

Uso de Energia no Sistema de Alimentos dos EUA

John S. Steinhart e Carol E. Steinhart Dr. JS Steinhart é professor de geologia e geofísica, e professor no Instituto de Estudos Ambientais. Universidade de Wisconsin- Madison. Dr. CE Steinhart, anteriormente um biólogo do Instituto Nacional de Saúde, agora é um escritor de ciência e editor.

Por que ler um texto de 1974 ?

Porque em termos de combustíveis fósseis, passamos por uma situação similar à crise de 1974, quando a OPEP decidiu elevar os preços do petróleo. O problema agora é climático, mas a necessidade de limitar o consumo de combustíveis fósseis é o mesmo.

Em 1974 o cenário econômico era positivo. Mesmo assim, em 1974 se escrevia textos mais gerais e adequados às turmas de graduação do que hoje, além da respeitabilidade da revista *Science*.

Este texto nos leva a pensar sobre quão amplo é o sistema alimentar e quanta energia é gasta para mantê-lo.

Efraim

Em uma sociedade industrial moderna, apenas uma fração minúscula da população está em contato freqüente com o solo, e uma pequena fração da população ainda produz alimento a partir do solo. A proporção da população

ocupada na agricultura reduziu-se pela metade entre 1920 e 1950 e foi depois novamente reduzida pela metade em 1962. Agora (1974) está quase metade de novo, e mais da metade destes agricultores restantes possuem outros trabalhos fora da fazenda (1). Ao mesmo tempo, o número de animais de trabalho caiu de um pico de mais de 22 X 10⁶ em 1920 para um número muito pequeno no momento (2). Em comparação com épocas anteriores, menos agricultores produzem mais produtos agrícolas e a fração do valor dos alimentos em termos do total de bens e serviços da sociedade se reduziu.

A entrada de energia no sistema agrícola aumentou grandemente nos últimos 50 anos (3) e, a aparente diminuição do trabalho agrícola é compensado em parte pelo crescimento das indústrias de apoio ao agricultor. Com essas mudanças na fazenda vieram de uma variedade de outras alterações no sistema de alimentos nos EUA, muitos dos que estão agora profundamente enraizados na vida cotidiana. Nos últimos 50 anos, enlatados, congelados e outros alimentos industrializados tornaram-se os principais itens da nossa dieta. Atualmente, a indústria de processamento de alimentos é a quarta maior consumidora de energia do Standard Industrial Classification (4). A extensão do transporte envolvido no sistema alimentar tem crescido em ritmo acelerado, e continua a proliferação de aparelhos, tanto em número quanto complexidade em residências, instituições e lojas. Pouco

alimento é ingerido como vem do campo. Mesmo os agricultores compram a maioria de seus alimentos nos mercados da cidade.

Os problemas atuais no suprimento de energia fazem necessário investigar este aumento do uso de energia no sistema alimentar. É o propósito deste artigo fazer isso. Mas há questões maiores em jogo. Georgescu-Roegen observa que "a evidência agora diante de nós, de um mundo que pode produzir automóveis, televisores, etc, em uma velocidade maior do que o aumento da população, mas é, simultaneamente, ameaçado pela fome em massa é preocupante" (5). É bastante plausível que na busca de uma solução para problemas mundiais de alimentos, tenha sido comum a tentativa de transplantar um pequeno pedaço de um sistema alimentar altamente industrializado para as nações com fome. Mas até agora o resultado é incerto. Talvez uma análise do fluxo de energia no sistema alimentar dos EUA tal como se desenvolveu possa fornecer algumas idéias que não estão disponíveis a partir das unidades econômicas usuais.

Medidas do Sistema de Alimentação

Sistemas agrícolas são freqüentemente descritos em termos econômicos. Um manancial de dados estatísticos são recolhidos nos Estados Unidos e na maioria dos outros países avançados tecnicamente indicando valores de produção,

transferências, renda, trabalho, despesas e fluxo de dólares no setor agrícola da economia. Mas, quando queremos saber algo sobre a comida que comemos, as estatísticas das explorações são apenas uma fração minúscula da história.

O fluxo de energia é outra medida disponível para avaliar as sociedades e nações. Ele teria feito nenhum sentido para medir as sociedades em termos de fluxo de energia no século 18, quando os estudos econômicos começaram. Recentemente, nos anos 1940, quatro quintos da população do mundo ainda estavam nas fazendas e nas pequenas aldeias, a maioria deles se dedicando à agricultura de subsistência.

Só depois que algumas nações passaram grande parte da população para as fábricas, tarefas especializadas e a produção de alimentos mecanizada e mudaram as principais fontes de energia para os combustíveis que eram transportáveis e utilizáveis em uma grande variedade de atividades alternativas, o fluxo de energia poderia ser usado como uma medida das atividades da sociedade. Hoje somente em um quinto do mundo as condições estão avançadas assim. No entanto, agora podemos fazer comparações entre os fluxos de energia, mesmo com as sociedades primitivas. Pois, mesmo se os primitivos, ou eufemisticamente chamados países "subdesenvolvidos", não podem mudar livremente seus gastos de energia, *podemos* medi-los e eles constituem um padrão

útil e diferente das medidas econômicas tradicionais usadas até agora.

O que nós gostaríamos de saber é: Como o nosso sistema atual de abastecimento de alimentos se compara, em medidas de política energética, com as de outras sociedades e com o nosso próprio passado? Talvez, então, possamos estimar o valor das medidas de fluxo de energia como um complemento, mas diferente, das unidades econômicas.

Energia no Sistema Alimentar dos EUA

Um típico café da manhã inclui suco de laranja da Flórida, através da fábrica da Minute-Maid, bacon de um frigorífico do Meio-Oeste, o cereal de Nebraska e da General Mills, ovos e leite de não *muito* longe e café da Colômbia. Tudo isso está disponível no supermercado local (vários quilômetros em cada sentido em um automóvel de 300 hp), armazenado em um congelador, e cozidos em um instante no fogão.

O sistema alimentar nos Estados Unidos de 1974 é complexo, e a tentativa de analisá-lo em termos de consumo de energia irá introduzir complexidades e questões muito mais desconcertante do que a mesma análise das sociedades mais simples. Tal análise é válida, porém, apenas para descobrir onde estamos. Nós temos um sistema alimentar, e a maioria das pessoas ganha o suficiente para comer com ele.

Se, além disso, considera-se os problemas presentes e futuros fornecimento alimentares nas sociedades em que uma pequena fração das pessoas ganha o suficiente para comer, então a nossa experiência com um sistema industrializado de alimentos é ainda mais importante. Não há contradição que muitas nações do mundo estejam atualmente tentando adquirir sistemas de alimentos industrializados para si próprias.

Alimento nos Estados Unidos é caro para os padrões mundiais. Em 1970 a média anual per capita de gastos com alimentos foi de cerca de US\$ 600 (3). Esta quantia é maior do que o Produto Interno Bruto per capita de mais de 30 nações do mundo que contém a maioria dos povos do mundo e uma grande maioria daqueles que estão sub-alimentados. Mesmo se considerarmos a dieta de um morador pobre da Índia, o custo anual de sua comida a preços dos EUA seria cerca de US \$ 200 mais que o dobro da renda anual dele (3). É fundamental saber se um pedaço do nosso sistema de industrializado de alimentos pode ser exportado para ajudar as nações pobres ou se elas devem se tornar tão industrializadas como os Estados Unidos para operar um sistema de alimentos industrializados.

Nossa análise do consumo de energia no sistema alimentar começa com uma omissão. Iremos negligenciar a contribuição crucial da energia fornecida pelo sol para as plantas da qual toda a cadeia de

alimentos depende. Photosynthesis has an efficiency of about 1 percent; thus the maximum solar radiation captured by plants is about 5×10^3 kilocalories per square meter per year (3). A fotossíntese tem uma eficiência de aproximadamente 1 por cento, assim o máximo de radiação solar captada pelas plantas é de cerca de 5×10^3 quilocalorias por metro quadrado por ano (3).

São consideradas aqui sete categorias de uso de energia na propriedade rural. Os montantes de energia utilizada são apresentados na Tabela 1. Os valores indicados para máquinas agrícolas e tratores são somente para a fabricação de novas unidades e não incluem peças e manutenção das unidades já existentes. Os montantes indicados para utilização direta de combustível e consumo de eletricidade são um pouco altos porque incluem algum uso residencial pelo agricultor e sua família. Por outro lado, alguns usos dessas categorias não são relatados nos resumos usados para obter os valores para o combustível direto e uso da eletricidade. Estes e outros problemas semelhantes são discutidos nas referências. Observe o relativamente alto custo de energia associado à irrigação. Nos Estados Unidos, menos de 5 por cento da área cultivada é irrigada (1). Em alguns países onde a "revolução verde" está sendo tentada, o alto rendimento das novas variedades de plantas necessitam de irrigação, mas as culturas nativas não. Se fosse

esse o caso nos Estados Unidos, a irrigação seria o maior uso de energia nas propriedades rurais.

Pouco alimento percorre diretamente o caminho do campo até a mesa. O vasto complexo de processamento, embalagem e transporte tem sido agrupado em uma grande segunda subdivisão do sistema alimentar. As sete categorias da indústria de processamento estão listadas na Tabela 1. O consumo de energia para o transporte de alimentos deve ser parcialmente atribuído à fazenda, mas não temos feito até então, porque o cálculo dos valores de energia é mais fácil (e acreditamos mais precisa) se forem tomadas para todo o sistema.

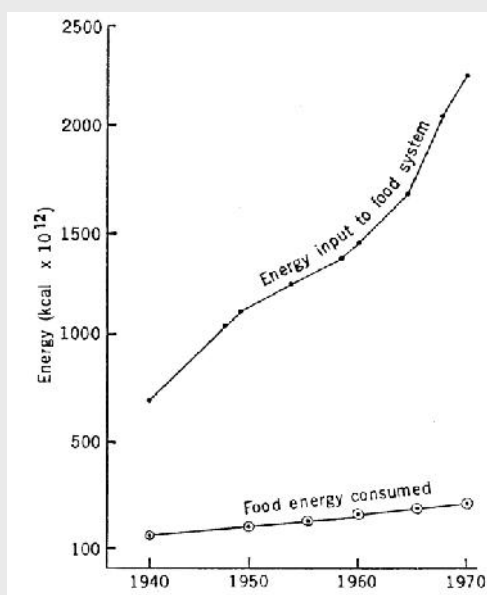


Fig. 1 O consumo de energia no sistema alimentar de 1940 até 1970, comparado com o conteúdo calórico dos alimentos consumidos.

Após o processamento de alimentos haverá ainda mais gasto de energia. Transporte

entra em cena novamente, e uma fração da energia usada para o transporte deve ser atribuído aqui. Mas há também os distribuidores, atacadistas e varejistas, cujo freezers, geladeiras, e muito estabelecimentos são parte integrante do sistema alimentar. Há também os restaurantes, escolas, universidades, presídios, e uma série de outras instituições envolvidas na aquisição, preparo, armazenamento e fornecimento de alimentos. Optamos por analisar apenas três categorias: a energia necessária para a refrigeração e cozinhar, e para a fabricação do equipamento de aquecimento e refrigeração (Tabela 1). Não fizemos nenhuma tentativa de incluir a energia utilizada em trajetos para a lojas ou restaurantes. Destinação do lixo também foi omitido, mas ele é persistente e crescente; uma característica do nosso sistema de alimentação. Doze por cento dos caminhões da nação exercem a atividade de eliminação de resíduos (1), dos quais uma parte substancial está relacionado à alimentação. Se não permanecer nenhuma dúvida que estas atividades, tanto as incluídos e as excluídos são uma característica essencial do nosso sistema alimentar atual, só precisamos perguntar o que aconteceria se todas pessoas tentassem viver sem um refrigerador ou freezer e fogão? Certamente, o sistema alimentar mudaria.

Tabela 1 e as referências relacionadas resumem os valores numéricos para uso de energia no sistema de alimentos nos EUA, de 1940 a 1970.

Como para muitas atividades nas décadas passadas, a história é uma de aumento contínuo. Os totais são apresentados na Figura 1, junto com o valor energético dos alimentos consumidos pela população. Os valores dos alimentos foram obtidos através da multiplicação do consumo calórico diário. As diferenças na ingestão calórica per capita ao longo deste período de 30 anos são pequenas (1), e a curva é primariamente uma indicação do aumento da população neste período.

Omissões e duplicações de Valores de Energia do Sistema Alimentar

Várias omissões, duplicações e sobreposições foram mencionadas. Vamos agora examinar os valores na Tabela 1 para a integralidade e tentar obter uma estimativa grosseira de sua exatidão numérica. O uso direto combustível e uso de eletricidade na fazenda pode ser exagerado por alguns montantes utilizados na casa do agricultor, que, pela nossa abordagem, não seriam todos a cargo do sistema alimentar. Mas cerca de 10 por cento da área total cultivada é mantido por empresas agrícolas para os quais a utilização direta de combustível e elétrica não está incluída em nossos dados. Outras estimativas dessas duas categorias são muito mais elevadas [ver Tabela 1 (15, 16)]. Nenhuma provisão foi feita para alimentos exportados, que têm o efeito de superestimar a energia utilizada em nosso sistema alimentar. Para os anos anteriores a 1960, os Estados

Unidos foi por vezes um importador líquido de alimentos, às vezes um exportador e, às vezes havia um equilíbrio nesta atividade. Mas durante este período, o fluxo líquido do comércio nunca foi mais que um pequeno percentual da produção agrícola total. Desde 1960, as exportações líquidas aumentaram para cerca de 20 por cento do produto agrícola bruto (1, 3). Os itens que compõem a vasta maioria das exportações foram os grãos não processados, farinha e outros produtos vegetais com pouco processamento. Importações incluem mais alimentos processados do que as exportações e significam gasto de energia fora dos Estados Unidos. Assim, a superestimativa de entrada de energia para o sistema de alimentação pode ser de 5 por cento, com um limite máximo de 15 por cento.

Há mais itens omitidos. Perdas de combustível a partir do poço ou sistema de prospecção até à utilização final total de 10 a 12 por cento (6). Isso representaria um acréscimo fixo de 10 por cento ou mais para os totais, mas nós não incluímos este item porque ele não é habitualmente atribuído a utilizações finais.

Computamos energia de transporte apenas para caminhões. Uma quantidade considerável de alimentos são transportados por trem e navio, mas esses itens foram omitidos porque o uso de energia é pequena em relação ao consumo de combustível do caminhão. Pequenas quantidades de alimentos são

transportados por via aérea, e, embora o transporte por via aérea tenha um gasto de energia intensivo, a quantidade de energia consumida total parece pequena. Nós rastreamos materiais de apoio até que eles já não podiam ser atribuídos ao sistema alimentar. Parte deste consumo de energia de transporte não é cobrado no transporte desses materiais de apoio. Estas omissões são inúmeras e difíceis de estimar, mas não há possibilidade delas aumentarem o total de mais de 1 ou 2 por cento.

Uma sub-estimativa mais grave do uso de energia ocorre com relação ao uso do veículo (com exceção dos transportes de mercadorias) sobre o negócio agrícola, relacionados com empresas do setor alimentar em estabelecimentos comerciais e industriais, e nas indústrias de apoio. Uma atenção especial para estimar essa categoria de uso de energia para 1968 sugere quantias da ordem de 5 por cento do total de energia utilizada no sistema. Esta estimativa estaria sujeita a uma incerteza de quase 100 por cento. Devemos estar satisfeitos para sugerir que um a 10 por cento devem ser adicionados aos totais nesta conta.

Eliminação de resíduos está relacionado com o sistema alimentar, pelo menos em parte. Optamos por não mensurar esta energia para o sistema alimentar, mas, se metade da atividade de eliminação de resíduos é tomada como consumo de alimentos, cerca de 2 por cento deverá ser adicionado a energia consumida pelo sistema alimentar. Nós não incluímos a energia para as

peças e manutenção de máquinas, veículos, edifícios ou mesmo madeira para a fazenda, indústria, ou o uso em embalagens. Essas atividades diversas não constituem um acréscimo muito grande de qualquer forma. Também excluímos a construção. Construção e substituição de estruturas de áreas agrícolas, indústrias de processamento de alimentos e de estabelecimentos comerciais, fazem parte diretamente do sistema alimentar. Construção de estradas é em alguma medida relacionada ao sistema de alimentação, uma vez que quase metade de todos os caminhões transportam alimentos e itens agrícolas [ver Tabela 1 (27)]. Mesmo construção de casas poderiam ser cobrados parcialmente ao sistema alimentar, pois o espaço, aparelhos e sanitários são, em parte, consequência do sistema alimentar. Se 10 por cento de habitação, 10 por cento da construção institucional (para as instituições com serviço de alimentação), e 10 por cento da construção da rodovia está incluído, cerca de 10 por cento do total da construção foi ligada à alimentação em 1970. Supondo que o consumo total de energia se divide da mesma forma que o Produto Interno Bruto (o que extrapola o uso de energia em construção), a adição ao total da Tabela 1 seria de cerca de 10 por cento ou 200×10^{12} kcal. Este cálculo é bruto e altamente simplificado, mas ele fornece uma estimativa da quantidade de energia envolvida. A energia utilizada para gerar as sementes altamente

especializadas e material animal foi excluído porque não há nenhuma maneira fácil de estimá-lo. Pimentel *et al.* (3) estima que 1.800 kcal são necessários para produzir 1 libra (450 gramas) de sementes de milho híbrido. Mas somando a este montante, deve se incluir o consumo de energia para todas as escolas de agricultura, estações experimentais agrícolas, a rede de distribuição de agentes agrícolas [um agente local disse que viaja mais de 50.000 milhas de automóvel (80.000 km) por ano em seu carro], o Departamento de Agricultura dos EUA, a extensiva escala do programa de pesquisa agrícola que permite permanecer à frente da pragas e doenças novas ameaças à nossa culturas alimentares altamente especializadas. Estas atividades são extensas, mas não podemos ver como eles poderiam adicionar mais alguns pontos percentuais para os totais na Tabela 1. Finalmente, não foi feita nenhuma tentativa de incluir o montante do uso do automóveis privados envolvidos no sistema de distribuição do varejista de casa, ou outras relacionadas com a utilização dos automóveis particulares para usos relacionados a alimentação. Rice (7) reporta $4,25 \times 10^{15}$ kcal para o custo de energia de automóveis em 1970, e compras constitui 15,2 por cento de todo o uso do automóvel (8). Se apenas metade das compras é o relacionada a alimentos, 320×10^{12} kcal de uso de energia está em questão aqui. Entre 8 e 15 por cento devem ser adicionados aos totais da

Tabela 1, dependendo apenas como desejar alocar esse item. É difícil ter uma abordagem que pudesse calcular totais menores, mas, dependendo do ponto de vista, os totais podem ser muito maiores. Se acumular as maiores estimativas dos parágrafos acima, bem como as reduções, o total poderá ser ampliado de 30 para 35 por cento, especialmente para os últimos anos. Como são, os valores de consumo de energia no sistema alimentar do quadro conta 1 para 12,8 por cento de os EUA o consumo de energia total em 1970.

Desempenho de um sistema industrializado de alimentos

A dificuldade do uso da história como um guia para o futuro ou até mesmo para o presente não está tanto no fato de que as condições mudam, e nós somos constantemente lembrados desse fato, mas que a história é só experimento um dos muitos que podem ter ocorrido. Os sistema alimentar dos EUA se desenvolveu como fez por uma série de motivos, muitos deles não compreendidos. Nós faríamos bem em examinar algumas das dimensões desta evolução, antes de tentar teorizar sobre como ele poderia ter sido diferente, ou como partes deste sistema alimentar pode ser transplantado em outro lugar.

Energia e produção de alimentos

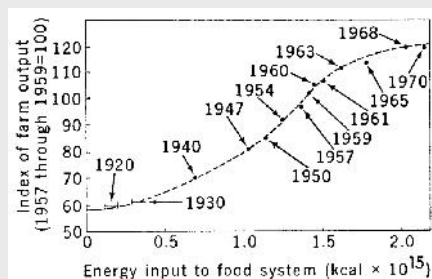


Fig 2 - Saída de energia na fazenda em função da entrada de energia para o sistema alimentar dos EUA de 1920 até 1970.

A figura 2 mostra as características do nosso sistema alimentar que não são facilmente vistos a partir de dados econômicos. A curva mostrada não tem nenhuma base teórica, mas é sugerida pelos dados como uma suavização de nossa própria história de aumentar a produção alimentar. É, no entanto, semelhante à maioria das curvas de crescimento e sugere que, apesar que o aumento de subsídios de energia para o sistema de alimentação tem aumentado a produção de alimentos, estamos perto do fim de uma era. Como a curva de crescimento logístico, há uma fase exponencial, que durou de 1920 até 1950 ou anterior ou 1955. Desde então, os incrementos na produção foram menores, apesar do crescimento contínuo do uso de energia. É provável que novos aumentos na produção de alimentos através de aumento do insumo energético serão mais e mais difíceis de encontrar. É claro que uma grande mudança no sistema alimentar poderia mudar as coisas, mas o

argumento avançado pelo otimismo tecnológico é que podemos sempre conseguir mais, se tivermos energia suficiente, e que grandes mudanças não são necessárias. Nossa história, a única que temos para examinar, não apoia esta visão.

Energia e trabalho no sistema alimentar

Um agricultor agora alimenta 50 pessoas, e a expectativa geral que o fator trabalho para a agricultura vai continuar a diminuir no futuro. Por trás dessa expectativa há a suposição de que a continuação da aplicação de tecnologia e energia – haverá substituição do trabalho na agricultura. A Figura 3 mostra o declínio histórico do trabalho em função da energia fornecida ao sistema de alimentação, mais uma vez a familiar curva em forma de S. O que isso implica é que é pouco provável que o aumento da entrada de energia para o sistema alimentar consiga uma maior redução na mão de obra agrícola a menos que alguma grande, outra alteração seja feita. O sistema alimentar que tem crescido neste período proporcionou muitos empregos que não existiam há 20, 30 ou 40 anos atrás. Talvez até a idéia de uma redução de mão de obra seja um mito quando o sistema alimentar é visto como um todo, em vez de somente a partir do ponto de vista do trabalhador agrícola.

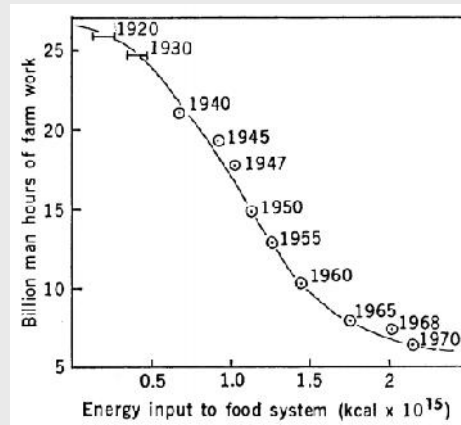


Fig 3 - Uso de mão-de-obra em fazendas como uma função de uso de energia no sistema alimentar.

Ao discutir os insumos para a propriedade rural, Pimentel *et al* (3) cita uma estimativa de dois trabalhadores de apoio à agricultura para cada pessoa realmente na fazenda. A estes devem ser adicionados empregos em indústrias de processamento de alimentos, na venda por atacado e varejo de alimentos, bem como em uma variedade de empresas de manufaturas que fazem parte do sistema alimentar. O agricultor de ontem é o enlatador, mecânico de trator, e garçom de fast-food de hoje. O processo de mudança tem sido doloroso para muitas pessoas. Os mais pobres das áreas rurais, que não conseguiam competir na crescente industrialização da agricultura, migraram para as cidades. No fim das contas encontraram outro emprego, mas deve-se perguntar se a mudança valeu à pena. A resposta para esta questão não pode ser obtida por análise de energia, nem por dados econômicos, porque levanta questões fundamentais sobre como as pessoas preferem viver suas vidas. Thomas Jefferson

sonhou com uma nação de pequenos agricultores independentes. Era um sonho bom, mas a sociedade não se desenvolveu nesse sentido. Também não podemos voltar no tempo para recuperar seu sonho. Mas, no planejamento e preparação para o nosso futuro, é melhor olharmos honestamente para a nossa história coletiva e, em seguida cada um de nós deve examinar cuidadosamente os sonhos dele.

O subsídio de energia para o sistema alimentar

Os dados na Figura 1 podem ser combinados para mostrar o subsídio de energia ao sistema alimentar no passado recente. Nós tomamos o conteúdo calórico dos alimentos efetivamente consumidos como medida do alimento fornecido. Esta não é a única medida do alimento fornecido, como a condição de muitos povos ao redor do mundo, pobres em proteína, claramente mostra. No entanto, a comparação entre a entrada e saída de calorias é uma maneira conveniente de comparar a nossa situação atual com o passado, e comparar o nosso sistema alimentar com os outros. A Figura 4 mostra a história do sistema alimentar dos EUA em termos do número de calorias de energia utilizado para produzir 1 caloria de alimento para o consumo real. É interessante e possivelmente ameaçador notar que não há indícios reais de que esta curva está nivelando. Parece que estamos aumentando a entrada de energia ainda mais. Dados incompletos de 1972 sugerem

que o aumento continuou inabalável. Um gráfico como o da Figura 4 poderia se aproximar de zero. Um ecossistema natural não possui nenhuma entrada de combustível, e aqueles povos primitivos que vivem da caça e da coleta têm apenas a energia de seu próprio trabalho para contar como entrada.

Algumas características econômicas do sistema alimentar os EUA.

Os mercados de commodities agrícolas nos Estados Unidos se aproximam mais que a maioria ao ideal de "mercado livre" dos economistas. Há muitos pequenos vendedores e muitos compradores e, portanto, nenhum indivíduo é capaz de afetar o preço por suas próprias ações no mercado. Mas a intervenção do governo pode alterar drasticamente qualquer mercado livre, e a intervenção do governo nos preços dos produtos agrícolas e, portanto, de alimentos tem sido uma característica proeminente do sistema alimentar dos EUA por pelo menos 30 anos. Entre 1940 e 1970, a renda agrícola total variou de US \$ 4,5 para US \$ 16,5 bilhões, e o rendimento nacional com origem na agricultura (que inclui a renda indireta da agricultura) variou de US \$ 14,5 para \$ 22,5 bilhões (1). Entretanto, programas de subsídios governamentais, principalmente garantias de preço agrícola e pagamento para não produzir (*Soil Banks*) bancos rurais, cresceram de US \$ 1,5 bilhão em 1940 para US \$ 6,2 bilhões em 1970. Em 1972 esses programas de subsídio

havam crescido para US \$ 7,3 bilhões, apesar da demanda externa de produtos agrícolas. Vistos de uma forma algo diferente, subsídios governamentais diretos foram responsáveis por 30 a 40% da renda agrícola e por 15 a 30% do rendimento nacional atribuível à agricultura para os anos desde 1955. Este argumento enfatiza mais uma vez a diferença marcante entre a descrição econômica da sociedade e os modelos econômicos utilizados para explicar o comportamento dessa sociedade.

Esta incursão nos subsídios de preços agrícolas e econômicos está relacionada às questões energéticas da seguinte maneira: em primeiro lugar, até onde sabemos, a intervenção governamental no sistema alimentar é uma característica de todos os países altamente industrializados (e, apesar da intervenção, os rendimentos agrícolas ainda tendem a ficar para trás das médias nacionais); segundo, a redução dos subsídios energéticos à agricultura (mesmo se pudéssemos administrá-los) pode diminuir a renda do agricultor. Uma das razões para este estado de coisas é que a demanda por quantidade de alimentos tem limites definidos, e a única maneira de aumentar o rendimento agrícola é então aumentar o preço unitário dos produtos agrícolas. Boicotes e protestos do consumidor no início da década de 1970 sugerem que há uma resistência considerável a este resultado.

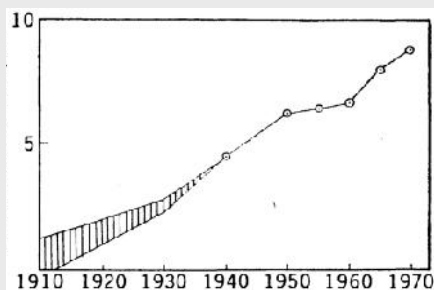


Figura 4. Subsídio de energia para o sistema de alimentação necessário para obter-se uma caloria de alimento.

A intervenção do governo no funcionamento do mercado de produtos agrícolas tem acompanhado o aumento do uso de energia na agricultura e no sistema de abastecimento de alimentos, e nós não temos nada além de pressupostos teóricos para propor que qualquer parte do sistema atual possa ser excluída.

Algumas implicações energéticas para o fornecimento de alimentos mundial

O sistema de fornecimento de alimentos dos Estados Unidos é complexo e interligado em uma economia altamente industrializada. Tentamos analisar esse sistema por causa de suas implicações para o uso de energia no futuro. Mas o mundo está com escassez de comida. Alguns anos atrás, era amplamente previsto que o mundo sofreria com a fome generalizada na década de 1970. A adoção de novas variedades de alto rendimento de arroz, trigo e outros grãos, tem levado alguns especialistas a prever que a ameaça dessas fomes esperadas agora pode ser evitada, talvez indefinidamente.

No entanto, apesar do aumento na produção de grãos em algumas áreas, o mundo ainda parece estar se dirigindo para a fome. A adoção destas novas variedades de grãos – apelidada esperançosamente de "revolução verde" – é uma tentativa de exportar uma parte do sistema de alimentos de energia intensiva dos países altamente industrializados para os países não industrializados. É uma experiência porque, embora o sistema alimentar como um todo não esteja sendo transplantado para novas áreas, uma pequena parte dele está. A revolução verde exige uma grande quantidade de energia. Muitas das novas variedades de grãos requerem irrigação onde as culturas tradicionais não precisavam, e quase todas as novas culturas exigem adubação extensiva.

Enquanto isso, os excedentes agrícolas da década de 1950 desapareceram quase totalmente. Escassez de grão na China e na Rússia têm atraído a atenção porque elas trouxeram o comércio exterior acima das barreiras ideológicas. Há outros países que provavelmente importariam uma quantidade considerável de grãos, se pudessem pagar por ela. Mas apenas quatro países podem vir a ter qualquer excesso substancial de produção agrícola na próxima década. Eles são Canadá, Nova Zelândia, Austrália e Estados Unidos. Nenhum destes está em uma posição de dar grãos para fora, porque cada um deles precisa do comércio exterior para evitar um balanço desastroso dos déficits de

pagamentos. Podemos ao invés disso, exportar os métodos da agricultura de energia intensiva ?

Agricultura de energia intensiva no exterior

É evidente que o sistema alimentar dos EUA não pode ser exportado sem modificação neste momento. Por exemplo, a Índia tem uma população de 550×10^6 pessoas. Alimentar o povo da Índia ao nível dos EUA, de cerca de 3000 calorias alimentares por dia (ao invés de seus presentes 2000), exigiria mais energia do que a Índia usa agora para todos os propósitos. Para alimentar o mundo inteiro com o sistema de alimentação dos EUA, quase 80% dos gastos de energia anuais do mundo seria exigido apenas para o sistema alimentar.

O recurso mais freqüentemente sugerido para sanar essa dificuldade é a exportação de métodos de aumento de produtividade da cultura e esperar o melhor. Temos de repetir tão claramente quanto possível que isto é uma experiência. Sabemos que o nosso sistema de alimentação funciona (embora com algumas dificuldades e avisos para o futuro). Mas não podemos saber o que acontecerá se pegarmos uma parte desse sistema e transplantá-la para um país pobre, sem a nossa base industrial de abastecimento, sistema de transportes, indústria de transformação, utensílios para armazenamento doméstico e preparação e, o mais importante de tudo, um nível de industrialização que permita

custos mais elevados para o alimento.

Fertilizantes, herbicidas, pesticidas e em muitos casos, máquinas e irrigação são necessários para o sucesso da revolução verde. De onde esta energia vem? Muitas das nações com os problemas mais graves de alimentação são os países com escassos suprimentos de combustíveis fósseis. Nas nações industrializadas, as soluções para os problemas de fornecimento de energia estão sendo procuradas na energia nuclear. Esta solução de tecnologia intensiva, mesmo se bem-sucedida em países avançados, possui problemas adicionais para os países subdesenvolvidos. Criar as bases da indústria e pessoas tecnologicamente sofisticadas nos seus próprios países estará além da capacidade de muitos deles. Aqui, novamente, esses países enfrentam a perspectiva de depender da boa vontade e políticas dos países industrializados. Uma vez que a alternativa poderia ser a fome, suas escolhas não são agradáveis e a irritação causada em seus benfeitores – entre eles nós – poderia crescer para proporções ameaçadoras. Seria confortável contar com nossas próprias boas intenções, mas as nossas boas intenções têm sido, por muitas vezes, indiferentes às necessidades dos outros. A questão não pode ser melhorada levemente. A paz mundial pode depender do resultado.

Escolhas para o futuro

O montante total de energia usada nas fazendas dos EUA para a produção de milho está agora perto de 10^3 kcal/m²/ano, e isso é mais ou menos usual para agricultura intensiva nos Estados Unidos. Com esta aplicação de energia temos alcançado rendimentos de 2×10^3 kcal/m²/ano de grãos utilizáveis – trazendo-nos quase a metade do limite fotossintético de produção. Aplicações extras de energia provavelmente produzirão pouco ou nenhum incremento neste nível de produtividade. De qualquer forma, nenhuma quantidade de pesquisa irá melhorar a eficiência intrínseca do processo de fotossíntese. Há outro fator limitante para o melhoramento da produtividade. A fé na tecnologia e na pesquisa tem nos cegado às vezes para as limitações básicas da planta e do material animal com o qual trabalhamos. Nós temos sido capazes de enfatizar características desejáveis já presentes no pool genético e de suprimir os outros que achamos indesejáveis. Por vezes o custo para o aumento da produção foi a perda de características desejáveis – rusticidade, resistência a doenças e efeitos climáticos adversos, e assim por diante. Quanto mais nos afastamos das características da planta original e de linhagens de animais, mais cuidado e energia são necessários. Precisam ser feitas escolhas na direção do melhoramento de plantas, e os limites das plantas e animais que usamos devem ser mantidos em mente. Não temos sido capazes

de alterar o processo fotossintético ou mudar o período de gestação de animais. A fim de ampliar ou alterar uma característica existente, nós provavelmente teremos que sacrificar alguma coisa no desempenho total da planta ou animal. Se a mudança requer mais energia, podemos terminar com uma solução que é muito cara para as pessoas que mais precisam dela. Esses problemas são intensificados encarecimento da energia no mercado mundial.

Qual o próximo lugar para procurar por comida?

Nosso exame nas páginas precedentes do sistema alimentar dos EUA, as limitações na manipulação dos ecossistemas e seus componentes, e os riscos da revolução verde como uma solução para o problema de abastecimento mundial de alimentos sugere uma perspectiva sombria para o futuro. Este complexo de problemas não deve ser subestimado, mas existem maneiras possíveis de evitar desastres e de atenuar as dificuldades mais graves. Estas sugestões não são muito dramáticas e podem ser difíceis de serem aceitas pelo público.

A Figura 5 mostra a relação do subsídio energético para a energia produzida para uma série de alimentos amplamente utilizados em uma variedade de tempos e culturas. Para efeito de comparação, o padrão global para o sistema alimentar dos EUA é mostrado, mas a

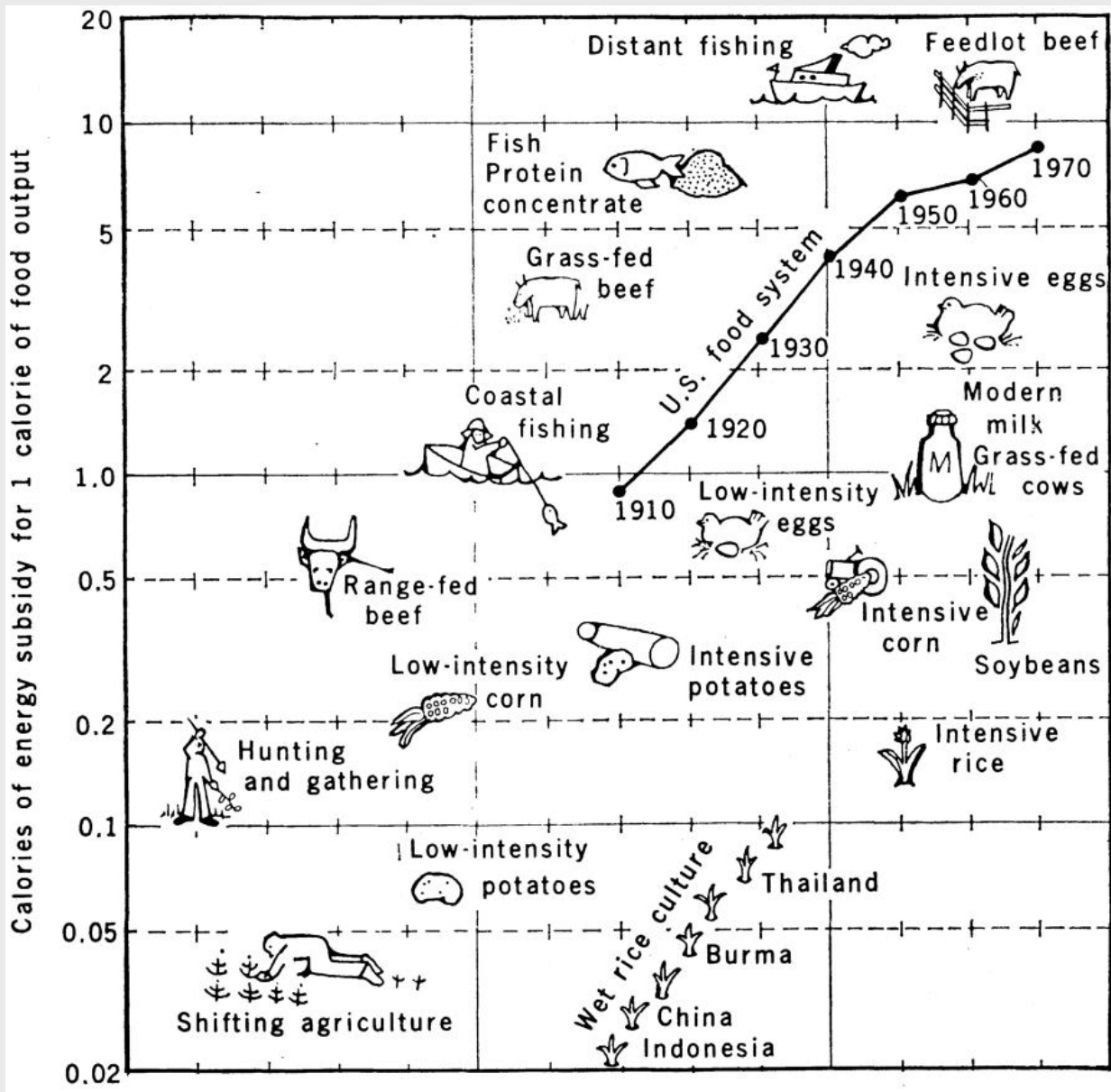


Figura 5. Subsídios de energia para as culturas de alimentos diversos. A história da energia do sistema alimentar dos EUA é mostrada para comparação. [Fonte dos dados: (31)]

comparação é apenas aproximada, pois, para a maioria das culturas específicas, a entrada de energia termina na fazenda. Como foi salientado, é um longo caminho da fazenda à mesa nas sociedades industrializadas. Vários aspectos são imediatamente aparentes e coincidem com as expectativas. Alimentos ricos em proteína, como leite, ovos e especialmente carne, têm um retorno de energia

muito mais pobre do que alimentos de origem vegetal. Como a proteína é essencial para a dieta humana e o equilíbrio de aminoácidos necessários para uma boa nutrição não é encontrado na maioria dos grãos de cereais, não podemos dar o passo de abandonar as fontes de carne completamente. A Figura 5 mostra o quão improvável é que, se aumentados, a pesca ou o

concentrado protéico de peixe vão resolver os problemas mundiais de alimento. Mesmo que deixemos de lado a questão da incerteza se o peixe está disponível - um ponto em que as opiniões dos especialistas diferem um pouco - seria difícil imaginar, com os preços crescentes de energia, que o concentrado de proteína de peixes será nada mais do que um subproduto da

indústria da pesca, pois ele requer mais que o dobro da energia de produção de carne de bovinos alimentados com capim, ou ovos (9). A pesca distante é ainda menos provável para resolver os problemas alimentares. Por outro lado, a pesca costeira tem relativo baixo energético. Infelizmente, sem o benefício da análise acadêmica, pescadores e donas-de-casa há tempos já sabiam disso, e as pescas costeiras são ameaçadas pela sobrepesca e poluição.

A posição da soja na Figura 5 pode ser crucial. A soja possui o melhor equilíbrio de aminoácidos e teor de proteína das culturas amplamente cultivadas. Isso é conhecido há muito tempo pelos japoneses, que fizeram da soja um pilar importante de sua dieta. Existem outras plantas, possivelmente melhor adaptadas aos climas locais, que têm proporções adequadas de aminoácidos em suas proteínas? Existem cerca de 80.000 espécies comestíveis de plantas, das quais apenas 50 são ativamente cultivadas em larga escala (e 90% da produção do mundo vêm de apenas 12 espécies). Podemos ainda ser capaz de encontrar espécies que podem contribuir para a oferta mundial de alimentos.

A mensagem da figura 5 é simples. Em culturas "primitivas", 5 a 50 calorias alimentares eram obtidas para cada caloria de energia investida. Algumas culturas altamente civilizadas fizeram tão bem quanto e por vezes ainda melhor. Com grande contraste, os sistemas de alimentos industrializados precisam de 5 a 10 calorias de

combustível para obter uma caloria de alimento. Devemos prestar atenção a essa diferença – especialmente se os custos de energia aumentarem. Se alguns dos subsídios de energia para a produção de alimentos pudessem ser supridos no local, fontes renováveis – principalmente Sol e vento – nós talvez possamos estar aptos para continuar um sistema de alimentos de energia intensiva. Caso contrário, as escolhas parecem ser ou uma produção de alimentos de energia intensiva ou fome para muitas áreas do mundo.

Redução de energia na agricultura

É possível reduzir a energia exigida pela agricultura e pelo sistema alimentar. Uma série de propostas pensadas por Pimentel e seus associados (3) merece grande atenção. Muitas dessas propostas ajudariam a melhorar os problemas ambientais, e quaisquer reduções no uso de energia trariam uma redução direta de poluentes, devido ao consumo de combustível, bem como mais tempo para resolver os nossos problemas de abastecimento de energia.

Primeiro, devemos fazer mais uso de adubos naturais. Os Estados Unidos têm um problema de poluição por dejetos oriundos de confinamentos de animais, mesmo com a aplicação de grandes quantidades de fertilizantes fabricados aos campos. Mais de 10^6 kcal/acre (4×10^5 kcal/hectare) poderiam ser poupadas substituindo esterco ao invés de adubo fabricado (3) (como benefício, a condição do solo seria melhor). O amplo

aumento do uso de adubo natural vai exigir a descentralização das operações de confinamento, de modo que o esterco é gerado mais perto do ponto de aplicação. A descentralização pode aumentar os custos de confinamento, mas, com o aumento dos preços da energia, as operações de confinamento vão rapidamente se tornar mais caras de qualquer forma. Embora o uso de esterco possa ajudar a reduzir o consumo de energia, há atualmente muito pouco para substituir todos os fertilizantes comerciais no presente (10). A rotação de culturas é menos praticada do que era até 20 anos atrás. Maior utilização de rotação de culturas ou o plantio de leguminosas de cobertura de inverno (que fixam nitrogênio como adubo verde) pouparia $1,5 \times 10^6$ kcal/acre em comparação com o uso de fertilizantes comerciais.

Em segundo lugar, o controle de plantas daninhas e pragas pode ser realizado com um custo muito menor de energia. **Uma poupança de energia de 10% no controle de plantas daninhas pode ser obtida pelo uso da enxada rotativa duas vezes** no cultivo em vez da aplicação de herbicidas (novamente com a redução da poluição como um benefício extra). Controle biológico de pragas, ou seja, o uso de machos estéreis, introdução de predadores e afins exige apenas uma pequena fração da energia de fabricação e aplicação de pesticidas. Uma mudança para uma política de "tratar quando e onde for necessário" a aplicação de pesticidas traria uma redução de 35 a 50% no uso de pesticidas. A aplicação manual de pesticidas exige mais trabalho do que a

aplicação por máquinas ou aérea, mas a energia para a aplicação é reduzida de 18.000 a 300 kcal por acre (3). Alteração nos padrões estéticos, que em nada alteram o sabor ou a comestibilidade dos alimentos, também podem trazer uma redução substancial do uso de pesticidas.

Em terceiro lugar, melhoristas de plantas podem prestar mais atenção a rusticidade, resistência a doenças e pragas, redução de umidade (para acabar com o desperdício de gás natural na secagem de culturas), necessidade reduzida de água e aumento no teor de proteína, mesmo que isso signifique alguma redução no rendimento global. No longo prazo, plantas não amplamente cultivadas agora podem receber muita atenção e esforços de melhoramento. Parece improvável que as culturas que têm sido mais úteis em climas temperados serão as mais adequadas para os trópicos, onde uma grande parcela das populações subnutridas do mundo vive agora.

Uma sugestão dramática, abandonar a agricultura química por completo, foi feita por Chapman (11). Sua análise mostra que, se a agricultura química terminasse, haveria uma grande redução de rendimento por acre, fazendo com que a maior parte da terra que recebe para não ser cultivada (*Soil Banks*) tivesse que ser posta novamente na agricultura. No entanto, a produção cairia apenas 5% e os preços agrícolas aumentariam 16%. Mais dramaticamente, o rendimento agrícola aumentaria 25%, e quase todos os programas de subsídio teriam fim. Um

conjunto de proposições semelhantes tratados com técnicas de programação linear na Universidade Estadual de Iowa resultou em um conjunto essencialmente similar de conclusões (12).

O uso direto de parques de energia solar, um retorno à energia eólica (moinhos de vento modernos estão em uso na Austrália agora), e a produção de metano a partir de esterco são todas possibilidades. Estes métodos exigem um pouco de engenharia para se tornarem economicamente atraentes, mas deve-se enfatizar que estas tecnologias são melhor compreendidas agora do que a tecnologia de reatores de fissão nuclear de alto rendimento. Se os preços de energia aumentarem, estes métodos de geração de energia seriam alternativas atraentes, mesmo com os custos atuais de implementação.

Redução de energia no sistema alimentar dos EUA

Além da fazenda, mas ainda longe da mesa, mais economia de energia ainda pode ser introduzida. A maneira mais eficaz para reduzir a grande necessidade de energia do processamento de alimentos seria consumir alimentos menos processados. A aversão atual dos jovens para o pão branco macio e carregado de aditivos, manteiga de amendoim hidrogenada e alguns outros alimentos processados pode pressagiar tal mudança se isso for mais do que uma moda passageira. Mudanças tecnológicas podem reduzir o consumo de energia, mas a adoção de métodos de menor

energia seria mais acelerada pelo aumento dos preços da energia, o que tornaria mais rentável reduzir o consumo de combustível.

As embalagens há muito tempo já deixaram de ser apenas segurar uma quantidade adequada de alimentos juntos e dar a eles uma mínima proteção. Podem ser necessários controles legislativos para reduzir a competição dos fabricantes no valor e nas despesas de embalagens. De qualquer forma, a reciclagem de embalagens de metal e uma maior utilização de garrafas retornáveis poderiam reduzir esse grande número de utilização de energia.

A tendência para o uso de caminhões no transporte de alimentos, com a quase exclusão de trens, deve ser revertida. Ao reduzir os subsídios diretos e indiretos para caminhões nós podemos melhorar muito a competitividade dos trens.

Finalmente, podemos nos perguntar se as grandes geladeiras *frost-free* são necessárias, e se um monte de utensílios de cozinha realmente significam menos trabalho ou apenas a mesma quantidade de trabalho a um nível diferente.

As rotas de entrega das lojas, até mesmo por caminhão, exigiam apenas uma fração da energia usada por carros para comprar comida. Trânsito rápido, dando alguma atenção aos problemas com os clientes com encomendas, seria ainda mais eficiente em termos energéticos. Se insistirmos em um sistema de alimentação de alto consumo de energia, devemos considerar começar com carvão, óleo, lixo ou qualquer

outra fonte de hidrocarbonetos – e produzir em fábricas bactérias, fungos e leveduras. Estes produtos podem ser aromatizados e coloridos de forma adequada para gostos culturais. Esse sistema seria mais eficiente no uso de energia, resolveria problemas com resíduos e permitiria que grande parte ou todo o terreno agrícola voltasse ao seu estado natural.

Energia, preços e fome

Se os preços da energia subirem, como eles já começaram a fazer, o aumento do preço dos alimentos em sociedades com uma agricultura industrializada pode vir a ser ainda maior do que os aumentos dos preços da energia. Slessor, ao examinar o caso da Inglaterra, sugere que uma quadruplicação dos preços da energia nos próximos 40 anos geraria um aumento de cerca de seis vezes nos preços dos alimentos (9). Até mesmo pequenos aumentos nos custos de energia podem tornar rentável aumentar a mão de obra para a produção de alimentos. Essa inversão de uma agricultura de energia intensiva com uma tendência de 50 anos apresentaria benefícios ambientais como um bônus.

Tentamos mostrar como a análise do fluxo de energia no sistema alimentar ilustra características do sistema de alimentação que não são facilmente deduzidas a partir da análise usual econômica. Apesar de algumas sugestões para oferta de alimento de menor intensidade e algumas sugestões bastante especulativas, seria difícil concluir com uma nota de otimismo. A diminuição mundial de reservas de cereais, que

começou em meados da década de 1960 continua, e alguma escassez de alimentos provavelmente fará parte de toda a década de 1970 e início dos anos 1980. Mesmo que as medidas de controle da população comecem a limitar a população mundial, a maré crescente de pessoas famintas estará conosco por algum tempo.

Comida é basicamente um produto líquido de um ecossistema, porém simplificado. A produção de alimentos começa com um material natural, embora modificado depois. Injeções de energia (e até mesmo cérebros) nos trouxeram até este ponto até agora. Se a população não consegue ajustar o que com o mundo em que ela vive, há pouca esperança de resolver o problema da alimentação para a humanidade. Nesse caso, a escassez de alimentos resolverá nosso problema de população.