

Tendências da oferta e consumo da energia no Brasil*

ELIAS PALADINO**

Matriz de energia é um quadro representativo do balanço energético da economia de um país em determinado ano, que permite relacionar a oferta total de energia primária e secundária com o consumo intermediário para transformação e o consumo final dos diversos setores da economia. Uma peculiaridade da matriz de energia é que a energia obtida por transformação é reintegrada nos setores de oferta para ser redistribuída nos setores de consumo.

Os objetivos principais da matriz são:

- a) permitir que o consumo seja analisado pelos setores da economia, pondo em evidência os diversos tipos de combustível ou energia consumidos nesses setores;
- b) permitir relacionar a energia primária com a secundária resultante da transformação, de modo a explicitar a eficiência na utilização das fontes de energia primária e a estrutura do setor de transformação;
- c) exprimir a disponibilidade total de cada tipo de energia para consumo energético e não-energético no país, em função da produção e importação de energia e do seu fluxo para exportação, estocagem e transformação, bem como das perdas na transmissão e na distribuição;
- d) contribuir para o planejamento do setor energético, mediante a visão global da contribuição das diferentes fontes e fluxos de energia para os grandes setores de consumo, em função do desenvolvimento do país e das políticas propostas ou adotadas.

* Trabalho publicado pelo Instituto de Pesquisas, Estudos e Assessoria do Congresso — IPEAC —, Brasília, 1976.

** Vice-presidente da União de Empresas Brasileiras; ex-membro do grupo da Matriz Energética do Ministério das Minas e Energia.

A matriz de energia contém, geralmente, quatro componentes, a saber:

- Oferta de energia primária.
- Oferta de energia secundária.
- Consumo de energia para transformação.
- Consumo final de energia nos setores da economia.

Cada linha da matriz deverá corresponder a um dos diversos tipos de combustível ou energia, primária ou secundária, que seja utilizada no país ou que venha a ter importância substancial dentro do horizonte de planejamento considerado.

O qualificativo de energia primária será dado aos tipos de combustível e energia que não resultam da transformação de outro tipo de energia, podendo ser utilizados diretamente para fins energéticos na forma em que se apresentam originalmente na natureza.

Alguns tipos de energia, como a energia hidrelétrica, poderão ser considerados primários em virtude da dificuldade de medir a energia original, apesar de esta poder ser usada diretamente na movimentação de moeda, bombas e em outros usos hidráulicos. O mesmo acontece com os derivados de petróleo ou xisto, que serão considerados fontes de energia primária, tendo em vista que esses derivados podem ser tidos como resultantes da separação física do petróleo ou xisto.

Supondo ordenados os diversos tipos de combustível ou energia primária ou secundária, que correspondem às diferentes linhas da matriz e representando por i a sua ordem ($i = 1, 2, \dots, n$), os seguintes dados são necessários para estimar a oferta total da energia primária e secundária:

A_i = produção bruta do combustível ou energia primária i ;

S_i = produção bruta do combustível ou energia secundária i , qualquer que seja a fonte primária utilizada;

M_i = importação do combustível ou energia i ;

E_i = exportação do combustível ou energia i (pode-se considerar o fornecimento de combustível a navios e aviões estrangeiros como exportação e a aquisição de combustíveis no estrangeiro para reabastecimento de navios e aviões nacionais como importação);

V_i = acréscimos dos estoques do combustível ou energia i ;

T_i = consumo total de combustível ou energia i para transformação em qualquer tipo de energia secundária;

B_i = disponibilidade bruta do combustível ou energia i para consumo energético e não-energético, englobando as perdas na transmissão e na distribuição, inclusive o consumo à *forfait* de energia elétrica.

Como todos os combustíveis ou energias da mesma linha da matriz estão expressos na mesma unidade energética:

$$B_i = A_i + S_i + M_i - E_i - V_i - T_i \quad (i = 1, 2, \dots, n).$$

Em termos nacionais, a disponibilidade para consumo energético C_i será obtida mediante o conhecimento dos seguintes dados:

R_i = perdas na transmissão e distribuição de energia ou combustível i ;

U_i = quantidade do combustível ou energia i destinada a uso não-energético (por exemplo, querosene para limpeza, nafta como matéria-prima para a indústria petroquímica).

Tem-se:

$$C_i = B_i - R_i - U_i \dots \dots (i = 1, 2, \dots, n)$$

A disponibilidade líquida para consumo energético e não-energético D é dada evidentemente por:

$$D_i = B_i - R_i = C_i + U_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

Em termos regionais será necessária a inclusão de uma coluna para levar em conta o intercâmbio regional de energia que designamos por F_i = saldo da energia recebida e da energia fornecida pela região do país, considerada em relação às demais regiões, para o combustível ou energia i .

Considerando o intercâmbio regional:

$$B_i = A_i + S_i + M_i - E_i + F_i - V_i - T_i$$

$$C_i = A_i + S_i + M_i - E_i + F_i - V_i - T_i - R_i - D_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

A energia destinada ao consumo energético será distribuída entre os diversos setores da economia, inclusive o residencial e o público.

Designando-se por um j um índice que represente o setor que será analisado ($j = 1, 2, \dots, m$) representa-se por C_{ij} o consumo do setor j do combustível ou energia i . São transcritos a seguir trechos e resultados do sumário do relatório global preliminar da Matriz Energética Brasileira, recentemente publicado.

Os balanços energéticos em 1970 foram consubstanciados em matrizes cujas linhas representam os diferentes tipos de energias e combustíveis, primários e secundários, cujas colunas representam o fluxo de energia, desde a produção até a sua disponibilidade para consumo energético, desagregado segundo os setores de consumo primário, secundário, terciário e final, e destacam os setores de consumo intensivo de energia, como siderurgia, cimento, petroquímica, transportes, doméstico, urbano etc. As

matrizes foram elaboradas para o País como um todo e para as cinco regiões energéticas correspondentes às Regiões do IBGE e apresentadas numa matriz sintética em unidades físicas e em unidades térmicas que consubstancia os dados de 180 matrizes auxiliares, a saber — matriz de: a) fluxo; b) consumo; c) transformação; d) autogeração; e) consumo do setor energético; f) intercâmbio regional.

As projeções de oferta e demanda até 1985 foram lançadas em matrizes energéticas dos mesmos tipos daquelas preparadas para 1970. Nessas matrizes, como era de se esperar, para cada tipo de energia ou combustível as expectativas de oferta não eram coincidentes com as necessidades de suprimento. Assim, para a trajetória correspondente ao crescimento da renda à taxa de 10% ao ano (chamada trajetória superior), o consumo esperado da gasolina era de 31,3 milhões de toneladas em 1985, 38% acima da expectativa de oferta; o de óleo combustível, 34,3 milhões de toneladas, 47% acima da oferta; o de nafta 6,6 milhões, 188% acima da oferta; o de óleo cru 125,6 milhões, 55% acima da oferta. A demanda de coque seria de 11,3 milhões de toneladas, 8% acima da oferta, e a de energia elétrica de 213,3 milhões de kWh, apenas 1% acima da expectativa de oferta (anexo 1 — Fechamento das matrizes projetadas).

A compatibilização da oferta com a demanda para fechamento das matrizes projetadas foi feita mediante hipóteses de trabalho que reproduzem a operação do que se convencionou chamar Modelo Geral de Decisão (MGD) da política energética, considerada de maneira integrada (em vez de cada energia fazer a sua programação isoladamente). Existem dois grandes grupos de modelos de decisão: os modelos macroeconômicos e os modelos de decisão propriamente.

Os modelos macroeconômicos formam uma parte exógena ao modelo de decisão da política energética e como tal deveriam ser encarados.

O resultado de interesse são as trajetórias, no espaço (regiões) e no tempo, dos níveis de produção dos setores da economia, mas o que se conhece são dados mais agregados, como as taxas de desenvolvimento utilizadas atualmente pelo Instituto do Planejamento Econômico e Social (IPEA) e planos, aparentemente desconexos, traçados por diversos órgãos federais, regionais, estaduais e setoriais.

Se já fossem disponíveis as matrizes nacionais e regionais de insumo-produto, elas poderiam ser usadas nesse trabalho. Na sua falta, propõe-se chegar às trajetórias referidas, harmonizando os dados e planos acima, pelo uso de:

- Modelos de desagregação de taxas nacionais e regionais.
- Modelos de demanda setoriais de bens e serviços.
- Modelos de produção dos setores da economia.

Os modelos de decisão, utilizando os resultados dos modelos macroeconômicos como parâmetros, procuram determinar os níveis ótimos dos instrumentos da política energética. São constituídos por:

- Modelo de demanda energética, que determina o nível de demanda por tipo de energia para utilização pelos setores de consumo, a partir dos níveis de produção previstos.

- Modelo de alocação da oferta, que procura determinar a alocação da oferta de modo a satisfazer os consumos determinados pelos modelos de demanda.

Dada a variedade dos elementos constitutivos da oferta, esse modelo se desdobra em tantos outros, cuja função é indicada pelo próprio nome:

- Modelo de investimento.
- Modelo de alocação temporal.
- Modelo de alocação espacial.
- Modelo de exploração e prospecção.
- Modelo de avaliação de alternativas de investimentos.
- Modelo de avaliação de alternativas de tarifas.

Se se tentasse resolver num único sistema, o conjunto de modelos mencionados, não apenas a dimensão e complexidade do modelo global, excederiam, com toda probabilidade, as capacidades de cálculos disponíveis, como ainda se perderia a capacidade de acompanhar o desenvolvimento de suas diversas fases, analisando a aceitabilidade dos resultados parciais e intervindo, se necessário, no sistema.

As decisões básicas de: a) importar — relacionadas a modelos de segurança de fornecimento; b) produzir — relacionadas a modelos de otimização setorial e os de exploração de recursos naturais; c) substituir — relacionadas a modelos de substituição de energia; d) restringir o consumo — relacionadas a modelos de quotas e prioridades, constituem o cerne da operação do Modelo geral de decisão e dão lugar a alternativas de política energética, a serem avaliadas pelos administradores responsáveis por essa política. Essa avaliação se apóia em modelos financeiros, que investigam a geração de recursos e aplicação de divisas no setor energético, e modelos de custos e benefícios, que, em função do atendimento aos objetivos da política energética, comparam os benefícios de cada alternativa com os custos resultantes da aplicação dos instrumentos de política energética necessários aos setores básicos (petróleo, carvão, eletricidade) e as fontes de torno de natureza política, social, institucional, ambiental e de segurança nacional, capazes de condicionar as decisões da política energética.

Na fase preliminar dos estudos o fechamento das matrizes projetadas foi feito apenas para uma alternativa de política energética, basicamente a de produção, mas considerando, em alguns casos, importação e substituição de energia, sem recorrer a restrições ao consumo.

Na avaliação preliminar as medidas adotadas para o equilíbrio da oferta com a demanda de energia, em 1985, três fatores principais foram considerados: a) a evolução da estrutura do balanço energético, em termos da contribuição percentual de cada tipo de energia primária ao suprimento total de energia, em unidades térmicas equivalentes (Gcal); b) a proporção de energia importada no balanço energético total; c) os investimentos necessários aos setores básicos (petróleo, carvão, eletricidade) e as fontes de recursos para cada setor.

A evolução da estrutura do balanço energético indica o crescimento relativo do setor petróleo de 27% em 1960 e 40% em 1970 a 54% do suprimento total de energia primária em 1985. Importa notar que as energias ditas não-comerciais (lenha e bagaço de cana) representavam em 1960 cerca de 53% do suprimento energético, o que caiu para 37% em 1970 e 12% em 1985, mostrando o enorme potencial de substituição de energia, principalmente no meio rural. A participação da hidreletricidade cresce de 16 para 20% entre 1960 e 1970, mas depois se mantém mais ou menos constante com o surgimento da núcleo-eletricidade que, em 1985, aparece com cerca de 9% da energia total. O carvão mineral mantém uma pequena participação crescente, de 3,5% em 1960 (quando era inferior ao bagaço de cana, que contribuiu com 7,6%) para 6,1% em 1985, refletindo as necessidades de coque metalúrgico para o Plano Siderúrgico Nacional (anexo 2).

Entretanto, a dependência do suprimento de energia do País às importações do exterior cresce de maneira assustadora, refletindo uma tendência quase universal dos países desenvolvidos. Assim, em relação à energia total (isto é, incluídas as energias não-comerciais), as importações cresceram de 17% em 1960 para 27% em 1970, mas poderão chegar a 51% em 1985. Em termos de energias comerciais, as importações contribuem com 36% do suprimento em 1960 e 43% em 1970, podendo atingir 58% em 1985, conquanto se tenha admitido que a produção de óleo de xisto possa suprir 3% das necessidades energéticas nesse ano (correspondendo a uma produção de 126 mil barris diários num consumo total de 2.758.000 barris por dia, em 1985) (anexo 3).

Os investimentos necessários ao programa de produção adotado para fechamento das matrizes em 1985 totalizaram, no período 1970/1985, Cr\$185 bilhões para eletricidade (incluindo geração, transmissão e distribuição), Cr\$86 bilhões para petróleo (incluindo prospecção, produção, refino e distribuição, com 28% do óleo cru consumido de origem nacional e 7% de relação produção/reservas) e Cr\$396 milhões para o carvão. Em relação à eletricidade, o investimento anual cresce a uma taxa média de 6% no período, enquanto o consumo cresce à taxa média de 11,3%, indicando a existência potencial de recursos gerados internamente no setor para financiar o crescimento do mesmo, com possível redução no custo médio da eletricidade.

Os preços do petróleo, no conceito geral do projeto, são parâmetros que podem assumir quaisquer valores e permitem, através de modelos contábeis e matemáticos, avaliar os efeitos de sua variação. Assim, em relação ao balanço de pagamento foi preparado o modelo financeiro, em sua formulação preliminar. Em relação à oferta de petróleo, foi preparado, programado e testado, em computador, um modelo matemático que permite determinar as quantidades de óleo cru a serem importadas de cada fonte estrangeira, ou produzidas, utilizando as reservas nacionais, bem como as quantidades de derivados a serem refinados em cada região do País ou importadas, de modo a atender à demanda prevista a custos mínimos e sujeitando-se a diversas restrições de ordem política e econômica, inclusive aquelas ditadas pela segurança nacional.

A perspectiva para o ano 2000, realizada de acordo com hipóteses de trabalho devidamente explicitadas e sob a condição de que o Produto Interno Bruto (PIB) continuasse a crescer à taxa média de 10% ao ano, apresenta um Brasil com 185 milhões de habitantes, um consumo *per capita* de energia de 7.000kg de carvão equivalente (correspondente ao dos EUA em 1950), renda nacional *per capita* de US\$ 3.400, processando cerca de 7,8 milhões de barris de petróleo por dia (o dobro do Japão em 1970).

Nestas condições, a potência instalada no ano 2000 seria da ordem de 173 milhões de quilowatts, dos quais 18 milhões de usinas térmicas convencionais, 80 milhões de usinas hidrelétricas e 75 milhões de usinas nucleares.

A estrutura energética do País no ano 2000 mostra que o setor petróleo (gás e xisto incluídos) representa 57% do suprimento energético e a hidreletricidade 10%, subindo a núcleo-eletricidade para 20% (devido ao elevado fator da capacidade das usinas, mantendo-se o carvão em 6%, descendo as energias não-comerciais para 5% e estabelecendo como esta, para o ano 2000, o fornecimento de 2% das necessidades do País com a participação das fontes não convencionais de energia como, por exemplo, a energia solar e a célula combustível (hidrogênio).

Ao finalizarmos, registramos a nossa convicção de que, a longo prazo, a partir do ano 2000, não haverá falta de energia em potencial. A energia da fusão ou a solar, ou ambas, serão as principais fontes, complementadas com a melhor tecnologia de extração do carvão, o calor e a eletricidade de fontes geotérmicas, assim como a utilização judiciosa de reatores de regeneração.

A energia será consumida principalmente sob a forma de eletricidade e combustíveis sintéticos, possivelmente hidrogênio, com muitas aplicações.

A fim de que os objetivos de autonomia energética possam ser atingidos dentro dessa evolução, faz-se necessário que as tecnologias possam ser desenvolvidas, quer as originais, quer as transferidas, e se tornem economicamente competitivas. Para isso torna-se fundamental que esforços decididos, bem financiados e bem administrados, sejam empenhados na sua consecução.

Anexo 1

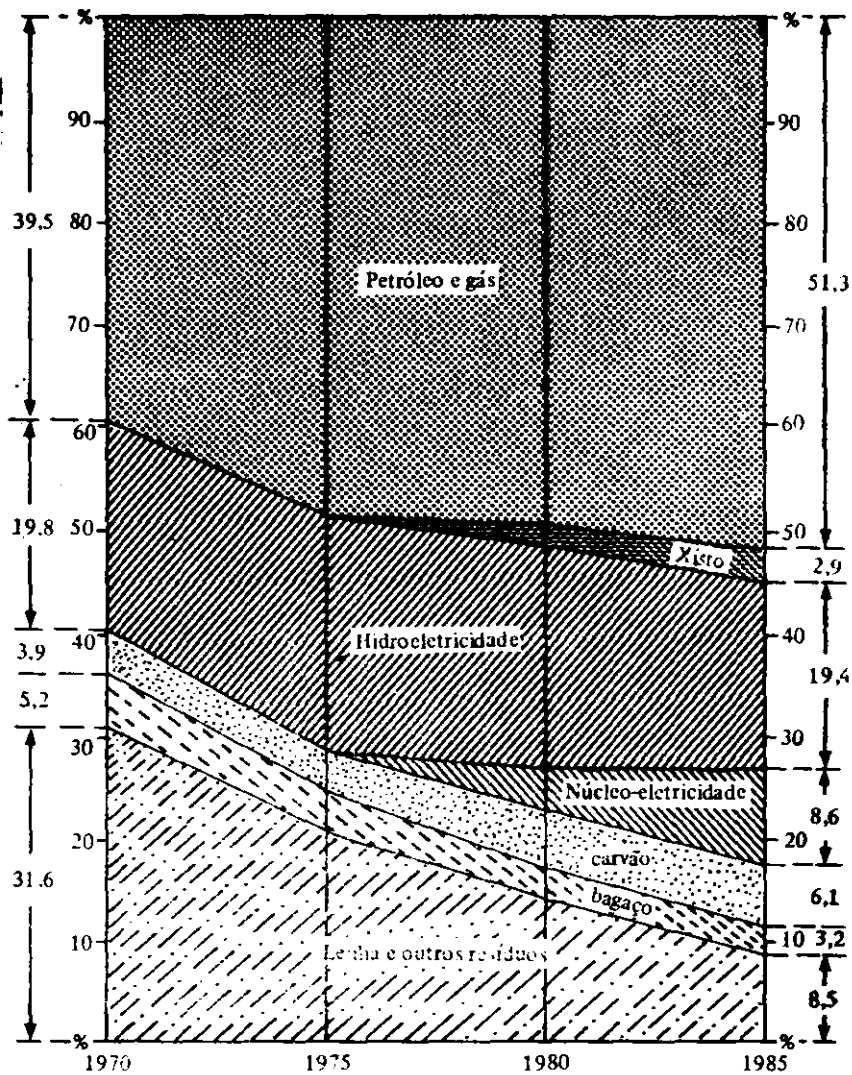
Fechamento das matrizes projetadas

Energia ou Combustível	Unidade	Trajetória superior								
		1975			1980			1985		
		O	O-Z	Z	O	O-Z	Z	O	O-Z	Z
11 — Lenha	10 ⁹ m ³	231.615	—	231.615	227.683	—	227.683	225.196	—	225.196
12 — Bagaço de cana	10 ⁸ t	25.741	—	25.741	33.791	—	33.791	44.884	—	44.884
13 — Gás de alto forno	10 ⁹ Gcal	10.861	—	10.861	21.162	—	21.162	34.063	—	34.063
14 — Outros resid. e subprod.	10 ⁹ Gcal	4.040	—	4.040	7.224	—	7.224	12.182	—	12.182
21 — Energia elétrica	10 ⁹ Mwh	81.413	4.542	76.871	129.323	787	128.536	211.023	-2.193	213.216
22 — Carvão vegetal	10 ⁸ t	3.236	—	3.236	3.678	—	3.678	4.351	—	4.351
23 — Carvão vapor	10 ⁸ t	2.529	-94	2.623	4.758	916	3.842	5.966	442	5.524
24 — Carvão metalúrgico	10 ⁸ t	3.833	196	3.637	7.065	-1.768	8.833	11.378	-3.213	14.591
25 — Coque	10 ⁸ t	2.607	-297	2.904	6.340	-516	6.856	10.475	-810	11.285
26 — Gás de coqueria	10 ⁹ Mdam ³	885	—	385	1.893	—	1.893	3.130	—	3.120
27 — Gás de cidade	10 ⁹ Mdam ³	948	443	505	11.302	10.658	644	29.607	28.865	742
28 — Gás de xisto	10 ⁸ t	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29 — Gás de refinaria	10 ⁸ t	26	—	26	26	—	26	26	—	26
30 — GLP	10 ⁸ t	1.358	-422	1.780	1.541	-815	2.356	2.774	-191	2.965
31 — Nafta	10 ⁸ t	1.944	85	1.859	1.866	-2.021	3.887	2.298	-4.317	6.615
32 — Gasolina de aviação	10 ⁸ t	—	-38	38	—	-13	13	—	-6	6
33 — Gasolina automotiva	10 ⁸ t	11.718	-370	12.088	14.400	-5.678	20.078	22.645	-8.678	31.323
34 — Querosene de aviação (1)										
35 — Querosene iluminante (1)	10 ⁸ t	12.795	1.388	11.407	15.201	-2.277	17.478	20.562	-6.081	26.643
36 — Óleo diesel (1)										
37 — Óleo combustível	10 ⁸ t	14.041	485	13.556	15.992	-5.229	21.221	23.301	-10.989	34.290
38 — Coque de petróleo	10 ⁸ t	200	130	70	400	283	117	400	196	204
39 — Condensado de gás nat.	10 ⁸ t	132	—	132	132	—	132	132	—	132

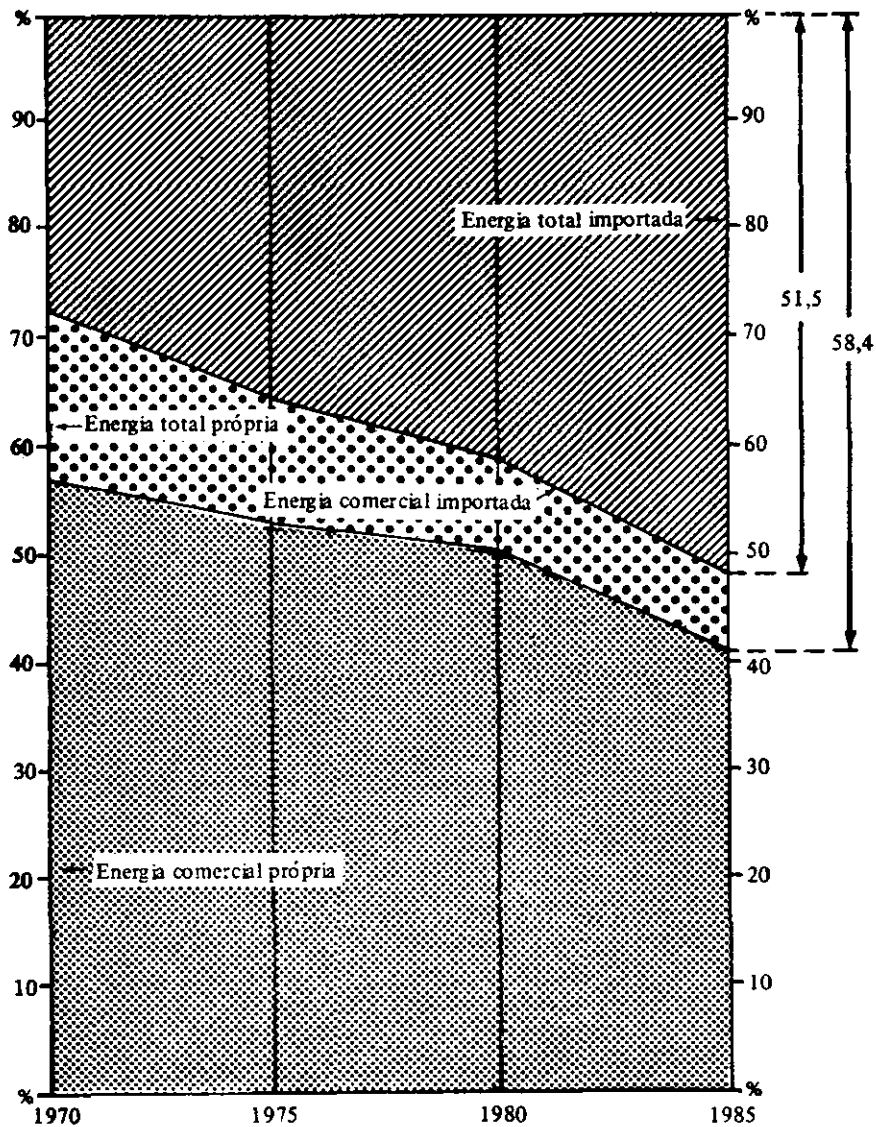
(1) Destilados médios

Fonte: MEB

Anexo 2
Evolução da Estrutura Energética
1970-1975-1980 e 1985



Anexo 3
 Balanço da estrutura energética
 Importação 1970-1975-1980 e 1985



Summary

The author analyzes energy supply and consumption trends in Brazil based on the energy matrix a representative framework for the energetic balance of the country's economy, in a given year.

Describing in details the elements that constitute the matrix, the author presents the variations which should be taken into consideration in the formulation of a policy that defines the parameters for the use of energy resources, conditioned to the interests of safety and national development policies.

O CORREIO DA UNESCO

Uma revista modulada

Que é um módulo?

Que é uma construção modulada?

Uma construção modulada é a que se pode ampliar à vontade com o acréscimo de novas unidades, ou módulos. **O Correio da Unesco** é isso — uma **construção cultural modulada**. Cada número é um novo módulo que você pode acrescentar ao seu conhecimento do mundo contemporâneo. Feito por especialistas em educação, ciência e cultura, **O Correio da Unesco** dá a você mês a mês uma visão multilateral das matérias em debate no grande foro onde falam os que estão propondo soluções inteligentes para o mundo em que vivemos.

VOCÊ PODE E DEVE SER LEITOR SISTEMÁTICO DE O CORREIO DA UNESCO.

Pedidos para a **Fundação Getúlio Vargas. Editora da FGV.**
Praia de Botafogo, 188 — Tel.: 286-3344 — C.P. 9.052 —
ZC-02 — Rio de Janeiro, RJ.