

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ECONÔMICA EM SISTEMAS FAMILIARES DE PRODUÇÃO DE ALGODÃO<sup>1</sup>

Maria Gloria Cabrera Romero<sup>2</sup>  
Osmar de Carvalho Bueno<sup>3</sup>  
Maura Seiko Tsutsui Esperancini<sup>4</sup>

## 1 - INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da agricultura no mundo, assim como no Brasil, propiciou de um lado, elevados aumentos de produtividade de alimentos e matérias-primas, e de outro, a intensificação da utilização de insumos. Ao mesmo tempo em que esse modelo de desenvolvimento contribuiu para a diminuição da penosidade do trabalho humano a partir da mecanização, provocou elevação dos custos de produção e tem levantado questões relacionadas a sustentabilidade, pois se intensificou a utilização de recursos energéticos não-renováveis. A inserção da agricultura familiar dentro deste contexto aumenta os desafios ambientais, econômicos e sociais da agricultura brasileira.

O modelo produtivista da agricultura aplicado à exploração familiar, tendo em vista sua lógica própria, tende a, mais do que nunca, apresentar limites econômicos e ambientais e de reprodução deste modo de produção. A proposta de modelos de desenvolvimento mais sustentáveis para a exploração familiar demanda uma análise com maior grau de integração das dimensões econômicas ou ambientais.

O objetivo deste estudo é analisar, do ponto de vista econômico e do ponto de vista energético, a eficiência da cultura do algodão. Esta cultura foi escolhida pela sua importância econômica e social, na agricultura familiar, pela

geração de renda e ocupação de mão-de-obra (EMBRAPA-ALGODÃO, 2005). No Estado de São Paulo, o EDR de Limeira é uma das regiões mais significativas, em termos de volume de produção, situando-se como terceira principal região produtora e segunda em termos de produtividade, entre os EDRs do Estado, na safra 2005. Nesta região, situa-se o município de Leme, onde foi realizado o levantamento de dados primários.

Neste estudo a análise energética pode fornecer indicadores de eficiência levando em conta a sustentabilidade na medida em que permite desagregar fontes de energia renováveis e não-renováveis, que entram como insumos no processo produtivo e a análise econômica procura determinar a eficiência da cultura, levando em conta as condições conjunturais de mercado.

Os resultados obtidos a partir dessas duas abordagens podem subsidiar não apenas ações no interior do agroecossistema familiar, as quais possibilitam utilização mais racional de recursos naturais não-renováveis, particularmente os combustíveis fósseis, como também avaliar o sistema de produção agrícola adotado pela exploração familiar e as possibilidades de maior inserção econômica. Assim, a análise energética combinada com a avaliação econômica, fornece parâmetros que permitem subsidiar a tomada de decisões no direcionamento de medidas tecnológicas para a agricultura.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Para a coleta de dados primários, foram selecionados produtores que se enquadrassem na tipologia "D" do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), a fim de respeitar o recorte do objeto de estudo de agricultores familiares. Este grupo compreende agricultores familiares e trabalhadores rurais que:

<sup>1</sup>Projeto de Pesquisa da primeira autora, em desenvolvimento junto ao Programa de Pós-graduação em Agronomia-Energia na Agricultura, FCA/UNESP, Botucatu/SP. Registrado no CCTC, IE-37/2007.

<sup>2</sup>Engenheira Agrônoma, Mestre, FCA/UNESP, Botucatu/SP (e-mail: gloriac@fca.unesp.br).

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor, Doutor do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA/UNESP, Botucatu/SP (e-mail: osmar@fca.unesp.br).

<sup>4</sup>Engenheira Agrônoma, Professora, Doutora do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA/UNESP, Botucatu/SP (e-mail: maura@fca.unesp.br).

- a - explorem parcela de terra na condição de proprietário, posseiro, arrendatário, parceiro ou concessionário do Programa Nacional de Reforma Agrária;
- b - residam na propriedade ou em local próximo;
- c - não disponham de qualquer título de área superior a quatro módulos fiscais quantificadas, segundo a legislação em vigor;
- d - obtenham, no mínimo, 80% da renda familiar da exploração agropecuária e não-agropecuária do estabelecimento;
- e - tenham o trabalho familiar como predominante na exploração do estabelecimento, podendo manter até dois empregados permanentes, sendo admitido ainda o recurso eventual à ajuda de terceiros, quando a natureza sazonal da atividade o exigir;
- f - obtenham renda bruta anual familiar acima de R\$10.000,00 e até R\$30.000,00 excluídos os proventos vinculados a benefícios previdenciários decorrentes de atividades rurais.

Verificou-se, que no município de Leme, três produtores atendiam ao recorte proposto e apresentavam semelhança em termos de sistemas produtivos, e por tanto podem ser considerados como representativos dos produtores familiares, que se enquadram no PRONAF D, objeto deste estudo.

De acordo com as condições pré-definidas, foram estudadas três explorações agrícolas familiares, cuja atividade agrícola comercial é o algodão. O itinerário técnico desses agroecossistemas apontaram dezesseis operações: limpeza do terreno, aração, calagem, gradagem, aplicação de herbicida, conservação de terraço, plantio e adubação, adubação em cobertura, aplicação de herbicida, aplicação de inseticida, combate à formiga, capina mecânica, capina manual, aplicação de desfolhante, colheita manual e transporte.

As operações de combate à formiga e aplicação de desfolhante, que eventualmente não foram realizadas em todos os agroecossistemas estudados, deve-se fato de não terem sido necessárias. A média aritmética das operações constituiu-se no resultado a ser considerado na construção da estrutura de dispêndios energéticos.

Assim, foram utilizados os valores médios de dispêndios físicos de insumos. A reconstrução do itinerário técnico do agroecossistema de algodão e informações referentes à produção foram obtidas por meio de relatos orais e aplicação de questionários especificamente elabora-

dos. Em cada etapa do itinerário técnico, foram detalhadas as quantidades utilizadas de cada insumo, bem como especificados os tipos de insumos utilizados. Os dados levantados junto aos produtores também serviram para compor a matriz de coeficientes técnicos (Anexo 1) utilizada para a determinação do indicador de eficiência econômica.

## 2.1 - Análise Energética

### 2.1.1 - Indicadores de eficiência energética

Para a análise de eficiência energética foram determinados dois indicadores: eficiência energética e eficiência cultural. O primeiro mostra a razão entre as saídas energéticas e as entradas de energia não-renováveis (RISOURD, 1999), o segundo demonstra a relação existente entre as saídas e as entradas energéticas totais por unidade de área (BUENO, 2002). Estes índices estão representados pelas equações 1 e 2, respectivamente:

$$Eficiência\ energética = \frac{\sum \text{energias bruta dos produtos}}{\sum \text{energias não-renováveis}} \quad (1)$$

Entende-se por eficiência energética, a razão entre a energia bruta dos produtos<sup>5</sup> e as entradas de energia não-renováveis<sup>6</sup> utilizadas no agroecossistema.

$$Eficiência\ cultural = \frac{\text{"saídas" úteis}}{\text{"entradas" culturais}} \quad (2)$$

Compreende-se por eficiência cultural a razão entre a energia útil que deixa o agroecossistema e a energia total que é aplicada neste processo.

A reconstrução do itinerário técnico do agroecossistema de algodão mostrou que foram realizadas dezesseis operações. Cada operação foi descrita no sentido de identificar e especificar, o tipo e a quantidade de máquinas e implementos utilizados, os insumos empregados e a mão-de-

<sup>5</sup>Saídas energéticas úteis, resultantes da multiplicação da produção física obtida pelos respectivos coeficientes energéticos.

<sup>6</sup>Energia de fontes fósseis.

obra envolvida, quantificando-a e determinando individualmente, a massa, altura, idade e gênero dos agricultores e trabalhadores. A conversão de unidades físicas em unidades energéticas foi feita a partir de literatura pertinente, conforme detalhado a seguir, e o resultado final dado em megajoules (MJ), com aproximação em duas casas decimais. Os procedimentos metodológicos adotados são os que se seguem.

#### - Mão-de-obra

Para este item utilizou-se a metodologia proposta por Carvalho; Gonçalves; Ribeiro (1974) e as adaptações necessárias propostas por Bueno (2002). Foram detalhadas as características da mão-de-obra quanto ao gênero, massa, altura e idade de cada agricultor, relacionando-as a cada operação por eles desenvolvida. Com estes dados determinou-se o Gasto Energético no Repouso (GER) de cada agricultor, através das equações 3 e 4 (MAHAN e ESCOTT-STUM, 1998). As equações determinam o GER em kcal, e o dispêndio calórico final diário é apresentado em MJ.

Para o gênero masculino:

$$GER = 66,5 + 13,75 P + 5,0 A - 6,78 I \quad (3)$$

Para o gênero feminino:

$$GER = 665 + 9,56 P + 1,85 A - 4,68 I \quad (4)$$

Onde,

$P$  = massa em quilos;

$A$  = altura em centímetros;

$I$  = idade em anos completos.

A necessidade calórica final diária é o somatório da divisão em três períodos, segundo o modo de ocupação em número de horas para: tempo de sono, tempo de trabalho e tempo de ocupações não profissionais entendidas por refeições, higiene, deslocamentos, distrações etc.

#### - Sementes

Os agricultores estudados utilizaram sementes da variedade Fabrika e Delta Pine. Utilizou-se o valor energético de 1.535,2kcal por quilo de semente de algodão, obtido a partir do índice calórico do algodão colhido (2.640kcal/kg), dada a composição do capulho do algodão (36% pluma, 58% caroço e 6% resíduos), proposto por Castanho Filho e Chabaribery (1982).

#### - Combustível, óleo lubrificante e graxa

Considerou-se como poder calórico do óleo diesel o valor de 9.763,87kcal/l, dos óleos lubrificantes o valor de 9.016,92kcal/l (BRASIL, 2004) e de graxas, o valor de 10.361,52kcal/kg (BRASIL, 2000).

#### - Máquinas e implementos

Foram utilizados três modelos de tratores com as seguintes potências: Massey Ferguson 65X (65cv), Ford 4610 (63cv) e Ford 4600 também com 63cv de potência. A equação e os coeficientes calóricos para a determinação da depreciação energética das máquinas e implementos foram os mesmos adotados por Comitê (1993) e Bueno (2002).

Com base na proposta metodológica de Doering e Peart (1977) foram determinados os coeficientes calóricos das máquinas e implementos, a partir dos quais foram calculadas as depreciações energéticas que durante sua vida útil, restando ao final apenas a energia relativa ao valor adicionado na fabricação, da qual 5% refere-se a reparo e 12% a um acréscimo para manutenção (COMITRE, 1993).

Utilizaram-se os coeficientes energéticos para trator de 3.494Mcal .  $t^{-1}$  conforme a mesma autora. Para pneus utilizou-se 20.500 Mcal .  $t^{-1}$  (DOERING e PEART, 1977), valor também adotado por Castanho Filho e Chabaribery (1982). No que diz respeito a implementos e outros equipamentos, adotou-se os coeficientes energéticos encontrados em Doering III (1980), correspondendo a 2.061Mcal .  $t^{-1}$  para aqueles utilizados em todas as operações até o plantio ou semeadura e 1.995Mcal .  $t^{-1}$  para as demais operações pós-plantio ou semeadura.

De posse desses valores, utilizou-se a seguinte equação:

$$Depreciação\ energética = \frac{(a + b + c + d)}{Vu}$$

Onde,

$a$  = peso das máquinas e implementos x coeficientes energéticos correspondentes;

$b$  = 0,05 x  $a$ ;

$c$  = número de pneus x peso x coeficientes energéticos de referência;

$d$  = 0,12 x ( $a + b + c$ );

$Vu$  = em horas.

As indicações em termos de vida útil e horas de uso por ano de máquinas e implementos agrícolas tiveram como base dados do Anuário (2004). Quanto ao transporte interno da produção, foram considerados dados primários que indicaram a quilometragem total e a média de horas de trabalho por dia, levando-se em consideração o intervalo total de dias trabalhados. Com estas informações determinou-se a média de horas de trabalho por hectare. A operação de colheita (incluindo transporte) foi totalmente manual e terceirizada e considerada no gasto energético de mão-de-obra.

#### - Corretivo de solo e fertilizantes químicos

O coeficiente energético utilizado para o calcário foi de 40 kcal/kg, conforme Serra et al. (1979), Castanho Filho e Chabaribery (1982), Comitre (1993), Sartori (1996) e Bueno (2002).

Conforme Leach (1976), na conversão das unidades físicas de N total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O em equivalentes energéticos, acrescentou-se 0,50 MJ/kg, referente ao transporte marítimo, face ao volume representativo das importações dos adubos utilizados. O percentual de importação de cada fertilizante foi determinado a partir das tabelas de importação e produção nacional de matérias-primas e produtos intermediários para fertilizantes apresentadas pela Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2004), referentes ao ano de 2003 e seus respectivos percentuais, que foram de 70,36 % para o N; 51,56 % para o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90,70% para K<sub>2</sub>O e 87 80 % para o sulfato de amônio. Para o caso da cobertura, a quantidade de N considerada foi de 20% de nitrogênio total.

Para efeito do cálculo que compôs o dispêndio energético do agroecossistema de algodão foram adotados os seguintes coeficientes: 62,49MJ/kg para N total; 9,63MJ/kg para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; e 9,17 MJ/kg para K<sub>2</sub>O, conforme Bueno (2002).

#### - Defensivos

Em função da escassez de dados específicos, foram adotados valores médios apontados por Pimentel (1980), para a conversão de defensivos em unidades energéticas. Os coeficien-

tes energéticos utilizados foram de 83.090kcal/kg para herbicidas; 74.300kcal/kg para inseticidas e 21.340kcal/kg para formicidas.

## 2.2 - Análise Econômica

### 2.2.1 - Indicadores de eficiência econômica

Para avaliar a eficiência econômica do agroecossistema de algodão utilizou-se a seguinte formulação, adaptada de Castro et al. (1998), para quem a eficiência de um sistema é mensurada pela relação entre insumos necessários (*input*) à produção e produto final do sistema (*output*), sendo que os insumos e produtos devem ser mensurados num mesmo elemento de fluxo (capital, energia, materiais, informações). Dessa forma a eficiência econômica pode ser medida pela relação entre a saída de capital de um sistema (receita bruta) e entrada de capital (custos de produção) (Figura 1).

Dentro dessa definição, a eficiência econômica foi dada pela relação entre: saída de capital do sistema (receita bruta) e entrada de capital no sistema (custos). Na medida em que a receita bruta é mensurada pela produtividade e preço utilizou-se a seguinte formulação, já utilizada por Romero (2005) e Pracucho (2006) que considerou viável a aplicação em análises econômicas e energéticas de agroecossistemas:

$$Ec = (P \times Y)/CO$$

Onde,

*Ec* = eficiência econômica;

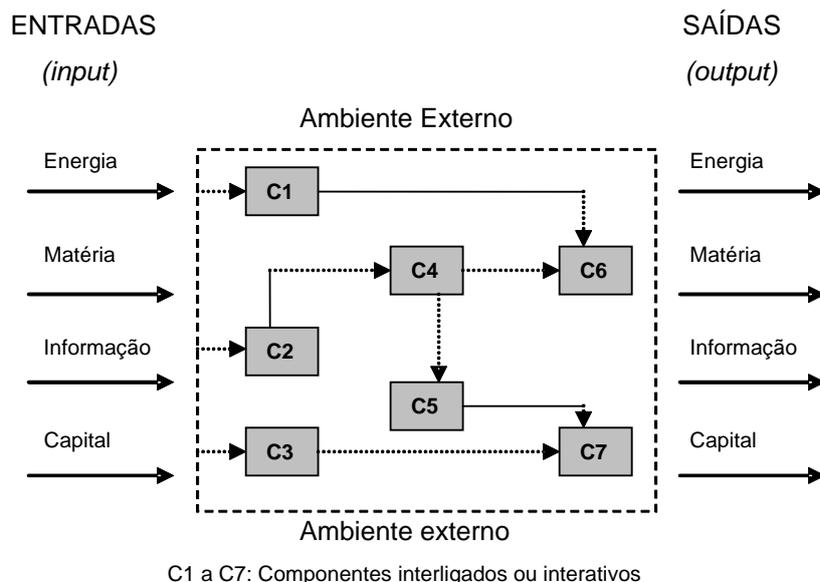
*P* = distribuição de frequência de preços (R\$/@);

*Y* = distribuição de frequência de produtividade (@/ha);

*CO* = custo operacional (R\$/ha).

Na medida em que se pretende captar caráter conjuntural da eficiência econômica ao invés de se utilizar os preços de forma determinística, utilizou-se uma distribuição de probabilidade de preços que caracterizasse o comportamento dos preços do produto algodão nos últimos anos.

Foram coletados preços mensais durante um período de 10 anos (jan./1995 a dez./ 2004), deflacionada pelo IGP-M, com base em set. de 2004, levando em conta os dados dos meses de



**Figura 1** - Formas de Mensuração para o Indicador de Eficiência.  
Fonte: Castro et al. (1998).

de maior volume de comercialização na região, sendo obtida uma série de 120 dados. A identificação da distribuição de frequência de preços foi feita pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov, que testa a aderência de uma distribuição empírica a uma distribuição normal.

Outra variável que interfere na eficiência da economia é a produtividade, cujos dados foram coletados junto aos produtores. Dada a semelhança entre nível e variação de produtividade entre os três produtores utilizou-se um valor de produtividade mínima, média e máxima, representativa dos três sistemas analisados. A partir desses dados estimou-se uma distribuição triangular para produtividade.

Assim a receita bruta, ou a saída de capital é dada pela distribuição de probabilidade de preços e distribuição de probabilidade da produtividade.

Para entrada econômica considerou-se os custos de produção. A fim de conciliar a análise econômica e energética, determinou-se, a partir da matriz de coeficientes técnicos obtida junto aos produtores, uma estrutura de custos operacionais adaptada do conceito de custo operacional total de Martin et al. (1998). Para este autor os custos operacionais efetivos são dados por despesas com operações, despesas com

operações realizadas por empreita e despesas com material consumido. Incluiu-se nessa estrutura de custo a depreciação, para compatibilizar os itens de despesas econômicas e energéticas.

O indicador de eficiência econômica foi estimado pelo Método de Monte Carlo, considerando-se como variáveis críticas o preço e a produtividade, dadas pelas respectivas distribuições definidas anteriormente. Este método permite uma análise comparativa da eficiência econômica e energética, levando-se em conta o caráter conjuntural da primeira e o caráter estrutural da segunda.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 - Análise Energética

Na tabela 1, é apresentada a matriz energética do agroecossistema de algodão.

Verificou-se que a energia bruta do produto totaliza 37.138,59MJ/ha, com uma participação de 34,21% e 65,79% da energia direta (biológica e fóssil) e energia indireta (industrial), respectivamente.

Do ponto de vista energético, o itinerário técnico do agroecossistema estudado atingiu uma eficiência energética de 2,11, ou seja, para cada

TABELA 1 - Estrutura de Dispendios, por Tipo, Fonte, Forma e Energia Bruta da Fase Agrícola do Agroecossistema de Algodão Cultivado, Leme, Estado de São Paulo, Safra 2003/04

Tipo, fonte e forma	Entradas culturais	
	(MJ)	%
Energia direta	17.774,15	34,21
Biológica	208,68	1,17
Mão-de-obra	128,54	61,60
Sementes	80,14	62,35
Fóssil	17.565,47 (a)	98,83
Óleo diesel	17.314,03	98,57
Lubrificante	91,41	0,52
Graxa	160,03	0,91
Energia indireta	34.187,48	65,79
Industrial	34.187,48	100,00
Máquinas e implementos	379,17	1,11
Calcário	223,30	0,65
Fertilizantes químicos	10.330,77	30,22
Herbicidas	2.620,70	7,67
Inseticidas	20.544,19	60,09
Formicida	89,35	23,56
Total	51.961,63 (b)	100,00
Energia bruta do produto	37.138,59 (c)	
Balanco energético (c-a)	19.573,12	
Eficiência energética (c/a)	2,11	
Eficiência cultural (c/b)	0,71	

Fonte: Dados da pesquisa.

unidade de energia não-renovável aplicada no agroecossistema, obteve-se 2,11 unidades energéticas de produto.

Com relação à eficiência cultural estimou-se o valor de 0,71, o que significa que por cada MJ de energia aplicada no agroecossistema, obteve-se 0,71MJ de produto.

Assim sendo, o valor de 2,11 atingido representa um sistema eficiente energeticamente, pois o indicador obtido apresentou-se superior a um (RISOUD, 1999). No entanto, a elevada dependência de fonte de energia industrial e fóssil, pode comprometer a eficiência energética do sistema no longo prazo.

Constatou-se também, que as fontes energéticas utilizadas no agroecossistema apresentaram-se pouco equilibradas (Figura 2). A participação da energia de fonte industrial predominou sobre a energia fóssil e, por sua vez, ambas predominaram sobre a fonte de energia biológica utilizada.

Esse fato pode ser compreendido pelo emprego de grande quantidade de inseticidas na lavoura, bem como pela pesada utilização de adubos químicos, nas operações de plantio e adubação em cobertura. Na estrutura de dis-

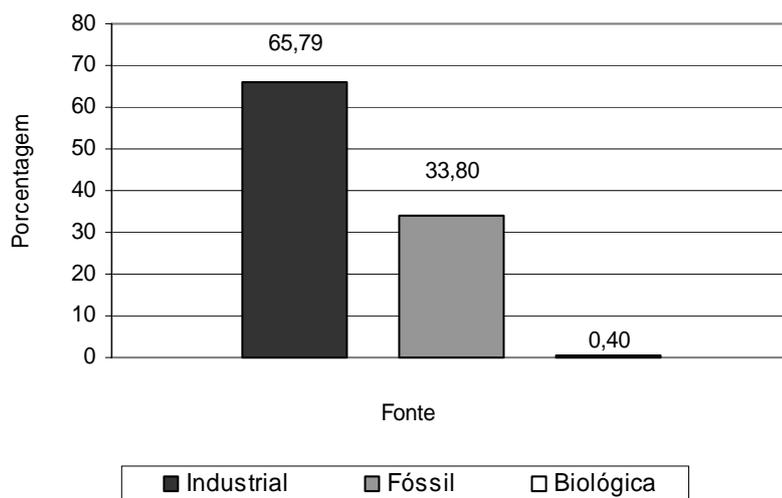
pêndios calóricos, a energia proveniente da fonte fóssil participou com 33,80%, sendo o segundo componente em volume de participação. A fonte biológica foi pouco expressiva, observando-se a pouca representatividade da força de trabalho humana no agroecossistema estudado.

Uma análise detalhada das fontes de energia demonstrou que o itinerário técnico utilizado privilegiou a energia do tipo indireta, com aplicação de inseticidas e herbicidas, adubação química e mecanização, e como decorrência a fonte fóssil de energia direta representada pelo óleo diesel (Figura 3).

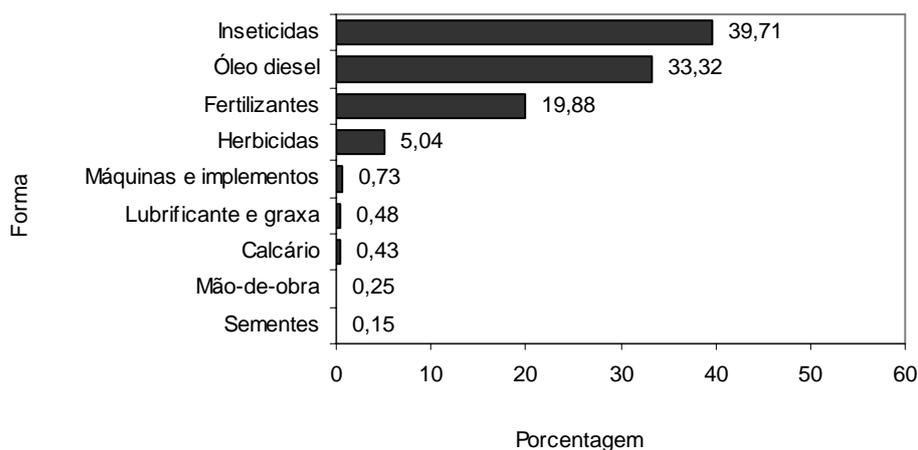
Assim, o agroecossistema estudado dependeu fundamentalmente de fonte de energia industrial, particularmente de inseticidas (39,71%) e fertilizantes químicos (19,88%) e de fontes fósseis (óleo diesel 33,92% e lubrificante e graxa 0,48%).

### 3.2 - Análise Econômica

Os resultados obtidos da eficiência econômica, considerando a possibilidade de varia-



**Figura 2** - Participação por Hectare, das Diversas Fontes de Energia no Agroecossistema de Algodão, Leme, Estado de São Paulo, Safra 2003/04.  
Fonte: Dados da pesquisa.



**Figura 3** - Participação por Hectare, das Diversas Formas de Energia no Agroecossistema de Algodão, Leme, Estado de São Paulo, Ano Agrícola 2003/04.  
Fonte: Dados da pesquisa.

ção da saída de capital em função da alteração dos preços de mercado, são apresentados na forma de distribuição de frequência de probabilidade de sua obtenção. O indicador de eficiência econômica foi interpretado em unidades de capital obtidas a partir de uma unidade de capital imobilizada na produção. O teste de Kolmogorov-Smirnov mostrou a aderência dos dados a uma série normal.

Dados informados pelos produtores mostraram que as produtividades mínima, modal e máxima, foram 190@/ha, 220@/ha e 250@/ha, respectivamente, valores que foram utilizados na distribuição triangular.

Procurou-se determinar inicialmente a participação dos diversos itens, segundo a tipologia energética, no custo operacional total para efeito de comparação entre as duas abordagens

(Tabela 2).

O custo operacional total foi de R\$1.958,92/ha. Todos os itens apresentados na participação das diversas formas de energia no custo operacional foram separados a fim de realizar uma comparação equivalente entre as análises energética e econômica. Foi incluído o custo de operação terceirizada de colheita e transporte realizada pela algodoeira. Porém, é importante ressaltar que a metodologia utilizada para a determinação dos custos operacionais não permitiu fazer uma comparação equivalente entre as duas análises, no que diz respeito ao ganho da algodoeira, que fez as operações de colheita e transporte, sendo a diferença observada de 16,14%.

### 3.3 - Análise Energético-econômica

Comparando-se as participações no custo dos itens de inseticidas, óleo diesel, máquinas e implementos, fertilizantes e mão-de-obra, observou-se desproporcionalidade das participações energética e econômica no dispêndio energético e no custo total. Particularmente o item de máquinas e implementos, onde observou-se uma participação energética de apenas 0,73% e econômica de 22,58%, pode ser explicado pelo fato dos agricultores estudados trabalharem com tratores e implementos que na sua maioria encontraram-se além da sua vida útil teórica, o que se traduz em maiores gastos em reparos e manutenção destas máquinas.

Os outros itens menos significativos (corretivo de solo, lubrificantes e graxas, sementes e herbicidas), apresentaram semelhança nas participações energética e econômica (Figura 4).

Na figura 5 são apresentados os indicadores de eficiência energética e o indicador de eficiência econômica distribuídos em diferentes probabilidades de ocorrência. Os resultados mostram que o valor máximo do indicador de eficiência econômica foi de 1,33, inferior à eficiência energética (2,11), que leva em consideração apenas a energia não-renovável.

Verificou-se que, em geral, a eficiência econômica foi superior à eficiência cultural e inferior à eficiência energética. Constatou-se ainda, que os indicadores de eficiência econô-

mica apontaram, nas condições de preços, custos e produtividade, a possibilidade de o sistema apresentar eficiência econômica, pois os indicadores próximos de um apresentam frequência maior. Observou-se ainda que do ponto de vista econômico existe possibilidade da produção de algodão mostrar-se ineficiente, pois o valor mínimo de eficiência econômica foi de 0,52, ou seja, para cada unidade de capital imobilizado na produção resultou em uma saída de apenas 52 centavos. Mesmo considerando a baixa frequência deste resultado (0,80%), esta é uma possibilidade dentro desse cenário.

O valor da eficiência cultural inferior a um, pode ser atribuído ao tipo de sistema de produção estudado, que privilegiou a utilização de insumos energéticos não-renováveis, que no longo prazo pode-se traduzir num sistema não sustentável energeticamente, embora no curto prazo os indicadores econômicos apontem para a possibilidade de eficiência econômica na produção de algodão.

## 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na estrutura de dispêndios energéticos verificou-se que o itinerário técnico utilizado pelos agricultores privilegiou o tipo de energia indireta, sendo a fonte industrial (65,79%) o fator determinante na matriz energética do sistema, procedente principalmente da utilização de inseticidas, herbicidas e adubação química. Nota-se uma marcante dependência de fontes de energia não-renováveis do tipo direta e de fonte fóssil (33,80%), destacando-se nesta a participação do óleo diesel com 33,32%. A fonte biológica foi a de menor participação, observando-se a pouca representatividade da força de trabalho humano no agroecossistema estudado.

Nas condições deste estudo verificou-se que a produção de algodão nestes sistemas é eficiente economicamente. Porém, pode ter implicações no longo prazo, não só do ponto de vista da sustentabilidade energética, dada a forte dependência de fontes não-renováveis, como pode ter efeitos sobre a eficiência econômica, dada a tendência de custos crescentes da energia não-renovável.

Assim, dada essa dependência de fontes externas de energia torna-se fundamental que

TABELA 2 - Participação das Diversas Formas de Energia no Custo Operacional da Produção do Agroecossistema de Algodão, Leme, Estado de São Paulo, Safra 2003/04  
(por ha)

Forma	Custo operacional por formas de energia (em R\$)	% no custo total
Mão-de-obra	143,68	7,33
Sementes	16,25	0,83
Óleo diesel	180,03	9,19
Lubrificante e graxa	30,53	1,56
Máquinas e implementos <sup>1</sup>	442,33	22,58
Calcário	44,00	2,25
Fertilizantes	553,27	28,24
Herbicidas	100,82	5,15
Inseticidas	131,76	6,73
Subtotal	1.642,67	83,86
Ganho da algodoeira referente à colheita	316,25	16,14
Total	1.958,92	100,00

<sup>1</sup>Refere-se à depreciação.  
Fonte: Dados da pesquisa.

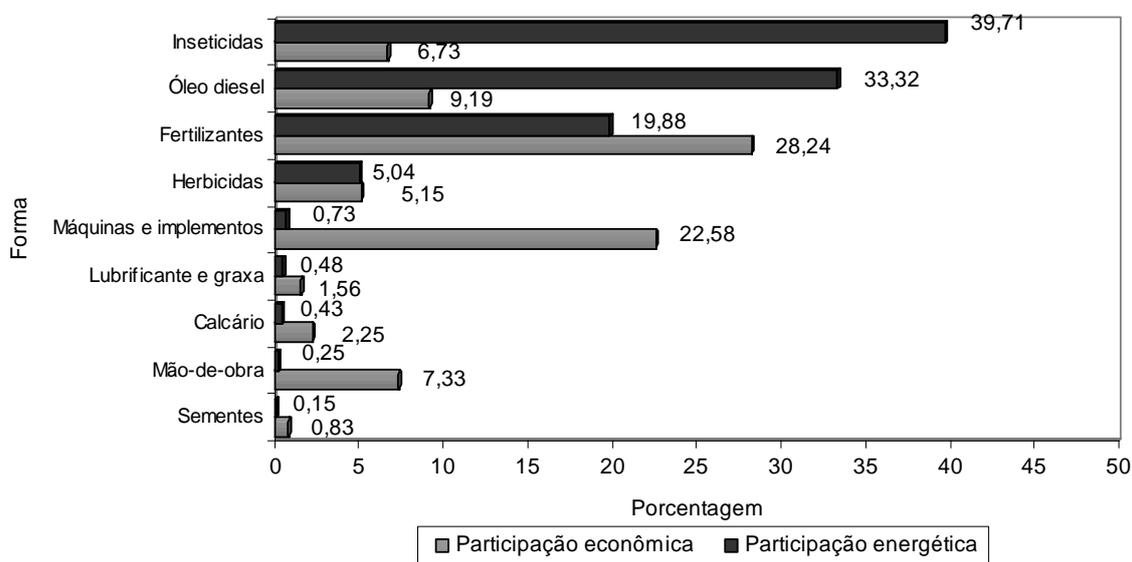


Figura 4 - Participação das Diversas Formas de Energia no Custo Operacional da Produção do Agroecossistema de Algodão, Leme, Estado de São Paulo, Safra 2003/2004.  
Fonte: Dados da pesquisa.

um novo modelo de desenvolvimento menos dependente de fontes externas de energia sejam avaliados.

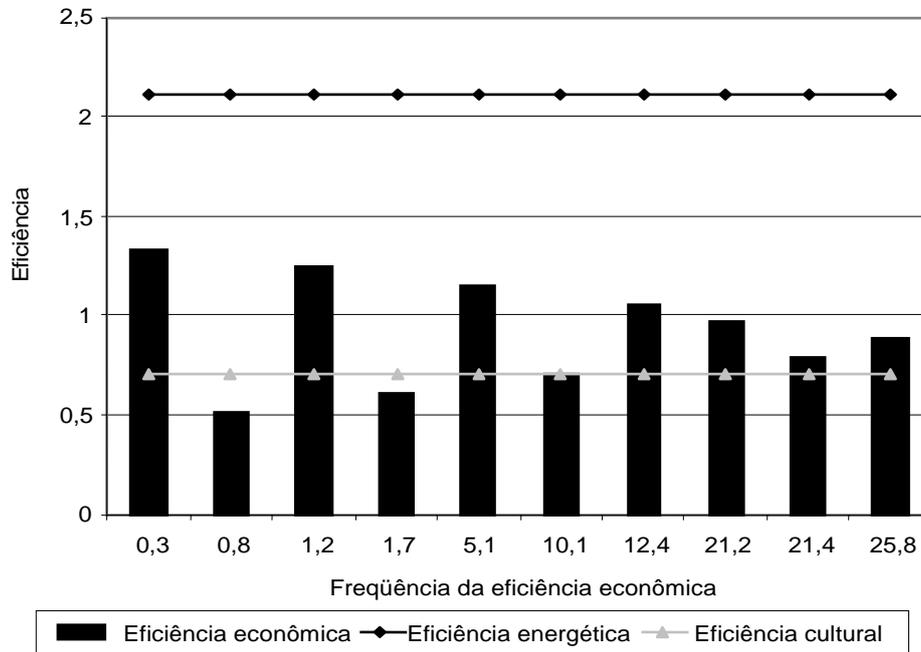
Uma das alternativas a ser considerada são ações que visem o aproveitamento de subprodutos, como a torta e óleo, que atualmente são apropriados pela algodoeira, como insumos energéticos para o próprio agroecossistema na forma de adubo e biodiesel respectivamente. A eficiência econômica desta alternativa demanda estudos adicionais em termos de cus-

tos de processamento e transporte para o campo.

Embora tenham sido analisados apenas três produtores é possível uma avaliação da eficiência econômica energética do agroecossistema estudado em função da homogeneidade que caracteriza os sistemas de produção objeto deste estudo. Para maior abrangência desse estudo é necessária a condução de estudos que abranjam outras categorias de produtores e outros sistemas de produção.

Considera-se, por fim, que pesquisas desta natureza apresentam uma importante contribuição não apenas ao estudo das explorações agrícolas familiares e seu entorno, mas

configuram subsídios para políticas públicas que objetivem maior inserção econômica, justiça social e equilíbrio ambiental, tendo como eixo a questão da sustentabilidade.



**Figura 5** - Relação da Eficiência Econômica, Eficiência Cultural e Eficiência Energética, Maio de 2004.  
Fonte: Dados da pesquisa.

## LITERATURA CITADA

ANUÁRIO DE INFORMAÇÕES ESTATÍSTICAS DA AGRICULTURA: Anuário IEA 2004. São Paulo, 2005. Ser. inf. est. agric., v. 16, n. 1, 205, Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/anuario.php>>. Acesso em: 13 fev. 2005.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS – ANDA. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes 2003**. São Paulo, 2004. 101p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional**. Brasília-DF, 2000. 154 p.

\_\_\_\_\_. **Balanco energético nacional**. Brasília-DF, 2004. 168 p.

BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural**. 2002. 146 f. Teses (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

CARVALHO, A.; GONÇALVES, G. G.; RIBEIRO, J. J. C. **Necessidades energéticas de trabalhadores rurais e agricultores na subregião vitícola de "Torres"**. Oeiras: Instituto Gulbenkian de Ciência, Centro de Estudos de Economia Agrária, 1974. 79 p.

CASTANHO FILHO, E. P.; CHABARIBERY, D. **Perfil energético da agricultura paulista**. São Paulo: IEA, 1982. 55 p. (Relatório de Pesquisa 9/82).

CASTRO, A. M. G. et al. Prospecção de demandas tecnológicas no sistema nacional de pesquisa agropecuária (SNPA). In: \_\_\_\_\_ et al. **Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospecção tecnológica**. Brasília: EMBRAPA/DPD, 1998. p. 21-74.

COMITRE, V. **Avaliação energética e aspectos econômicos da filière soja na região de Ribeirão Preto - SP**. 1993. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola / Planejamento Agropecuário) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

DOERING, O. C.; PEART, R. N. **Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis**. Indiana: Purdue University, 1977. 128 p.

DOERING III, O. C. Accounting for energy in farm machinery and building. In: PIMENTEL, D. (Ed.), **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton, Florida: CRC Press Inc., 1980. p. 9-14.

EMBRAPA-ALGODÃO. **Histórico da Embrapa Algodão**, 2005. Disponível em: [www.cnpa.embrapa.br](http://www.cnpa.embrapa.br). Acesso em: janeiro de 2005.

LEACH, G. **Energy and food production**. London: International Institute for Environment and Development, 1976. 192 p.

MARTIN, N. B. et al. Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.28, n.1, jan. 1998.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 9. ed. São Paulo: Roca, 1998. 1.179 p.

MELLO, R. **Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina**. 1986. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PIMENTEL, D. Energy inputs for the production formulation, packaging, and transport of various pesticides. In: PIMENTEL, D. (ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980. p. 45-48.

PRACUCHO, T. G. M. **Análise energética e econômica da produção de milho (*Zea mays*) em plantio direto em propriedades familiares do município de Pratânia-SP**. 2006. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

RISOU, B. Développement durable et analyse énergétique d'exploitations agricoles. **Économie Rurale**, n. 252, p.16-27, juil./août., 1999.

ROMERO, M. G. C. **Análise energética e econômica da cultura de algodão em sistemas agrícolas familiares**. 2005. 139 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SARTORI, M. M. P. **Métodos matemáticos para a determinação de consumo de energia e de custos de produção da cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1996. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

SERRA, G. E. et al. **Avaliação da energia investida na fase agrícola de algumas culturas**. Brasília: Ministério da Indústria e Comércio/ Secretaria de Tecnologia Industrial, 1979. 86 p.

### **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ECONÔMICA EM SISTEMAS FAMILIARES DE PRODUÇÃO DE ALGODÃO**

**RESUMO:** Este trabalho objetivou avaliar a eficiência energética e econômica da cultura de al-

*Informações Econômicas, SP, v.38, n.1, jan. 2008.*

godão, em sistema de produção familiar. Foram utilizados dados primários e secundários de três explorações familiares do município de Leme, Estado de São Paulo. Como ponto de enfoque é analisada a exploração familiar, utilizando-se a categorização estabelecida pelo PRONAF. O agroecossistema estudado dependeu fundamentalmente de fonte de energia industrial e de fontes fósseis. Assim, estabeleceu-se uma eficiência energética de 2,11. Na relação do indicador econômico e energético, que diz respeito aos meses que referem-se à época de colheita, o indicador de máxima eficiência econômica foi atingido no mês de maio (1,33).

**Palavras-chave:** eficiência energética, eficiência econômica, agroecossistema de algodão.

### **ENERGETIC AND ECONOMIC EFFICIENCY ON FAMILY COTTON FARMS**

**ABSTRACT:** The aim of this study was to assess the energetic and economic efficiency of the cotton agro-ecosystem when production is through family-run operations. Primary data came from exploration of three family farming units in the municipality of Leme/SP, Brazil. As the focal point of this research, the family operation is analyzed, using the categorization adopted by the national program to support family farmers (PRONAF). The agroecosystem under analysis fundamentally depended on industrial and fossil energy sources. Thus, the estimated energetic efficiency was 2.11. Regarding economic and energetic indicator values for harvest period months, the maximum economic efficiency indicator was attained in the month of May (1.33).

**Key-words:** energetic efficiency, economic efficiency, cotton agroecosystem, Brazil

---

Recebido em 16/06/2007. Liberado para publicação em 31/10/2007.

*Informações Econômicas, SP, v.38, n.1, jan. 2008.*

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ECONÔMICA EM SISTEMAS  
FAMILIARES DE PRODUÇÃO DE ALGODÃO**

**Anexo 1**

TABELA A. 1. 1 - Coeficientes Técnicos de Produção de Algodão, Município de Leme, Estado de São Paulo  
1 Hectare

Itinerário técnico	Tração (MO)			Máquinas e implementos		
	Humana	Animal	Mecanizada	Trator 65 cv	Roçadora	Grade 24 discos x 18"
Limpeza do terreno	-	-	1,30	1,30	1,30	-
Aração (1x)	-	-	2,20	2,20	-	-
Calagem (1x ano) <sup>1</sup>	1,00	-	1,00	1,00	-	1,00
Gradagem (5x)	-	-	1,20	1,20	-	1,20
Aplicação de herbicida	1,30	-	1,30	1,30	-	-
Conservação de terraço	-	-	1,00	1,00	-	-
Plantio e adubação	1,53	-	1,53	1,53	-	-
Adubação em cobertura (3x)	1,43	-	1,43	1,43	-	-
Aplicação de inseticida (18x)	1,13	-	1,13	1,13	-	-
Aplicação de herbicida (3x)	1,10	-	1,10	1,10	-	-
Combate à formiga	1,00	-	-	-	-	-
Capina mecânica (2x) <sup>2</sup>	-	-	1,26	1,26	-	-
Aplicação de desfolhante	1,00	-	1,00	1,00	-	-
Colheita manual <sup>3</sup>	3,16	-	-	-	-	-
Transporte interno de produção	2,20	-	2,20	2,20	-	-
<b>Total de horas</b>	<b>14,85</b>	<b>-</b>	<b>17,65</b>	<b>17,65</b>	<b>1,30</b>	<b>2,20</b>

Itinerário técnico	Máquinas e implementos					
	Arado Distribuidor de 3 discos x 26"	calcário	Pulverizador T.600l	Semeadora/ Adu. 4 linhas	Cultivador 9 enxadas	Carreta/ tanque
Limpeza do terreno	-	-	-	-	-	-
Aração (1x)	2,20	-	-	-	-	-
Calagem (1x ano) <sup>1</sup>	-	1,00	-	-	-	-
Gradagem (5x)	-	-	-	-	-	-
Aplicação de herbicida	-	-	1,30	-	-	1,30
Conservação de terraço	1,00	-	-	-	-	-
Plantio e adubação	-	-	-	1,53	-	-
Adubação em cobertura (3x)	-	-	-	1,43	-	-
Aplicação de inseticida (18x)	-	-	1,13	-	-	1,13
Aplicação de herbicida (3x)	-	-	1,10	-	-	1,10
Combate à formiga	-	-	-	-	-	-
Capina mecânica (2x) <sup>2</sup>	-	-	-	-	1,26	-
Aplicação de desfolhante	-	-	1,00	-	-	-
Colheita manual <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-
Transporte interno de produção	-	-	-	-	-	-
<b>Total de horas</b>	<b>3,20</b>	<b>1,00</b>	<b>4,53</b>	<b>2,96</b>	<b>1,26</b>	<b>3,53</b>

Material consumido	Quantidade	Unidade
Semente	12,5	kg
Calcário (1 x ano)	1333	kg
Adubo (plantio)	350	kg
Adubo (cobertura)	250	kg
Herbicida pré-emergente	2	l
Herbicida pós-emergente	1,7	l
Inseticida	1,7	l
Inseticida	0,4	l
Inseticida	0,7	l
Inseticida	0,4	l
Inseticida	1,5	l
Formicida	1	kg
Desfolhante	1	l

<sup>1</sup>Cada ano é feito análise de solo.

<sup>2</sup>Capina manual é realizada pelo agricultor (27,66 horas).

<sup>3</sup>Colheita totalmente manual é realizada por empreita (R\$1,80 x arroba colhida).

Fonte: Dados de pesquisa.