

Estratégias energéticas para países desenvolvidos e em desenvolvimento *

JOSÉ GOLDEMBERG **

1 — A natureza da crise de energia

Os problemas energéticos das últimas décadas do século XX provavelmente passarão à história como problemas transitórios de sociedades que ligaram seu crescimento e desenvolvimento ao consumo de combustíveis fósseis insubstituíveis. A Tabela 1 fornece uma visão geral do consumo por tipo de energia para regiões e países selecionados.

Com a taxa anual de crescimento de 2,1%,¹ a população mundial atingirá 10 bilhões por volta do ano 2010; se nessa época o consumo *per capita* de energia for 12,8 TEC (Toneladas Equivalentes de Carvão) — ou seja, o consumo atual do americano médio — o consumo total de energia por ano será aproximadamente de 128×10^9 TEC.

A essa taxa de consumo, os depósitos de carvão, petróleo e gás natural atualmente conhecidos não durariam mais de 60 anos, mas bem antes disso ocorreria escassez e conseqüente aumento de preços. O problema energético mundial consiste, portanto, no fato de que a maior parte da energia consumida vem de combustíveis fósseis disponíveis apenas em quantidades limitadas.

Porém, essa enorme quantidade de energia (128×10^9 TEC) poderia ser produzida, em princípio, a partir de fontes renováveis. Basta apontar que esse fluxo anual de energia corresponde à energia

* Trabalho realizado em 1977, no Center for Environmental Studies, Princeton University, em consultas com Robert H. Williams.

** Professor do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

¹ Theodore B. Taylor, "World Energy Alternatives" (Princeton University, s.d.), mimeo.

TABELA 1

Consumo de energia de regiões e países selecionados na década de 70

Regiões	População (Bilhões)	Bilhões de TEC/Ano			Energia Per Capita	
		Comercial	Não Comercial ^a	Total	TEC/cap.	kcal/dia
Mundo.....	4,0	7,4	1,5	8,9	2,23	42.500
Países Desenvolvidos...	1,05	6,1	—	6,1	5,8	110.000
Países em Desenvolvimento ^b	2,95	1,3	1,5	2,8	0,95	18.000
Países de Renda Média ^c	0,55	0,37	...	0,37	0,67	12.700
Países de Renda Baixa ^d	8,89	0,16	...	0,16	0,18	3.400
Brasil.....	0,11	0,10	0,03	0,13	1,2	22.800
Índia.....	0,6	0,16	0,2	0,36	0,6	11.000
China.....	0,878	0,377	...	0,377	0,384	7.100
Bangladesh.....	0,08	0,002	0,007	0,009	0,12	2.300
Estados Unidos.....	0,214	2,7	—	2,7	12,8	243.000

FONTES: Para as regiões, Taylor, *op. cit.*; para o Brasil, Ministério das Minas e Energia, *Balanco Energético Nacional* (Brasília, 1977); para a Índia, P. D. Henderson, *India: The Energy Sector* (Oxford University Press, 1975); para a China, Vaclav Smil, *China's Energy Achievements, Problems, Prospects* (Nova York: Praeger, 1976); para Bangladesh, Asian Development Bank, *Bangladesh Energy Study* (novembro de 1976); e, para os Estados Unidos, Taylor, *op. cit.*

^aPrincipalmente lenha, detritos vegetais e esterco.

^bCompreende países de renda média (*per capita* entre US\$ 200 e US\$ 1.200, a preços de 1972) e baixa (inferior a US\$ 200 de 1972). Ver Wilfred Owen, "Automobiles and Cities: Strategies for Developing Countries", IBRD Bank Staff Working Paper n.º 162 (International Bank for Reconstruction and Development, 1973).

^cCompreende todos os países da América Latina, nove na Ásia Oriental (Fiji, Hong-Kong, Coreia do Sul, Malásia, Nova Guiné, Filipinas, Cingapura, Formosa e Tailândia) e 23 na África e Ásia Ocidental (Angola, Barem, Camarões, República Popular do Congo, Chipre, Egito, Gana, Israel, Costa do Marfim, Jordânia, Líbano, Libéria, Mauritânia, Marrocos, Moçambique, Oman, Rodésia, Senegal, Síria, Tunísia, Turquia, República Democrática do Iêmen e Zâmbia).

^dCompreende sete países no Sudeste da Ásia (Afeganistão, Bangladesh, Burma, Índia, Nepal, Paquistão e Sri-Lanka) e 20 na África (Burundi, República Centro-Africana, Chade, Daomé, Etiópia, Guiné, Quênia, Madagascar, Malavi, Mali, Níger, Ruanda, Serra Leoa, Somália, Sudão, Tanzânia, Togo, Uganda, Alto Volta e Zaire).

solar que atinge apenas 2,5% da superfície da Terra, utilizada com 20% de eficiência.

Na realidade, os problemas de suprimento energético no mundo não são mais graves no presente, precisamente em virtude da extrema variação do consumo de energia em diferentes regiões, como é indicado na Tabela 1. O consumo anual *per capita* varia de 0,18 TEC nos países de renda mais baixa a 0,6 na Índia e a 12,8 nos Estados Unidos, com uma média mundial de 2,23 TEC. Do orçamento energético mundial total ($8,9 \times 10^9$ TEC), 69% são consumidos nos países desenvolvidos, os quais possuem apenas 25% da população total. Os Estados Unidos, com 5,3% da população mundial, consomem mais de 30% da energia usada no mundo.

É muito duvidoso que essas variações persistam por muitas décadas, devido às mudanças sociais e políticas que ocorrem no mundo. À medida que os países mais pobres se desenvolvem, tende a aumentar sua participação no orçamento mundial de energia, o que aumenta a concorrência pelas reservas de combustível fóssil, que não são muito grandes. Essa tendência para uma “equalização” dos níveis de consumo de energia é muito forte e, se não for dirigida de maneira satisfatória, certamente gerará conflitos na corrida para conseguir o acesso e/ou controle dos combustíveis fósseis.

Podem-se imaginar duas soluções para esse problema, que podem ser consideradas como simplificações extremas: a) tentar preservar a posição privilegiada dos países desenvolvidos em relação aos menos desenvolvidos, no que concerne ao consumo da energia; e b) tentar modificar de maneira racional o curso da evolução, no que diz respeito ao consumo de energia, em todos os países, desenvolvidos e em desenvolvimento.

A primeira solução é que está em vigor atualmente e corresponde a um tipo de política de *laissez faire*. No entanto, está condenada ao fracasso porque a disseminação das tecnologias de consumo intensivo de energia é estimulada pelas grandes empresas comerciais e industriais de países desenvolvidos em atuação nos em desenvolvimento. Como consequência, o acesso a essas tecnologias intensivas em energia tornou-se meta fortemente desejada pelas lideranças locais de muitos desses países. O aumento de número de países em desenvolvimento “avançados” que insistem em ter acesso a *toda* a tecnologia moderna (incluindo-se armas nucleares em alguns casos) prova que não é mais possível uma sociedade “paternalista”.

A segunda solução é mais realista e, conforme será demonstrado, equivale basicamente à evolução para uma “civilização solar”,² pelo menos para algumas partes do mundo.

Felizmente, a “armadilha do combustível fóssil” e os hábitos desregrados de consumo de energia das nações industrializadas ainda podem ser evitados em muitos países, sem lhes destruir as esperanças de desenvolvimento.

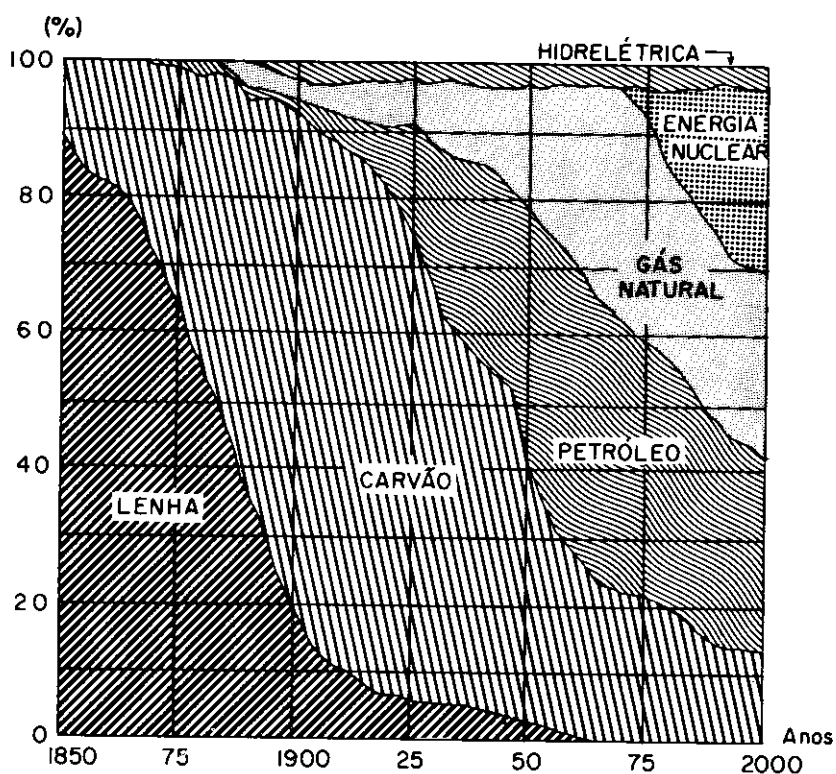
² Frank von Hippel e Robert H. Williams, “Towards a Solar Civilization”, in *Bulletin of the Atomic Scientists* (outubro de 1977).

Isto pode ser visto claramente se examinarmos os perfis de consumo de energia dos Estados Unidos³ e Brasil,⁴ tomados como exemplos de países desenvolvidos e em desenvolvimento (Gráficos 1 e 2).

A lenha, que era a fonte dominante de energia nos Estados Unidos até o fim do século passado, foi substituída pelo carvão (que dominou até o início da II Guerra Mundial). Desde então, o pe-

Gráfico 1

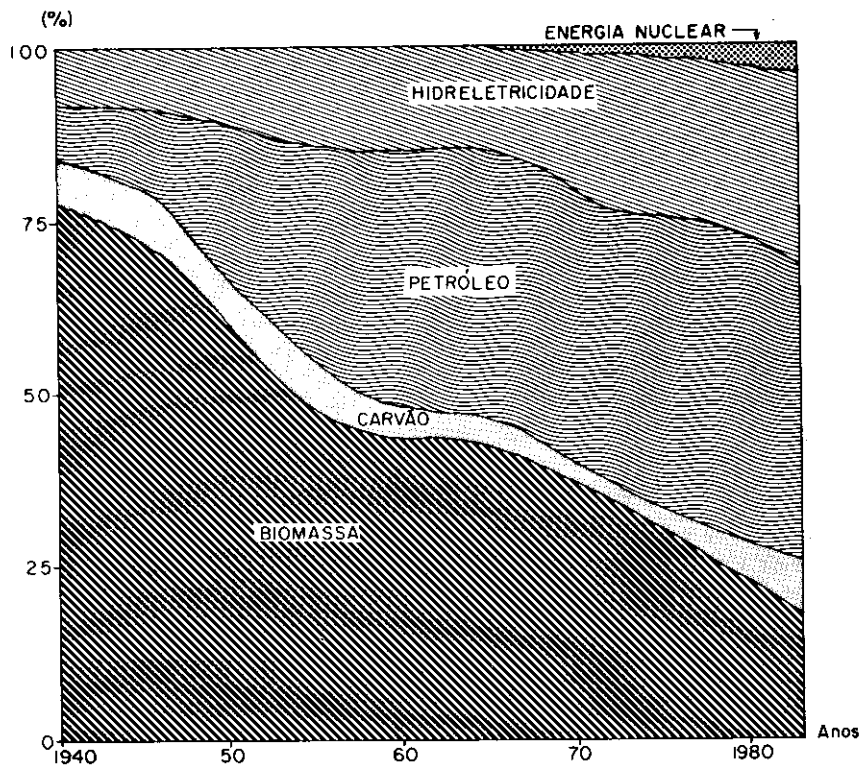
FONTES DE ENERGIA NOS ESTADOS UNIDOS



³ Earl Cook, "The Flow of Energy in an Industrial Society", in *Scientific American* (setembro de 1971).

⁴ Julius A. Wilberg, "Consumo Brasileiro de Energia", in *Energia Elétrica*, vol. 17, n.º 27 (1974).

Gráfico 2
FONTES DE ENERGIA NO BRASIL



tróleo e o gás natural passaram a dominar, sendo responsáveis por cerca de 80% da energia consumida nos Estados Unidos.

Por outro lado, a biomassa (lenha, resíduos de colheitas, bagaço, etc.) predominou no Brasil até 1950, mas depois seu papel foi suplantado pelo petróleo, a maior parte importada. O consumo de biomassa em números absolutos não mudou muito no Brasil nestes últimos anos (na realidade aumentou). O que mudou foi sua importância em relação às outras fontes de energia.

Enquanto as fontes comerciais (principalmente petróleo) triplicaram, as não comerciais cresceram aproximadamente 30%. Isto signi-

fica que a população rural, principal consumidora de biomassa, não modificou seus padrões de consumo nem aumentou muito seu consumo *per capita*. Os centros urbanos é que mudaram, tendo em vista que cresceram explosivamente. Nesses centros, a população abandona o uso de biomassa e começa a usar outras fontes de energia (principalmente petróleo e eletricidade) em quantidades maiores do que as consumidas pelas populações rurais.

Isto, é claro, decorre da diferença de renda *per capita* entre o campo e a cidade. Numa escala mundial, a renda *per capita* nas grandes cidades tende a ser duas a três vezes maior que a renda média do país.

A “mudança para o petróleo” ocorreu no Brasil pelo menos 25 anos depois de ter-se iniciado nos Estados Unidos, acompanhada pela implantação de uma grande indústria automobilística e de um parque industrial razoavelmente moderno, trazendo certas vantagens, bem como as conhecidas conseqüências desagradáveis: ênfase no transporte rodoviário, deterioração da vida urbana e problemas de poluição. Estes são, contudo, eventos bastante recentes e não levaram ao completo abandono da biomassa, fonte de energia ainda responsável por aproximadamente 30% das necessidades energéticas do País (e praticamente toda a energia consumida pela população rural). A energia hidrelétrica também manteve sua participação, e sua importância tem crescido lentamente.

Muitos outros países em desenvolvimento apresentam perfis semelhantes, mas não avançaram tanto no rumo da “era do petróleo”. Uma mudança maciça para o petróleo é inimaginável no momento, por causa dos problemas conhecidos com este produto. Embora alguns países possam descobrir petróleo (ou carvão) e, portanto, basear seu desenvolvimento em combustíveis fósseis nas próximas décadas, isto não será possível em escala mundial.

As fontes não comerciais de energia são extremamente importantes nos países em desenvolvimento e predominantes em muitos casos. Essas fontes existem e são acessíveis à população que vive nos campos, em pequenas aldeias e nos subúrbios das grandes cidades, e somente quando as pessoas emigram das regiões rurais para outras onde não há combustíveis não comerciais disponíveis é que se faz a mudança para fontes comerciais.

Um dos aspectos mais surpreendentes do uso atual de combustíveis não comerciais é que eles são empregados muito ineficientemente e com tecnologia primitiva. Existem boas oportunidades de se introduzir tecnologia mais eficiente não apenas em sociedades industrializadas,⁵ mas também nas regiões rurais dos países em desenvolvimento, o que pode aliviar substancialmente os problemas energéticos dessas regiões sem criar dependência de fontes externas.

O que parece claro na discussão acima é que deve ser possível formular estratégias energéticas capazes de modificar o perfil de consumo de diferentes países de maneira coerente com um melhor uso de seus recursos renováveis. Isto é também verdadeiro e desejável nos Estados Unidos, mas poderia ser mais fácil consegui-lo primeiro nos países menos desenvolvidos, ainda não totalmente comprometidos com grandes instalações centralizadas para produção (e consumo) de energia.

Investigaremos aqui essas possibilidades, usando freqüentemente o caso do Brasil como exemplo e tentando formular sugestões de política aplicáveis aos países em desenvolvimento e desenvolvidos.

Como se tornará evidente, não existem soluções universais, mas métodos descentralizados de uso e produção de energia poderiam melhorar a qualidade de vida em regiões rurais, enquanto a produção de grandes quantidades de hidreletricidade ou etanol poderá vir a ser essencial à preservação do atual estilo de vida urbana.

2 — Dados básicos sobre oferta e demanda de energia

Para entender as diferenças — e semelhanças — entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, é útil rever alguns dos dados disponíveis sobre oferta e demanda de energia em países selecionados. Dentre os desenvolvidos foram considerados Canadá, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Itália, Japão, Holanda, Noruega, Sué-

⁵ Marc H. Ross e Robert H. Williams, "The Potential for Fuel Conservations", in *Technology Review* (fevereiro de 1971).

cia, Inglaterra e Estados Unidos para os quais existem dados numa série de estudos. Como referência geral usamos a informação contida no estudo denominado *WAES*,⁶ onde a economia é dividida num conjunto de setores (transporte, industrial, residencial, etc.) e as fontes de energia classificadas como carvão, petróleo, etc.

É claro que informação desagregada nesta forma não é encontrada com facilidade para os países em desenvolvimento, exceto para o México, que foi incluído no estudo *WAES*. É importante salientar que apenas fontes comerciais de energia são incluídas nos estudos que comparam usos de energia em diferentes países e/ou consumo nos diferentes setores da economia. Este é o caso do estudo *WAES*.

Com essa qualificação, os Gráficos 3 e 4 mostram a oferta e demanda de energia dos países desenvolvidos e quatro em desenvolvimento: Índia, Brasil, Bangladesh e China. O que chama a atenção nesses gráficos é que os perfis de oferta e procura não diferem muito nos países considerados, sendo digno de nota o fato de o petróleo ser o combustível dominante (responsável por mais de 50% da energia em todos os casos, exceto na China, onde é predominante o carvão).

Porém, a situação muda realmente quando se leva em conta fontes não comerciais de energia (ver Tabela 2) nos poucos casos em que são conhecidas (Índia, Brasil, China e Bangladesh) ou foram estimadas (países da África Oriental e América Central). O Gráfico 5 mostra a demanda de energia nos diferentes setores da economia, incluindo fontes comerciais e não comerciais. Introduzimos aqui um país desenvolvido "padrão", obtido tirando-se a média dos perfis de demanda dos países desenvolvidos dados no Gráfico 4 (para os quais as fontes não comerciais são desprezíveis), e agrupamos num só os setores residencial, comercial, público, pesca e agricultura. Apesar do fato de que uma média ponderada (usando como pesos a energia total consumida por país) talvez fosse melhor, este procedimento daria um peso muito dominante nos Estados Unidos. Uma média simples leva mais em conta as diferenças de geografia e estilos de vida dentro dos países desenvolvidos.

⁶ *Workshop on Alternative Energy Strategies: Technical Report: I, II, III* (Cambridge: The MIT Press, 1976).

Gráfico 3

COMPOSIÇÃO DA OFERTA DE ENERGIA

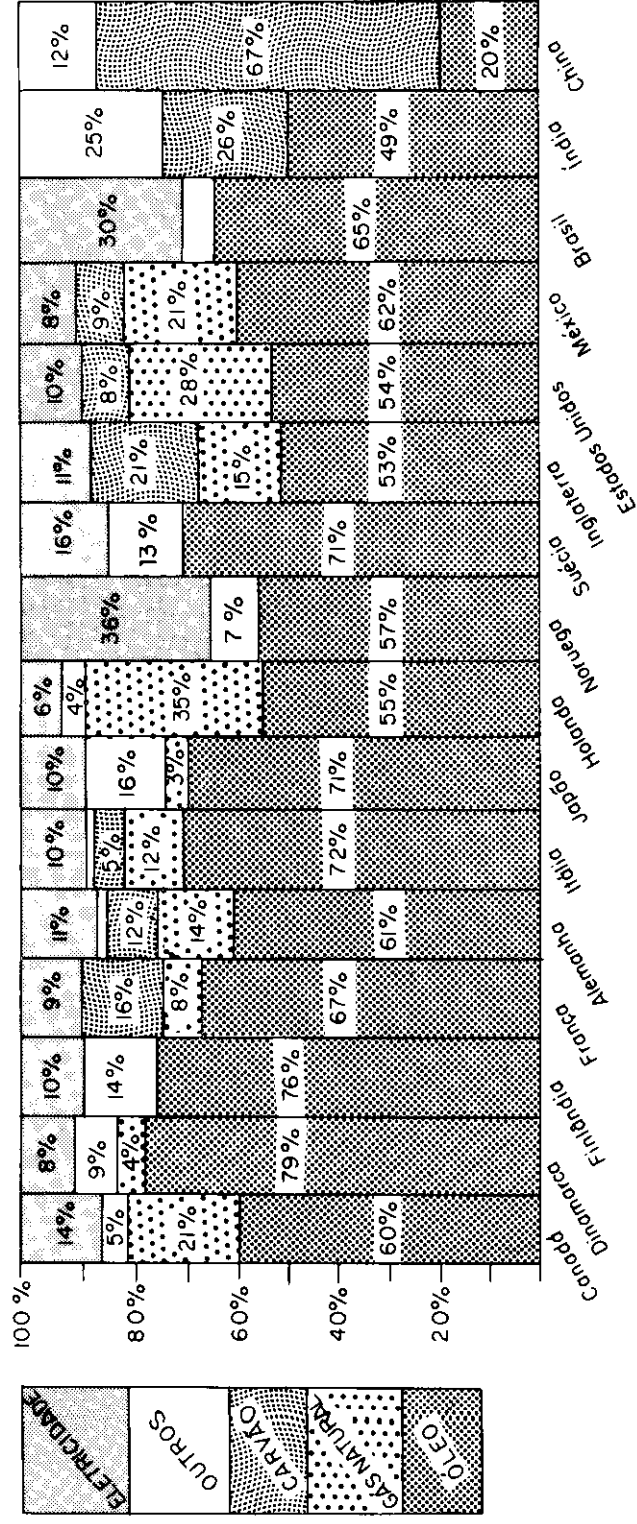


TABELA 2

Fontes comerciais e não comerciais: consumo de energia nos países em desenvolvimento

(%)

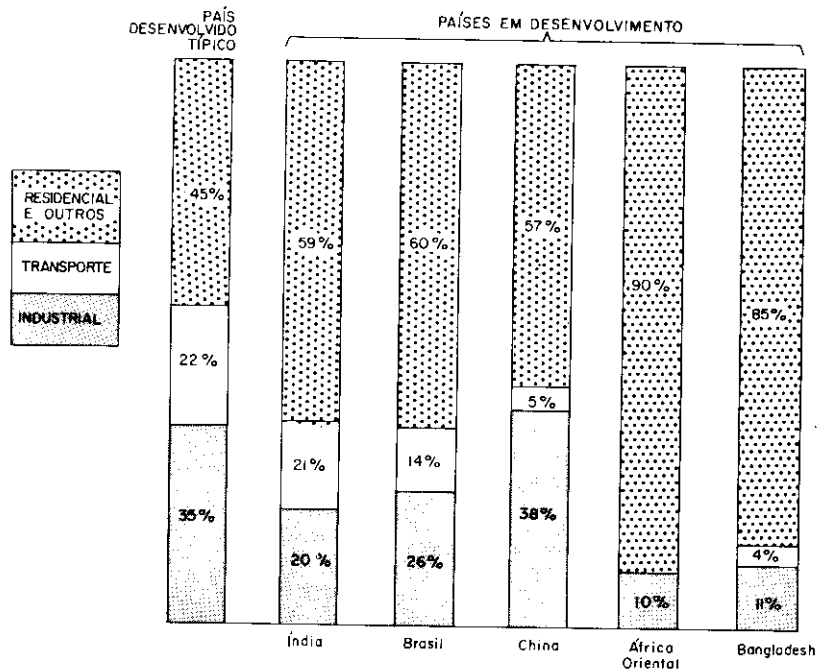
	Comercial	Não Comercial	Total
Índia.....	48	52	100
Brasil.....	70	30	100
China.....	70	30	100
África Oriental.....	10	90	100
Bangladesh.....	26	74	100
Costa Rica.....	69	31	100
El Salvador.....	54	46	100
Guatemala.....	52	48	100
Honduras.....	52	48	100
Nicarágua.....	64	36	100
Panamá.....	81	19	100

FONTES: Para a Índia, Henderson, *op. cit.*; para o Brasil, Ministério das Minas e Energia, *op. cit.*; para a China, Smil, *op. cit.*; para a África Oriental, Amulya Kumar N. Reddy, "Energy Options for the Third World", a sair em *Bulletin of the Atomic Scientists*; para Bangladesh, Asian Development Bank, *op. cit.*; e, para os demais países, Alan B. Strout, "Energy and Economic Growth in Central America", in *Annual Review of Energy*, vol. 2 (1977).

A maior diferença entre os perfis de demanda dos países desenvolvidos e em desenvolvimento é a importância bem maior do setor interno nos países em desenvolvimento, que é responsável por pelo menos 60% da energia total consumida (90% na África Oriental e 85% em Bangladesh), comparada com aproximadamente 40% nos países desenvolvidos. Isso reflete o perfil da demanda que intuitivamente se espera dos menos desenvolvidos, mas que não é evidente no Gráfico 4, que mostra apenas as fontes comerciais. Mesmo Bangladesh, país muito subdesenvolvido (com uma renda *per capita* de 110 dólares), apresenta, no Gráfico 4, um perfil de consumo semelhante ao dos países industrializados.

A razão para essa semelhança de perfis de consumo baseados em energia comercial é a seguinte: a maioria dos países em desenvolvimento de renda média (e alguns de renda mais baixa) tem uma estrutura social de caráter dual: 80-90% da população vivem em regiões agrícolas atrasadas (ou em favelas nas áreas urbanas) e não

DEMANDA DE ENERGIA (FONTES NÃO COMERCIAIS INCLUÍDAS)



participam realmente da economia do país; os restantes 10-20% são bastante ricos, vivem em grandes cidades com estilo de vida cosmopolita, sendo responsáveis pela maior parte do consumo comercial de energia do país.

A fração urbana da população (e seus líderes) determina a política de desenvolvimento, que consiste geralmente em impulsionar os principais setores industriais e aguardar que os resultados "vazem" para o resto da população que se encontra à margem de uma economia em rápida expansão. Este modelo de desenvolvimento, muito comum na América Latina e no Sudeste Asiático, é freqüentemente descrito como o modelo da "Bélgica dentro da Índia".

A mescla de população urbana/população rural tem-se modificado rapidamente nos países em desenvolvimento. Geralmente, a vida

rural e a organização social no campo são tais que o camponês, não sendo dono de terra, não pode esperar, mesmo trabalhando muito, melhorar suas condições de vida. Conseqüentemente, muitos migram para as grandes cidades sempre que possível, vivendo em barracos que podem parecer insuportáveis para os moradores urbanos bem instalados, mas que apesar de tudo constituem certo progresso para os egressos de áreas rurais; nas cidades, eles podem conseguir benefícios como assistência médica, escola para os filhos e algumas amenidades como iluminação elétrica, televisão e rádio, que não têm no campo.

Trata-se de um problema sério na América Latina porque a tendência para a migração urbana é muito forte ⁷ (no Brasil, aproximadamente 60% das pessoas vivem hoje em cidades). ⁸ Na Índia, há também essa tendência, mas a relação população urbana/população rural ainda é de apenas 25% (a Índia tem atualmente 567.000 aldeias, 60% das quais com menos de 500 habitantes) .⁹

Na América Latina, como um todo, a população aumenta cerca de 3% por ano e a população urbana já perfaz 50% do total, de forma que para absorver todo o crescimento natural as cidades teriam de crescer 6% ao ano. Esta é, aproximadamente, a taxa de crescimento da população das cidades latino-americanas: a população rural vem-se mantendo constante, enquanto virtualmente todo o crescimento natural se acumula nas cidades. A Ásia e a África não atingiram essa situação porque, embora seu crescimento populacional seja aproximadamente o mesmo, seu nível de urbanização é menor (aproximadamente 25%), de forma que as cidades não podem absorver todo o crescimento natural da população (para isso teria de crescer a 10% ao ano, o que é uma taxa excepcionalmente elevada) .¹⁰

⁷ Frederick C. Turner, "The Rush to the Cities in Latin America", *in Science*, vol. 192, n.º 955 (1976).

⁸ Fundação IBGE, *Anuário Estatístico do Brasil* (1975).

⁹ Reddy, *op. cit.*

¹⁰ W. Arthur Lewis, "The Evolution of the International Economic Order", Discussion Paper n.º 74 (Woodrow Wilson School, Princeton University, 1977).

Em termos mundiais, a população rural, que era de 80% em 1900, decresceu para 65% em 1975 e provavelmente descerá para 45% por volta do ano 2000.¹¹

Por sua vez, nos países desenvolvidos menos de 35% da população vivem em áreas rurais ¹² (contra 70% em 1900), tendo sido rápido e acelerado seu decréscimo. Nos menos desenvolvidos, aproximadamente 90% da população residiam nos campos em 1900, número que desceu lentamente para 75% em 1975.

3 — Características dos sistemas energéticos dos países desenvolvidos e em desenvolvimento

Conforme observado, a principal diferença entre países desenvolvidos e em desenvolvimento reside no fato de que os últimos dependem do uso de fontes não comerciais de energia para atender pelo menos 30% (e geralmente muito mais) de suas necessidades.

A Tabela 3 mostra como o uso de energia é distribuído entre os vários setores e entre as diferentes fontes nos Estados Unidos. Essa distribuição é típica dos países desenvolvidos. No outro extremo, da Tabela 4 consta a mesma matriz para uma vila típica da Índia (população inferior a 500). Dados sobre vilas de Bangladesh,¹³ China, Tanzânia, Norte da Nigéria, Norte do México e Bolívia¹⁴ confirmam o quadro sugerido por esses dados. Esse perfil é provavelmente característico de uma população de mais de dois bilhões de habitantes dos países em desenvolvimento.

Entre esses extremos, encontram-se as “ilhas de prosperidade” representadas por 10 a 20% da população, que constituem a parte mais rica de quase todos os países não incluídos entre os industrial-

¹¹ United Nations World Population Conference, *Recent Population Trends and Future Projects*, vol. I (Nova York: ST/ESA/Ser A/SI, UN, 1975).

¹² *Ibid.*

¹³ R. Tyers, “Energy in Rural Bangladesh” (Harvard Center for Population Studies, 1976).

¹⁴ Arjun Makhijani e Alan Poole, *Energy and Agriculture in the Third World* (Ballinger Pub. Co., 1975).

TABELA 3

Matriz de entrada e saída de energia para os Estados Unidos — 1972

Fonte de Energia	Atividade Consumidora de Energia (kcal/Per Capita/Dia) ^a					Total
	Agricultura Mineração e Outros	Comercial	Residencial	Transporte	Industrial	
Petróleo.....	5.500	3.300	13.000	59.000	17.000	97.000
Carvão.....	--	700	--	--	14.000	15.000
Gás Natural.....	1.000	6.000	20.000	--	26.000	53.000
Elettricidade.....	500	5.000	6.000	--	7.000	17.000
Total.....	7.000	15.000	39.000	59.000	64.000	184.000

FONTE: WAES, *op. cit.* Não é incluída, nesta tabela, a quantidade de energia perdida na produção de eletricidade a partir do carvão, petróleo e gás sintético, quantidade esta que é, aproximadamente, 60.000 kcal/per capita/dia (25% do total de energia consumida).

^a20.000 kcal/per capita/dia correspondem a uma potência disponível de 1 kw.

TABELA 4

Matriz de entrada e saída de energia para uma vila típica da Índia

Fonte de Energia	Atividade Consumidora de Energia (kcal/Per Capita/Dia)					Total
	Agricultura	Atividades Internas	Iluminação	Transporte	Manu- fatura	
Trabalho Humano.....	370	250	--	60	10	690
Trabalho Animal.....	840	--	--	160	--	1.000
Energia Não Comercial	--	--	--	--	--	--
Lenha, Esterco, Deje- tos Vegetais.....	--	4.200	--	--	460	4.660
Petróleo.....	270	--	260	--	--	530
Carvão.....	--	100	--	--	--	100
Elettricidade.....	90	--	40	--	--	130
Total.....	1.570	4.500	300	220	470	7.110

FONTE: Roger Revelle, "Energy Use in Rural India", in *Science*, vol. 192, n.º 973 (1976).

mente mais desenvolvidos. Porém, o que ressalta dessas duas tabelas não é apenas o fato de que um cidadão médio americano consome 25 vezes mais energia que um camponês indiano, mas a diferença nos perfis de consumo.¹⁵ Da energia dos Estados Unidos, um terço é gasto em transporte e a mesma proporção em atividades industriais, itens desprezíveis numa aldeia indiana. Em contrapartida, a agricultura e as atividades internas são responsáveis por 85% do gasto de energia numa aldeia, itens que só respondem por 25% da energia consumida nos Estados Unidos. Cozinhar representa 61% da energia das vilas, enquanto nos Estados Unidos esse item importa em menos de 1,5%. Temos, portanto, problemas inteiramente diversos em diferentes partes do mundo, e as estratégias para enfrentá-los devem refletir essas diferenças.

Não há dúvida de que o problema da energia, não somente em escala internacional, mas em muitos países do mundo, não é mais grave do que atualmente por causa da concentração de riqueza (e consumo de energia) numa pequena fração da população. Porém, à medida que uma parcela maior da população abandona o uso de fontes não comerciais e inicia o uso da energia comercial (como acontece no Brasil), a situação pode tornar-se muito séria.

Uma vez que as fontes não comerciais são renováveis e as comerciais em geral não o são, parece desejável reorientar o desenvolvimento de forma a manter o uso das primeiras (principalmente biomassa), aumentando sua importância e eficiência. Isto pode ser feito juntamente com a melhoria da qualidade de vida, mas exige, conforme veremos, uma organização social descentralizada.

Por outro lado, embora os países desenvolvidos (e os centros urbanos dos menos desenvolvidos) precisem empenhar-se em desenvolver fontes renováveis de energia, a maior ênfase, nessas áreas, deve ser dada à eliminação do desperdício de energia.

Infelizmente, nos países desenvolvidos ainda não parece haver um senso de urgência no sentido de reduzir o atual consumo de energia. Somente numa situação de crise (como a do embargo do petróleo

¹⁵ Não existem diferenças significantes no consumo *per capita* da população rural e urbana nos Estados Unidos. Na realidade, o consumo rural parece ser 15% maior do que o urbano.

em 1973) foram feitos esforços significativos para diminuir o consumo de combustíveis fósseis.

Contudo, pesquisas recentes indicam que aproximadamente 40% do petróleo consumido nos Estados Unidos poderiam ser economizados por medidas de conservação baseadas em tecnologia já disponível, sem afetar o padrão de vida, exigindo apenas melhoramentos nos atuais sistemas de consumo.¹⁶ Isso reduziria o consumo *per capita* naquele país de 240.000 para 140.000 kcal/dia. Muito menos atenção se tem dado à compreensão do quanto as sociedades industriais poderiam transferir de suas necessidades de energia para o consumo de fontes renováveis (principalmente energia solar e biomassa).

Nos países em desenvolvimento, a conservação da energia deve ser encarada com prudência porque a urgência de aumentar o consumo de energia para melhorar a qualidade de vida é evidente para uma população que vive apenas no nível de subsistência (7.000 kcal/dia). Os esforços para elevar esse nível de consumo estão em geral ligados ao uso de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás), introduzindo-se essas fontes nas aldeias ou pela migração de populações rurais para as áreas urbanas.

Existe aqui uma situação paradoxal pela qual tanto as populações ricas quanto as pobres reforçam as pressões sobre os limitados recursos de combustíveis fósseis: as populações dos países desenvolvidos (principalmente Estados Unidos) não dão sinais de desejar modificar seu estilo de vida para enfrentar a crise energética (exceto talvez por algumas medidas de conservação); enquanto isso, os povos dos países em desenvolvimento mostram-se perfeitamente dispostos a modificar seu estilo de vida, mas apenas quando isto leva a um aumento do consumo de petróleo, imitando os países desenvolvidos. Eles não parecem inclinados, por exemplo, a adotar outras tecnologias, como cozinhar com energia solar.

É claro que é preciso chegar-se a um compromisso: os países desenvolvidos estão-se tornando mais dependentes de importações de petróleo, com conseqüências desagradáveis para seus balanços de pagamentos e inflação, enquanto que os países em desenvolvimento

¹⁶ Ross e Williams, *op. cit.*

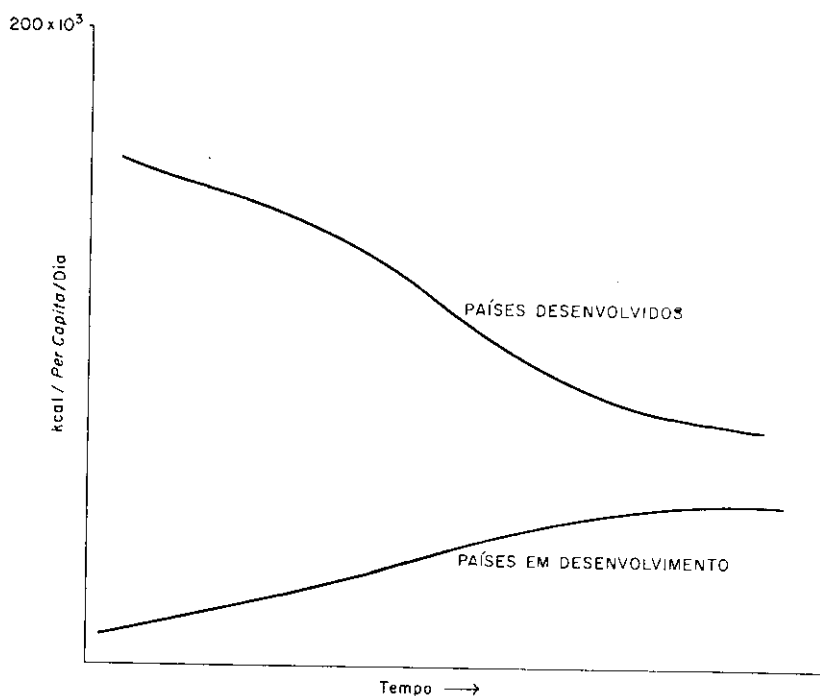
simplesmente não conseguirão dar-se ao luxo de obter petróleo a preços cada vez mais altos.

Conseqüentemente, é razoável esperar-se que o consumo *per capita* de energia das nações desenvolvidas decresça lentamente, devido a uma combinação de medidas conservacionistas e lentas mudanças, para um estilo de vida de consumo energético menos intenso. Ao mesmo tempo, as populações rurais aumentarão seu consumo de energia, fazendo pleno uso de recursos renováveis.

O Gráfico 6 dá uma idéia qualitativa do futuro no que se refere ao consumo de energia. É razoável esperar que o consumo *per capita* nos Estados Unidos possa ser reduzido para 80.000 a 100.000 kcal/dia, através da busca agressiva de um aumento da eficiência

Gráfico 6

EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA PER CAPITA



e de mudanças aceitáveis no padrão de vida, como o desenvolvimento de comunidades menos dependentes do automóvel e a eliminação de grande parte de embalagens dispendiosas. Ao mesmo tempo, um aumento no consumo *per capita* dos camponeses das nações em desenvolvimento para 40.000 kcal/dia representaria enorme progresso, encorajando-os a permanecer nas áreas rurais. Embora seja difícil estabelecer um consumo mínimo de energia necessário para um padrão de vida aceitável (e este provavelmente varia de país a país), os números acima são indicativos de níveis desejáveis.

4 — Estratégias para enfrentar a crise de energia

O que é necessário, portanto, são idéias e/ou métodos para uso de fontes renováveis de energia e/ou medidas adequadas de conservação, aceitáveis para os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Naturalmente, é preciso considerar as diferenças de clima, e não se pode estabelecer uma receita geral. Regiões com invernos rigorosos precisarão de calefação nos meses frios, assim como regiões de verões quentes necessitarão de ar condicionado. Problemas de transportes, entretanto, são bastante semelhantes em toda parte, havendo pouca diferença na conservação da energia nesse aspecto em Nova York e em São Paulo. O setor industrial da maioria dos países também é praticamente igual, e em muitos casos as mesmas indústrias e as mesmas tecnologias (e perfil de consumo de energia) são encontrados em Cleveland e Formosa. Alguns países, porém, como a Suécia, já estão usando equipamento moderno e estilos de vida que levam a maior eficiência no emprego da energia do que os Estados Unidos. Como se sabe,¹⁷ a Suécia gasta cerca de um terço menos de energia para fabricar os mesmos produtos que os Estados Unidos. No setor interno, as estratégias serão marcadamente diferentes entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento. No caso do cozimento de alimentos, por exemplo, é difícil melhorar significativamente o dispêndio de energia nos Estados Unidos, onde já é bem pequeno, mas é possível alcançar um impacto significativo nas aldeias

¹⁷ Amory B. Lovins, *Soft Energy Paths* (Ballinger Publishing Co., 1977).

dos países em desenvolvimento, por meio de melhor utilização de combustíveis domésticos.

A seguir, discutiremos rapidamente a significação das seguintes tecnologia e métodos que consideramos os mais promissores:¹⁸ a) calor de baixa temperatura e co-geração de eletricidade; b) fogões de cozinha; c) produção de biogás; d) minihidrelétricas; e) transmissão de energia hidrelétrica a grandes distâncias; f) melhorias no transporte; e g) produção de etanol para motores de combustão interna.

a) *Calor de baixa temperatura e co-geração de eletricidade*

Um aspecto interessante das atividades das indústrias modernas é o espectro de temperaturas em que o calor é usado.¹⁹ Estima-se²⁰ que 37% da energia usada nos Estados Unidos tomam a forma de água quente, calor para processos industriais de baixa temperatura, ou condicionamento de ambientes. É claro, pois, que o calor solar captado em placas coletoras simples ou em coletores especiais com superfícies seletivas pode contribuir com grande parte de todo o calor usado.

Os problemas não são típicos de países desenvolvidos ou em desenvolvimento, mas comuns aos dois: qualquer progresso obtido nos Estados Unidos para utilização na sua região Sudoeste poderia funcionar ainda melhor em países tropicais, onde a insolação é geralmente maior.

Em alguns países em desenvolvimento, é comum que o Governo financie (em geral com empréstimos a juros baixos) conjuntos habitacionais para trabalhadores e pessoas da classe média. Seria perfei-

¹⁸ Como este trabalho não se destina a abranger todas as fontes possíveis de energia, deixamos de fora de nossa discussão tecnologias que poderiam tornar-se relevantes para o problema, como a das células fotovoltaicas. Esta é uma opção arbitrária: reatores nucleares e especialmente os "regeneradores" (que prolongariam a vida das atuais reservas de urânio e tório) não são discutidos por causa das complexas tecnologias envolvidas (e, por isso mesmo, menos convenientes para os países em desenvolvimento) e dos problemas políticos que dizem respeito à proliferação de armas nucleares. A maioria dos países em desenvolvimento provavelmente poderia resolver seus problemas sem reatores nucleares de espécie alguma.

¹⁹ Lovins, *op. cit.*

²⁰ Ross e Williams, *op. cit.*

tamente razoável introduzir no projeto desses conjuntos um sistema de aquecimento solar centralizado, que oneraria pouco o investimento inicial e seria pago em alguns anos com a economia de combustível ou eletricidade. Estimular indústrias básicas a usar água aquecida ou pré-aquecida por calor solar para produção de vapor poderia também ser útil para generalizar o emprego de energia solar.

No balanço energético dos Estados Unidos, caldeiras industriais geradoras de vapor e outros usos de calor de baixa temperatura representam 33% do consumo de energia industrial, ou 14% do total das necessidades energéticas do país. O vapor é produzido geralmente a cerca de 200°C pela combustão de petróleo, gás ou carvão, cujas chamas atingem temperaturas de aproximadamente 2.000°C. Trata-se de um processo extremamente esbanjador de energia. Faz sentido, portanto, gerar primeiro eletricidade usando os gases disponíveis na combustão em alta temperatura e usar o calor restante para aplicações em processos a baixas temperaturas.

Várias tecnologias podem ser usadas para a co-geração de eletricidade e produção de vapor para processos industriais. De modo geral, a economia de combustível resultante é de 20 a 30%.²¹ Calcula-se que nos Estados Unidos a poupança líquida de combustível proveniente da co-geração possa ser da ordem de dois-três milhões de barris de petróleo diários por volta do ano 2000.²²

No Brasil, por exemplo, calcula-se que aproximadamente 2.000 Mw de eletricidade poderiam ser co-gerados empregando-se caldeiras já existentes no comércio, alimentadas pelo excesso de bagaço de cana das refinarias de açúcar que produzem álcool.²³ Em pequena escala, isto já está sendo feito no Havai.²⁴

²¹ Se todas as economias forem alocadas à geração de eletricidade, então, para produzir um kwh será necessário apenas cerca da metade do combustível necessário numa usina de energia elétrica convencional a vapor.

²² Robert H. Williams, "Industrial Cogeneration", in *Annual Review of Energy*, vol. 3 (1978).

²³ José Roberto Moreira, José Goldemberg e Gil Eduardo Serra, "A Cogeneration Scheme for the Production of Alcohol and Electricity from Sugar Cane" (1978), mimeo.

²⁴ Donald Murata e Warren Gibson, "Energy Inventory for Hawaiian Sugar Factories", in *1975 Hawaii Planters Record*, vol. 59, n.º 5 (1977).

b) *Fogões de cozinha*

Na maior parte das regiões subdesenvolvidas do mundo, metade da energia consumida pela população é usada na cozinha. Isto se aplica às áreas rurais e a algumas regiões de favelas em volta de grandes cidades. Como exemplo típico, a população da Índia gasta 4.000 kcal/dia *per capita* nessa atividade, e esta magnitude é igualmente válida para uma população de aproximadamente dois bilhões de pessoas em todo o mundo. Como se verá, isso se deve ao uso de fogões ineficientes e antieconômicos, mas, por mais surpreendente que pareça, em aldeias primitivas há possibilidade de se adotarem "medidas de conservação".

A maneira tradicional de cozinhar é com fogões primitivos, usando madeira como combustível. Isso acarreta sérias conseqüências, pois provoca a devastação de florestas. Em alguns países da África Oriental, famílias têm de fazer longas viagens (cerca de 50 km) para juntar lenha para o consumo doméstico. Calcula-se que, na Índia, gastam-se 200-300 homens/dia de trabalho por família no processo de juntar lenha.²⁵

Esterco e resíduos de colheitas são também às vezes usados no fogo da cozinha, consumindo-se assim um dos importantes adubos disponíveis em regiões pobres. A eficiência dos fogões primitivos existentes é muito baixa, e as estimativas indicam que ela se situa entre 5 e 10%.²⁶ Gasta-se mais energia cozinhando nas regiões subdesenvolvidas do mundo do que nos Estados Unidos, onde o consumo médio é de 2.000 kcal/dia *per capita* em fornos e fogões a gás, que têm uma eficiência de 15 a 60%.

É clara a necessidade de pesquisa avançada num problema aparentemente tão trivial como o do fogão de cozinha. Este é um setor em que os países desenvolvidos poderiam contribuir para os esforços de pesquisa, a qual é necessária não apenas nos próprios fogões, mas também nos fatores culturais envolvidos no seu uso. Sabe-se que fogões acionados por energia solar foram um fracasso na Índia, não apenas por causa do seu alto preço, mas porque seu uso não

²⁵ Arjun Makhijani, *Energy Policy for the Rural Third World* (Londres: International Institute for Environment Development, setembro de 1976), e Reddy, *op. cit.*

²⁶ Arjun Makhijani, "Solar Energy and Rural Development for the Third World", in *Bulletin of the Atomic Scientists* (junho de 1976).

era compatível com os hábitos culturais locais (cozinhar na Índia é um ato praticado privadamente e a principal refeição é feita à noite).

c) *Produção de biogás*

A produção de gás por conversão anaeróbica é um dos métodos mais promissores para a solução do problema energético das aldeias do mundo subdesenvolvido.

O processo, em princípio, é simples:²⁷ esterco, pedaços de vegetação (hastes e talos de plantas, palha, aparas de grama e folhas), lixo e água servida são fechados num recipiente isolado (digestores). Os materiais orgânicos digestíveis são decompostos por bactérias que produzem ácidos; os voláteis são convertidos por bactérias metanogênicas anaeróbicas em um gás que é tipicamente composto de 55 a 70% de metano (CH_4), 30 a 40% de dióxido de carbono (CO_2) e traços de ácido sulfídrico e nitrogênio. Além desse gás versátil de baixa pressão (de valor calorífico entre 5.300 e 6.300 kcal por metro cúbico), o processo produz um fertilizante orgânico de excelente qualidade e melhora as condições de saneamento nas regiões rurais.

A queima de biogás para cozinhar é claramente vantajosa quando comparada com a queima de esterco. A eficiência dos digestores de biogás é de 60%, o que significa que um quilo de esterco seco produz 400 litros de gás com um conteúdo de energia de 2.200 kcal; para fins domésticos, a eficiência desse gás, conforme se viu, é de 48%, liberando 1.050 kcal.

Se um quilo de esterco seco, tendo um conteúdo de energia de 4.000 kcal (o que constitui provavelmente uma superestimação), for queimado diretamente no fogão, a quantidade de calor liberada será de 400 kcal num fogão que tem 10% de eficiência. O biogás é, portanto, 2,5 vezes mais eficiente do que o esterco para o fim específico de cozinhar (resolvendo assim um dos mais impor-

²⁷ Ver descrições em Smil, *op. cit.*, Makhijani, "Energy Policy...", *op. cit.*, Makhijani e Poole, *op. cit.*, Reaymond C. Loeh, "Methane from Human, Animal and Agricultural Wastes", A.A.A.S. Symposium on "Renewable Energy Resources and Rural Life in the Developing World" (Denver: fevereiro de 1977), e Vaclav Smil, "Intermediate Energy Technology in China", in *Bulletin of the Atomic Scientists* (fevereiro de 1977).

tantes problemas energéticos das aldeias), assim como para gerar eletricidade, ou para ambas as coisas.

Por sua vez, a eletricidade tem realmente numerosas vantagens porque permitiria a irrigação, iluminação e comunicações (rádio e televisão), que trazem importantes melhoramentos em matéria de conforto para a vida na aldeia.

d) *Minihidrelétricas*

A tecnologia para geração de energia hidrelétrica em pequenas usinas já existe há muitos anos, mas seu uso sempre foi desencorajado pela construção de barragens gigantescas e enormes projetos hidrelétricos.

Na realidade, várias minihidroestações existentes nos Estados Unidos foram fechadas à medida que a rede nacional de distribuição se estendeu a todo o país.²⁸ Este é um tipo de evolução que não pode ser repetido por muitos países. Também é questionável que outros países devam depender completamente de estações centrais de energia elétrica (alimentadas muito freqüentemente por carvão ou urânio), quando poderiam encontrar abundantes fontes de energia hidrelétrica em inúmeros cursos de água distribuídos pelo país.

O preço por quilowatt de capacidade instalada é competitivo com as grandes estações hidrelétricas convencionais.²⁹ Não existem medições (nem mesmo boas estimativas) do potencial hidrelétrico de pequenos rios e cursos de água. Aproximações podem ser feitas com base na precipitação sobre determinada região e na altitude média da região em relação ao nível do mar. O produto desses dois números é uma medida aproximada do potencial hidrelétrico total disponível.

Deve-se observar que nas tabelas usuais de potencial hidrelétrico,³⁰ como a Tabela 5, os pequenos cursos de água são ignorados, sendo

²⁸ David Lilienthal, "The Smithsonian Magazine" (setembro de 1977).

²⁹ Claudio de Lucca, Edmundo Koelle e José Luiz de Almeida Junqueira, "Turbinas para Pequenas Quedas d'Água", in J. Goldemberg (ed.), *Energia no Brasil* (Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1976).

³⁰ M. K. Hubbert, "Energy Resources for Power Production", Symposium on "Environmental Aspects of Nuclear Power Nations" (Viena: IAEA, 1971), Adrian Lambertini, "Energy and Petroleum in Non-OPEC Developing Countries" (MIT Energy Laboratory, 1976), e Alan B. Strout, "The Future of Nuclear Power in Developing Countries" (MIT Energy Laboratory, 1976).

TABELA 5

Capacidade hidrelétrica mundial em potencial e utilização

Regiões	Potencial (10 ³ Mw)	Capacidade Desenvolvida (10 ³ Mw)	Porcentagem Desenvolvida
América do Norte.....	313	90	28,5
América do Sul.....	577	30	5,2
Europa Ocidental.....	158	90	56
África.....	780	10	1,3
Oriente Médio.....	21	1	0,5
Sudeste da Ásia.....	455	6	1,3
Oriente.....	42	20	48,0
Austrália.....	45	5	11,0
Rússia, China.....	466	45	9,5
Total.....	2.857	277	9,7

FONTES: Hubbert, *op. cit.*, e Lambertini, *op. cit.*

difícil saber até que ponto isso ocorre nos diversos países, mas provavelmente a maioria dos recursos abaixo de 5.000 kw para aproveitamento não é incluída nessas estimativas.

e) *Transmissão de energia hidrelétrica a longas distâncias*

Ainda são muito grandes os recursos hidrelétricos não aproveitados em numerosos países em desenvolvimento. A Tabela 5 dá o potencial hidrelétrico de várias regiões do mundo e indica que a África, a América do Sul e o Sudeste Asiático possuem grandes reservas inaproveitadas.

É difícil entender por que a estratégia de desenvolvimento de países ricos em recursos hídricos não se baseou muito mais na energia hidrelétrica, seguindo, por exemplo, o modelo da Noruega. Uma das razões poderia ser a falta de capital para os investimentos iniciais necessários à construção de grandes usinas. Contudo, despesas maiores têm sido feitas por alguns países na compra de reatores nucleares para produzir eletricidade.

Um dos problemas mais sérios relacionados com uma utilização maior desses potenciais é que os locais convenientes para a instala-

ção das usinas hidrelétricas ficam às vezes muito longe dos centros consumidores.

No caso do Brasil, a situação nesse particular é bem clara: todos os grandes recursos hídricos na região mais populosa do Sudeste terão sido usados por volta de 1985, quando a capacidade instalada atingirá 35.000 Mw (incluindo os 10.000 Mw da central de Itaipu). Há no Brasil pelo menos outros 60.000 Mw disponíveis nos afluentes do rio Amazonas. Esta energia, contudo, está localizada aproximadamente a 2.000 km dos principais centros consumidores.

Sugeriram alguns autores³¹ que estações hidrelétricas "cativas" localizadas nessas áreas fossem usadas para fabricar produtos de consumo intensivo em energia, como o alumínio. Assim, o potencial hídrico poderia ser transportado para os centros de demanda, sob a forma de produtos de alto conteúdo energético. Está sendo construída uma estação de 4.500 Mw no rio Tucuruí, tendo em vista precisamente isto.

Em geral, há alguns anos o problema da transmissão da eletricidade dessas áreas remotas para longas distâncias era considerado um problema tecnológico não inteiramente resolvido. Há, entretanto, uma nova tecnologia para reduzir perdas em linhas que usam transmissão em alta voltagem de corrente contínua, sendo esta a melhor solução para linhas de mais de 1.000 km. Algumas vêm operando há anos, como a Pacific Intertie no Oeste dos Estados Unidos e a de Cabora-Bassa, que fornecerá à África do Sul (Pretória e Johannesburg) energia gerada em Moçambique. Quando concluída, esta linha transportará 3.600 Mw.

É uma tecnologia tão promissora que devriam ser feitos esforços para estimular os países em desenvolvimento a usar melhor seu potencial hidrelétrico antes de se envolverem em custosos e muitas vezes controversos projetos de energia nuclear.

A esse respeito, foi tomada uma decisão muito significativa no caso da central de Itaipu: metade da energia será gerada em 60 ciclos e metade em 50, por motivos políticos. A central está sendo construída por uma companhia binacional da qual Brasil e Paraguai são sócios em pé de igualdade. Quase toda a energia será

³¹ Strout, "The Future...", *op. cit.*

consumida pelos grandes centros urbanos do Brasil, que usam 60 ciclos em todas as suas instalações industriais. O Paraguai utiliza 50 ciclos (como a maior parte da região Sul da América Latina) e recusa-se a mudar para 60. A solução adotada foi converter a parte paraguaia (5.000 Mw) em corrente contínua para venda ao Brasil e transmitir essa energia ao Sudeste do País, onde será reconvertida para 60 ciclos. Esta será a primeira linha de alta voltagem de corrente contínua na América Latina, e a introdução dessa tecnologia provavelmente estimulará outras linhas do mesmo tipo.

d) *Melhorias no transporte*

Em muitos países em desenvolvimento é surpreendente o quanto o sistema de transportes é superdimensionado — ou inadequado — às suas características geográficas. A tendência para usar automóveis e transporte rodoviário, bem recente em alguns deles, levou-os a adotar sistemas piores (no que diz respeito ao consumo de energia) do que os dos países industriais de onde foram copiados.

A Tabela 6 mostra, por exemplo, que no Brasil a maior parte das mercadorias é transportada por rodovias, o que não é usual quando comparado com outros países de grande extensão territorial, como a Rússia ou os Estados Unidos. Para as nações mencionadas na Tabela 6, a predominância desse tipo de transporte no Brasil é comparável apenas à importância do transporte rodoviário na Itália, país muito menor em extensão territorial.

TABELA 6

Transporte interno de mercadorias em diversos países — 1960

	França	Itália	Rússia	Estados Unidos	Alemanha Ocidental	Brasil
Ferrovias.....	58	29	86	38	50	19
Hidrovias.....	11	1	6	44	27	9 ^a
Rodovias.....	31	70	8	18	23	72
Total.....	100	100	100	100	100	100

FONTE: Julio Colombi Neto, "O Declínio das Ferrovias e o Transporte de Passageiros de Médio e Longo Percorso", Tese de Doutorado (Universidade de São Paulo, 1975).

^aTransporte de cabotagem.

A ênfase no tráfego ferroviário é um desenvolvimento relativamente recente no Brasil. O tráfego rodoviário (que era duas vezes maior do que o ferroviário em 1952) aumentou de seis vezes em 20 anos, enquanto o ferroviário apenas triplicou. Isto se deve em grande parte a uma política deliberada de subsídios à construção de estradas e ao abandono gradual do material ferroviário obsoleto, agravando a situação dos transportes e reforçando as justificativas para subsidiar o tráfego rodoviário como o único eficiente.³²

Em vista dos altos preços atuais e da grande dependência petrolífera do Brasil, não é mais viável uma estratégia de desenvolvimento fortemente dependente do tráfego rodoviário.

g) *Produção de etanol (álcool etílico) para motores de combustão interna*

O álcool etílico (etanol) pode ser usado como substituto da gasolina em máquinas automotoras modificadas (as modificações necessárias são pequenas, envolvendo principalmente mudança na taxa de compressão), como se faz às vezes em carros de corrida. Motores não modificados podem funcionar com uma mistura de até 20% de álcool, e o desempenho em consumo de combustível e potência transmitida ao eixo é inteiramente satisfatório.³³

O álcool etílico é, portanto, um forte candidato como um combustível renovável que pode substituir a gasolina em carros e, eventualmente, o diesel nos motores de caminhões. O preço de um litro de álcool no Brasil alcança, aproximadamente, 20 centavos de dólar, o que o torna economicamente competitivo com a gasolina (vendida atualmente a 40 centavos de dólar o litro, devido aos impostos governamentais).

O programa brasileiro de álcool representa importante passo no sentido de reverter a tendência para o afastamento das fontes de energia baseadas na biomassa, o que também poderia ser conduzido, de maneira semelhante, em outros países tropicais. Um problema tecnológico que merece atenção é o melhoramento das destilarias

³² Colombi Neto, *op. cit.*

³³ José Goldemberg, "Alcohol from Plant Products: A Brazilian Alternative to the Energy Shortage" (Columbus, Ohio: Fourth Annual College of Biological Sciences Colloquium, setembro de 1977).

de álcool, cujo custo atual é grande (aproximadamente 10 milhões de dólares para uma usina com capacidade para 500 barris por dia) em comparação com uma refinaria de petróleo que produz uma quantidade 100 vezes maior de combustível e não custa mais de 100 milhões de dólares. O elevado custo das destilarias de álcool deve-se, em parte, ao fato de que a garapa da cana-de-açúcar, da qual é destilado o álcool, contém 93% de água, que tem de atravessar as colunas de destilação.

5 — Conclusões

O ponto mais significativo a ressaltar deste estudo é que as fontes não comerciais de energia desempenham papel fundamental na economia e no desenvolvimento dos países menos desenvolvidos (pelo menos 30%, muitas vezes 50% e em muitos casos mais de 80%, da energia consumida nesses países provêm de fontes não comerciais).

O não reconhecimento da importância de tais fontes de energia leva a grosseiros erros de interpretação da natureza dos problemas energéticos dos países em desenvolvimento e a falsas projeções de suas necessidades de energia, baseadas apenas em fontes comerciais.

Inexistem dados satisfatórios sobre fontes não comerciais, e os números que reunimos parecem esgotar as informações atualmente disponíveis. Somente no caso da Índia verificou-se que o consumo de energia não comercial baseava-se numa amostragem real (em áreas rurais e urbanas). Evidentemente, seria muito mais valioso um trabalho desse tipo com relação a outros países, mas na maioria dos casos foram usadas estimativas ou métodos indiretos de medida.

Quase todas as fontes de energia usadas em áreas rurais não são comerciais (as aldeias dependem de combustíveis fósseis, principalmente do uso de adubos químicos derivados de petróleo, importados dos centros industriais). Isso contrasta flagrantemente com o fato de que as fontes de energia do setor urbano são todas comerciais. Esse setor "moderno" da economia é, aproximadamente, o mesmo em todos os países e beneficia apenas 25% da população mundial, embora seja responsável pelo consumo de mais de 80% da energia

comercial produzida. A quase totalidade dessa energia provém de combustíveis fósseis não renováveis (principalmente gás e petróleo) que estarão esgotados em futuro próximo.

As campanhas para conservar energia na parte mais rica do mundo (que compreende aproximadamente um bilhão de pessoas) e, se possível, transferir parte desse consumo para fontes renováveis (basicamente energia solar) têm de ser acompanhadas de esforços para melhorar o bem-estar daquela parte da população mundial (aproximadamente três bilhões) que já sobrevive à custa de energia de fontes renováveis. Se isso não for feito em futuro próximo, o crescente número de consumidores de combustível fóssil agravará os sérios problemas econômicos e ecológicos causados pela extrema dependência com relação ao petróleo.

Para neutralizar a tendência à migração cada vez maior de populações para as áreas urbanas, é preciso empreender esforços no sentido de melhorar significativamente a qualidade de vida das atuais populações rurais.

Como conclusão geral, talvez seja justo dizer que em poucos países em desenvolvimento têm sido realizados estudos de oferta e procura de energia. Esta é uma área em que a cooperação internacional poderia ser muito útil e produtiva, uma vez que a compreensão de como são usadas hoje as fontes comerciais e não comerciais, e de como este uso pode ser aperfeiçoado, contribuiria bastante para o encontro de soluções de muitos dos nossos atuais problemas energéticos.

Deve-se compreender finalmente que, embora a existência de um suprimento adequado de energia seja um importante problema para os países em desenvolvimento, este certamente não é o único. Em muitos deles, uma reforma agrária efetiva talvez seja mais urgente do que aproveitar a energia solar. Portanto, é preciso manter uma perspectiva correta ao se analisar a contribuição da tecnologia para solução dos problemas de um país.