

ferido para as indústrias PRÓLOGO e COMSIP, o Centro de Operação do Sistema (COS), com a LIGHT, e o Centro de Supervisão de Usinas (CSU), com a Eletrosul. Outro projeto importante na área de eletrônica foi o do Medidor e Registrador de Energia e Demanda, destinada a viabilizar a implantação da tarifa diferenciada no Brasil.

O CEPEL desenvolve uma atividade importante de intercâmbio internacional, além de prestar serviços a outros países, em apoio à política de exportação de bens e serviços do Brasil. Destacam-se os convênios de intercâmbio de informações e complementação de recursos laboratoriais firmado pelo CEPEL com entidades congêneres no exterior, tais como o IREQ (Canadá); CESI (Itália); IIE (México); EPRI (Estados Unidos); CRIEPI (Japão); KEMA (Holanda) e os contratos de venda de serviços assinados com o EPRI, nos Estados Unidos e com a Siemens, na Alemanha, entre outros.

O balanço energético nacional: o papel da energia elétrica

PÉRICLES AMORIM FIGUEIREDO

Engenheiro da ELETROBRAS. Formado pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Pernambuco, como engenheiro mecânico, tem curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pela Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foi secretário de Tecnologia do Ministério das Minas e Energia e coordenou o Comitê de Balanço Energético Nacional e o Comitê de Informações Tecnológicas, no âmbito do MME.

O Balanço Energético Nacional (BEN), editado anualmente pelo Ministério das Minas e Energia, apresenta de forma sistemática uma contabilização dos fluxos energéticos no país, evidenciando as relações entre a oferta e a demanda de energia.

Como tal, envolve certas convenções, pelas quais são apropriadas as quantidades de energia, e dentre estas está a extensão da cadeia energética que se pretende mostrar.

Nas versões correntes do BEN, por exemplo, ainda não são computados os rendimentos dos equipamentos de consumo final, segundo os quais uma determinada forma de energia, como a eletricidade, diesel, álcool, etc., é convertida em energia útil.

Nesse sentido, foi recentemente publicado, pelo Ministério, um Balanço de Energia Útil para o ano de 1983, com base num estudo preliminar realizado pela FDTE (Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Energia).

Assim, têm-se os seguintes conceitos para o consumo de energia:

- consumo de energia útil — energia efetivamente convertida em força motriz, calor de processo, iluminação, aquecimento direto, eletroquímica, etc.;

- consumo final energético — destinação para fins energéticos de derivados de petróleo, eletricidade, lenha, carvão vegetal, carvão mineral, etc.;

- consumo final — igual ao consumo final energético mais a quantidade de energia contida em produtos que são utilizados em diferentes setores para fins não energéticos (ex.: uso da nafta na petroquímica);

- energia para transformação — produtos energéticos na forma provida pela natureza (petróleo, hidráulico, cana-de-açúcar, lenha), que através de um Centro de Transformação (destilaria, hidrelétrica, refinaria, etc.) são transformados em formas mais adequadas para manuseio.

Outra convenção utilizada diz respeito às equivalências entre as formas de energia. Na elaboração do BEN é adotada como unidade padrão a "tonelada equivalente de petróleo — TEP". Então, um energético, como a eletricidade, é medido em termos da quantidade equivalente ao derivado de petróleo necessário para gerar aquela mesma quantidade de eletricidade. Existem outras convenções e uma delas é a de se considerar o conceito teórico de equivalência calórica, segundo a qual se contabilizam as formas de energia pelo calor que elas sejam capazes de gerar, diretamente pela queima, ou indiretamente, através do uso de algum dispositivo de transformação.

Referidas convenções não são escolhidas arbitrariamente, mas são decorrência da realidade que se deseja evidenciar. Assim, por exemplo, o BEN mostra, de uma forma apropriada, a quantidade de petróleo adicional que se deveria produzir caso se estivesse que gerar a eletricidade exclusivamente à base de derivados de petróleo. Já o emprego do Balanço de Energia Útil é mais indicado para mostrar o esforço necessário para substituição do consumo de petróleo por, exemplificando, hidreletricidade.

Finalmente, ao se fazer uma análise global de uma série de Balanços Energéticos, deve-se entender que as mudanças no comportamento tanto podem ser consequência das mudanças nos níveis das atividades econômicas quanto das mudanças estruturais do Setor Energético.

I. Evolução Global do Consumo Final Energético

De acordo com a metodologia empregada no Balanço Energético Nacional (BEN), o consumo final energético no país teve o seguinte comportamento:

ESPECIFICAÇÃO	10 ³ tep(%)		
	1973	1979	1983
● eletricidade	15.928 (21.2)	31.582 (27.8)	41.069 (33.6)
● derivados de petróleo e gás	32.496 (43.1)	47.420 (41.7)	39.736 (32.5)
● outras fontes	26.921 (35.7)	34.644 (30.5)	41.416 (33.9)
TOTAL	75.345 (100.0)	113.646 (100.0)	122.221 (100.0)

Fonte: BEN-84

Destacam-se dois períodos com condicionantes bem distintos. De 1973 a 79 verificou-se um elevado crescimento da economia, o que representou um crescimento médio anual de 10,7% no valor do PIB, a preços constantes, e o início da Política Nacional de Energia, visando a substituição de derivados de petróleo, ainda que as ações concretas se mostrassem tímidas.

A partir de 1979, essas características se modificaram profundamente, com a economia praticamente sem apresentar crescimento, atingindo em 83 o mesmo valor do PIB, a preços constantes, de 1979, e, por outro lado, com uma ação muito mais concentrada e firme, visando a redução do consumo de derivados de petróleo.

Nestes dois períodos, o consumo final energético no país teve as seguintes taxas de crescimento médio anual:

ESPECIFICAÇÃO	% a.a.	
	1973/79	1979/83
● eletricidade	12.0	6.8
● derivados de petróleo e gás	6.5	- 4.3
● outras fontes	4.3	4.6
Total das fontes	7.0	1.8

Em termos de participação observa-se um crescimento gradual do consumo da eletricidade, que aumentou cerca de 5 pontos percentuais em cada um dos períodos; os derivados de petróleo e gás mantêm a mesma participação no primeiro período, e a partir de 1979 decrescem 10 pontos.

É necessário contudo ponderar que, na contabilização dos fluxos energéticos correntemente empregada no Balanço Energético Nacional, convencionou-se utilizar o conceito de "tonelada equivalente de petróleo por substituição (tep)". Assim, por exemplo, a energia elétrica tem o seu poder calorífico determinado pela quantidade de petróleo necessária para gerar 1 MWh, resultando na relação 1MWh = 0,290 tep.

Uma outra convenção, adotada por alguns países, utiliza o conceito de "equivalência calórica" entre as formas de energia; por essa convenção as toneladas equivalentes de petróleo por substituição registradas no BEN como referentes à energia elétrica, ao álcool anidro e ao hidrato devem ser multiplicadas por um fator de conversão igual a 0.275, 0.684 e 0.782, respectivamente.

Os mesmos Balanços Energéticos Nacionais apresentariam, então, a seguinte evolução do consumo final de energia, por essa convenção:

ESPECIFICAÇÃO	10 ³ tep. (%)		
	1973	1979	1983
● eletricidade	4.380 (7.0)	8.685 (9.7)	11.294 (12.3)
● derivados de petróleo e gás	32.496 (52.7)	47.420 (52.4)	39.736 (43.4)
● outras fontes	24.847 (40.3)	34.379 (37.9)	40.474 (44.3)
Total	61.723 (100.0)	90.484 (100.0)	91.504 (100.0)

BEN corrigido segundo a equivalência calórica.

Ainda neste caso, trata-se do suprimento energético às atividades econômicas, sem considerar, todavia, as diferenças entre toneladas equivalentes de petróleo de diferentes formas de energia quando consumidas por um mesmo equipamento de consumo final, isto é, não se levam em conta as eficiências energéticas desses equipamentos, que variam conforme a forma empregada; assim, por exemplo, o consumo final num fogão doméstico varia se é utilizado 1 tep de GLP, de lenha ou de eletricidade.

Isto leva ao conceito de Balanço de Energia Útil, que é a quantidade de energia sob as formas de calor de processo, força motriz, iluminação, etc. que se convertem em serviço e que permitem visualizar as quantidades de energia que se devem ofertar internamente para se chegar a um trabalho desejado.

A relação entre o consumo final de energia (pela equivalência calórica) e a energia útil, para o ano de 1983, é indicada a seguir:

ESPECIFICAÇÃO	10 ³ tep (%)		
	Consumo Final Energético	Energia Útil	Perdas
● eletricidade	11 294 (100.0)	7 289 (64.5)	4 005 (35.5)
● derivados de petróleo e gás	39 736 (100.0)	16 038 (40.0)	23 698 (60.0)
gás natural	1 068	753	315
diesel	15 187	5 621	9 566
● óleo combustível	9 770	5 312	4 458
gasolina	6 734	1 483	5 251
GLP	3 642	1 642	2 000
querosene e nafta	2 255	711	1 544
gás	1 080	516	564
● Outras fontes	40 474 (100.0)	15 539 (38.4)	24 935 (61.6)
lenha	20 257	3 813	16 444
carvão veg.	3 956	2 621	1 335
carvão vapor	1 453	631	822
coque de carvão	3 308	2 752	556
álcool	2 628	834	1 794
bagaço de cana	7 065	3 533	3 532
outras fontes	1 807	1 355	452
Total	91 504 (100.0)	38 866 (42.5)	52 638 (57.5)

Fonte: Balanço de Energia Útil

Verifica-se, pelo quadro, que a eletricidade é uma das formas de energia utilizada com menor perda dentre dos energéticos. A destinação útil da eletricidade neste ano foi estimado em 60% para força motriz, 16% para calor de processo, 15% para aquecimento direto, 3% para iluminação, 2% para eletroquímica e 4% para outros fins. Novamente o valor relativamente baixo da iluminação resulta da eficiência energética atribuída a uma lâmpada (de 4 a 15%).

Quando utilizado este conceito de energia útil, a estrutura do Balanço Energético Nacional apresenta uma nova configuração. Se ele for aplicado em relação ao BEN corrigido pela equivalência calórica, ter-se-á o seguinte comportamento do consumo final de energia:

ESPECIFICAÇÃO	10 ³ tep (%)		
	1973*	1979*	1983
● eletricidade	2.903 (11.2)	5.556 (15.6)	7.289 (18.8)
● derivados de petróleo e gás	12.479 (47.9)	18.241 (51.1)	16.038 (41.3)
● outras fontes	10.634	11.848	15.539
Total	26.016	35.645	38.866 (100.0)

Fonte: Balanço de Energia Útil – BEU

* Foi adotada uma hipótese de que as eficiências médias de utilização das fontes de energia não se alterariam de 1973 a 1983, sendo então utilizados os dados da pesquisa feita em 83; isto implica na manutenção dos rendimentos energéticos dos equipamentos, como também da participação nas destinações das formas de energia útil consideradas.

II – Evolução do Consumo Final Energético por Setor Econômico

Na distribuição do consumo final de eletricidade são preponderantes, em todo o período 1973/83, as participações dos setores industriais (acima de 50%) e residencial (cerca de 20%).

ESPECIFICAÇÃO	(%)		
	1973	1979	1983
Consumo Final de Eletricidade	100.0	100.0	100.0
Setor Energético	1.4	1.7	1.7
Setor Residencial	19.9	19.5	21.0
Setor Comercial	13.3	11.7	11.8
Setor Público	9.7	8.9	9.1
Setor Agropecuário	0.9	1.4	2.3
Setor Transp. Ferroviário	0.1	0.7	0.7
Setor Industrial	54.7	56.1	53.4

Especificamente no Setor Industrial, alguns subsetores — Ferro Gusa e Aço, não ferrosos e outros da Metalurgia, Química, Alimentos e Bebidas — são responsáveis por mais de 50% do consumo setorial final.

As modificações mais importantes ocorreram em relação à participação da eletricidade no consumo final de cada setor, e foram decorrentes de alterações no ritmo das atividades econômicas e da execução da Política Nacional de Energia, que visou à substituição de derivados de petróleo.

Para melhor avaliação dessas modificações, classificaram-se os Setores Econômicos segundo sua relevância dentro do consumo final de eletricidade e quanto à importância da eletricidade para o suprimento energético do setor. Tomando-se como referência o Balanço de Energia Útil de 1983, ter-se-á então:

ESPECIFICAÇÃO	1973	1979	1983
Setor Industrial	100.0	100.0	100.0
● Cimento	5.3	4.2	3.2
● Ferro Gusa e Aço	10.7	12.9	11.5
● Ferro-Ligas	3.2	3.6	4.5
● Mineração/Pelotizado	2.5	3.4	5.2
● Não Ferrosos/Outros da Metalurgia	19.0	18.0	16.9
● Química	13.1	12.6	13.2
● Alimentos e Bebidas	9.0	8.7	10.0
● Têxtil	8.9	6.5	5.4
● Papel e Celulose	6.7	7.2	7.3
● Cerâmica	2.3	2.1	4.1
● Outros	19.3	20.8	18.7

ESPECIFICAÇÃO	Eletricidade não é predominante no consumo de energia Útil	Eletricidade é predominante no consumo de energia Útil
Representam menos de 5% de consumo final de eletricidade	A	B
Representam mais de 5% do consumo final de eletricidade	C	D

Em seguida são sumariamente comentados os crescimentos do consumo de eletricidade, por Setor Econômico, tomando-se por base os períodos de 1973 a 79 e de 1979 a 83;

GRUPO "D"

● Setor Comercial — apresenta taxas significativas de crescimento, de 9.6% a.a., no período 1973/79, e de 7.4% a.a., no período de 1979/83, tendo concorrido para tanto a implantação de "Shopping-Center" e a ampliação das redes hoteleira e hospitalar, todos fazendo uso intensivo de refrigeração e iluminação. A eletricidade progressivamente aumentou sua participação a partir de 1973, com o consumo de derivados de petróleo decrescendo no segundo período.

● Setor Público — todos os energéticos vêm crescendo a taxas bastante elevadas, sendo que a eletricidade cresceu a 10.0% a.a. e 8.1% a.a. respectivamente nos dois períodos considerados; destaca-se a participação da eletricidade na energia útil consumida em 83, que foi da ordem de 80%.

● Setor Industrial: Não Ferrosos e Outros da Metalurgia — é um setor onde o crescimento da eletricidade praticamente se deu todo em 1983, o que se deve principalmente à entrada em operação dos contratos com vistas ao emprego da eletrotermia.

GRUPO "C"

● Setor Residencial — O consumo de energia elétrica residencial foi o que mais cresceu nos períodos considerados

(11.5% a.a. e 9.0% a.a.), sendo a maior parcela da destinação útil relativa à força motriz e calor de processo. Deve também ser ressaltado que o consumo médio domiciliar mantém-se estável, a partir de 1979 (1.6 MWh/domicílio). O consumo de eletricidade só não é preponderante em função da lenha que se consome no meio rural, em bases não comerciais.

● **Setor Industrial: Ferro Gusa e Aço** — depois de um elevado crescimento do consumo da eletricidade (16.6% a.a.) no primeiro período (seguido de perto pelo consumo coque de carvão mineral e carvão vegetal), no período seguinte registra-se uma taxa apenas modesta de crescimento (2.1% a.a.), perdendo a eletricidade importância para aqueles dois outros energéticos. Outro fato a destacar é a baixa eficiência média de utilização da eletricidade no setor, basicamente empregada para aquecimento direto.

● **Setor Industrial: Alimentos e Bebidas** — é um setor tradicionalmente grande consumidor de eletricidade, onde seu uso vem crescendo a taxas elevadas (de 12.5% a.a. e 8.8% a.a. nos períodos indicados) e sua participação só é inferior ao do bagaço de cana.

GRUPO "B"

● **Setor Industrial: Ferro-Ligas** — também este é um setor cujo consumo de eletricidade cresceu a taxas elevadas durante os dois períodos (respectivamente, 15.4% a.a. e 8.8% a.a.).

GRUPO "A"

● **Setor Energético** — neste setor as áreas grandes consumidoras são as Refinarias e Destilarias, sendo reduzido o consumo de eletricidade (cerca de 3.6% do consumo de energia útil).

● **Setor Agropecuário** — o consumo de eletricidade vem crescendo a taxas muito elevadas desde 1973, em torno de 20.0% a.a., sendo seu uso basicamente destinado a força motriz.

● **Setor Transportes — Ferroviário** — de um crescimento reduzido no primeiro período, o consumo de eletricidade aumentou significativamente no segundo período (9,9% a.a.), para o que concorreu a entrada do Metrô em operação.

● **Setor Industrial — Cimento** — o fato marcante do consumo energético nesse setor é a adesão ao programa de substituição do óleo combustível pelo carvão mineral e vegetal; o consumo de eletricidade registra um declínio no período 1979/83.

● **Setor Industrial: Mineração e Pelotização** — verifica-se um grande crescimento do consumo de eletricidade desde 1973 (cerca de 18.0% a.a.), sobretudo na indústria de mineração, assim como se verifica o início do emprego do carvão vegetal na indústria de pelotização, em detrimento do consumo de derivados de petróleo, em ambos subsetores.

● **Setor Industrial — Química** — a eletricidade e o gás são as duas fontes de maior crescimento neste setor; as taxas de crescimento da eletricidade foram de 19,7% a.a., de 1973 a 1979, e de 6.5% a.a. no período seguinte.

● **Setor Industrial — Têxtil** — o consumo de eletricidade vem oscilando cerca de 10% desde 1979, atingindo em 1983 um nível abaixo de 1979.

● **Setor Industrial: Papel e Celulose** — os principais substitutos para o óleo combustível têm sido a lenha e o carvão mineral; a eletricidade teve um crescimento alto no primeiro período (14.5% a.a.) e modesto depois (5.6% a.a.), participando com 30.0% da energia útil em 1983.

● **Setor Industrial — Cerâmica** — é um setor onde o consumo de eletricidade, que já vinha crescendo a altas taxas de 1973 a 79 (cerca de 11.7% a.a.), teve seu crescimento mais que dobrado de 1979 a 83; a eletricidade representou em 1983, 30.0% da energia útil consumida.

● **Outros Setores — Industriais** — nestas indústrias, a eletricidade vem ganhando participação desde 1973, sendo o único consumo que cresceu no período 1979/83, ainda que a uma taxa modesta de 2.3% a.a.

V. Dados Comparativos Internacionais

O quadro seguinte mostra alguns níveis de nossa eletrificação comparativamente com os de outros países e regiões da América Latina, extraídos dos Balanços Energéticos Nacionais consolidados pela Organização Latinoamericana de Energia — OLADE. Os valores indicados, inclusive para o Brasil, foram aqueles correspondentes à convenção de equivalência calórica e, por conseguinte, não coincidem exatamente com a publicação do Balanço Energético Nacional (BEN).

Destaca-se a singularidade do Brasil no que respeita à absoluta predominância da origem hidráulica da eletricidade. Pelas razões anteriormente explicadas, a participação é função da convenção adotada, sendo maior se considerada a energia útil, e bem maior ainda se adotada a convenção do Balanço Energético Nacional.

10³ tep.

PAÍS	GERAÇÃO (%)			ELETRICIDADE				Total do Cons. Final de Energia (B)	A/B %	Cons. Total Per Capita
	Hidro	Derivados e Gás	Outras Fontes	Total do Consumo Final (A)	Consumo Final Energético (1)					
					Res./Com/Público	Ind.	Outros			
Brasil (80)	79	8	13	10.320	4.083	5.989	248	94.375	10.9	0.91
México (80)	27	71	2	4.498	2.097	2.047	354	70.544	6.3	1.56
Argentina (78)	10	79	11	2.402	1.099	1.236	67	94.375	10.9	0.91
Venezuela (79)	16	84	—	1.931	987	919	25	21.293	9.0	2.56
Peru (79)	37	59	4	718	237	448	33	9.499	7.5	0.65
Equador (78)	12	88	—	187	130	54	3	3.633	5.1	0.61
Chile (78)	38	41	21	753	240	495	18	7.155	10.5	0.96
América Central (78)	23	59	18	618	357	233	28	11.052	5.6	0.61
América Latina (78) (2)	37	55	8	20.455	9.006	10.833	616	253.930	8.0	1.01

1 — Pela convenção da OLADE não se inclui o autoconsumo do Setor Energético.

2 — Incluem-se Brasil, Bolívia, Argentina, Colômbia, Costa Rica, Chile, Equador, El Salvador, Gramado, Guatemala, Haiti, Honduras, Jamaica, México, Nicarágua, Panamá, Peru, República Dominicana, Suriname, Trindade, Tobago, Uruguai e Venezuela.

ANEXO 1

CONSUMO DE ENERGIA ÚTIL ESTIMADO PARA O ANO DE 1983

10³ tep (%)

ESPECIFICAÇÃO	Eletricidade	Derivados de Petróleo e Gás	Outras Fontes
Comercial Público	GRUPO "D" 571 (62.3)	286 (31.2)	59 (6.5)
Ind. não Ferrosos e Outros da Metalurgia	490 (80.8)	102 (16.7)	20 (3.3)
	599 (76.6)	65 (8.3)	118 (15.1)
Residencial	GRUPO "C" 1.369 (32.4)	1.522 (36.0)	1.329 (31.6)
Ind. Ferro Gusa e Aço	349 (5.7)	637 (10.5)	5.112 (83.8)
Ind. Alimentos e Bebidas	516 (12.5)	708 (17.2)	2.890 (70.3)
Ind. Ferro-Ligas	GRUPO "B" 143 (62.8)	—	85 (37.2)
Energético	GRUPO "A" 170 (3.6)	1.827 (38.7)	2.729 (57.7)
Agropecuário	221 (13.0)	820 (48.5)	650 (30.5)
Transporte Ferroviário	75 (27.9)	192 (71.4)	2 (0.7)
Indústria Cimento	171 (18.9)	227 (25.0)	509 (56.1)
Indústria Mineração e Politização	198 (38.7)	287 (56.0)	27 (5.3)
Indústria Química	680 (25.7)	1.852 (70.0)	115 (4.3)
Indústria Têxtil	277 (36.2)	387 (50.6)	100 (13.2)
Ind. Papel e Celulose	389 (30.0)	483 (36.0)	471 (34.0)
Indústria Cerâmica	194 (30.0)	141 (21.8)	312 (48.2)
Outras Indústrias	877 (60.3)	400 (27.5)	177 (12.2)

ANEXO 2

A DESTINAÇÃO ÚTIL DA ELETRICIDADE, POR SETOR CONSUMIDOR, NO ANO DE 1983.

(%)

ESPECIFICAÇÃO	Força Motriz	Calor de processo	Aquecimento direto	Iluminação	Eletra-Química	Outras Fontes
Comercial	GRUPO "D" 52.0	0.7	29.8	17.7	—	—
Público	88.8	0.0	8.2	22.0	—	—
Ind. não Ferrosos e Outros de Metalurgia	48.8	1.8	30.7	0.0	18.9	—
Residencial	GRUPO "C" 39.7	44.0	—	2.0	—	14.3
Ind. Ferro Gusa e Aço	1.7	0.6	97.8	0.0	0.0	—
Ind. Ferro-Ligas	GRUPO "B" 12.8	—	87.4	0.0	0.0	0.0
Energético	GRUPO "A" 98.5	3.6	—	—	—	—
Agropecuário	94.8	1.0	3.2	0.0	—	1.2
Transporte Ferroviário	100.0	—	—	—	—	—
Indústria Cimento	93.8	0.0	5.3	0.8	—	0.6
Indústria Mineração e Politização	71.2	—	28.3	0.0	—	0.5
Indústria Química	83.9	5.3	3.5	0.6	6.3	0.5
Indústria Têxtil	93.5	4.3	0.8	0.8	—	1.0
Ind. Papel e Celulose	88.7	9.6	0.8	0.6	—	0.6
Indústria Cerâmica	75.8	0.0	24.2	0.0	—	0.0
Outras Indústrias	87.8	2.2	8.1	0.9	—	1.2

BIBLIOGRAFIA

- Ministério das Minas e Energia — "Balanço Energético Nacional" — 1984.
 Ministério das Minas e Energia — "Balanço de Energia Útil" — (dez./84).
 Ministério das Minas e Energia — "Balanço do Setor Energético" — (85).
 OLADE — "Balancos Energéticos de America Latina" — (nov./81)