA NA FASE AGRÍCOLA DE ALGUMAS CULTURAS

I - INTRODUÇÃO

Frequentemente costuma-se comparar a produtividade agrícola brasileira com a de nações desenvolvidas, mais particularmente, os Estados Unidos. É bastante conhecido o fato de que algumas culturas, por exemplo, batata, apresentam uma produtividade por área explorada de 3 a 5 vezes menor que a americana; enquanto outras, como a soja, tem produção quase semelhante à dos Estados Unidos.

Embora se reconheça a influência de fatores básicos de produtividade como o clima, solo e variedades, a produção agrícola é seguramente dependente da energia investida na cultura. Conforme se pode ver na Figura I-1 para a cultura do milho nos Estados Unidos, sua produtividade cresceu significativamente após 1940, quando grandes quantidades de energia na forma de fertilizantes começaram a ser introduzidos na sua lavoura, conforme se vê na Figura I-2. Entretanto convém notar, comparando-se as Figuras I-1 e I-2 que este incremento não é linear e apresenta fator de elasticidade α (definido como: $\alpha = \log \text{Incremento na produção} / \log \text{Incremento na energia gasta}$), possivelmente menor que um. Isto pode ser bem verificado por meio da Figura I-3 e, dos resultados numéricos da Tabela I-1 onde comparações são feitas entre três diferentes tipos de exploração da cultura do arroz. Observa-se que usando tecnologia moderna, os Estados Unidos investem 15.522 Mcal/ha na cultura do arroz obtendo uma produtividade de 5,8 t/ha enquanto com aplicação de tecnologia tradicional, as Filipinas investem 41 Mcal/ha obtendo a produtividade de 1,25 t/ha. Isto significa 378 vezes mais energia para uma produção apenas 4,6 maior.

A razão deste excessivo aumento na energia agrícola investida é decorrência da utilização de insumos (fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, etc.) e, da mecanização ou mão-de-obra para sua aplicação. A necessidade de produzir alimento para os 4 bilhões de habi-

Tabela I-1 - Energia requerida para produção de arroz, através de método moderno, intermediário e tradicional.

	MODERNO (U.S.A.)	INTERMEDIÁRIO (Filipinas)	TRADICIONAL (Filipinas)
	Energia/ha (Mcal)	Energia/ha (Mcal)	Energia/ha (Mcal)
Máquinas	1.004	80	41
Combustível	2.150	383	—
Fertilizante nitrogenado	2.572	603	—
Fertilizante fosfatado	—	—	—
Fertilizante potássico	145	—	—
Semente	804	395	—
Irrigação	6.540	—	—
Inseticida	134	36	—
Herbicida	134	24	—
Secagem	1.100	—	—
Eletricidade	766	—	—
Transporte	173	7	—
Total	15.522	1.528	41
Produção t/ha	5,8 t/ha	2,7 t/ha	1,25 t/ha

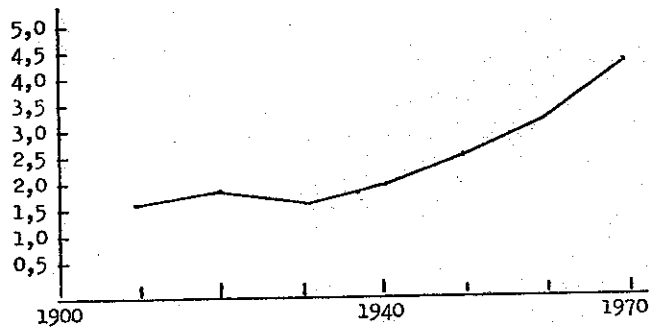


Figura I-1. Produção milho (t/ha) nos U.S.A.

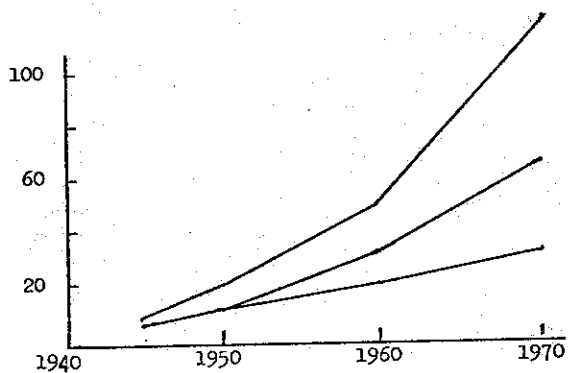


Figura I-2. Fertilizante (nitrogênio, fósforo e potássio) aplicado por hectare na produção de milho nos U.S.A.

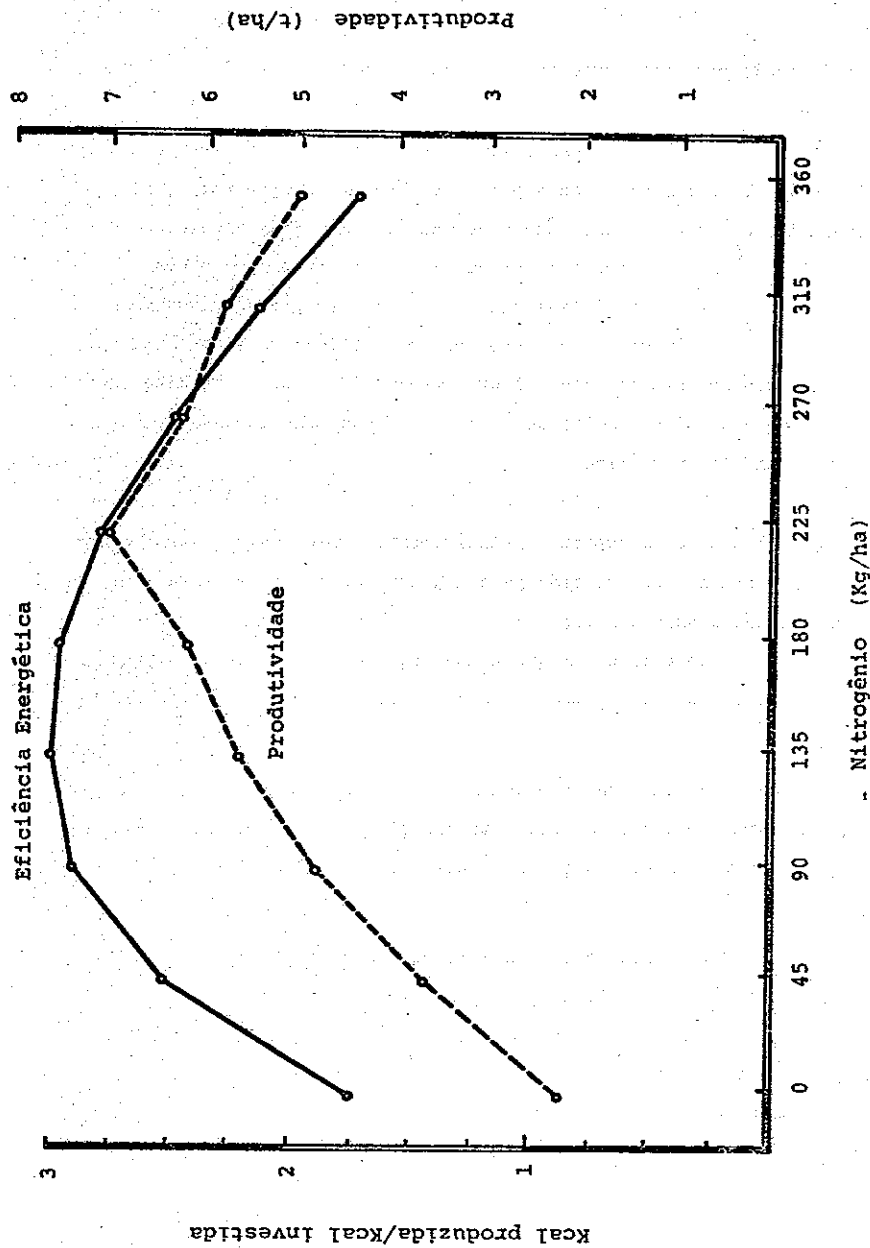


Figura I-3. Produtividade e retorno em kilocalorias por kilocaloria investida para culturas de milho, usando quantidades variáveis de fertilizantes nitrogenados. Milho tem produtividade máxima (7.000kg/ha) com a aplicação de aproximadamente 200kg de nitrogênio por ha. A maior eficiência energética resulta de uma aplicação de aproximadamente 135kg/ha de nitrogênio³.

tantes do mundo pode ser invocada como uma razão para a utilização daqueles insumos.

De fato, a agricultura rudimentar, já praticamente abandonada, pode alimentar uma pessoa para cada hectare disponível, por ano². Considerando, no mundo, a existência de uma área agrícola atualmente explorada de 31×10^8 ha⁴, portanto menor que 1 ha por habitante, vemos a necessidade de desenvolver tecnologias mais eficientes em produtividade.

Em vista do exposto convém verificar se a baixa produtividade agrícola de determinadas culturas brasileiras não está diretamente ligada ao pequeno cuidado aplicado à lavoura, que pode ser avaliada pelo baixo investimento energético.

Neste trabalho foram obtidos dados básicos sobre as operações agrícolas para um espectro relativamente amplo de culturas comerciais. Toda a análise foi voltada para a quantificação da energia consumida na exploração dessas culturas.

Deve-se notar que a motivação deste estudo é diferente conforme a cultura estudada, podendo essas culturas serem divididas em dois grupos:

a) culturas que podem produzir biomassa usada como matéria prima para a produção de combustíveis líquidos e/ou outras formas de energia, tais como cana-de-açúcar, mandioca, eucalipto, pino e também oleaginosas.

b) culturas que se destinam primordialmente à alimentação humana, isto é, milho, algodão, trigo, soja, tomate e batata.

Para as culturas destinadas à produção de energia, é conveniente que a eficiência energética E seja maior que 1 (E = energia obtida como combustível/energia investida na cultura agrícola), sendo a cultura tanto mais apropriada, a grosso modo, quanto maior for o valor de E . A escolha de uma cultura em detrimento de outra, entretanto, não é imediata, uma vez que deve ser considerado também o processo industrial de obtenção do combustível, geralmente com maior consumo de combustível que na fase agrícola⁵, assim como a distribuição de impactos ambientais, sociais,

etc. Convém deixar bem claro que é praticamente impossível produzir um combustível líquido sem utilizar uma fração da quantidade produzida como realimentação, pelo menos no processo agrícola. Assim, é bastante importante ter em mente, conforme apontado por Greenfield e Nicklin⁶ que o preço de combustível líquido, conforme mostra a Figura I-4 e a Tabela I-2, precisa ser convenientemente considerado. Isto é, o preço aparente (onde se deixa de considerar este efeito de realimentação do combustível líquido como insumo) pode ser extremamente sub-avaliado quando comparado com o preço real, principalmente para grandes índices de realimentação. Obviamente esta consideração para o preço também se aplica para o balanço energético.

Sob o ponto de vista econômico e energético o aspecto da realimentação pode ser negligenciado caso:

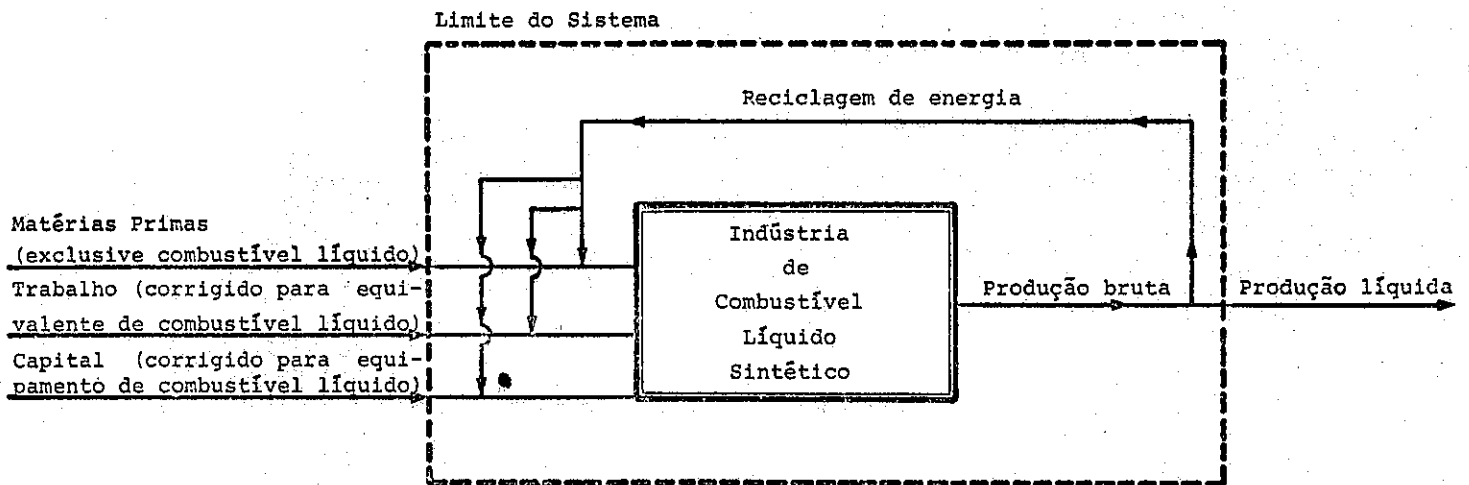
a) O preço do combustível líquido alternativo seja igual ou menor que o preço do derivado do petróleo. Isto fica bem claro se observarmos as três primeiras colunas da Tabela I-2;

b) A fração do combustível líquido alternativo gasto no processo de produção seja bastante pequeno, de forma que mesmo que o seu preço aparente seja maior que o do derivado do petróleo ainda assim o preço real será muito próximo do preço aparente.

c) O processo de produção do combustível líquido alternativo seja utilizado como uma forma de multiplicar os derivados de petróleo disponíveis no país.

A alternativa a) atualmente ainda é otimista. O petróleo é um combustível com alto conteúdo energético e já é encontrado na forma líquida, extremamente favorável para transporte e localizado em reservas bastante concentradas. Restam então as alternativas b) e c) como justificativas para a produção de combustível a partir de biomassa. Até agora o Brasil está usando etanol porque ele se enquadra dentro da alternativa c). Entretanto é importante notar que já existe uma tendência para a utilização do etanol como combustível de caminhões que transportam cana para as usinas⁷, e isto só pode ser explicado dentro do contexto da alternativa b).

Figura I-4. Esquema de uma indústria de combustível líquido sintético, mostrando a reciclagem de energia².



.07.

Tabela I-2. Custos reais e índices de produção para uma indústria de combustível líquido sintético
Base: produção bruta de 1.000 litros; custo da gasolina: US\$0,15/litro

A	Custo total de operação da indústria (suposição) US\$	150	300	600
B	Custo aparente por litro de combustível sintético (A/1000) - US\$	0,15	0,30	0,60
C	Quantidade de combustível sintético reciclado- litros (suposição)	200	500	800
D	Produção líquida (1000-C) - litros	800	500	200
E	Crédito para o fluxo recirculado (0,15-C) - US\$	30	75	120
F	Custo líquido de operação da indústria (A-E) - US\$	120	75	30
G	Custo por litro de produção líquida (F/D) - US\$	0,15	0,15	0,15
H	Índice do custo verdadeiro para custo aparente (G/B) - US\$	1,0	1,0	1,0

.08.

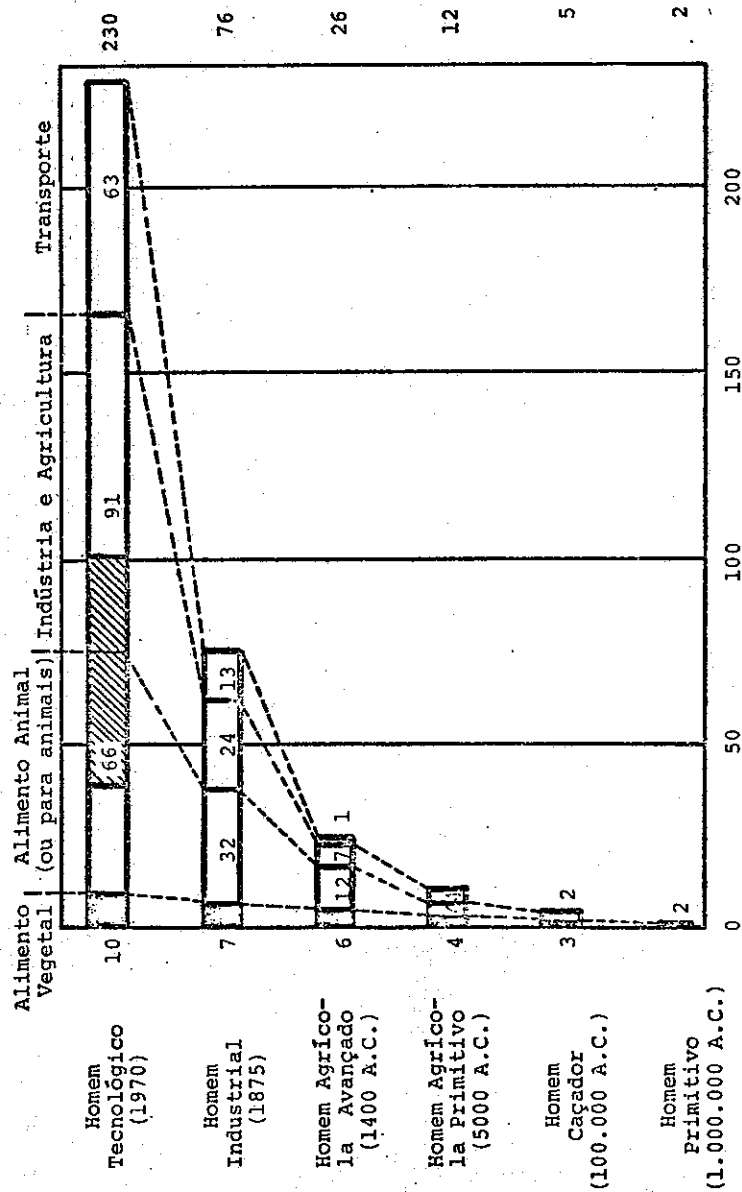
Entretanto para um país como o Brasil, que produz pouco mais de 150 mil barris diários de petróleo, dos quais cerca de 30% são atualmente conversíveis em óleo Diesel e outro tanto em óleo combustível, é preciso ter em mente que a produção de álcool não poderá ser entendida por muito tempo dentro da alternativa c). De fato, uma série de estudos^{5,8,9} revelam que cada 4 a 5 unidades de energia produzidas na forma de etanol, requerem 1 unidade de energia, da qual mais da metade é proveniente do petróleo. Pode-se pois antecipar que se usarmos todo o Diesel produzido a partir de petróleo nacional na produção de biomassa para o álcool, poderemos no máximo produzir ao redor de 400 mil barris de etanol por dia; daí em diante será imprescindível utilizar na agricultura também petróleo importado ou o próprio etanol, desde que se obtenham progressos tecnológicos capazes de baratear significativamente o preço aparente do álcool.

No caso de culturas destinadas à alimentação humana, investigações conduzidas nos Estados Unidos¹⁰, mostram que para alguns alimentos, a razão entre a energia alimentar e a energia investida na cultura é menor que a unidade. Entretanto como estamos falando em alimentos, mesmo que as razões sejam inferiores à unidade, ainda assim os teríamos que produzir porque constituem a única forma de energia que é aceita pelo organismo humano. Porém mesmo neste caso, considerando o crescente aumento da população do mundo, ainda assim é extremamente útil, para fins de comparação, conhecer a quantidade de energia gasta no cultivo agrícola das várias lavouras e qual seus respectivos valores alimentares para que consigamos produzir um máximo de alimentos com um mínimo de energia.

Ainda, este estudo pode servir de ponto de partida para estudos que visem obter maior eficiência energética na produção agrícola de gêneros alimentícios, a fim de minimizar os gastos.

Nossos dados foram todos colhidos em atividades agrícolas no Estado de São Paulo, onde é esperado, em vista do seu maior desenvolvimento econômico, encontrar investimentos energéticos maiores que a média do país. Isto aliás, deve ser consequência do que é mostrado na Figura I-5, onde esquematiza-se o consumo energético "percapita" do homem em fun-

Figura I-5. Consumo (de energia) diário per capita (Mcal).



O consumo energético, per capita, foi calculado para seis estágios do desenvolvimento humano (e com uma precisão decrescente em relação à idade). O Homem Primitivo (Leste da África, cerca de 1.000.000 de anos atrás), sem o uso do fogo, tinha apenas a energia do alimento que comia. O Homem Caçador (Europa, cerca de 100.000 anos atrás) tinha mais alimento e também queimava madeira para aquecimento e preparo do alimento. O Agricultor Primitivo (Fertill Crescente, cerca de 5000 A.C.) produzia alimentos e ganhou a energia animal. O Agricultor da Idade Média (nordeste da Europa, em 1400 A.C.) usava um pouco de carvão para aquecimento, energia híbrida e sólida, além de transporte animal. O Homem Industrial (Inglaterra, 1875) tinha o motor a vapor. O Homem Tecnológico (USA, 1970) consome 230 Mcal por dia, sendo grande parte na forma de eletricidade (área achurçada) 11.

ção do seu progresso tecnológico e econômico.

II - MATERIAL E MÉTODO

Foram estudadas as seguintes culturas:

- cana-de-açúcar
- mandioca
- milho
- algodão
- trigo
- soja
- eucalipto
- pino

Sobre outras culturas, como as seguintes, foram também obtidos dados, mas em caráter inicial:

- tomate
- batata

A) Coleta de Dados

Os dados obtidos referem-se a culturas comerciais no Estado de São Paulo. Os dados básicos foram obtidos através de formulários utilizados e preenchidos por um técnico especializado, diretamente junto ao produtor agrícola; os dados coletados referem-se a médias de vários anos para cada produtor agrícola. O formulário abrangia os seguintes itens, sendo os dados referentes a um hectare e a um ciclo da cultura:

1. Operações Mecânicas (quantas vezes foi realizada, tempo gasto e tipo de máquina e implemento).
 - conservação do solo
 - aração

- subsolagem
- gradagem
- sulcação
- aplicação de calcário
- aplicação de fertilizantes no plantio
- aplicação de fertilizantes em cobertura
- aplicação de herbicidas
- aplicação de inseticidas
- aplicação de fungicidas
- plantio ou semeadura
- capina mecânica
- colheita
- carregamento
- transporte de produção e de pessoal
- outras (sistematização de solos, aplicação de resíduos, irrigação, enleiramento e incorporação de resíduos vegetais, etc.).

2. Características das máquinas e implementos agrícolas (tipo e modelo, peso, consumo de combustível e lubrificantes, número e peso de pneus).

- trator
- arado
- subsolador
- grade
- sulcador
- cultivador
- aplicador de calcário
- aplicador de fertilizante
- aplicador de herbicida
- aplicador de inseticida
- aplicador de fungicida
- plantadeira ou semeadeira

- colhedeira
- carregadeira
- caminhão
- outras

3. Operações manuais (horas gastas)

- plantio
- raleação
- capina manual
- aplicação de fertilizante
- aplicação de herbicida
- aplicação de inseticida
- aplicação de fungicida
- colheita
- carregamento
- outras

4. Insumos utilizados (quantidade aplicada, tipo, fórmula e concentração).

- muda ou semente
- fertilizante (nitrogênio, fósforo e potássio)
- matéria orgânica, resíduos
- herbicida
- inseticida
- fungicida
- calcáreo
- outros

5. Produção agrícola obtida (t/ha)

6. Observações

As propriedades agrícolas foram amostradas levando em

Tabela II-1. Regiões de amostragem das culturas agrícolas estudadas.

CULTURA	REGIÃO
1. Cana-de-açúcar	Jaú, Ribeirão Preto, Piracicaba, Araraquara.
2. Mandioca	Candido Mota, Palmital, Paraguaçu Paulista, Campo Nova Paulista, Ourinhos, Ibiparema, Salto Grande, Conchal, Araras.
3. Milho	Ourinhos, Pirajú, Sta Cruz do Rio Pardo, Taquarituba, Itaí, Fartura, Palmital, Ribeirão Preto, Jardinópolis, Orlândia, Ituverava, São Joaquim da Barra.
4. Algodão	Cravinhos, Andará (PR), Pradópolis, Paranapanema, Guaíva, Igarapava, São Joaquim da Barra, Orlândia, Ribeirão Preto, Itaverava, Jardinópolis.
5. Trigo	Paranapanema, Ourinhos, Paraguaçu Paulista, Candido Mota, Xavantes, Assis, Sta Cruz do Rio Pardo, Palmital, Pirajú, Itaí.
6. Soja	Paranapanema, Ourinhos, Assis, Palmital, Itaí, Taquarituba, Jardinópolis, Igarapava, São Joaquim da Barra, Orlândia, Itaverava, Ribeirão Preto.
7. Eucalipto	Botucatu, Jundiaí, Anhembí.
8. Pino	Lençóis Paulista, Bauru.
9. Tomate	Cravinhos, Botucatu, Itaí.
10. Batata	Itaporanga.

consideração a cultura agrícola a ser pesquisada e a região em que se localiza a propriedade. Ou seja, procurou-se concentrar a pesquisa de determinada cultura agrícola em regiões do Estado em que a mesma é reconhecida - predominantemente utilizando-se informações da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo ¹².

Assim, na Tabela II-1 são listadas as culturas e regiões em que foram amostradas.

Dentro da região selecionada a escolha das propriedades a serem amostradas foi realizada através de consulta prévia a técnicos das Casas da Agricultura ¹². A escolha das propriedades levou em consideração a utilização adequada de recursos técnicos preconizados e o fato de serem consideradas "propriedades médias" dentro dos padrões regionais. A "propriedade média" é de conceito subjetivo, porém procurou-se fundamentalmente excluir aquelas que usam tecnologia muito pobre e, agrupando sob sua denominação propriedades mais ou menos conceituadas na região e mecanizadas.

Pode-se dizer que uma amostragem quantitativamente maior foi substituída através do "estudo de casos" para cada cultura agrícola e cada propriedade, de modo a se obter informações bastante detalhadas e específicas.

Para as culturas de cana-de-açúcar, mandioca, milho, algodão, trigo e soja, foram obtidos dados de 20 (vinte) propriedades agrícolas. Para as demais culturas anteriormente relacionadas, foram colhidos dados de 4 (quatro) culturas de tomate e 1 (um) de batata; para a cultura de cana-de-açúcar, foi também considerado o fato de haver dois modelos bastante distintos em sua condução que são a cana planta e a cana soca; cada propriedade foi então analisada com vistas às duas etapas da cultura. - Outrossim, procurou-se também obter dados de diferentes grupos produtores, tais como:

- 1) usinas de açúcar e destilarias de etanol anexas;
- 2) destilarias de aguardente;
- 3) fornecedores de cana;

Um total de 10 (dez) usinas, 5 (cinco) destilarias de aguardente e 5 (cinco) fornecedores de cana foram investigados.

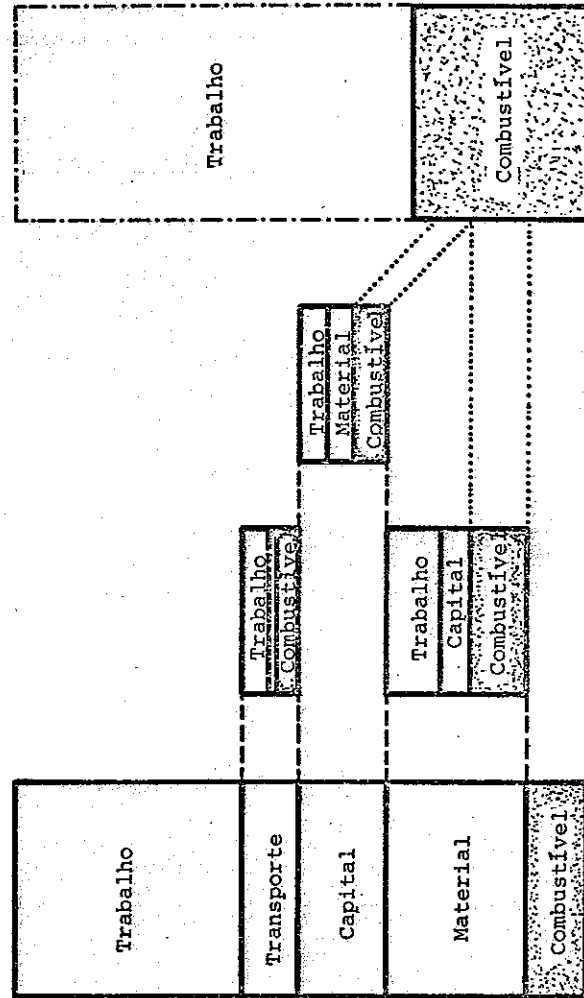
As informações fornecidas pelos formulários foram analisadas com o objetivo de extrair os dados que refletem e compõem o consumo energético.

B) Conversão dos dados agrícolas em grandezas energéticas

A maior dificuldade para a obtenção do indicador energético de uma dada cultura (isto é, a grandeza que mede a quantidade de energia investida no preparo do produto agrícola) é a computação cuidadosa da energia indireta embutida nas máquinas e nos produtos químicos utilizados como insumo para a lavoura. Evidentemente, conforme é esquematizado na Figura II-1, qualquer produto ao ser elaborado exige o consumo de uma certa quantidade de trabalho humano, de transporte, de capital, de matéria prima e de combustível. Este combustível, representado pela fração inferior à esquerda na Figura II-1, é chamado energia direta. Sua avaliação não é difícil bastando verificar a quantidade de lenha, carvão, petróleo - (derivados) ou eletricidade que é gasta no processamento do produto.

Na prática, esta energia representa apenas uma fração da quantidade total da energia realmente gasta; a diferença entre a energia total e a direta é definida como energia indireta, que pode ser detectada na parte inferior, à direita, na Figura II-1. O produto, muito possivelmente, exigiu o consumo de energia quer como transporte para o homem, quer como para a construção de locais apropriados para o trabalho humano, ou para um sem número de outras finalidades. Da mesma forma a matéria prima usada naquela etapa de produção passou possivelmente por etapas preliminares de elaboração onde energia foi consumida. Isto é o que mostra a parte central da Figura II-1. Nestas condições é extremamente importante contabilizar - todas as energias indiretas para que possamos, no final, obter um número - realista que exprima a energia total gasta como insumo dos produtos agrícolas.

Figura II-1. Fatores que compõem o custo de um produto e sua relação com os fatores básicos de produção (trabalho humano e combustível)¹³.



Fatores de custos para um produto

Contribuição total do combustível

El) Obtenção da energia total

Dois processos são frequentemente utilizados para a obtenção de energia total, isto é, direta mais indireta, embutida num bem ou serviço. São conhecidos como Análise de Processos e Matriz Insumo - Produto¹⁴.

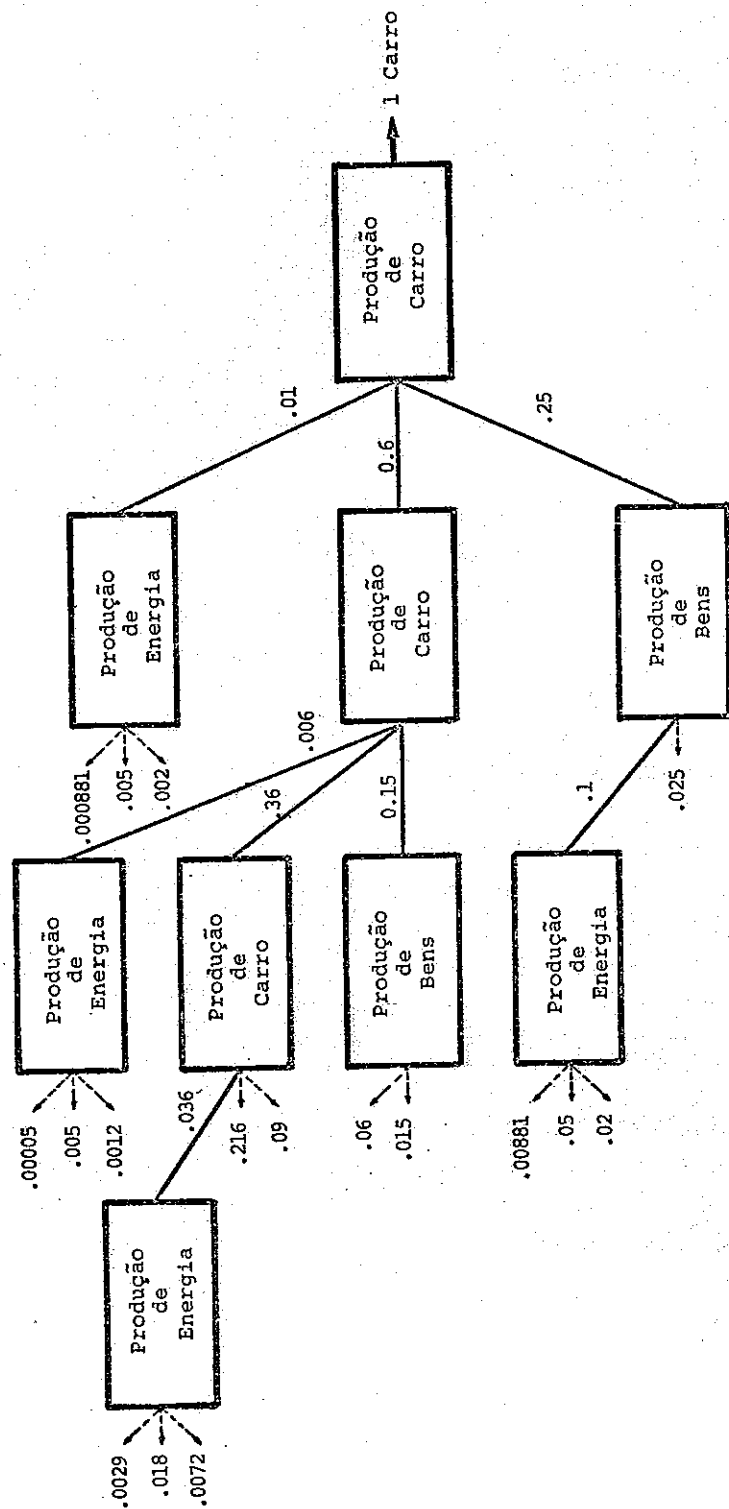
A Análise de Processos requer um exame detalhado de todos os bens e formas de energia direta que são utilizados na fabricação do produto que está sob investigação. Uma vez realizada a avaliação quantitativa dos bens que servem de matéria prima para o produto, assim como a energia direta, devemos recuar agora uma etapa no processo e investigar como que estas matérias primas foram produzidas. Nesta etapa anterior, procuramos quantificar quais os insumos e energias diretas que entram na obtenção de cada uma das matérias primas usadas na etapa final de produção. Este processo de pesquisa continua agora para uma etapa ainda mais anterior, de forma que num exemplo, bastante simples, de uma economia hipotética de apenas 3 setores, isto é, automóveis, bens e energia podemos apresentar a esquematização da Figura II-2.

Um exame da Figura II-2, mostra a quantidade de energia gasta se considerarmos 2 ou 3 etapas de processo de fabricação. É também óbvio que a avaliação da energia total embutida no bem (por exemplo o automóvel analisado na Figura II-2) só pode ser feita se resolvermos truncar a Análise de Processos numa certa etapa. A determinação do ponto de truncamento é extremamente importante e exige do investigador perícia para evitar - que de um lado o cálculo seja prolongado demais e de outro que parcelas - significantes de energia não sejam desprezadas.

Segundo a hipótese da Figura II-2, a energia direta para produzir um carro é 0,01 cal/carro. Há um número infinito de entradas indiretas, mas estão sendo consideradas apenas três; sua soma é: $0,006 + 0,1 + 0,036 = 0,142$ cal/carro. Assim, a Análise de Processos fornece um total - (energia direta e indireta) de 0,152 cal/carro.

A Matriz Insumo-Produto é a outra técnica utilizada para a avaliação da energia total dos bens. Por meio deste processo pode-se, em

Figura II-2. Análise de Processos de uma economia hipotética de 3 setores¹⁴.



Princípio, fazer uma avaliação completa da energia sem nenhum truncamento, desde que a matriz tenha sido propriamente montada. A maneira natural de se chegar à matriz é contabilizar junto às indústrias, lavouras, setores comerciais e de serviços, quais os bens utilizados como insumo e quais as formas de energia direta que são gastas na fabricação dos produtos. Assim, digamos que para a produção do bem n , gastamos energia embutida nos insumos (energia indireta) de valor $\sum_{i=1}^N E_i T_{in}$, ou seja, a soma de todos os N setores em que a economia do país foi dividida, compilados por meio da intensidade de energia do produto i (E_i) vezes a quantidade do produto i investido no produto n (T_{in}). Desta forma, obedecendo-se a conservação da energia, podemos escrever

$$\sum_{i=1}^N E_i T_{in} + E_n = E_n X_n$$

onde E_n é a energia contida no produto n e X_n a quantidade do produto n , enquanto E_n é a quantidade de energia extraída da terra (energia direta). Pode-se então escrever o conjunto de N equações com N incógnitas (E_n) em forma matricial ou seja

$$\underline{E} \underline{T} + \underline{E} = \underline{E} \underline{X} \quad (\text{Equação II-1})$$

onde \underline{X} é uma matriz diagonal cujos elementos representam a produção total de cada produto da economia.

Para cada produto típico n , a tecnologia de produção é representada por um vetor A_n onde um elemento típico A_{in} representa a quantidade do produto i necessária diretamente na produção de uma unidade do produto n . A matriz A tem então dimensão $N \times N$ e fornece uma representação linear da tecnologia de produção de todos os bens e serviços. Desta definição de A obtemos a relação

$$\underline{T} = \underline{A} \underline{X} \quad (\text{Equação II-2})$$

que combinada com a Equação II-1 permite escrever

$$\underline{E} = \underline{e} (\underline{I} - \underline{A})^{-1}$$

onde \underline{I} é a matriz unitária e onde \underline{e} é um vetor unitário que identifica o setor da energia de $(\underline{I} - \underline{A})^{-1}$ como sendo as intensidades de energia.

Para uma economia baseada em várias fontes de energia primária, esta análise deve ser repetida para cada tipo de energia (carvão, petróleo, etc.) e as intensidades parciais de energia podem assim ser calculadas. Finalmente para se obter a energia total é preciso somar de alguma maneira as energias parciais de fontes diferentes. Isto pode ser feito usando-se o conceito de equivalência energética, como por exemplo o apontado no Balanço Energético Nacional de 1978¹⁵. O conceito atribui um valor energético para cada fonte em relação a um padrão, considerando quantas toneladas deste energético devem ser usadas para fazer o mesmo serviço que o energético padrão.

Apesar da Matriz Insumo-Produto ser uma solução exata do problema de avaliação energética ela é difícil de ser obtida se a economia for dividida num número muito grande de produtos. A Matriz Insumo-Produto dos Estados Unidos está dividida em 368 setores da economia¹⁶, enquanto a brasileira está dividida em 87 setores e 158 produtos¹⁷. Por outro lado, pode ocorrer, frequentemente, que o produto que estamos interessados não esteja bem caracterizado por qualquer um dos 158 produtos em que nossa economia esteja representada.

A combinação da Análise de Processos e Matriz Insumo-Produto é uma técnica que se lança mão quando o conjunto completo dos dados da Matriz não existe no nível necessário de detalhe que estamos interessados. Assim, por causa desta falta de dados, a Matriz fornece somente a intensidade média de energia de cada setor; a precisão de análise está pois limitada ao nível de agregação.

Muitas vezes o produto que precisamos investigar encontra-se agregado com outros de tal forma que sua participação é pouco significativa naquele setor. A Análise de Processos então deve ser usada como

um meio para determinar a intensidade de energia de produtos que não são típicos do setor em que estão classificados; por meio desta técnica avaliamos a energia até a etapa onde todos os insumos são classificados como típicos do setor e a partir daí utilizamos os dados da Matriz Insumo-Produto. A Figura II-3, mostra esquematicamente como se pode combinar os dois processos de avaliação das intensidades energéticas de forma a se obter o resultado quando o produto não é bem descrito pela Matriz.

B2) Avaliação das Intensidades de Energia usando dados nacionais e estrangeiros

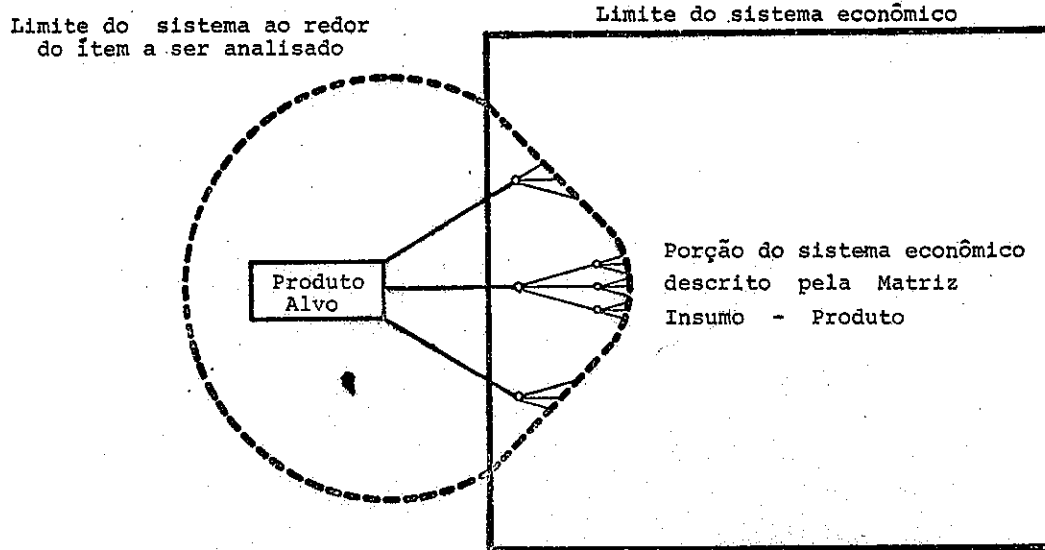
Neste particular trabalho esbarramos com um problema bastante comum. A avaliação da intensidade de energia de um certo bem, calculada usando dados de economia americana, alemã, brasileira e outras, pode fornecer resultados que estão em desacordo entre si. Muitos fatores servem como explicação para este fato.

A Figura II-4 mostra por exemplo como tem variado, em função do tempo, a produtividade da indústria alemã, americana e brasileira. Fábricas modernas são bem mais eficientes e portanto menos consumidoras de energia, conforme mostram os resultados da Figura II-4, para a indústria alemã, totalmente reconstruída após a 2ª Guerra Mundial. Outrossim, o tipo de indústria (básica, de montagem eletrônica, etc.) tem significado preponderante.

Outra possível explicação está baseada no custo da energia proveniente da terra que conforme mostra a Tabela II-2 tem seu valor variável em cada país e em particular mais baixo nos Estados Unidos.

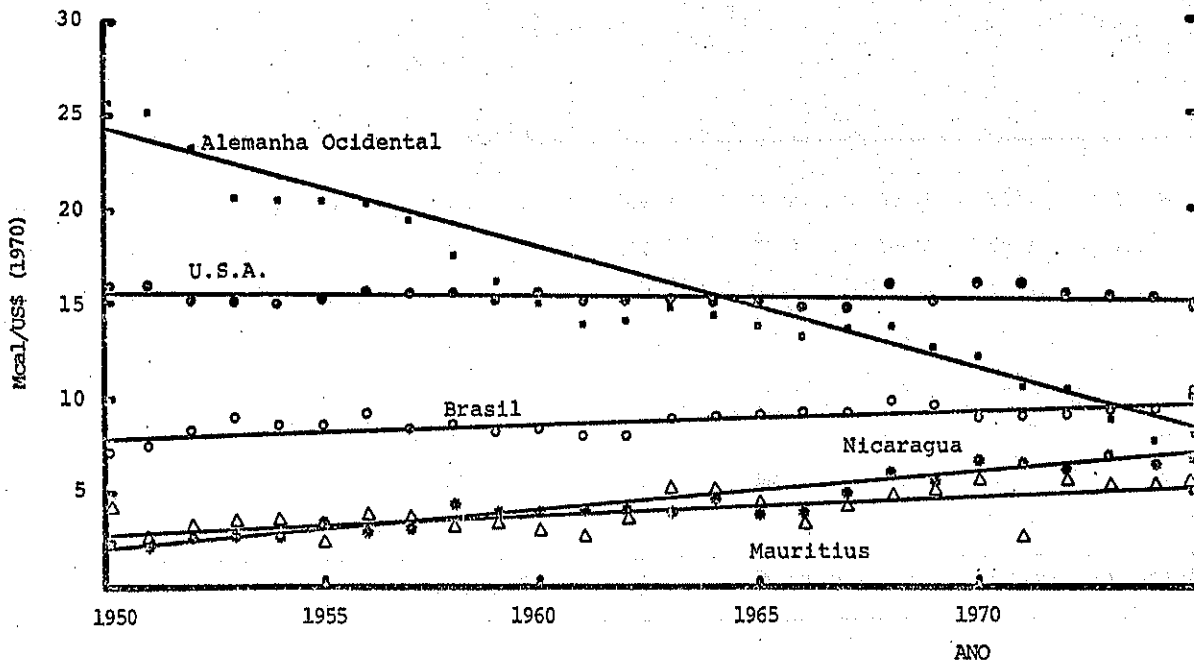
A remuneração da mão de obra pode ser outro fator, pois influi diretamente no preço do produto e indiretamente na quantidade de mecanização aplicada na lavoura, na indústria e até no comércio. Entretanto outra possível razão para os diferentes resultados, causa de preocupação dos analistas do assunto, são possíveis erros sistemáticos cometidos na coleta de dados para a Análise de Processos e de Matriz Insumo-Produto.

Figura II-3. Limites do sistema para Análise de Processos e Matriz Insumo-Produto



23.

Figura II-4. Comportamento histórico da energia requerida para produzir 1 dollar (1970 US\$) de PNB¹⁸



24.

Tabela II-2. Preços de energia para a indústria, 1972. (Valores absolutos em dólar por 10³ Mcal)

	U.S.A.	Canadá	França	Alemanha O.	Itália	Holanda	Inglaterra	Suécia	Japão
Combustível									
Eletricidade	11,0	17,7	21,9	28,7	27,2	26,1	24,9	15,0	25,4
Gás	1,7	1,7	3,1	3,3	3,0	2,1	2,3	-	-
Carvão	1,8	1,9	3,9	3,9	4,7	3,4	3,9	3,6	3,6
Produtos do Petróleo	2,8	2,2	3,7	2,9	3,5	2,5	4,3	2,7	3,2
Sector Industrial									
Índice de preços puros (USA=100)	100,0	131,5	182,6	210,3	204,8	188,3	193,0	138,7	203,1
Índice de valor unitário (USA=100)	100,0	158,4	185,6	202,8	206,1	167,8	183,5	187,2	225,1

.25.

Em particular, no caso da Matriz brasileira, construída pela primeira vez em 1978 usando dados do censo de 1970¹⁷, uma cuidadosa análise dos resultados é bastante pertinente. Infelizmente para este trabalho o tempo não nos permitiu esta investigação, já que a Matriz completa produto por produto ainda não foi sequer publicada em sua forma final. Porém, conforme podemos ver da análise dos resultados totais de energia, mostraremos que possíveis erros não afetam de forma significativa nossas conclusões, principalmente quando os dados são utilizados de forma comparativa entre diversas atividades agrícolas.

Outro problema enfrentado é que o país desenvolveu-se - bastante, principalmente no setor industrial, desde 1970 e, a utilização dos dados do último censo podem apresentar variações significantes na participação porcentual dos insumos quando comparados com os resultados obtidos agora, quase uma década após. Felizmente o IBGE já está trabalhando na próxima Matriz que será baseada nos dados do Censo Industrial de 1975¹⁹.

Ainda foi preciso decidir, no caso de produtos atualmente produzidos no Brasil, porém em escala tal que a importação seja parcela dominante, qual o dado que deve ser usado para a intensidade energética. Isto ocorre neste trabalho, principalmente com a indústria química de fertilizantes e herbicidas que apresentam alto índice de importação conforme mostra a Tabela II-3. Neste caso, resolvemos usar índices de energia dos U.S.A., principalmente porque na época de elaboração do censo de 70, eles eram quase que totalmente importados. Como também não foi contabilizado o setor de fertilizantes na Matriz brasileira, achamos mais argumentos para a decisão acima tomada.

C) Descrição dos métodos de conversão energética

Para podermos interpretar as Tabelas apresentadas na próxima seção, tivemos que nos preocupar em achar o conteúdo energético dos seguintes componentes:

- mão de obra

.26.

Tabela II-3. Importação e produção nacional de herbicidas e fertilizantes.

	Defensivos (10 ³ t)		Fertilizantes (10 ³ t)			
	1970	1971	1972	1970	1971	1972
Produção Nacional	13,1	16,2	18,3	786	1135	1348
Importação	19,4	19,9	34,8	1853	1820	2754
Total	32,5	36,1	53,1	2639	2955	4102

Fonte: Anuário Estatístico do Brasil (1971 e 1974).

- tratores
- máquinas e implementos agrícolas
- caminhões
- combustível
- fertilizantes
- defensivos
- mudas

Uma explicação detalhada do que cada um destes itens inclui é apresentada na próxima secção.

A metodologia geral usada, foi baseada em informações colhidas de vários trabalhos^{1,2,3,4,5,6,10,21,22,24,26,27,28,30}.

Para cada caso particular apresentamos a seguir uma descrição mais detalhada da tecnologia.

1) Mão de obra

A avaliação da energia gasta com a aplicação da mão de obra é assunto muito controverso. De acordo com a sugestão do grupo do Institute for Energy Analyses of Oak Ridge²⁰, a energia gasta na forma de mão de obra não deve ser computada para fins de avaliação do índice de energia de um determinado produto. A explicação para este fato é que o homem quer trabalhando quer desempregado, ~~come~~ consome praticamente a mesma quantidade de energia na forma de alimento, moradia, vestuário, etc. Entretanto, em várias culturas agrícolas por nós investigadas, a mão de obra estava sendo usada em substituição a maquinaria e não para movimentar as máquinas (caso típico de tratoristas e motoristas). Concluímos então que para fazer uma comparação mais realista entre os questionários colhidos de uma mesma cultura seria mais aconselhável a consideração da energia da mão de obra.

Dois trabalhos da literatura, Pimentel²¹ e Heichel²², apresentam valores indicativos do consumo de energia pelo homem. Pimentel²¹ adota um consumo de 485 Kcal/hora de trabalho e Heichel²² cita -

525 Kcal/hora. Neste trabalho foi adotado o valor de 525 Kcal/hora.

O consumo de energia pelo trabalho humano é bastante próximo do valor energético de máquinas e implementos agrícolas que o substituem, considerando a metodologia de cálculo de energia proposta por Doering²³, que julgamos a mais apropriada.

2) Tratores

Uma quantidade variada de tratores é utilizada nas atividades agrícolas investigadas; desde tratores de grande porte e de esteira até pequenos tratores com rodas. Na Tabela II-4 apresentamos os tipos mais comuns de tratores, peso e custo por nós levantados para a finalidade deste trabalho.

Conforme descrevemos no item (B) a avaliação do índice energético destas unidades tem que ser feita por meio de Análise de Processo, Matriz Insumo-Produto ou uma mistura dos dois.

Apesar do interesse crescente na análise de energia não ocorreram grandes esforços, mesmo nos Estados Unidos, para avaliar os indicadores energéticos de equipamentos que não são bem representados pelos setores da Matriz Insumo-Produto. Um caso importante são os dados utilizados para avaliar a energia embutida na grande variedade de equipamentos agrícolas, incluindo os tratores. No caso da Matriz americana todos estes equipamentos estão classificados num só item "4400 FARM MACHINERY" onde toda energia primária é avaliada como 19.955 Kcal/dólar de 1967¹⁴. No caso da Matriz brasileira estes equipamentos estão classificados no item "12.061 - Máquinas Rodoviárias" onde a energia é avaliada como 3.258Kcal/C\$ (1970)²⁵.

Além dessas fontes há dados publicados por Pimentel²⁴, que se baseiam na energia gasta na fabricação de um automóvel médio americano de 1.560 kg; Pimentel²⁴ usando apenas a relação de peso entre automóveis e os tratores e outras máquinas agrícolas, calcula a energia embutida nestes últimos.

Outra fonte de informação é o trabalho de Doering²³ onde uma Análise de Processos foi conduzida numa fábrica de equipamentos agrícola

Tabela II-4. Tipos de tratores mais comuns e seus respectivos pesos.

TIPO DE TRATOR	PESO(kg)
CBT 1.000	3.320
CBT 1.065	3.320
CBT 1.105	5.310
MF 275	2.700
MF 65	3.320
MF 290	3.200
MF 95 X	3.500
Fiat AD-9-II	9.650
Fiat AD-14	14.750
Cat. D4D	6.690
Cat. D4D5A	8.900
Cat. D6C	11.770

las. Conforme descreve o autor, isto foi feito contabilizando todos os gastos em energia numa fábrica produtora de determinadas classes de equipamentos; a energia total gasta foi então dividida pelas toneladas de equipamentos produzidos. Usou-se o 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 um valor idêntico ao que entrou na fábrica quando da montagem do equipamento. Baseado nestas idéias Doering²³ apresenta a Tabela II-5.

Nos dados da Tabela não estão incluídos a energia gasta nos pneus. A energia gasta na produção de pneus é apontada por Doering²³ como sendo de 20,5 Mcal por kg de pneu; vê-se que é componente de valor bastante elevado e que deve ser considerado separadamente. A energia embutida nos pneus é totalmente depreciada uma vez que os mesmos são destruídos ou abandonados após sua vida útil.

Para considerar a energia em correias, partes plásticas, geradores e bombas de Diesel, Doering²³ propõe um acréscimo de 5% ao valor energético. Considerações de gastos com manutenção são apresentadas em detalhes no trabalho de Doering²³ e a Tabela II-6 sumariza em termos percentuais quais os possíveis gastos para diversos tipos de equipamentos agrícolas.

3) Máquinas e Implementos

Para estes produtos também aplica-se em grande parte o que foi descrito no item anterior, utilizando-se dados de Doering²³.

4) Caminhões

Para a avaliação do seu indicador energético, podemos utilizar também várias técnicas. Conforme sugerido por Pimentel²⁴, podemos usar o peso do veículo para compará-lo com os automóveis e daí retirar o indicador energético. Através da Matriz americana, temos o setor da econo-

Tabela II-5. Energia utilizada por tonelada de máquinas e implementos agrícolas produzidos.

EQUIPAMENTO	Mcal x 10 ³ /t (média)
Trator	5,31
Colhedeira Combinada	4,16
Cultivo primário (incluindo plantadeiras para sementes grandes)	3,23
Cultivo secundário (incluindo plantadeiras para sementes pequenas, pulverizadoras).	2,58

Tabela II-6. Energia utilizada para reparos e manutenção para um período de 10 anos (vida útil).

EQUIPAMENTO	Mcal x 10 ³
Trator	3.412
Colhedeira Combinada	12.934
Arado	1.458
Grade	1.464
Plantadeira	2.120

mia "4.604 Industrial Trucks" que cota os caminhões como tendo 14.916Kcal/dolar de 1967¹⁴. A Matriz brasileira apresenta a seguinte energia por cruzeiro: 3.691 Kcal/Ct²⁵.

Finalmente pode-se usar a sugestão de Doering²³ onde não se desconta a energia consumida na forma de aço e ferro, sempre supondo a possibilidade de se usar o material na forma de sucata, ao final da vida útil do caminhão.

Resolvemos avaliar o índice energético do caminhão, repartindo seu peso proporcionalmente em vários setores usando-se indicadores de energia (Doering²³) derivados de tratores, de equipamentos usados em tratamento primário de terreno e de pneus; foi também computado 5% para o suprimento de peças variadas que vão normalmente em veículos e não são reaproveitadas após a vida útil do veículo (veja mais detalhes no item sobre Tratores) e, 12% de energia que deve ser gasta na manutenção (Doering²³).

5) Combustível

O poder calorífico dos combustíveis utilizados é apresentado no Balanço Energético Nacional¹⁵:

Gasolina	-	11.100 Kcal/kg	-	8.148 Kcal/l
Óleo Diesel	-	10.900 Kcal/kg	-	9.025 Kcal/l

A computação dos gastos energéticos necessários para a refinação do petróleo é um assunto discutível, por ser um produto de utilização em praticamente todos os setores da economia e ter um valor relativo. Pode-se dizer que há uma tendência de se computar simplesmente o valor energético do combustível, de modo a facilitar comparações, pois uma vez que existem combustíveis disponíveis eles são usados em função de fatores que se traduzem no seu custo e disponibilidade. Ou seja, a energia deve ser utilizada e a forma na qual se apresenta é um assunto secundário, assumindo também grande importância os bens gerados da utilização de um energético

tico em função de seu valor intrínseco que pode ser traduzido por seu poder calorífico.

Torna-se difícil avaliar, por exemplo, qual a energia - gasta na produção de hidro-eletricidade, a energia gasta na obtenção do ba- gaço de cana-de-açúcar, etc. Os mesmos energéticos são produzidas em si- tuações e condições diferentes que se refletem em diferente consumo de - energia para sua obtenção.

Embora não tenhamos considerado neste trabalho a energia gasta na produção do derivado de petróleo, informações da Petrobrás permi- tem assumir gastos de 14% do barril de petróleo no processamento dos deri- vados. Obviamente, existem outros gastos de energia em forma indireta; en- tretanto, conforme se pode inferir do trabalho de Moreira et al⁹, os gas- tos de energia em combustível são parcela dominante neste tipo de indústria.

A energia gasta em combustível é bastante variável em função das distâncias de transporte dos vários insumos utilizados e trans- porte dos produtos. Devido à grande variação no consumo total de energia , que o transporte pode representar, resolvemos adotar uma padronização de modo que o resultado final seja representativo da cultura agrícola e não de casos particulares em função da distância que a propriedade agrícola - amostrada se encontra dos centros de produção ou de distribuição.

Assim, não foi considerado o transporte de insumos (fer- tilizantes, herbicidas, inseticidas, etc.) dos centros de produção até a propriedade agrícola. O transporte da produção agrícola foi considerado a uma distância padrão de 20 km, distância que foi suposta para a localiza- ção de um centro receptor. No caso da agroindústria da cana-de-açúcar, tam- bém foi adotada uma distância padrão de 20 km para o transporte de cana do campo à usina.

6) Fertilizantes

Conforme já foi discutido neste capítulo, os fertilizan- tes usados largamente em várias culturas por nós investigadas, são em gran- de parte importados. No ano de 1970, quando o censo que serviu de base

para a Matriz brasileira foi colhido, era mais acentuada ainda a percenta- gem de fertilizantes importados. Desta forma, decidimos utilizar somente - os indicadores energéticos derivados da economia americana, uma vez também que a tecnologia de fabricação no Brasil é semelhante à dos U.S.A.

Uma avaliação destes índices para cada tipo de fertili- zante não pode ser imediatamente obtida da Matriz americana, pois todos - eles estão agregados no setor "Fertilizantes" identificado com o conteúdo energético de 47.137 Kcal/dólar de 1967¹⁴. Vários trabalhos fornecem quota- ções de energia embutida nos adubos^{1,26,27,28,32}. Em geral os números não concordam e também nem sempre há especificação clara se a energia está quo- tada por kg de princípio ativo, ou mesmo qual é explicitamente o princípio ativo. Resolvemos utilizar os dados de Doering²⁷ por serem os mais detalha- dos, ou seja:

nitrogênio (N)	13.875 Kcal/kg
fósforo (P ₂ O ₅)	1.665 Kcal/kg
potássio (K ₂ O)	1.110 Kcal/kg

Para produção de calcareo foi adotado o consumo de ener- gia de 40 Kcal/kg³³.

7. Defensivos

Para os defensivos, poderíamos usar dados de Matriz ame- ricana, que encontra-se bastante agregado sob o título "AGENTS CHEMICALS" com o conteúdo energético de 45.464 Kcal/dólar de 1967¹⁴, ou então os dados disponíveis nos trabalhos de Pimentel¹ e Griffith²⁶, que cotam os defensi- vos em geral (herbicidas, inseticidas e fungicidas) com um gasto de energia de 73.260 Kcal/kg para sua produção.

8. Mudas e Sementes

A avaliação da energia embutida é feita a partir de con- siderações que culturas desenvolvidas para esta finalidade requerem cuida-

dos maiores que as culturas regulares e portanto consomem mais energia. - Usamos então, os dados energéticos das culturas que apresentaram maior consumo de energia como aquelas que representassem a produção de sementes.

III - RESULTADOS

Após o levantamento dos dados obtidos junto aos agricultores, a conversão em indicadores energéticos foi realizada de acordo com as normas descritas em detalhes no capítulo II. Naquela seção a energia embutida nos tratores, caminhões, máquinas e implementos, foi avaliada de acordo com um variado número de critérios disponíveis na literatura. A conclusão importante é que apesar destes critérios conduzirem a resultados que chegam a apresentar discrepâncias superiores a um fator 2, a participação destes itens no cômputo geral do índice energético para qualquer das culturas investigadas é pouco significativo quando comparado com os itens combustível e fertilizantes. O maior esforço deve ser portanto voltado para obter a melhor avaliação possível dos gastos em combustível e fertilizantes e na obtenção de seus coeficientes de energia.

Quanto aos itens mão de obra, combustíveis, fertilizantes, herbicidas e mudas, o indicador energético escolhido está claramente descrito no capítulo II. Cabe aqui acrescentar que:

- 1) Mão de obra - envolve todo o trabalho manual, inclusive tratoristas e motoristas;
- 2) Tratores - considera apenas a energia direta embutida na sua montagem, energia indireta gasta em equipamentos não recuperáveis e a energia de manutenção;
- 3) Máquinas e implementos - incluem as colhedadeiras, arados, subsoladores, grades, adubadeiras, sulcadeiras, plantadeiras e semeadeiras, aplicadores de defensi-

vos, etc. Neste item está considerada energia direta gasta na montagem, energia indireta gasta nos equipamentos não recuperáveis e a energia de manutenção;

- 4) Caminhões - também é avaliado de acordo com os critérios usados nos dois itens anteriores;
- 5) Combustível - inclui todos os combustíveis (gasolina, óleo Diesel, óleo combustível e lubrificantes - óleo e graxas) utilizados nos tratores, colhedadeiras, caminhões e outras máquinas; foi também computado o transporte de produtos colhidos a uma distância padrão de 20 km e transporte de pessoal.
- 6) Fertilizantes - inclui os fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos, além do calcário. Neste item está considerada apenas a energia embutida na sua extração e processamento;
- 7) Defensivos - inclui os herbicidas, inseticidas e fungicidas. Neste item está considerada apenas a energia embutida na sua fabricação;
- 8) Mudas e/ou sementes - neste item está considerada a energia necessária para sua produção e transporte a uma distância padrão de 20 km.

O conjunto de Tabelas que se seguem, listam os indicadores energéticos das culturas por nós investigadas.

Tabela III-1. Cana de açúcar (cana-planta de usinas de açúcar e destilarias de álcool anexas). Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	01	02	03	04	05
Mão de obra	96	153	201	175	160
Tratores	54	48	80	66	80
Implementos	3	8	10	9	9
Caminhão	86	83	43	46	34
Combustível					
Tratores	926	1134	2514	1657	1786
Caminhão	1662	1612	830	923	649
Subtotal	2588	2746	3344	2580	2435
Fertilizantes					
N	659	722	749	594	652
P ₂ O ₅	250	208	150	206	266
K ₂ O	158	139	100	138	89
Calcario	-	80	200	-	120
Subtotal	1067	1149	1199	938	1127
Defensivos					
Herbicida	498	594	432	190	740
Inseticida	-	879	-	37	-
Subtotal	498	1473	432	227	740
Mudas	659	781	818	756	924
Total	5051	6441	6125	4797	5509
Produção (t/ha)	100	100	80	80	70

39.

(continuação)

Tabela III-1. Cana de açúcar (cana-planta de usinas de açúcar e destilarias de álcool anexas). Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	06	07	08	09	10	Média	%
Mão de obra	183	203	172	189	125	166	3,17
Tratores	56	40	41	50	44	56	1,07
Implementos	9	8	7	8	8	8	0,15
Caminhão	60	63	59	75	49	60	1,15
Combustível							
Tratores	1665	1074	851	1160	1390	1416	27,05
Caminhão	1167	1228	1136	1451	944	1160	22,16
Subtotal	2832	2302	1987	2611	2334	2576	49,21
Fertilizantes							
N	687	659	597	590	645	655	12,51
P ₂ O ₅	225	250	208	167	200	213	4,07
K ₂ O	100	111	83	67	80	106	2,02
Calcario	100	-	80	120	100	80	1,53
Subtotal	1112	1020	968	944	1025	1054	20,13
Defensivos							
Herbicida	300	95	645	637	662	479	9,15
Inseticida	-	147	-	-	-	106	2,02
Subtotal	300	242	645	637	662	585	11,17
Mudas	757	582	608	659	759	730	13,94
Total	5308	4459	4487	5172	5004	5235	
Produção (t/ha)	100	100	90	100	90	91	

40.

Tabela III-2. Cana-de-açúcar (cana-planta de fornecedores). Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	01	02	03	04	05	Média	%
Mão de obra	242	165	175	192	202	195	3,51
Tratores	55	47	60	57	58	55	0,99
Implementos	5	4	6	5	4	5	0,09
Caminhão	80	47	66	96	126	83	1,49
Combustível							
Tratores	1183	1000	1353	1242	1908	1337	24,06
Caminhão	1542	822	1278	1867	2435	1589	28,60
Subtotal	2725	1822	2631	3109	4343	2926	52,66
Fertilizantes							
N	916	846	715	638	832	789	14,20
P ₂ O ₅	213	175	196	133	250	193	3,47
K ₂ O	71	70	78	89	100	82	1,47
Calcario	100	80	80	120	120	100	1,80
Subtotal	1299	1171	1069	980	1302	1164	20,95
Defensivos							
Herbicida	369	237	505	216	229	311	5,60
Inseticida	-	-	-	44	-	9	0,16
Subtotal	369	237	505	260	229	320	5,76
Mudas	701	618	1011	788	922	808	14,54
Total	5476	4111	5523	5487	7186	5556	
Produção (t/ha)	100	76	73	90	100	88	

Tabela III-3. Cana-de-açúcar (cana-planta de destilarias de aguardente). Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	01	02	03	04	05	Média	%
Mão de obra	193	178	169	189	149	176	3,89
Tratores	69	64	67	76	53	66	1,46
Implementos	6	5	5	6	5	5	0,11
Caminhão	5	10	18	3	6	8	0,18
Combustível							
Tratores	2201	1359	2216	2501	1222	1900	41,96
Caminhão transporte	91	193	345	61	112	160	3,53
Subtotal	2292	1551	2561	2562	1334	2060	45,49
Fertilizantes							
N	832	860	777	860	694	805	17,78
P ₂ O ₅	166	150	167	240	166	178	3,93
K ₂ O	111	100	111	80	67	94	2,08
Calcario	120	80	80	80	100	92	2,03
Subtotal	1229	1190	1135	1260	1027	1169	25,82
Defensivos							
Herbicida	505	249	278	396	264	338	7,46
Inseticida	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	505	249	278	396	264	338	7,46
Mudas	832	516	860	865	460	707	15,61
Total	5133	3764	5093	5357	3297	4528	
Produção (t/ha)	74	80	70	82	76	76	

Tabela III-4. Cana-de-açúcar (cana soca de usinas de açúcar e destilarias de álcool anexas). Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	01	02	03	04	05
Mão de obra	75	121	150	109	129
Tratores	16	19	28	22	26
Implementos	5	6	6	6	6
Caminhão					
Transporte	41	37	32	17	28
Vinhaça	50	45	41	22	25
Subtotal	91	82	73	39	53
Combustível					
Tratores	336	390	695	523	505
Caminhão transporte	801	720	629	334	558
Caminhão vinhaça	1025	923	862	446	619
Subtotal	2162	2033	2186	1304	1682
Fertilizantes					
N	1040	1249	1485	1593	1429
P ₂ O ₅	75	90	58	90	67
K ₂ O	100	63	74	120	84
Subtotal	1215	1402	1617	1803	1580
Defensivos					
Herbicida	443	322	395	190	535
Inseticida	-	916	-	-	-
Subtotal	443	1238	395	190	535
Total	4008	4901	4457	3474	4012
Produção (t/ha)	80	68	69	62	70

(continuação)

Tabela III-4. Cana-de-açúcar (cana soca de usinas de açúcar e destilarias de álcool anexas). Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	06	07	08	09	10	Média	%
Mão de obra	109	152	110	144	74	117	2,88
Tratores	20	19	24	23	17	22	0,53
Implementos	5	5	6	6	6	6	0,14
Caminhão							
Transporte	41	51	45	56	34	38	0,95
Vinhaça	46	63	22	63	57	43	0,02
Subtotal	87	114	67	119	91	81	2,00
Combustível							
Tratores	455	499	538	495	527	496	12,15
Caminhão transporte	798	994	873	1089	660	746	18,26
Caminhão vinhaça	943	1289	476	1288	1166	904	22,13
Subtotal	2196	2781	1887	2872	2353	2146	52,54
Fertilizantes							
N	1623	832	944	867	312	1137	27,85
P ₂ O ₅	37	60	-	-	-	48	1,17
K ₂ O	100	80	-	-	-	62	1,52
Subtotal	1760	972	944	867	312	1247	30,54
Defensivos							
Herbicida	183	70	645	286	659	373	9,13
Inseticida	-	-	-	-	-	92	2,24
Subtotal	183	70	645	286	659	465	11,37
Total	4363	4114	3683	4316	3513	4084	
Produção (t/ha)	78	82	71	83	72	73	

Tabela III-5. Cana-de-açúcar (cana seca de fornecedores). Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	01	02	03	04	05	Média	%
Mão de obra	160	126	107	176	121	138	4,09
Tratores	9	17	19	13	22	16	0,48
Implementos	1	1	1	1	1	1	0,03
Caminhão							
Transporte	64	43	34	69	92	61	1,79
Vinhaça	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	64	43	34	69	92	61	1,79
Combustível							
Tratores	193	353	404	287	739	395	11,71
Caminhão transporte	1248	832	659	1339	1786	1173	34,75
Caminhão vinhaça	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	1441	1185	1063	1626	2525	1568	46,45
Fertilizantes							
N	833	1055	833	1721	1249	1138	33,70
P ₂ O ₅	25	67	47	37	37	43	1,25
K ₂ O	50	84	124	75	100	87	2,57
Subtotal	908	1206	1004	1833	1386	1268	37,92
Defensivos							
Herbicida	369	237	507	216	229	312	9,23
Inseticida	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	369	237	507	216	229	312	9,23
Total	2951	2814	2736	3935	4377	3363	
Produção (t/ha)	91	80	70	70	82	79	

.45.

Tabela III-6. Cana-de-açúcar (cana soca de destilarias de aguardente). Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	01	02	03	04	05	Média	%
Mão de obra	103	116	122	135	102	116	4,93
Tratores	23	19	20	26	10	20	0,85
Implementos	1	1	1	2	1	1	0,05
Caminhão	4	8	16	3	5	7	0,30
Combustível							
Tratores	767	377	663	862	223	578	24,65
Caminhão transporte	81	152	314	51	91	138	5,88
Subtotal	848	529	977	913	314	716	30,53
Fertilizantes							
N	1422	1110	833	923	1055	1068	45,54
P ₂ O ₅	58	33	25	58	67	48	2,06
K ₂ O	74	89	67	74	84	77	3,30
Subtotal	1554	1232	924	1055	1206	1193	50,90
Defensivos							
Herbicida	315	249	278	352	264	292	12,43
Inseticida	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	315	249	278	352	264	292	12,43
Total	2849	2155	2339	2484	1901	2346	
Produção (t/ha)	74	75	75	85	70	76	

.46.

Tabela III-7. Cana-de-açúcar (cana plânta). Consumo médio de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	Usinas		Fornecedores		Aguardente			
	Médias	%	Médias	%	Médias	%	Médias	%
Mão de obra	166	3,17	195	3,51	176	3,89	176	5,42
Tratores	56	1,07	55	0,99	66	1,46	58	1,13
Implementos	8	0,15	5	0,09	5	0,11	6	0,12
Caminhão	60	1,15	83	1,49	8	0,18	53	1,03
Combustível								
Tratores	1416	27,05	1337	24,06	1900	41,96	1517	29,52
Caminhão	1160	22,16	1589	28,60	160	3,53	1017	19,79
Subtotal	2576	49,21	2926	52,66	2060	45,49	2534	49,31
Fertilizantes								
N	655	12,51	789	14,20	805	17,78	726	14,13
P ₂ O ₅	213	4,07	193	3,47	178	3,93	199	3,87
K ₂ O	106	2,02	82	1,47	94	2,08	97	1,89
Calcario	80	1,53	-	1,80	92	2,03	88	1,71
Subtotal	1054	20,13	1164	20,95	1169	25,82	1110	21,60
Defensivos								
Herbicida	479	9,15	311	5,60	338	7,46	402	7,82
Inseticida	106	2,02	8	0,16	-	-	55	1,07
Subtotal	585	11,17	319	5,76	338	7,46	457	8,89
Mudas	730	13,94	808	14,54	707	15,61	744	14,48
Total	5235		5556		4528		5139	
Produção (t/ha)	91		88		76		85	

Tabela III-8. Cana-de-açúcar (cana socã). Consumo médio de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	Usinas		Fornecedores		Aguardente			
	Médias	%	Médias	%	Médias	%	Médias	%
Mão de obra	118	2,88	138	4,09	115	4,93	122	3,52
Tratores	22	0,53	16	0,48	20	0,85	20	0,57
Implementos	6	0,14	1	0,03	1	0,04	3	0,10
Caminhão								
Transporte	38	0,95	60	1,79	7	0,30	36	1,04
Distribuição	43	0,02	-	-	-	-	22	0,63
Subtotal	81	2,00	60	1,79	7	0,30	58	1,67
Combustível								
Tratores	496	12,15	395	11,71	578	24,65	491	14,16
Caminhão transporte	746	18,26	1173	34,75	138	5,88	701	20,19
Caminhão distribuição	904	22,13	-	-	-	-	452	13,03
Subtotal	2146	52,54	1568	46,45	716	30,53	1644	47,39
Fertilizantes								
N	1137	27,85	1138	33,70	1068	45,54	1120	32,29
P ₂ O ₅	48	1,17	43	1,25	48	2,06	47	1,34
K ₂ O	62	1,52	87	2,57	77	3,30	72	2,08
Subtotal	1247	30,54	1267	37,92	1194	50,90	1239	35,71
Defensivos								
Herbicida	373	9,13	312	9,23	292	12,43	337	9,72
Inseticida	91	2,24	-	-	-	-	46	1,32
Subtotal	464	13,37	312	9,23	292	12,43	383	11,04
Total	4084		3363		2346		3469	
Produção (t/ha)	74		78		76		76	

Tabela III-9. Mandioca. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	01	02	03	04	05
Mão de obra	194	131	162	136	276
Tratores	21	21	17	43	34
Implementos	2	1	1	2	5
Caminhão	23	29	26	73	33
Combustível					
Tratores	346	341	282	546	554
Caminhão	328	409	374	1048	468
Colhedeira	-	-	-	-	-
Subtotal	674	750	656	1594	1022
Fertilizantes					
N	-	-	-	694	312
P ₂ O ₅	110	178	141	21	37
K ₂ O	-	-	-	55	47
Calcário	-	-	-	80	-
Subtotal	110	178	141	850	396
Defensivos					
Herbicida	-	-	-	-	-
Fungicida	-	-	-	-	-
Inseticida	22	73	37	659	-
Subtotal	22	73	37	659	-
Mudas	33	33	33	24	24
Total	1079	1216	1073	3381	1790
Produção (t/ha)	13,0	22,0	18,0	18,0	20,0

(continuação)

Tabela III-9. Mandioca. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	06	07	08	09	10
Mão de obra	94	108	165	171	331
Tratores	53	46	52	31	27
Implementos	1	3	5	3	1
Caminhão	5	18	26	23	27
Combustível					
Tratores	774	751	857	511	442
Caminhão	71	260	374	324	389
Colhedeira	-	-	-	-	-
Subtotal	845	1011	1231	835	831
Fertilizantes					
N	250	520	96	103	56
P ₂ O ₅	13	29	115	92	100
K ₂ O	27	78	23	21	22
Calcário	80	60	40	56	-
Subtotal	470	587	274	272	178
Defensivos					
Herbicida	-	176	51	-	-
Fungicida	-	-	-	-	-
Inseticida	-	-	550	15	-
Subtotal	-	176	601	15	-
Mudas	24	24	24	16	16
Total	1497	1973	2378	1366	1411
Produção (t/ha)	10,0	13,0	18,0	14,0	10,0

(continuação)

Tabela III-9. Mandioca. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	11	12	13	14	15
Mão de obra	211	224	114	88	65
Tratores	45	39	48	65	59
Implementos	3	2	3	6	4
Caminhão	24	35	22	30	38
Combustível					
Tratores	735	639	784	823	975
Caminhão	339	505	321	429	538
Colhedeira	-	-	-	-	-
Subtotal	1074	1144	1105	1252	1513
Fertilizantes					
N	83	133	1165	943	528
P ₂ O ₅	80	120	170	70	83
K ₂ O	27	27	132	27	33
Calcario	-	32	-	120	80
Subtotal	190	312	1467	1160	724
Defensivos					
Herbicida	-	-	-	73	95
Fungicida	-	-	-	161	7
Inseticida	-	-	-	-	-
Subtotal	-	-	-	234	102
Mudas	16	16	209	209	209
Total	1563	1772	2968	3044	1714
Produção (t/ha)	13,0	24,0	18,0	26,0	35,0

(continuação)

Tabela III-9. Mandioca. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	16	17	18	19	20	Média	%
Mão de obra	84	104	99	75	72	145	5,82
Tratores	70	42	50	62	64	45	1,81
Implementos	5	2	3	5	5	3	0,12
Caminhão	31	32	29	26	35	29	1,16
Combustível							
Tratores	1146	692	820	1023	1054	705	28,29
Caminhão	450	456	408	361	499	417	16,73
Colhedeira	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	1596	1148	1228	1384	1553	1122	45,02
Fertilizantes							
N	1027	1276	874	1443	805	515	20,67
P ₂ O ₅	116	193	175	106	58	105	4,21
K ₂ O	47	89	148	120	22	47	1,89
Calcario	100	-	-	120	140	45	1,81
Subtotal	1290	1558	1197	1789	1025	712	28,57
Defensivos							
Herbicida	44	-	-	-	37	24	0,96
Fungicida	44	-	-	59	22	82	3,29
Inseticida	-	-	-	-	-	226	9,07
Subtotal	88	-	-	59	59	332	13,32
Mudas	209	209	237	237	237	102	4,09
Total	3373	3096	2843	3637	3050	2492	
Produção (t/ha)	28,0	27,0	24,0	22,0	32,0	20,3	

Tabela III-10. Algodão. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	01	02	03	04	05
Mão de obra	29	211	121	152	191
Tratores	40	46	44	53	53
Implementos	4	7	3	5	5
Caminhão	3	13	8	11	11
Combustível					
Tratores	654	762	724	876	876
Caminhão	43	189	113	160	138
Colhedeira	26	-	-	-	-
Subtotal	723	951	837	1036	1014
Fertilizantes					
N	722	366	573	486	486
P ₂ O ₅	103	105	77	200	200
K ₂ O	83	47	52	30	30
Calcario	80	80	80	80	80
Subtotal	988	598	782	796	796
Defensivos					
Inseticida	506	506	428	843	843
Herbicida	64	21	-	615	615
Fungicida	-	-	-	15	15
Subtotal	570	587	428	1473	1473
Sementes	101	101	101	101	101
Total	2458	2514	2324	3627	3644
Produção (t/ha)	1,86	2,50	1,86	1,50	1,50

.53.

(continuação)

Tabela III-10. Algodão. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo.

Culturas	06	07	08	09	10
Mão de obra	53	151	53	16	26
Tratores	53	49	52	89	137
Implementos	15	5	15	15	28
Caminhão	4	11	4	2	3
Combustível					
Tratores	868	799	852	1470	1741
Caminhão	54	160	54	33	44
Colhedeira	110	-	110	79	96
Subtotal	1032	959	1016	1582	1881
Fertilizantes					
N	486	485	485	1075	666
P ₂ O ₅	200	200	200	146	63
K ₂ O	30	30	30	97	62
Calcario	80	80	80	100	80
Subtotal	796	795	795	1418	871
Defensivos					
Inseticida	916	842	879	66	51
Herbicida	623	615	586	740	703
Fungicida	14	15	15	-	-
Subtotal	1553	1472	1480	806	754
Sementes	101	101	101	58	58
Total	3607	3543	3516	3986	3759
Produção (t/ha)	1,50	1,50	1,50	2,30	2,60

.54.

(continuação)

Tabela III-10. Algodão. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	11	12	13	14	15
Mão de obra	112	25	107	25	29
Tratores	102	84	85	75	106
Implementos	11	25	17	25	24
Caminhão	7	3	7	3	3
Combustível					
Tratores	1683	1390	1401	1236	1737
Caminhão	95	122	97	42	42
Colhedeira	-	44	-	131	87
Subtotal	1778	1556	1498	1409	1866
Fertilizantes					
N	860	1242	957	1006	1110
P ₂ O ₅	117	146	75	104	121
K ₂ O	78	97	50	69	55
Calcario	80	100	120	120	80
Subtotal	1135	1585	1202	1299	1366
Defensivos					
Inseticida	37	51	51	88	66
Herbicida	146	286	513	923	711
Fungicida	-	-	-	-	-
Subtotal	183	337	564	1011	777
Sementes	58	58	58	70	70
Total	3346	3673	3538	3918	4241
Produção (t/ha)	1,60	2,55	1,90	2,35	2,40

(continuação)

Tabela III-10. Algodão. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo.

Culturas	16	17	18	19	20	Média	%
Mão de obra	26	109	19	16	23	75	2,13
Tratores	89	106	106	92	88	78	2,22
Implementos	26	22	33	17	15	16	0,46
Caminhão	3	7	2	2	2	5	0,14
Combustível							
Tratores	1459	1753	1747	1512	1449	1250	35,57
Caminhão	37	99	31	27	32	81	2,31
Colhedeira	113	-	122	79	13	55	1,57
Subtotal	1609	1852	1900	1618	1594	1386	39,44
Fertilizantes							
N	999	749	1027	1041	943	788	22,42
P ₂ O ₅	100	98	118	125	100	130	3,70
K ₂ O	67	76	136	83	67	63	1,79
Calcario	-	80	100	-	120	81	2,31
Subtotal	1166	1003	1381	1249	1230	1063	30,25
Defensivos							
Inseticida	59	66	88	146	51	329	9,36
Herbicida	359	557	513	689	301	482	13,72
Fungicida	-	-	-	-	-	4	0,11
Subtotal	418	623	601	835	352	815	23,19
Sementes	70	70	70	53	53	78	2,22
Total	3407	3792	4112	3862	3357	3514	
Produção (t/ha)	2,10	2,10	2,20	1,90	1,80	2,00	

Tabela III-11. Milho. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	01	02	03	04	05
Mão de obra	7	6	6	8	4
Tratores	37	36	35	47	21
Implementos	7	7	7	8	10
Caminhão	1	2	2	3	2
Combustível					
Tratores	607	586	578	741	341
Caminhão	25	25	27	36	25
Colhedeira	87	87	8	73	157
Subtotal	719	698	613	850	523
Fertilizantes					
N	1124	902	902	749	624
P ₂ O ₅	175	150	125	82	55
K ₂ O	23	20	17	31	17
Calcario	80	80	80	100	-
Subtotal	1402	1152	1124	962	696
Defensivos					
Herbicida	256	220	256	73	-
Fungicida	-	-	-	-	-
Inseticida	-	-	-	-	-
Subtotal	256	220	256	73	-
Sementes	33	33	33	26	26
Total	2462	2154	2078	1976	1282
Produção (t/ha)	1,80	1,80	1,90	2,54	1,80

(continuação)

Tabela III-11. Milho. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	06	07	08	09	10
Mão de obra	7	53	6	13	7
Tratores	40	35	33	71	41
Implementos	8	3	8	13	8
Caminhão	3	3	2	3	1
Combustível					
Tratores	720	569	549	1161	681
Caminhão	47	33	28	42	19
Colhedeira	113	-	113	139	87
Subtotal	880	602	690	1343	787
Fertilizantes					
N	111	500	416	444	155
P ₂ O ₅	100	93	75	60	140
K ₂ O	35	36	22	18	50
Calcario	80	100	80	68	80
Subtotal	326	729	593	590	425
Defensivos					
Herbicida	-	-	-	176	-
Fungicida	-	-	-	-	29
Inseticida	-	-	-	-	-
Subtotal	-	-	-	176	29
Sementes	26	26	26	26	26
Total	1291	1450	1359	2234	1326
Produção (t/ha)	3,22	3,22	1,98	2,97	1,32

57.

58.

(continuação)

Tabela III-11. Milho. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	11	12	13	14	15
Mão de obra	14	10	12	9	10
Tratores	77	57	71	54	56
Implementos	10	8	10	7	10
Caminhão	4	3	4	4	4
Combustível					
Tratores	1310	954	1167	889	927
Caminhão	56	40	69	53	87
Colhedeira	79	83	49	61	49
Subtotal	1445	1076	1285	1003	1063
Fertilizantes					
N	555	527	528	555	583
P ₂ O ₅	125	103	135	100	70
K ₂ O	28	26	27	22	27
Calcario	100	100	60	120	60
Subtotal	808	756	750	797	740
Defensivos					
Herbicida	33	-	44	-	62
Fungicida	-	-	-	-	-
Inseticida	71	-	8	-	-
Subtotal	105	-	52	-	62
Sementes	17	17	17	17	17
Total	2478	1928	2202	1892	1962
Produção (t/ha)	3,96	2,80	3,45	3,78	3,48

59.

(continuação)

Tabela III-11. Milho. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	16	17	18	19	20	Média	%
Mão de obra	12	10	12	11	14	12	0,62
Tratores	66	80	67	61	77	53	2,72
Implementos	10	10	9	9	11	9	0,46
Caminhão	7	4	3	3	3	3	0,15
Combustível							
Tratores	1081	1020	1097	1007	1273	863	44,23
Caminhão	38	55	36	40	45	41	2,10
Colhedeira	79	83	96	95	113	83	4,25
Subtotal	1198	1158	1229	1142	1431	987	50,58
Fertilizantes							
N	444	399	899	666	508	580	29,73
P ₂ O ₅	100	120	133	90	110	107	5,48
K ₂ O	22	27	44	27	22	27	1,38
Calcario	80	72	80	112	100	82	4,20
Subtotal	646	618	1156	895	740	796	40,80
Defensivos							
Herbicida	15	22	-	-	-	58	2,97
Fungicida	-	-	-	-	-	11	0,56
Inseticida	14	102	-	-	-	-	-
Subtotal	29	124	-	-	-	69	3,54
Sementes	20	20	20	20	20	23	1,18
Total	1983	2025	2496	2140	2296	1951	
Produção (t/ha)	2,68	3,90	2,56	2,78	3,15	2,75	

60.

Tabela III-12. Soja. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	01	02	03	04	05
Mão de obra	15	12	7	10	16
Tratores	87	70	56	87	90
Implementos	15	16	14	16	18
Caminhão	2	2	1	5	2
Combustível					
Tratores	1433	1150	714	986	1561
Caminhão	26	30	21	77	29
Colhedeira	131	83	104	70	146
Subtotal	1590	1263	839	1133	1736
Fertilizantes					
N	111	125	122	266	100
P ₂ O ₅	67	150	132	140	124
K ₂ O	18	30	29	27	43
Calcario	64	120	80	100	100
Subtotal	260	425	363	533	367
Defensivos					
Herbicida	95	29	66	81	66
Inseticida	29	132	124	117	51
Fungicida	-	-	-	-	-
Subtotal	124	161	190	197	117
Sementes	89	89	89	89	89
Total	2184	2039	1562	2070	2436
Produção (t/ha)	1,80	2,10	1,48	1,60	2,10

.61.

(continuação)

Tabela III-12. Soja. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	06	07	08	09	10
Mão de obra	7	12	6	7	7
Tratores	38	57	35	40	40
Implementos	7	9	7	7	7
Caminhão	1	2	1	2	1
Combustível					
Tratores	100	149	91	104	104
Caminhão	25	25	25	25	25
Colhedeira	61	87	61	61	61
Subtotal	186	261	177	190	190
Fertilizantes					
N	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	125	100	125	150	137
K ₂ O	33	33	33	40	35
Calcario	100	100	100	100	100
Subtotal	258	233	258	290	672
Defensivos					
Herbicida	403	513	440	440	366
Inseticida	183	183	183	139	132
Fungicida	15	15	15	15	15
Subtotal	601	711	638	594	513
Sementes	62	62	62	63	62
Total	1161	1348	1185	1191	1093
Produção (t/ha)	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80

.62.

(continuação)

Tabela III-12. Soja. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	11	12	13	14	15
Mão de obra	13	13	11	13	12
Tratores	72	70	60	72	68
Implementos	14	15	14	18	12
Caminhão	3	2	2	3	2
Combustível					
Tratores	1177	1156	991	1177	1124
Caminhão	37	27	30	34	28
Colhedeira	87	131	104	122	95
Subtotal	1301	1314	1125	1333	1247
Fertilizantes					
N	111	96	56	104	83
P ₂ O ₅	107	115	100	125	125
K ₂ O	35	23	22	25	23
Calcário	120	-	-	80	100
Subtotal	373	234	178	334	331
Defensivos					
Herbicida	66	81	66	37	161
Fungicida	256	102	51	161	212
Inseticida	-	-	-	-	-
Subtotal	322	183	117	198	373
Sementes	60	60	60	60	60
Total	2158	1891	1568	2030	2107
Produção (t/ha)	2,60	1,90	2,10	2,40	1,98

(continuação)

Tabela III-12. Soja. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	16	17	18	19	20	Média	%
Mão de obra	14	14	11	13	15	11	0,58
Tratores	82	78	90	105	86	69	3,67
Implementos	19	17	15	14	12	13	0,69
Caminhão	3	2	3	3	3	2	0,11
Combustível							
Tratores	1343	1289	1141	1332	1412	927	49,25
Caminhão	36	30	40	41	37	33	1,75
Colhedeira	105	113	113	125	83	97	5,15
Subtotal	1484	1432	1294	1499	1532	1057	56,16
Fertilizantes							
N	133	128	-	139	111	84	4,46
P ₂ O ₅	128	115	150	141	100	123	6,54
K ₂ O	43	25	50	31	22	31	1,65
Calcário	120	72	100	120	92	88	4,68
Subtotal	424	340	300	431	325	326	17,32
Defensivos							
Herbicida	59	124	161	103	44	170	9,03
Inseticida	425	117	308	168	154	161	8,55
Fungicida	-	-	-	-	-	4	0,21
Subtotal	484	241	469	271	198	335	17,80
Sementes	60	60	60	60	60	68	3,61
Total	2569	2185	2241	2395	2230	1882	
Produção (t/ha)	2,54	2,10	2,85	2,90	2,64	2,11	

Tabela III-13. Trigo. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	01	02	03	04	05
Mão de obra	4	4	4	3	4
Tratores	21	21	21	19	21
Implementos	5	5	5	4	5
Caminhão	1	1	1	1	1
Combustível					
Tratores	346	346	346	346	346
Caminhão	17	17	17	17	17
Colhedeiros	43	43	43	43	43
Subtotal	406	406	406	374	406
Fertilizantes					
N	166	139	139	139	166
P ₂ O ₅	150	125	125	125	150
K ₂ O	53	44	44	33	52
Calcario	-	-	-	-	-
Subtotal	369	308	308	297	368
Defensivos					
Herbicida	-	-	-	-	-
Inseticida	146	183	183	220	183
Fungicida	147	220	220	220	220
Subtotal	293	403	403	440	403
Sementes	114	114	114	114	114
Total	1213	1261	1261	1252	1322
Produção (t/ha)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20

(continuação)

Tabela III-13. Trigo. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	06	07	08	09	10
Mão de obra	12	9	3	6	13
Tratores	70	54	24	33	73
Implementos	10	12	5	17	16
Caminhão	1	1	1	1	1
Combustível					
Tratores	1151	884	312	539	1198
Caminhão	15	24	24	25	17
Colhedeiros	87	87	62	105	145
Subtotal	1253	995	398	669	1360
Fertilizantes					
N	55	319	133	139	83
P ₂ O ₅	100	75	120	100	103
K ₂ O	22	17	27	33	42
Calcario	80	80	80	80	80
Subtotal	257	491	360	352	308
Defensivos					
Herbicida	-	44	-	88	66
Inseticida	29	36	29	44	15
Fungicida	29	-	-	-	-
Subtotal	58	80	29	132	81
Sementes	100	100	100	100	100
Total	1763	1744	922	1311	1953
Produção (t/ha)	1,10	1,65	1,68	1,35	1,18

(continuação)

Tabela III-13. Trigo. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	11	12	13	14	15
Mão de obra	8	6	5	7	10
Tratores	43	30	29	39	57
Implementos	15	13	6	14	12
Caminhão	1	1	1	1	1
Combustível					
Tratores	685	495	474	638	933
Caminhão	23	9	13	19	20
Colhedeiros	156	156	52	166	113
Subtotal	864	660	539	823	1066
Fertilizantes					
N	250	89	139	69	183
P ₂ O ₅	113	80	125	125	111
K ₂ O	27	18	28	28	51
Calcário	-	-	80	120	-
Subtotal	390	187	372	342	345
Defensivos					
Herbicida	66	-	-	44	-
Inseticida	51	44	-	59	59
Fungicida	278	-	73	-	80
Subtotal	395	44	73	103	139
Sementes	116	116	116	116	116
Total	1832	1057	1142	1447	1747
Produção (t/ha)	1,60	0,68	0,95	1,32	1,43

59

(continuação)

Tabela III-13. Trigo. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	16	17	18	19	20	Média	%
Mão de obra	3	9	6	7	6	6	0,44
Tratores	24	51	50	40	34	38	2,76
Implementos	6	12	14	9	6	10	0,73
Caminhão	1	1	1	1	1	1	0,07
Combustível							
Tratores	306	841	629	639	570	599	43,47
Caminhão	15	11	12	15	14	17	1,23
Colhedeiros	83	79	105	113	72	90	6,53
Subtotal	404	931	746	767	656	706	51,23
Fertilizantes							
N	75	75	83	83	111	132	9,58
P ₂ O ₅	90	90	100	75	107	109	7,91
K ₂ O	18	30	33	17	17	32	2,32
Calcário	-	60	80	120	68	24	1,74
Subtotal	183	255	296	295	303	297	21,55
Defensivos							
Herbicida	-	66	161	80	-	32	2,32
Inseticida	59	73	44	44	44	77	5,59
Fungicida	234	-	-	-	234	96	6,97
Subtotal	293	139	205	124	278	205	14,88
Sementes	126	125	126	125	126	114	8,27
Total	1041	1528	1444	1370	1411	1378	
Produção (t/ha)	1,08	0,77	0,84	1,10	0,99	1,19	

89

Tabela III-14. Eucalipto. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

		%
Mão de obra	719	6,44
Tratores	231	2,07
Implementos	30	0,27
Caminhão	178	1,59
Combustível		
Tratores	4764	42,68
Caminhão	2164	19,39
Motoserra	1065	9,54
Subtotal	7993	71,62
Fertilizantes		
N	476	4,26
P ₂ O ₅	194	1,74
K ₂ O	23	0,21
Borax	64	0,57
Subtotal	757	6,78
Defensivos		
Inseticida	1253	11,23
Descascadeira	-	
Total	11161	
Produção (t/ha)	250,0	

Tabela III-15. Pino. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

		%
Mão de obra	808	7,59
Tratores	226	2,12
Implementos	23	0,22
Caminhão	178	1,67
Combustível		
Tratores	4660	43,77
Caminhão	2164	20,33
Motoserra	1065	10,00
Subtotal	7889	74,10
Fertilizantes		
N	14	0,13
P ₂ O ₅	6	0,06
K ₂ O	1	-
Borax	-	-
Subtotal	21	0,19
Defensivos		
Inseticida	1356	12,74
Descascadeira	145	1,36
Total	10646	
Produção (t/ha)	365,0	

Tabela III-16. Tomate. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	01	02	03	04	Média	%
Mão de obra	359	1045	1017	449	717	4,71
Tratores	96	44	64	359	141	0,93
Implementos	44	786	24	82	234	1,54
Caminhão	70	67	49	21	52	0,34
Combustível						
Tratores	1582	725	1054	5907	2317	15,21
Caminhão	986	952	701	295	733	4,81
Colhedeira	-	-	-	-	-	-
Subtotal	2568	1677	1755	6208	3050	20,03
Fertilizantes						
N	3413	15540	5328	5023	7326	48,10
P ₂ O ₅	803	1066	2557	902	1332	8,75
K ₂ O	321	355	852	415	486	3,19
Calcario	-	-	-	320	80	0,53
Subtotal	4537	16961	8737	6660	9224	60,56
Defensivos						
Herbicida	-	-	-	-	-	-
Inseticida	568	1172	2198	-	984	6,46
Fungicida	154	-	-	2930	771	5,05
Subtotal	722	1172	2198	2930	1755	11,52
Sementes	56	55	56	56	56	0,37
Total	8452	21807	13901	16761	15230	
Produção (t/ha)	52,80	39,60	49,50	24,00	41,47	

.71.

.72.

Tabela III-17. Batata. Consumo de energia em Mcal/ha/ciclo

Culturas	01	%
Mão de obra	110	0,64
Tratores	304	1,76
Implementos	61	0,35
Caminhão	27	0,16
Combustível		
Tratores	4949	28,67
Caminhão	392	2,27
Colhedeira	-	-
Subtotal	5341	30,94
Fertilizantes		
N	8325	48,22
P ₂ O ₅	1166	6,75
K ₂ O	444	2,57
Calcario	120	0,70
Subtotal	10055	58,25
Defensivos		
Herbicida	-	-
Inseticida	59	0,34
Fungicida	146	0,85
Subtotal	205	1,19
Sementes	1161	6,73
Total	17263	
Produção (t/ha)	24,50	

IV - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS, CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Na Tabela IV-1, são apresentados os consumos médios de energia.

Da observação dos resultados nas Tabelas do capítulo III, podemos ver que, culturas agrícolas que consomem de 1000 a 6000 Mcal/ha/ciclo, apresentam o combustível como o maior responsável pelo gasto de energia; nessas culturas o consumo de combustível representa, em geral, cerca de 50% do gasto de energia. Os fertilizantes representam cerca de 25%.

Para o caso de culturas de ciclo longo, como o eucalipto e pino, o combustível representa cerca de 70-75% do consumo de energia.

Para culturas intensivas e de elevado consumo energético (tomate e batata), o combustível representa cerca de 20-30% do consumo de energia e, os fertilizantes cerca de 60%.

De qualquer forma, o combustível e fertilizantes representam, em geral, cerca de 75% do consumo energético de uma cultura agrícola.

Estes dados mostram a importância do direcionamento de pesquisas para a mecanização agrícola, visando obter melhores eficiências e adoção de tecnologias substitutivas.

Com respeito a fertilizantes, o nitrogênio é o elemento responsável pelo maior consumo energético; além disso, a sua produção é a partir da nafta que é um derivado do petróleo. Tal fato tem profundo significado, pois o nitrogênio é um dos elementos essenciais para a produção. Assim, a pesquisa visando a utilização de fontes energéticas substitutivas e a possibilidade de sua produção em locais mais próximos às áreas de produção agrícola, seria recomendada.

As inúmeras observações que podem ser realizadas a partir dos dados obtidos, podem ser facilmente inferidas pelo exame das Tabelas - com os resultados.

Finalmente, devido às informações básicas que são fornecidas por um levantamento energético como este, sugerimos que o mesmo seja estendido a outras culturas como, por exemplo, o arroz, feijão, pastagem, café, citros.

Tabela IV-1. Resultados médios.

CULTURA	CICLO (meses)	PRODUÇÃO t/ha	Mcal/ha	Mcal/t de mat. seca
1. Cana-de-açúcar				
a. cana planta	18	85	5.139	233
b. cana soca	12	76	3.469	176
c. média de 3 cortes	-	79	4.025	195
2. Mandioca	18	20,3	2.492	247
3. Algodão	5	2,0	3.514	1997
4. Milho	5	2,8	1.951	806
5. Soja	5	2,1	1.882	1018
6. Trigo	4	1,2	1.378	1305
7. Eucalipto	21 anos	250	11.161	45
8. Pino	25 anos	365	10.646	29
9. Tomate	5	41,5	15.230	7340
10. Batata	4	24,5	17.263	2818

1. Cana-de-açúcar1.1. Cana - planta

A cana - planta apresentou um consumo médio de energia de 5139 Mcal/ha/ciclo. Considerando que a cana - planta tem um ciclo de cerca de 18 meses, podemos expressar a energia consumida em 3426 Mcal/ha/ano ou 190 Mcal/ha/mês de ciclo.

A produção média foi de 85 t/ha; com relação à produção de matéria seca (colmos com 74% de umidade), o coeficiente energia/produção, é de 233 Mcal/t de matéria seca, em média.

Os componentes mais expressivos da energia total consumida, foram: combustível (49,3%), fertilizantes (21,6%) e produção de mudas (14,5%).

1.1.1. Usinas de açúcar e destilarias anexas

A energia agrícola apresentou valores entre 4459 a 6441 Mcal/ha/ciclo, com uma média de 5235 Mcal/ha/ciclo; ou ainda 3490 Mcal/ha/ano ou 290 Mcal/ha/mês, em média.

A produção média foi de 91 t/ha; com relação à produção de matéria seca (colmos com 74% de umidade) o coeficiente energia/produção é de 221 Mcal/t, em média.

Convém salientar que entre os produtores de cana-de-açúcar, as usinas são aqueles que empregam maior mecanização e apresentam maior índice de utilização de tecnologia.

Os componentes mais expressivos da energia agrícola da cultura da cana-de-açúcar, são: combustível (49,2%), fertilizantes (20,1%) e produção de muda (13,9%).

1.1.2. Fornecedores

A energia agrícola apresentou valores entre 4111 a 7186 Mcal/ha/ciclo, com uma média de 5556 Mcal/ha/ciclo. O consumo de energia por ano e mês, foi de 3704 Mcal/ha/ano e 309 Mcal/ha/mês, em média.

A produção média foi de 88 t/ha, equivalendo assim ao consumo de 244 Mcal/t de matéria seca, em média.

Os componentes mais expressivos da energia agrícola foram: combustíveis (52,7%), fertilizantes (21%) e mudas (14,5%).

1.1.3. Destilarias de aguardente

A energia agrícola apresentou valores entre 3297 a 5357 Mcal/ha/ciclo, com uma média de 4528 Mcal/ha/ciclo; ou ainda, 3019 Mcal/ha/ano e 252 Mcal/ha/mês. Estes produtores de cana são os que apresentaram o menor consumo de energia.

A produção média foi de 76 t/ha e o consumo de energia por tonelada de matéria seca, foi de 228 Mcal/t.

1.2. Cana soca

A energia agrícola consumida apresentou uma média geral de 3469 Mcal/ha/ciclo. Considerando que a cana soca tem um ciclo de 12 meses, em média, temos que a energia consumida por ano é a mesma referente a um ciclo; por mês de ciclo, o consumo médio é 289 Mcal/ha/mês.

A produção média foi de 76 t/ha, dando um consumo de 176 Mcal/t de matéria seca, em média.

Os componentes mais expressivos da energia agrícola foram: combustíveis (47,4%), fertilizantes (35,7%) e herbicidas (9,7%).

1.2.1. Usinas de açúcar e destilarias anexas

A energia agrícola apresentou valores entre 3474 a 4901 Mcal/ha/ciclo, com uma média de 4084 Mcal/ha/ciclo e 340 Mcal/ha/mês.

A produção média foi de 73 t/ha, dando um consumo de 214 Mcal/t de matéria seca, em média.

Os componentes mais expressivos do consumo energético foram: combustível (52,5%), fertilizantes (30,5%) e herbicidas (9,1%).

1.2.2. Fornecedoros

A energia agrícola apresentou valores entre 2736 a 4377 Mcal/ha/ciclo, com uma média de 3363 Mcal/ha/ciclo ou ano e, 280 Mcal/ha/mês.

A produção média foi de 79 t/ha, dando um consumo de 165 Mcal/t de matéria seca, em média.

Os componentes mais expressivos foram: combustível (46,5%), fertilizantes (37,9%) e herbicidas (9,2%).

1.2.3. Destilarias de aguardente

A energia agrícola apresentou valores entre 1901 a 2849 Mcal/ha/ciclo ou ano e, 237 Mcal/ha/mês de ciclo.

A produção média foi de 76 t/ha, dando um índice de 145 Mcal/t de matéria seca, em média.

Os componentes mais expressivos do consumo energético total, foram: combustíveis (30,5%), fertilizantes (50,9%) e herbicidas (12,4%).

2. Mandioca

A energia agrícola da cultura da mandioca apresentou valores entre 1073 a 3381 Mcal/ha/ciclo, com uma média de 2492 Mcal/ha/ciclo, sendo que apresenta um ciclo de cerca de 18 meses.

A produção média observada foi de 20,3 t/ha; adotando uma relação raiz/rama de 1,3, pode-se estimar a produção de ramas em 15 t/ha/ciclo. Assumindo que, em média, as raízes e ramas apresentam 68 a 76% de umidade, respectivamente, temos um consumo de energia de 247 Mcal/t de matéria seca total.

Os componentes mais expressivos da energia agrícola foram: combustíveis (45%), fertilizantes (28,6%) e inseticidas (9,1%).

3. Algodão

O consumo de energia situou-se entre 2324 a 4112 Mcal/ha/ciclo, com uma média de 3514 Mcal/ha/ciclo (ciclo de cerca de 5 meses).

A produção média foi de 2,0 t/ha; supondo um teor de umidade de 12%, temos o gasto de 1997 Mcal/t de matéria seca produzida.

Os componentes mais expressivos da energia agrícola foram: combustíveis (39,4%), fertilizantes (30,3%) e defensivos (23,2%).

4. Milho

A energia agrícola variou de 1282 a 2496 Mcal/ha/ciclo, com uma média de 1951 Mcal/ha/ciclo (ciclo de 5 meses).

A produção média foi de 2,75 t/ha; assumindo um teor de umidade de 12%, foram gastos 806 Mcal/t de produto seco.

Os componentes mais expressivos do gasto total de energia, foram: combustíveis (50,6%) e fertilizantes (40,8%).

5. Soja

O gasto de energia na fase agrícola situou-se de 1161 a 2569 Mcal/ha/ciclo, com uma média de 1882 Mcal/ha/ciclo (ciclo de cerca de 5 meses).

A produção média observada foi de 2,1 t/ha; considerando um teor de umidade de 12%, temos um consumo de 1018 Mcal/t de produto seco.

Os componentes mais expressivos da energia agrícola foram: combustíveis (56,2%), fertilizantes (17,3%) e defensivos (17,8%).

6. Trigo

A energia agrícola apresentou valores de 922 a 1953 Mcal/ha/ciclo, com uma média de 1378 Mcal/ha/ciclo (ciclo de cerca de 4 meses).

A produção média observada foi de 1,2 t/ha; supondo um teor de umidade de 12%, foram consumidos 1305 Mcal/t de produto seco.

Os componentes mais expressivos da energia agrícola são: combustíveis (51,2%), fertilizantes (21,6%) e defensivos (14,9%).

7. Eucalipto

A energia agrícola foi calculada a partir de dados médios de várias plantações, fornecidos por empresas que fazem reflorestamento para produção de papel. O consumo de energia foi de 11161 Mcal/ha/ciclo; foi considerado um ciclo total de 21 anos (um corte a cada sete anos). Desse modo, temos um gasto de 530 Mcal/ha/ano, em média.

A implantação da cultura consome praticamente 60% da energia agrícola total e, os rebrotes consomem 20% cada um; o consumo no 2º e 3º cortes refletem quase que somente a energia necessária para a operação de corte. Devemos lembrar que na implantação da cultura está incluída a operação de destoca.

A produção média de madeira (20% de umidade) foi de 312 t/ha, equivalendo em base de matéria seca a 250 t/ha ou 11,8 t/ha/ano. Com relação à matéria seca foram gastos 45 Mcal/t de matéria seca.

Os componentes mais expressivos da energia cultural foram: combustíveis (71,6%) e inseticidas (11,2%).

8. Pino

A energia agrícola da cultura do pino foi calculada a partir de dados médios de várias plantações dessa cultura, fornecidos por empresas de reflorestamento para produção de papel. A energia agrícola média foi de 10646 Mcal/ha/ciclo; foi considerado um ciclo de 25 anos (desbastes parciais aos 8, 10, 12, 15, 19 e 25 anos) e, assim, temos um gasto de 425 Mcal/ha/ano, em média.

A produção média de madeira (20% de umidade) foi de 455 t/ha; em matéria seca a produção foi de 365 t/ha e o consumo de energia foi de 29 Mcal/t de madeira seca, em média.

Os componentes mais expressivos do consumo total de energia, foram: combustíveis (74,1%) e inseticidas (12,7%).

9. Tomate

A energia agrícola apresentou valores entre 8452 a 21807 Mcal/ha/ciclo (ciclo de cerca de 5 meses), com uma média de 15230 Mcal/ha/ciclo.

A produção média observada foi de 41,5 t/ha; considerando um teor de umidade de 95%, temos um gasto de 7340 Mcal/t de matéria seca, em média.

Os componentes mais expressivos da energia agrícola, foram: fertilizantes (60,6%), combustíveis (20,0%) e defensivos (11,5%).

10. Batata

A energia agrícola para esta cultura foi calculada com base numa única cultura amostrada, tendo pois um significado restrito. A energia agrícola obtida foi de 17263 Mcal/ha/ciclo (ciclo de cerca de 4 meses).

A produção da cultura amostrada foi de 24,5 t/ha; considerando um teor de umidade de 75%, temos que o gasto energético foi de 2818 Mcal/t de matéria seca.

Os componentes mais expressivos da energia agrícola foram: fertilizantes (58,3%), combustíveis (30,9%) e produção de sementes (6,7%).

Agradecimentos

Os autores agradecem a valiosa colaboração técnica dos engenheiros agrônomos Gabriel Rabelo de Oliveira Neto e Luiz Carlos Miller, através de suas sugestões e orientação no processamento dos dados.

BIBLIOGRAFIA

1. Pimentel, D. et al. Food production and the energy crisis. Science 182:443-9, 1973.
2. Stout, E.A. et al. Energy for worldwide agriculture. Michigan State University, F.A.O. 1977.
3. Pimentel, D. et al. Workshop on research methodology for studies of energy, food, man and environment - Phase I. Center of Environmental Quality Management, Cornell University, Ithaca, N.Y. 1974.
4. Longman & Lenik. Tropical forest and its environment. Tropical Forestry series, Longman, London.
5. Silva, J.G. da. et al. Energy balance for ethyl alcohol production - from crops. Science, 201(4359):903-906, 1978.
6. Greenfield, P.F. e Nicklin, O.J. The interaction between energy - accounting and cost accounting in the production of liquid fuels from biological materials. Workshop on Fermentation Alcohol for Use as Fuel and Chemical Feedstock in Developing Countries. Viena, Austria, 1979.
7. Inojosa, A.E. de A. Cooperativa Fluminense dos Produtores de Açúcar e Alcool - COPEFLU. Comunicação Privada. 1979.
8. Serra, G.E. et al. Estudo energético de alternativas Brasileiras para Produção de Energia Renovável. XV Convencion UPADI, Santiago, Chile. PG. 387-417. 1978.
9. Moreira, J.R. et al. Energy balance for the production of ethyl and methyl alcohol. Workshop on Fermentation Alcohol for use as Fuel and Chemical Feedstock in Developing Countries. Viena, Austria. - 1979.
10. Neichel, G.H. Agricultural production and energy resources. American Scientist 64:64-72, 1976.
11. Cook, E. Scientific American, 225(3):135, 1975.
12. Secretaria da Agricultura (Estado de São Paulo) Zoneamento agrícola. Casas da Agricultura (Informações verbais).
13. Chapman, P.F. The relation of energy analysis to cost analysis. Open University.
14. Herendeen, R.A. e Bullard, C.W. Energy cost of goods and services, 1963 and 1967. CAC Document Nº 140. 1974.
15. Ministério das Minas e Energia. Balanço Energético Nacional. Brasília. 1978.
16. Input - Output of the U.S. Economy 1967. Bureau of Economic Analysis, U.S. Department of Commerce. 1969.
17. Matriz de Relações Inter Setoriais. Brasil 1970. Fundação IBGE. 1979.
18. Darmstadter, J.; Dunkerley, J. e Alterman, J. How industrial societies use energy - A comparative analysis. Hopkins, U.S.A. 1977.
19. Comunicação Privada. IBGE.

20. Perry, A.M.; Devine, W.D. e Reister, D.B. The energy cost of energy guidelines for net energy analysis of energy supply systems. - Institute for Energy Analysis, Oak Ridge Associated University. - 1977.
21. Pimentel, O. Appropriate technologies for the food system. Symposium on Social values and Technology Choices in a International Bases. Racine, Wisconsin. 1978.
22. Heichel, G.H. Comparative efficiency of energy use in crop production. Conn. Agr. Exp. Sta., New Haven, Bul. 739. 1973.
23. Doering, O.C. et al. Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis. Agr. Exp. Sta., Purdue University, Indiana, NSF/RA - 770128. 1977.
24. Pimentel, D. et al. Energy and land constraints in food protein production. Science, 190:754-761, 1975.
25. Vanin, V. et al. Comunicação interna. Instituto de Física, USP. São Paulo. 1979.
26. Griffith, D.R. et al. Energy requirements and areas of adaptation for eight tillage - planting systems for corn. Agr. Exp. Sta., Purdue University, Indiana, Journal Paper Nº 6380. 1977.
27. Doering, O.C. e Feart, R.M. Evaluating alternative energy technologies in agriculture. Agr. Exp. Sta., Purdue University, Indiana, NSF/RA-770124. 1977.
28. Davis, C.M. e Blouin, G.M. How much energy does fertilizer consume? Farm Chemical, outubro 1977.

29. Hokason, A.E. Chemicals from wood waste. U.S. Depart. of Agriculture, Forest Service. 1976.
30. Serra, G.E. et al. The energetics of alternative biomass Sources for ethanol production in Brazil. Third International Symposium of Alcohol Fuels Technology. Vol. II. California. 1979.
31. Scheller, W.A. Testing of 10% ethanol - 90% gasoline mixture for automotive fuel. Workshop on Fermentation Alcohol for use as Fuel and Chemical Feedstock in Developing Countries. Viena, Austria, 1979.
32. Vitosh, M.L. Fertilizer management to save energy. Energy Facts Nº 8, Extension Bulletin E - 1136. 1977.
33. Pearson, R.G. e Corbet, P.S. Energy in New Zealand Agriculture. Search, 7(10):418-423, 1976.