



*Economia e Energia*

Nº

**63**

Agosto - Setembro  
2007  
Ano XI

<http://ecen.com>

**IMPRESSO**  
ENVELOPAMENTO AUTORIZADO  
PODE SER ABERTO PELA ECT

Texto para Discussão:

**Impacto Direto da Geração Nuclear no Brasil sobre Emissões de Efeito Estufa**

*Carlos Feu Alvim, Frida Eidelman, Olga Mafra, Omar Campos Ferreira e Rafael Macêdo*

Descrição de Programa:

**Programa bal\_eec - Manual do Usuário Carbono Contido, Energia Equivalente e Final**

*Carlos Feu Alvim. Rafael Macêdo*

Texto para Discussão / Opinião:

**Os leilões de energia Nova: Vetores de Crise ou de Ajuste entre a Oferta e Demanda**

*Nivalde J. de Castro e Daniel Bueno*

*Economia e Energia*

*Revista*

## Apoio:



**As Usinas Angra 1 e 2** são responsáveis por mais de 50% da energia consumida no Estado do Rio de Janeiro.

Uma energia limpa que gera empregos e desenvolvimento. Além disso, a Eletronuclear tem projetos de responsabilidade social que privilegiam o bem-estar das comunidades locais, a preservação da natureza e a saúde no trabalho.

**Eletronuclear.**  
Energia que respeita a vida.

**ELETRONUCLEAR**  
ELETROBRÁS TERMONUCLEAR S.A.

**Eletrobrás**  
Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

Ministério de  
Minas e Energia

**BRASIL**  
UM PAÍS DE TODOS  
GOVERNO FEDERAL

agf/pt/0003

---

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 Centro CEP 20040-005  
Rio de Janeiro RJ Tel (21) 2222-4816 Fax 2242-2085  
BH: Rua Jornalista Jair Silva, 180 Bairro Anchieta CEP 30310-290  
Belo Horizonte MG Tel./Fax (31) 3284-3416  
Internet :<http://ecen.com>.

---

Editor Gráfico: Marcos Alvim



## *Economia e Energia*

Nº 63: Agosto-Setembro de 2007  
ISSN 1981-9234

Versão em Inglês e Português disponível em:  
<http://ecen.com>

[Texto para Discussão:](#)

### **Impacto Direto da Geração Nuclear no Brasil sobre Emissões de Efeito Estufa**

*Carlos Feu Alvim, Frida Eidelman, Olga Mafra, Omar Campos  
Ferreira e Rafael Macêdo* pág 3

A geração de energia nuclear não apresenta emissões diretas de gases de efeito estufa. A avaliação do impacto direto foi feita considerando que ela está inserida na complementação térmica necessária ao sistema elétrico brasileiro. São apresentadas opções para apuração das emissões indiretas.

[Descrição de Programa:](#)

### **Programa *bal\_eec* - Manual do Usuário Carbono Contido, Energia Equivalente e Final**

*Carlos Feu Alvim e Rafael Macêdo* pág 19

Descreve-se a utilização do programa *bal\_eec*. Trata-se de programa para computador capaz de gerar planilhas e gráficos dos balanços de carbono, de energia equivalente e energia final, bem como de emissões que contribuem para o efeito estufa.

Uma versão de teste está disponível em  
[http://ecen.com/eee62/eee62p/ecen\\_62p.htm](http://ecen.com/eee62/eee62p/ecen_62p.htm)

[Texto para Discussão / Opinião:](#)

### **Os Leilões de Energia Nova: Vetores de Crise ou de Ajuste entre Oferta e Demanda**

*Nivalde J. de Castro e Daniel Bueno* pág 33

A situação prévia aos leilões de energia nova fixados para julho de 2007 é analisada. Os dados de oferta de empreendimentos para esses dois próximos leilões indicavam predominância de usinas termelétricas de energia não renovável emitindo gases de efeito estufa e com tarifas mais caras. O perfil dos leilões reflete os problemas de uma legislação ambiental ainda não assimilada pela sociedade e de atraso nos estudos dos potenciais hidroelétricos das bacias hidrológicas.

Sumário da Revista:

SUMÁRIO

<b>IMPACTO DIRETO DA GERAÇÃO NUCLEAR</b> .....	3
<b>NO BRASIL SOBRE EMISSÕES QUE</b> .....	3
<b>CONTRIBUEM PARA O EFEITO ESTUFA</b> .....	3
<b>1. Introdução</b> .....	3
<b>2. Participação das Térmicas na Geração de Eletricidade</b> .....	4
<b>3. Emissão de Gases que Contribuem para o Efeito Estufa na Geração de Eletricidade</b> .....	6
<b>4. Possíveis Avaliações Complementares</b> .....	16
<b>5. Conclusão</b> .....	17
Anexo – Estimativa de Emissões Evitadas pelo Uso do Álcool Carburante.....	17
<b>PROGRAMA <i>bal_eec</i> - MANUAL DO USUÁRIO</b> .....	19
<b>CARBONO CONTÍDO, ENERGIA EQUIVALENTE E FINAL</b> .....	19
<b>1. O Programa</b> .....	19
<b>2. Instalando o Programa</b> .....	20
<b>3. Executando o Programa</b> .....	20
<b>4. Operação</b> .....	21
<b>OS LEILÕES DE ENERGIA NOVA: VETORES DE CRISE OU DE AJUSTE ENTRE OFERTA E DEMANDA</b> .....	33
<b>1. Os Leilões de Energia Nova – análise agregada</b> .....	35
<b>2. O Leilão de A-3 – energia para 2010</b> .....	37
<b>3. O Leilão de A-5- energia para 2012</b> .....	40
<b>4. Heranças e Perspectivas para o Setor Elétrico Brasileiro</b> .....	42
<b>5. Conclusão</b> .....	46
<b>Bibliografia</b> .....	47

Texto para Discussão:

## **IMPACTO DIRETO DA GERAÇÃO NUCLEAR NO BRASIL SOBRE EMISSÕES QUE CONTRIBUEM PARA O EFEITO ESTUFA**

*Carlos Feu Alvim [feu@ecen.com](mailto:feu@ecen.com)*

*Frida Eidelman [frida@ecen.com](mailto:frida@ecen.com)*

*Olga Mafra [olga@ecen.com](mailto:olga@ecen.com)*

*Omar Campos Ferreira*

*Rafael Macêdo*

### **1. Introdução**

A avaliação do impacto da introdução da energia nuclear na emissão dos gases que contribuem para o efeito estufa deve ser feita em comparação com a situação que existiria caso ela não fosse utilizada. Ou seja, esta avaliação, como toda avaliação de substituição, passa por uma apreciação algo subjetiva de qual seria o cenário para a não existência da alternativa implementada<sup>1</sup>. Neste trabalho foram feitas suposições simples e, sempre que possível, evitando escolhas arbitrárias.

Os critérios básicos adotados foram:

1. Considerar que a complementação térmica é uma exigência do sistema elétrico brasileiro e que a energia que estaria sendo utilizada no lugar hoje ocupado (e a ser ocupado no futuro) pela energia nuclear seria gerada com combustíveis fósseis;
2. A participação dos combustíveis na geração térmica que existiria se não houvesse a nuclear seria a mesma da verificada em cada ano avaliado;
3. A comparação foi feita para centrais de serviço público (privadas e estatais);
4. Foram apurados apenas os impactos diretos do uso do combustível, não sendo comparados os gastos indiretos na obtenção dos combustíveis (nuclear e convencionais) ou na construção e manutenção das usinas.

---

<sup>1</sup> Comumente chamado de “linha de base”.

## **2. Participação das Térmicas na Geração de Eletricidade**

Este estudo avalia a contribuição da energia nuclear para a redução do efeito estufa usando os dados do Balanço de Carbono - 1970 a 2005. Foi analisada a geração nas centrais elétricas de serviço público, responsáveis por 90% da geração elétrica em 2005, sendo que as usinas autônomas contribuem com os 10% restantes. A energia nuclear está naturalmente destinada ao uso em centrais elétricas de serviço público.

A Figura 2.1 mostra a forte predominância da energia hidrelétrica na geração de eletricidade<sup>2</sup>. Na Figura 2.2 pode-se ver que a participação das térmicas veio decrescendo a partir do choque nos preços do petróleo de 1973 (com alguma recuperação por volta de 1986, atribuída ao Plano Cruzado e ao choque frio nos preços de petróleo), só voltando a aumentar em termos absolutos (Figura 2.1) e relativos (Figura 2.2) a partir da segunda metade da década de noventa.

Foi nesse quadro de crescimento da participação da energia térmica na geração de eletricidade que a energia nuclear passou a ter um papel mais importante nessa geração. Este fato justifica o uso das térmicas existentes em cada ano para estimar o impacto na redução das emissões de carbono, já que a provável alternativa seria o incremento das térmicas para suprir a energia elétrica necessária.

Para avaliação das emissões evitadas no passado, é necessário ainda avaliar a participação das diferentes fontes energéticas térmicas na geração de eletricidade. Como é sabido, a quantidade de carbono emitida a partir de combustíveis depende da natureza deles, em particular da relação carbono/ hidrogênio. A queima de gás natural, por exemplo, resulta em menor emissão do que a proveniente do uso do carvão mineral, já que toda a energia do segundo provém da oxidação do carbono que gera CO<sub>2</sub>, ao passo que no primeiro existe a contribuição do hidrogênio gerando H<sub>2</sub>O. Assim, as emissões que seriam evitadas pelo uso da energia nuclear dependem da composição dos combustíveis que seriam usados na geração. Para efeitos desta avaliação, foi considerada a mesma composição da geração térmica existente no ano para o qual a avaliação é efetuada.

---

<sup>2</sup> A energia mostrada como renovável era, em 2005, somente 0,03% não hidráulica nas geradoras de serviço público; esta foi a maior participação desde 1970.

Geração de Eletricidade por Fonte

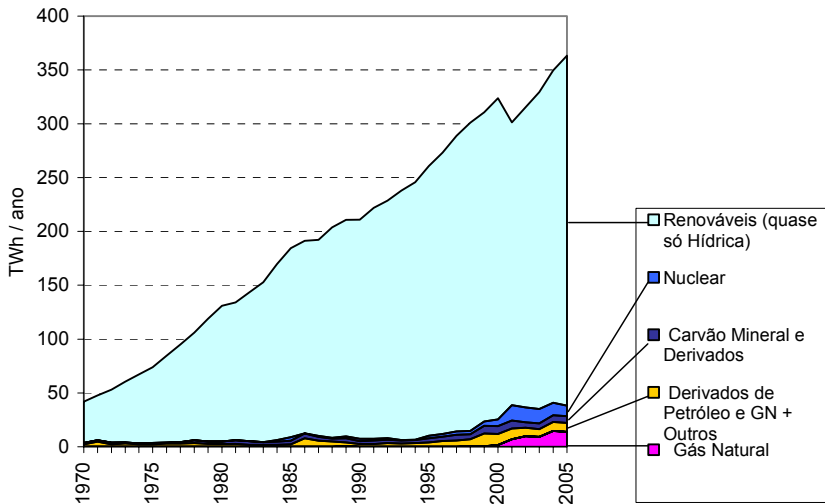


Figura 2.1: Geração de eletricidade por fonte mostrando que foi a partir de 1994 que foi incrementado o uso das térmicas na geração. A energia hidráulica representa, em todo o período, mais de 99,96% da energia denominada renovável

Geração de Eletricidade por Fonte

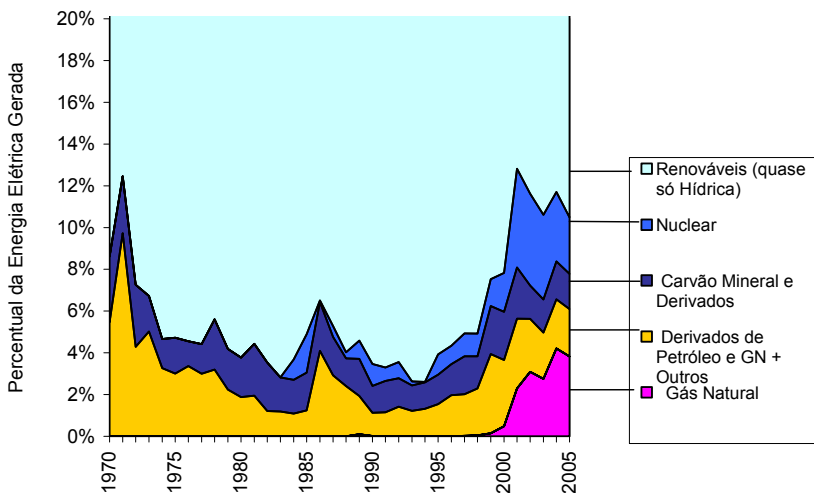


Figura 2.2: A participação das diferentes térmicas na geração de eletricidade foi destacada na figura com ampliação da escala

### **3. Emissão de Gases que Contribuem para o Efeito Estufa na Geração de Eletricidade**

A energia hidráulica e a nuclear não participam diretamente da emissão de gases que contribuem para a formação do efeito estufa; a geração de metano pelas barragens, atribuída à decomposição da biomassa com escassa presença de oxigênio, não está ainda avaliada conclusivamente. Também a geração a combustíveis da biomassa é desconsiderada no inventário de emissões, já que o carbono emitido é o anteriormente absorvido da atmosfera pelas plantas.<sup>3</sup>

A avaliação das emissões de gases de efeito estufa, feita com o auxílio do Balanço de Carbono desenvolvido pela OSCIP Economia e Energia e&e para o MCT, mostrou que os gases que mais contribuem para o efeito estufa são o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o metano (CH<sub>4</sub>). A emissão de carbono é, por esta razão, um parâmetro importante para avaliação da contribuição das diferentes fontes energéticas no incremento do efeito estufa.

Na Tabela 3.1 analisa-se para o ano 2005 a contribuição das diversas fontes na geração de eletricidade e nas emissões de carbono.

---

<sup>3</sup> A possível destruição de matas nativas é contabilizada no desmatamento. Além disto, a geração a partir da biomassa praticamente inexistente nas centrais públicas até 2005.



**Tabela 3.1: Contribuição das Fontes na Geração de Eletricidade e Emissões de Carbono**

ANO 2005	Unidade	ELETRICIDADE	(1) EN. RENOVÁVEIS (*)	(2) GAS NATU RAL	(3) PET E DERV PT E GN + OUT	(4) CARV. MIN. E DERIV.	SUB-TOTAL FÓSSEIS (5) = (2)+(3)+(4)	(6) NUCLEAR	TÉRMICAS (7) = (5)+(6)	TOTAL (8) = (1)+(7)
1 ENERGIA	mil tep	31231	-27976	-2908	-2087	-1837	-6832	-2482	-9314	-37290
2 GERAÇÃO DE ELETRICIDADE POR FONTE	mil tep		27963	1195	709	525	2429	848	3277	31239
3 EFICIÊNCIA NA GERAÇÃO POR ENERGÉTICO			1,00	0,41	0,34	0,29	0,36	0,34	0,35	0,84
4 GERAÇÃO DE ELETRICIDADE POR FONTE	TWh	363,3	325	13,8	8,2	6,1	28,3	9,9	38,1	363,3
5 EMISSÕES DE CARBONO	mil t		26	1853	1780	1944	5577	0	5577	5603
6 EMISSÕES DE CARBONO/ ELETRICIDADE GERADA	tC/ Mwh		0,00	0,13	0,22	0,32	0,20	0,00	0,15	0,02
7 EMISSÕES DE CARBONO/ ELETRICIDADE GERADA	tC /tep		0,00	1,55	2,51	3,70	2,30	0,00	2,30	0,18
8 REDUÇÃO DAS EMISSÕES	mil tC/ ano		64191					1946	1946	66136

(\*) 99,97% hidráulica

A Tabela 3.1 foi usada para ilustrar o processo usado na avaliação das emissões evitadas pelo uso da energia nuclear. Para avaliar essas emissões para todo o período disponível (1970 a 2005), é necessário recuperar os dados mostrados para a Tabela 3.1 para todos os anos estudados. Isto foi feito nas Tabelas

Complementares disponíveis na edição eletrônica desta revista em <http://ecen.com>.<sup>4</sup>

Além do impacto da energia nuclear sobre a redução das emissões, pode-se tentar avaliar o efeito correspondente do uso da energia hidráulica, como também é mostrado na Tabela 3.1. Embora isto tenha sido feito como exercício, a suposição de que o perfil de geração térmica fosse o mesmo observado a cada ano é bem mais questionável neste caso do que no da energia nuclear, já que a energia hidráulica corresponde, no Brasil, a fração maior da energia gerada e o cenário de sua eventual substituição seria muito mais complexo. Por exemplo, face à indisponibilidade de grandes volumes de gás natural, seria pouco provável que ele participasse tão intensivamente da geração global, como participa no subconjunto da energia fóssil. Isto aumentaria o impacto a ser atribuído à energia hidráulica na redução das emissões.<sup>5</sup>

A linha 1 da Tabela 3.1 mostra os valores energéticos correspondentes à transformação da energia contida nos diversos energéticos (ou grupos de energéticos) em eletricidade. Seguindo a convenção adotada no BEN, os valores da energia “consumida” são representados como negativos e os da energia “produzida”, no caso a eletricidade, são positivos.

Na linha 2 da Tabela 3.1 estão representados os dados de geração de energia elétrica por energético para o ano de 2005. Os valores anuais serviram de base para a elaboração das Figuras 2.1 e 2.2. Na linha 3 estão os valores da razão energia elétrica gerada/energia consumida, que representam a eficiência aparente na geração.

A eficiência é um fator importante na determinação das emissões passadas e das futuras. A evolução da eficiência aparente da geração elétrica está representada na Figura 3.1 para o GN, derivados de petróleo e GN, carvão mineral e energia nuclear, em valores aparentes, já que baseados em consumo de combustíveis e geração elétrica registrados. Além das naturais

---

<sup>4</sup> As tabelas complementares disponíveis na edição eletrônica foram organizadas da mesma maneira que as linhas da Tabela 3.1. Assim, a Tabela A1.1 corresponde à linha 1 da Tabela 3.1 e assim por diante, até a linha 6, que corresponde à Tabela A1.6.

<sup>5</sup> O mesmo deveria acontecer com o caso de não estar disponível a energia nuclear, onde uma participação maior do carvão deveria ser prevista. Neste caso, a emissão evitada seria também maior.

incertezas nas estatísticas, existe, no caso do nuclear, uma natural defasagem entre o registro do consumo de combustíveis (supostamente contabilizado no seu ingresso no reator) e seu efetivo uso, já que o urânio pode permanecer anos no núcleo do reator. Algumas centrais térmicas são mantidas em condição de funcionamento mesmo quando não estão gerando energia elétrica, o que implica em perdas de combustível e queda da eficiência. O aumento de eficiência com o maior uso das térmicas nos últimos anos era, por esta razão, esperado.

Eficiência Aparente na Geração de Eletricidade

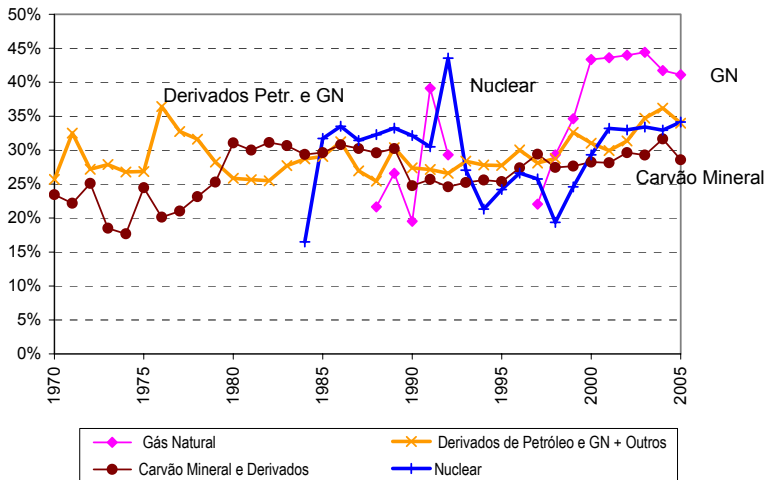


Figura 3.1: Evolução da eficiência aparente que, como esperado, aumentou nos últimos anos com a maior utilização da energia térmica na geração

Note-se ainda que na linha 3 da Figura 3.1 a eficiência assinalada para a energia hidráulica é 1 (100%), o que é termodinamicamente inviável e resulta da forma com que é contabilizada a energia hidráulica (pelo valor da energia elétrica gerada, sem considerar as perdas mecânicas).

Para a obtenção dos dados das emissões, foi usado o *software bal\_eec*, de propriedade da ECEN Consultoria e desenvolvido para OSCIP Economia e Energia - *e&e*, descrito nesta edição. Seu uso permite ainda contabilizar as emissões de CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, NMVOCs, N<sub>2</sub>O e NOx.

A linha 4 apresenta os dados da linha 1 (geração de energia elétrica em tep) convertidos para GWh.

A evolução das emissões de carbono, com forte incremento a partir da década de noventa, é mostrada na Figura 3.2. Na figura mostra-se a participação das emissões por tipo de combustível. Em 2005, as contribuições para a emissão de carbono estavam quase igualmente distribuídas entre a energia elétrica gerada a partir do gás natural, derivados de petróleo (e de GN) e do carvão mineral. Como ilustração, indica-se ainda, como é usual, a massa de CO<sub>2</sub> correspondente (massa de carbono X 44/12). A unidade usada, teragrama (1Tg = 10<sup>12</sup>g), corresponde a um milhão de toneladas.

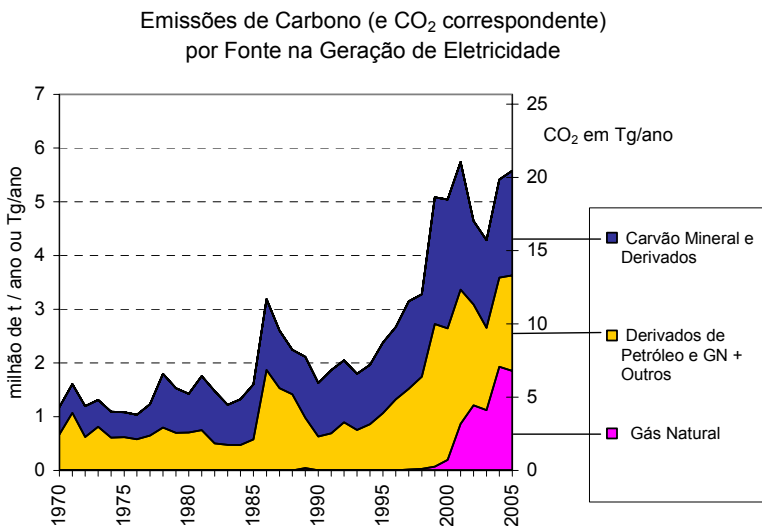


Figura 3.2: Emissões de carbono resultantes da geração de eletricidade e CO<sub>2</sub> correspondente (gás carbônico que seria gerado a partir da massa de carbono)

As Figuras 3.3 e 3.4 mostram que as participações na geração de energia são bastante diferentes das observadas nas emissões de carbono. O gás natural, responsável em 2005 por metade da geração da energia elétrica a partir de combustíveis de origem fóssil, participa com um terço das emissões de carbono no ano. Isto é devido à sua maior eficiência no uso e a seu menor conteúdo de carbono por energia contida quando comparados ao carvão e aos derivados de petróleo.

Geração de Eletricidade por Fonte Fóssil

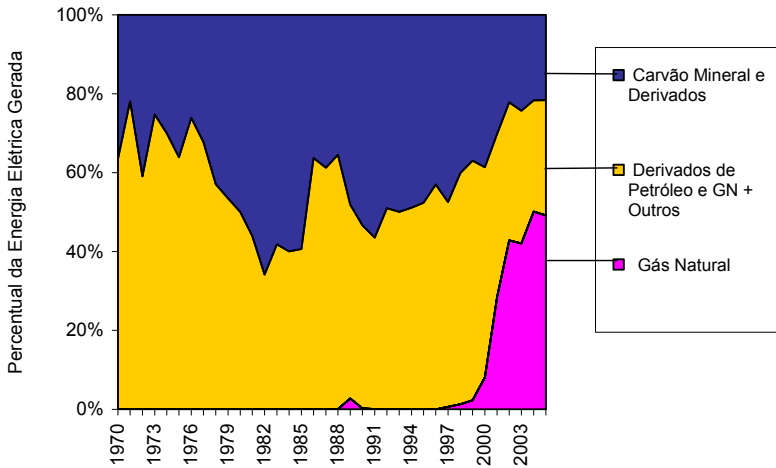


Figura 3.3: Participação das fontes na geração de eletricidade por centrais elétricas de serviço público

Emissões de Carbono  
na Geração de Eletricidade por Fonte

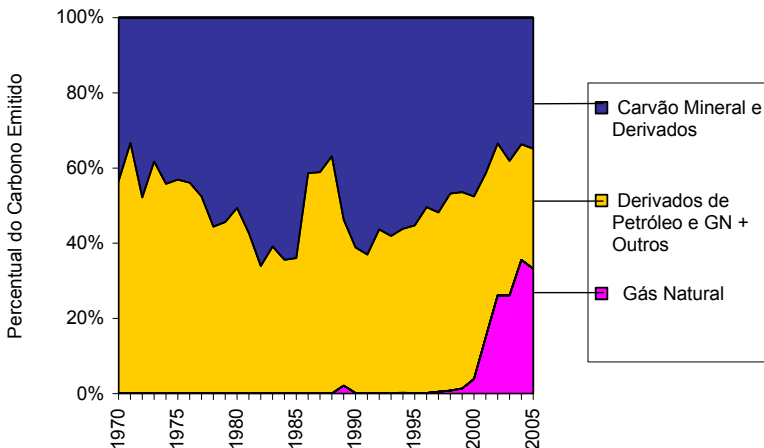


Figura 3.4: Participação das fontes na emissão de carbono no processo de geração de eletricidade por centrais elétricas de serviço público

Como resultado da variação da composição das fontes de origem fóssil e de suas eficiências na geração de eletricidade, o

coeficiente de emissão de carbono por unidade de energia gerada variou ao longo do tempo, como se pode ver na Figura 3.5.

Para avaliar as emissões evitadas, foi usado o valor correspondente à média dos combustíveis fósseis (destaque na linha 6 da Tabela 3.1 e coluna fósseis na Tabela 1.6). Para calcular a emissão evitada, multiplica-se o coeficiente de emissão dos fósseis (0,20 tC/MWh em 2005) pela eletricidade de origem nuclear gerada.

O uso deste coeficiente resulta dos pressupostos adotados (na ausência da geração nuclear, a participação da energia térmica no total e a estrutura de geração por combustível fóssil seriam as mesmas). As emissões poupadas por MWh de energia nuclear gerada caíram, ao longo do período, seguindo a curva para os combustíveis fósseis, mostrada na Figura 3.6 em duas escalas (tC/tep e tC por MWh).

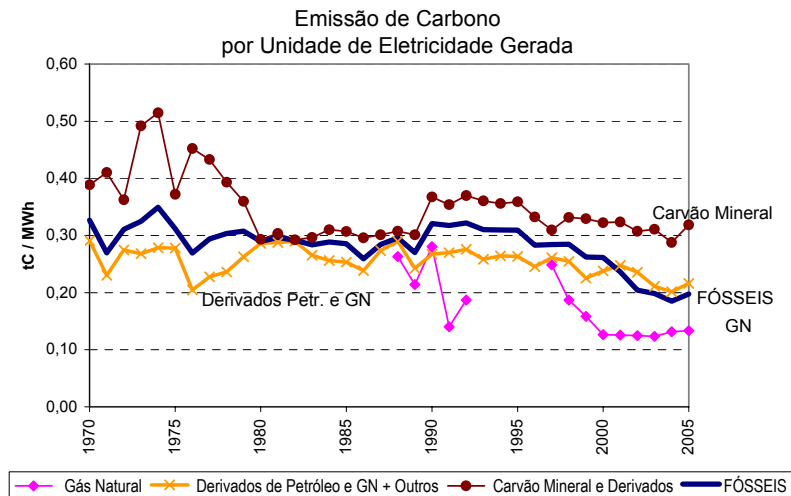


Figura 3.5: Emissões de carbono por unidade de energia elétrica gerada e média para as energias de origem fóssil

As emissões evitadas pela energia nuclear são indicadas na Tabela 3.2 e na Figura 3.7 e comparadas com as emissões evitadas pelas hidrelétricas e pelo álcool carburante. No Anexo mostra-se o processo adotado para estimar as emissões evitadas pelo uso do álcool carburante.

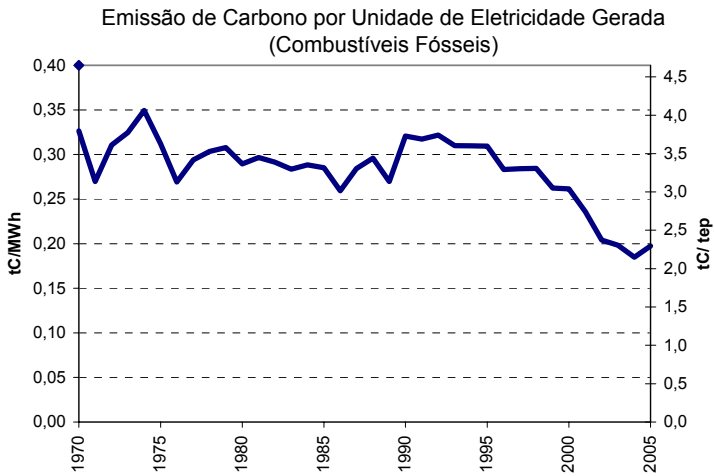


Figura 3.6: Coeficiente de emissão de carbono por energia elétrica gerada por combustíveis fósseis, que foi usado para avaliação das emissões evitadas pela energia nuclear

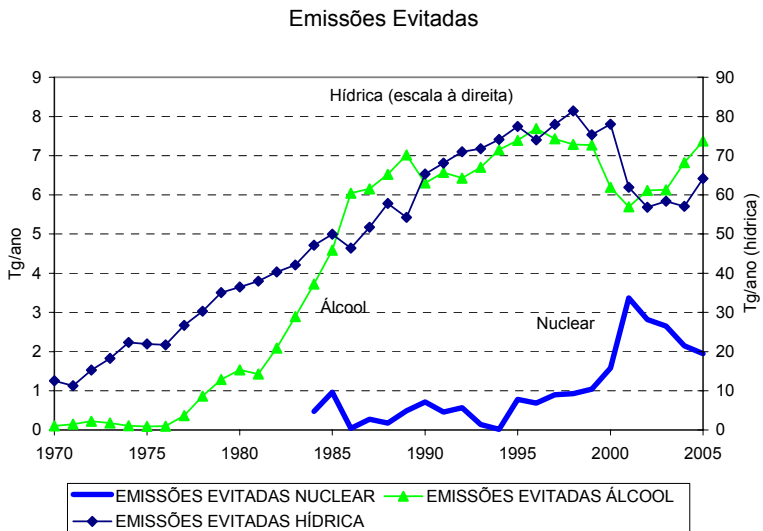


Figura 3.7: Emissões evitadas pelo uso da energia nuclear comparada com as emissões evitadas atribuíveis à energia hidráulica e ao uso do álcool carburante

Tabela 3.2 – Emissões de Carbono Evitadas

	EMISSÕES DE CARBONO EVITADAS HÍDRICA	EMISSÕES DE CARBONO EVITADAS NUCLEAR	EMISSÕES DE CARBONO EVITADAS ALCOOL	TOTAL	EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> EVITADAS HÍDRICA	EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> EVITADAS NUCLEAR	EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> EVITADAS ALCOOL	TOTAL
	tC	tC	tC	tC	t CO <sub>2</sub>	t CO <sub>2</sub>	t CO <sub>2</sub>	t CO <sub>2</sub>
1970	12533		106	12639	45953	0	388	46341
1971	11290		146	11436	41396	0	536	41932
1972	15292		225	15517	56069	0	825	56895
1973	18273		178	18451	67001	0	652	67653
1974	22339		109	22449	81910	0	401	82312
1975	21950		93	22043	80483	0	342	80825
1976	21708		99	21807	79598	0	363	79961
1977	26705		368	27073	97918	0	1349	99268
1978	30331		867	31198	111212	0	3179	114391
1979	35055		1286	36341	128533	0	4717	133250
1980	36499		1534	38034	133831	0	5625	139457
1981	37964		1429	39392	139200	0	5239	144438
1982	40330		2088	42418	147876	0	7657	155533
1983	42089		2893	44983	154327	0	10609	164937
1984	47147	474	3724	51346	172874	1737	13656	188267
1985	49982	964	4586	55532	183266	3534	16817	203617
1986	46391	37	6041	52470	170101	137	22152	192390
1987	51727	276	6154	58158	189667	1013	22565	213245
1988	57830	180	6524	64534	212043	659	23923	236625
1989	54234	494	7017	61745	198857	1810	25730	226397
1990	65286	717	6304	72307	239384	2630	23114	265127
1991	68091	458	6571	75120	249668	1678	24092	275438
1992	70972	566	6428	77965	260230	2075	23568	285873
1993	71784	137	6703	78624	263209	502	24576	288287
1994	74123	17	7148	81287	271783	62	26208	298053
1995	77457	779	7390	85626	284008	2856	27098	313963
1996	74024	687	7692	82403	271421	2520	28205	302146
1997	77964	900	7429	86293	285868	3299	27241	316407
1998	81426	928	7289	89644	298562	3404	26728	328694
1999	75342	1043	7270	83654	276253	3824	26656	306732
2000	78033	1580	6193	85806	286120	5794	22706	314620



	EMISSIONES DE CARBONO EVITADAS HÍDRICA	EMISSIONES DE CARBONO EVITADAS NUCLEAR	EMISSIONES DE CARBONO EVITADAS ALCOOL	TOTAL	EMISSIONES DE CO <sub>2</sub> EVITADAS HÍDRICA	EMISSIONES DE CO <sub>2</sub> EVITADAS NUCLEAR	EMISSIONES DE CO <sub>2</sub> EVITADAS ALCOOL	TOTAL
	tC	tC	tC	tC	t CO <sub>2</sub>	t CO <sub>2</sub>	t CO <sub>2</sub>	t CO <sub>2</sub>
2001	61943	3367	5692	71002	227124	12347	20871	260342
2002	56819	2821	6114	65755	208335	10345	22419	241100
2003	58391	2651	6132	67173	214100	9719	22484	246303
2004	57068	2147	6822	66038	209250	7873	25015	242139
2005	64172	1946	7372	73490	235299	7134	27032	269464
1970/ 2005	1792563	23169	154020	1969752	6572732	84952	564740	7222424
2000/ 2005	298393	12932	32133	343458	1094109	47418	117821	1259348

Pela avaliação feita, a energia nuclear teria evitado a emissão de 85 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> entre 1984 (ano em que Angra I começou a gerar eletricidade) e 2005, dos quais 47 milhões no período 2000/2005. Comparativamente, as emissões evitadas pelo uso da energia nuclear entre 2000 e 2005 seriam de cerca de 40% da correspondente ao uso do álcool carburante e 4% relativa às emissões evitadas pela energia hídrica.

Neste trabalho, considerou-se que a emissão evitada, tanto no nuclear como no hidráulico, teve a mesma participação dos combustíveis fósseis verificada em cada ano avaliado. As emissões evitadas para o álcool foram calculadas em termos de energia equivalente, que considera a maior eficiência do álcool em relação à gasolina, bem como o seu menor conteúdo energético. Esta equivalência é variável de ano a ano por serem diferentes as participações do álcool anidro e do hidratado.

As estimativas fornecem um valor de 2,04 tonelada de CO<sub>2</sub> por m<sup>3</sup> de álcool utilizado contra 2,44 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> da avaliação realizada para a Primeira Declaração Brasileira à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. As diferenças nas equivalências e nas taxas de emissão utilizadas explicam a discrepância.

Para a energia nuclear, o valor médio de emissão evitada foi de 0,29 tC/MWh que corresponde a 0,98 tCO<sub>2</sub>/MWh gerado. Na referida declaração, foram feitas duas hipóteses de cenário para estimar o valor das emissões evitadas pela energia hidráulica. A

publicação diz que os mesmos cenários foram adotados para a energia nuclear mas não explica qual o “mix” de energéticos para a geração que substituiria a nuclear. No cenário I, a emissão evitada é de 0,29 tCO<sub>2</sub>/MWh e no cenário II é de 0,73 tC/MWh. Como os dois cenários incluem uma participação da hidráulica, os menores valores consignados na declaração podem ser atribuídos a esta hipótese. Deve-se lembrar que a declaração não considera a opção pelas térmicas, que se acentuou depois do ano 2000 e que validou a hipótese de que a provável energia substituída da nuclear seria de origem fóssil.

#### **4. Possíveis Avaliações Complementares**

Uma avaliação de impacto pode ser realizada em três níveis: 1) os impactos diretos resultantes da comparação do uso do insumo em questão com o de alternativas, 2) os impactos abrangendo as etapas de produção, armazenamento, transporte e disposição dos rejeitos (também comparados com a alternativa) e 3) os impactos envolvendo todos os gastos indiretos provenientes dos insumos que fazem parte da cadeia produtiva.

A avaliação aqui feita se resume aos efeitos diretos da substituição da geração térmica convencional pela nuclear até o ano de 2005 (nível 1). Sendo assim, não são considerados os gastos de energia para extração, processamento e disposição dos rejeitos do ciclo nuclear em relação, por exemplo, àquela incorrida em etapas correspondentes ao do ciclo do carvão (nível 2).

Em uma avaliação ainda mais complexa (nível 3), poderiam ser analisadas as emissões indiretas, como as incorridas na fabricação das máquinas e equipamentos utilizados nas diferentes etapas da obtenção do energético, assim como nos investimentos de infra-estrutura que a atividade acarreta; isto poderia ser feito com o auxílio da matriz insumo X produto do IBGE e com o uso de coeficientes da emissão de carbono de cada atividade. Para a parte energética, o Balanço de Carbono elaborado pela OSCIP Economia e Energia – e&e forneceria os coeficientes necessários.

Na década de noventa foram levantadas dúvidas sobre os gastos indiretos de energia na produção de eletricidade (dúvidas semelhantes às que agora são levantadas relativamente ao álcool de milho). Os estudos mostraram que o balanço energético era muito positivo mesmo quando se considerava a energia gasta no armazenamento dos resíduos e o uso de processos de enriquecimento ineficientes, como o do jet nozzle (rendimentos de

demonstração). Sendo as emissões resultantes, em processos industriais, diretamente ligadas à energia, é de se esperar que o mesmo deva acontecer com as emissões indiretas.

As emissões evitadas aqui consideradas não levam em conta ainda a melhor utilização da energia hidráulica que a complementação térmica torna possível. Esta avaliação pode ser realizada com a metodologia desenvolvida pelo projeto da ECEN Consultoria para a Eletronuclear.

## 5. Conclusão

A energia nuclear foi considerada como uma opção que se inclui na complementação térmica necessária ao sistema elétrico brasileiro. Adotou-se ainda a hipótese de que a energia nuclear seria substituída pelo mesmo “mix” dos outros combustíveis usados na geração térmica em centrais de serviço público a cada ano. Como resultado, conclui-se que a energia nuclear já evitou no Brasil a emissão de 85 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

A avaliação de impacto das hídricas é apenas indicativa, mas uma comparação supondo o mesmo perfil de combustíveis usado para o nuclear indica que as emissões evitadas pela energia nuclear com apenas duas centrais (47 milhões de toneladas entre de 2000 a 2005) equivalem a 4% das evitadas pela energia hídrica e 40% das evitadas pelo uso do álcool carburante no mesmo período.

## Anexo – Estimativa de Emissões Evitadas pelo Uso do Álcool Carburante

A Tabela A2.1 apresenta os valores em energia equivalente e em emissões de carbono do álcool etílico carburante (hidratado + anidro) e da gasolina. No cálculo da energia equivalente (fornecida pelo programa *bal\_eec*) leva-se em conta a eficiência relativa dos combustíveis, podendo-se extrair pela divisão da coluna 4 pela 2 (ambas da gasolina) o coeficiente emissão de carbono/ energia para a gasolina. A multiplicação do coeficiente para cada ano pela energia equivalente do álcool utilizado no transporte rodoviário fornece o valor das emissões evitadas.

Tabela A2.1: Estimativa das Emissões Evitadas – Álcool Carburante

	ALCOOL ETILICO		GASOLINA		COEF. EMISSOES EN. EQ. GASOLINA	EMISSOES EVITADAS
	Energia Equivalente mil tep	GASOLINA mil tep	ALCOOL ETILICO Massa de Carbono. mil t	GASOLINA Massa de Carbono. mil t		
1970	132	7179	77	5771	0,80	106
1971	182	7814	106	6281	0,80	146
1972	280	8756	163	7039	0,80	225
1973	221	10269	129	8256	0,80	178
1974	136	10656	79	8566	0,80	109
1975	116	10901	67	8763	0,80	93
1976	123	10978	72	8825	0,80	99
1977	458	9977	266	8020	0,80	368
1978	1079	10183	626	8186	0,80	867
1979	1600	10128	929	8142	0,80	1286
1980	1908	8561	1107	6882	0,80	1534
1981	1777	8196	1029	6588	0,80	1429
1982	2598	7807	1505	6276	0,80	2088
1983	3600	6673	2085	5363	0,80	2893
1984	4635	5984	2682	4809	0,80	3724
1985	5702	5883	3299	4732	0,80	4586
1986	7518	6635	4350	5332	0,80	6041
1987	7658	5780	4430	4645	0,80	6154
1988	8114	5658	4693	4549	0,80	6524
1989	8766	6386	5069	5112	0,80	7017
1990	7889	7288	4561	5824	0,80	6304
1991	8223	7898	4755	6311	0,80	6571
1992	8044	7863	4653	6283	0,80	6428
1993	8388	8268	4852	6607	0,80	6703
1994	8945	9051	5175	7232	0,80	7148
1995	9249	10837	5351	8660	0,80	7390
1996	9627	12688	5571	10139	0,80	7692
1997	9297	13874	5383	11086	0,80	7429
1998	9125	14482	5284	11569	0,80	7289
1999	9144	13564	5296	10784	0,80	7270
2000	7826	13125	4534	10386	0,79	6193
2001	7228	12923	4189	10177	0,79	5692
2002	7764	12357	4500	9731	0,79	6114
2003	7783	13035	4513	10271	0,79	6132
2004	8659	13514	5020	10648	0,79	6822
2005	9357	13513	5424	10647	0,79	7372

Descrição de Programa:

## **PROGRAMA *bal\_eec* - MANUAL DO USUÁRIO CARBONO CONTIDO, ENERGIA EQUIVALENTE E FINAL**

*Carlos Feu Alvim*  
*feu@ecen.com*  
*Rafael Macêdo*

### **1. O Programa**

O ***bal\_eec*** é um programa bilíngüe, em português e em inglês, para construir tabelas e gráficos a partir do balanço energético consolidado do Balanço Energético Nacional – BEN 2005, ano base 2004. A partir de uma tabela de equivalência, os dados para cada energético e cada setor são convertidos em energia equivalente, considerando-se a eficiência relativa nos diversos usos em cada setor. As tabelas, construídas segundo as necessidades do usuário, relacionam as contas com os energéticos. Os dados abrangem o período 1970 / 2004.

A versão atual inclui, além dos balanços de energia (final e equivalente), o Balanço de Carbono, que é um instrumento importante na apuração da contabilidade dos gases que contribuem para o efeito estufa. Mais informações sobre o conteúdo e a aplicação do programa podem ser encontradas em <http://ecen.com>.

O programa foi elaborado na linguagem Visual Basic para Aplicações (VBA) no Excel, programa de base produzido pela Microsoft.

A versão atual está sendo inteiramente refeita com a colaboração de Rafael Macêdo e deve ser encarada como “versão beta” (de teste), embora esteja operacional. O programa original, elaborado por Carlos Feu Alvim, vem sendo vastamente utilizado há alguns anos para obter dados energéticos ou de emissões e como instrumento auxiliar de planejamento energético. Seus resultados se acoplam a outros programas que usam seus dados de base.

Algumas modificações foram feitas com o objetivo de melhorar o desempenho do programa em relação à versão anterior. Uma das alterações feitas foi a inclusão de procedimento para desativar a atualização da planilha durante a execução de todas as macros, fazendo com que a planilha só fosse atualizada após a execução completa da macro. Outra alteração foi desativar os

cálculos automáticos das células que possuem fórmulas durante a execução das macros, efetuando esses cálculos somente ao seu término. Essas alterações conseguiram aumentar substancialmente o desempenho dessa nova versão.

## 2. Instalando o Programa



O programa **bal\_eec** é fornecido em CD com auto-reprodução, bastando seguir as instruções que são auto-explicativas. Caso o computador

esteja com a auto-reprodução de CD desativada, basta executar o programa “instalar.exe” localizado no CD.

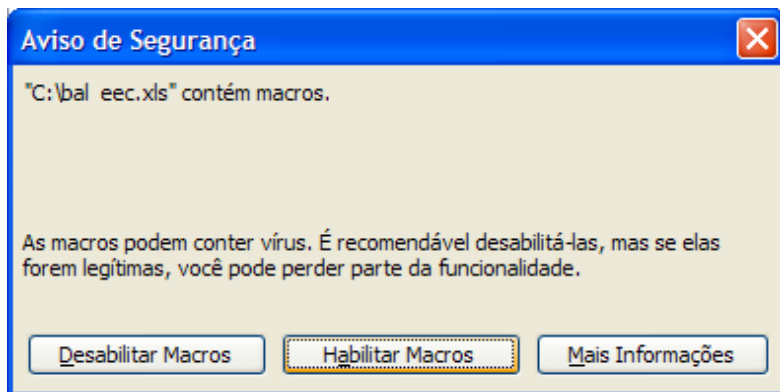
## 3. Executando o Programa



Normalmente, a instalação coloca um ícone na área de trabalho e nos programas do menu Iniciar. O Programa **bal\_eec**

(Balanço Energético, de Energia Equivalente e de Carbono) é aberto clicando em um desses ícones.

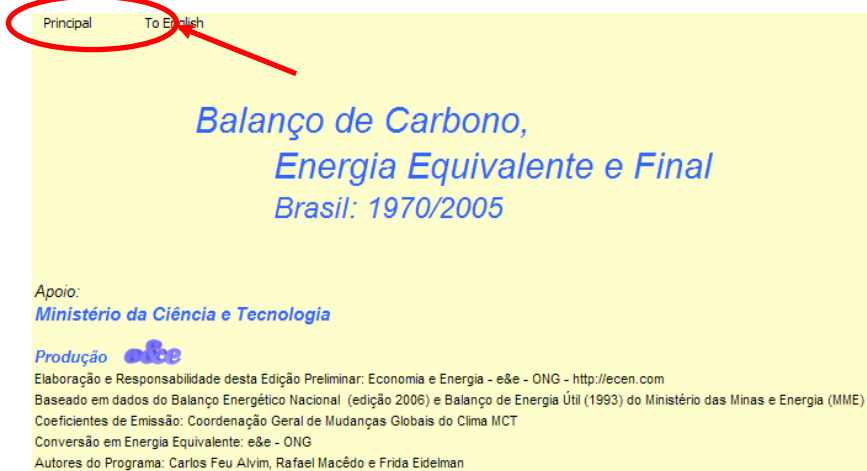
Para operá-lo, é **necessário que as macros estejam ativas**. Dependendo das configurações de segurança do Excel, irá aparecer uma tela na abertura do programa, como a mostrada na figura a seguir, aonde se deve clicar em “Habilitar Macros” para ativá-las.



## 4. Operação

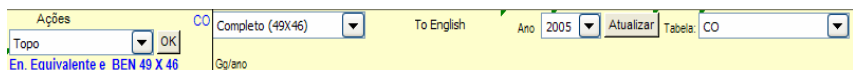
### 4.1 Capa

Ao iniciar o programa, será aberta uma pasta de trabalho Excel com a planilha capa visível. Para entrar na planilha principal do programa basta clicar em “Principal”, no topo da capa, como destacado na figura abaixo. Além disso, na capa também é possível alterar o idioma do programa, clicando-se em “To English” ou “Em Português”.



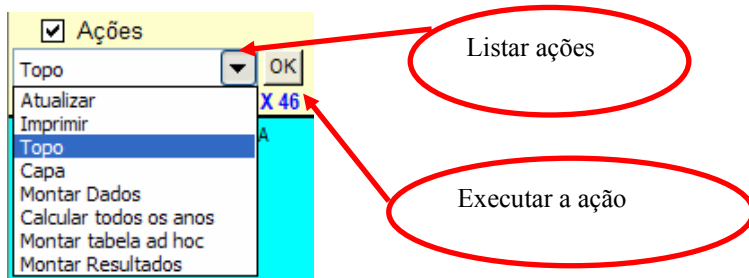
### 4.2 Planilha Principal

Ao clicar em “Principal” no topo da capa do programa, a planilha Principal do programa é aberta. Esta é a planilha que guarda a estrutura do BEN/MME, e na sua parte superior estão os controles para operá-la, como mostrado na figura abaixo.



No lado esquerdo dos controles encontra-se o menu de ações do programa, que é ativado ao marcar a opção “Ações”, conforme mostrado abaixo. Para exibir a lista de ações disponíveis deve-se clicar na “seta para baixo” na caixa de listagem. Para

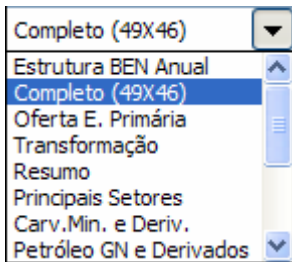
executar uma ação, deve-se selecioná-la na lista de ações e depois clicar no botão “OK” ao lado da lista.



As ações disponíveis são as seguintes:

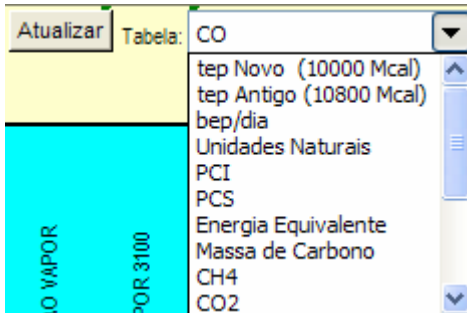
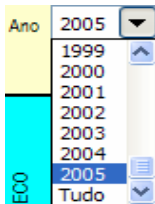
1. Atualizar – Atualiza a tabela principal de acordo com a planilha, a tabela e o ano selecionados.
2. Imprimir BEN – Apresenta os dados exibidos na tabela principal em uma planilha com o formato preparado para impressão.
3. Topo – Retorna ao topo da planilha principal.
4. Capa – Retorna à capa do programa.
5. Montar Dados – Calcula os dados de todos os anos para a tabela e a planilha selecionadas, exibindo-os na planilha “Dados”.
6. Calcular todos os anos – Calcula os dados de todos os anos para a tabela e a planilha selecionadas, exibindo-os na planilha “Anos”.
7. Montar tabela ad hoc – Exibe a planilha de construção de tabelas ad hoc.
8. Montar Resultados – Calcula os dados de todos os anos para a tabela e a planilha selecionadas, exibindo-os em uma nova pasta de trabalho e no formato preparado para impressão.





Anual, e planilhas ad hoc construídas através da ação “Montar tabela ad hoc”.

A seguir, está a caixa de listagem de anos, conforme a figura ao lado. Nela estão listados todos os anos disponíveis, além da opção “Tudo” na sua última linha. Ao se atualizar a tabela principal, os dados exibidos serão referentes ao ano selecionado, com exceção da opção “Tudo”, que corresponde à ação “Calcular todos os anos”.



referentes à tabela selecionada. Para montar a tabela com os dados selecionados, o botão “Atualizar” deve ser clicado.

As tabelas disponíveis são as seguintes:

1. tep Antigo – os valores são calculados em tep usando-se a equivalência de 1 tep = 10800 Mcal e 1 kWh equivalente a 3132 kcal = 0,29 tep e as equivalências entre os diversos energéticos tomam como base o PCS (poder calorífico superior)

No lado direito do menu de ações está a caixa de listagem com as opções de formato da planilha na tabela principal, conforme a figura ao lado. Cada planilha define as contas e as energias que serão exibidas na tabela principal. A lista contém planilhas pré-configuradas, como a forma tradicional do BEN do Anexo

A última caixa de listagem, conforme a figura ao lado, contém as opções referentes aos tipos de valores que formarão a tabela principal. Ao se atualizar a tabela principal, ou ao se executar o cálculo de todos os anos, os valores exibidos serão

2. tep Novo – os valores são calculados em tep usando-se a equivalência de 1 tep = 10000 Mcal e 1 kWh=860 kcal=0,086 tep e as equivalências entre os diversos energéticos tomam como base o PCI (poder calorífico inferior).
3. bep/dia – os valores são calculados em barris equivalentes de petróleo (1 barril =159 litros), as equivalências usam o PCI (poder calorífico inferior).
4. Unidades naturais – os valores são apresentados nas unidades em que foram fornecidos ao BEN (t, m3, etc.).
5. PCI – os valores são expressos em Tcal/ano usando-se o poder calorífico inferior<sup>1</sup>.
6. PCS – os valores são expressos em Tcal/ano usando-se o poder calorífico superior.
7. Energia Equivalente – os valores são expressos em tep de gás natural equivalente. As equivalências usam os valores de eficiência relativa ao gás natural nos diversos usos e nos diversos setores de consumo.
8. Massa de Carbono – valores em Gg (mil t) obtidos a partir dos dados em tep novo (10000 Mcal em Poder Calorífico Inferior PCI) e coeficientes recomendados.
9. CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, NMVOCs – os valores são expressos em Gg/ano obtidos a partir dos dados em tep novo e os coeficientes de emissão recomendados.
10. Emissão Carbono BU – os valores são expressos em Gg/ano a partir dos dados em tep novo, e são obtidos utilizando-se o método Bottom-Up.

---

<sup>1</sup> Quando um combustível é queimado na presença de oxigênio e a água é um dos produtos da combustão, a temperatura da chama adiabática é alta o bastante para que a água esteja na fase de vapor. Em muitos trocadores de calor, a temperatura dos produtos da combustão (sua temperatura de saída do trocador de calor) é ainda mais alta que o ponto de ebulição da água e o calor de transformação de vapor é perdido para a atmosfera. Isto reduz o “poder calorífico” do combustível para o seu “Poder Calorífico Inferior”. Se o vapor d’água criado na combustão é condensado, o calor de transformação (condensação) pode ser recuperado e a energia obtida do processo de conversão é aumentada. Estas condições produzem o “Poder Calorífico Superior” do combustível.

11. Emissão Carbono TDE – os valores são expressos em Gg/ano a partir dos dados em tep novo, e são obtidos utilizando-se o método Top-Down estendido.
12. Não Emitido – os valores são expressos em Gg/ano a partir dos dados em tep novo, e são obtidos através dos fatores de oxidação.

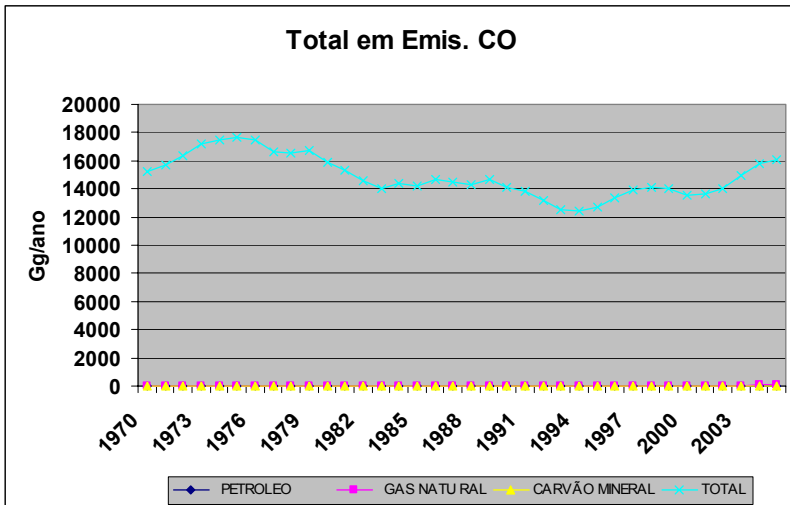
#### 4.3 Planilhas Contas e Energias

As planilhas “Contas” e “Energias” são utilizadas para automatizar a geração de gráficos.

A planilha “Contas”, mostrada na figura abaixo, gera um gráfico de uma conta selecionada com os energéticos selecionados. A primeira caixa de listagem possui a lista de todas as contas disponíveis, e a segunda caixa de listagem possui a lista de tabelas disponíveis. Primeiro, é necessário selecionar a conta e a tabela desejadas nas caixas de listagem e depois clicar no botão “OK” para que os dados sejam carregados. Em seguida, para selecionar ou remover os energéticos basta clicar sobre o seu nome na tabela. Os energéticos selecionados aparecerão em negrito e com um “x” do seu lado esquerdo.

Topo		Total	OK		Total em Emis. CO									Montar Gráfico
Voltar		Emis. CO	Emis. CO											
Total		Gg/ano												
Limpar Seleção		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977					
Clicar nome p/ Incluir/excluir no Gráfico														
		ENERGIA PRIMAR.	10206	10185	10193	10036	9986	9820	9573	9280				
		EN.PRIM. NAO REN.	2	2	2	2	3	3	3	3				
x		<b>PETROLEO</b>	0	0	0	0	0	0	0	0				
x		<b>GAS NATU RAL</b>	0	0	0	0	1	1	1	1				
		GAS NAT UMIDO	0	0	0	0	0	0	0	0				
		GAS NAT SECO	0	0	0	0	1	1	1	1				
x		<b>CARVÃO MINERAL</b>	1	1	1	1	1	1	1	1				
		CARVAO VAPOR	1	1	1	1	1	1	1	1				
		C.VAPOR 3100	0	0	0	0	0	0	0	0				
		C.VAPOR 3300	0	0	0	0	0	0	0	0				
		C.VAPOR 3700	0	0	0	0	0	0	0	0				
		C.VAPOR 4200	0	0	0	0	0	0	0	0				
		C.VAPOR 4500	0	0	0	0	0	0	0	0				
		C.VAPOR 4700	0	0	0	0	0	0	0	0				
		C.VAPOR 5200	0	0	0	0	0	0	0	0				
		C.VAPOR 5900	0	0	0	0	0	0	0	0				

Após as opções terem sido selecionadas, deve-se clicar no botão “Montar Grafico” para que o gráfico seja gerado automaticamente, como na figura seguinte.



A planilha “Energias”, mostrada na figura abaixo, gera um gráfico de um determinado energético selecionado com as contas selecionadas e tem operação semelhante à planilha “Contas”. A primeira caixa de listagem possui a lista de todos os energéticos disponíveis, e a segunda caixa de listagem possui as tabelas disponíveis. Primeiro, é necessário selecionar o energético e a tabela desejada nas caixas de listagem e clicar no botão “OK” para que os dados sejam carregados. Em seguida, para incluir ou remover as contas basta clicar sobre o seu nome na tabela. As contas selecionadas aparecerão em negrito e com um “x” do seu lado esquerdo. Para exibir o gráfico resultante, deve-se clicar no botão “Montar Gráfico”.

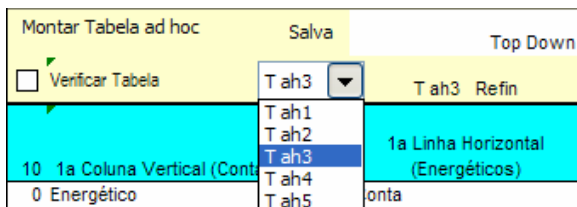
TOTAL	OK	TOTAL em Emis. CO	<a href="#">Montar Gráfico</a>					
Emis. CO	Topo	Emis. CO						
TOTAL	Voltar							
	Gg/ano							
<b>Limpar Seleção</b>			<b>1970</b>	<b>1971</b>	<b>1972</b>	<b>1973</b>	<b>1974</b>	<b>1975</b>
Clicar nome p/ Incluir/excluir no Gráfico								
	PRODUÇÃO		0	0	0	0	0	0
	IMPORTAÇÃO		0	0	0	0	0	0
	VARIAÇÃO DE ESTOQUES		0	0	0	0	0	0
	OFERTA TOTAL		0	0	0	0	0	0
	EXPORTAÇÃO		0	0	0	0	0	0
	NÃO APROVEITADA		0	0	0	0	0	0
	REINJEÇÃO		0	0	0	0	0	0
	OFERTA INTERNA BRUTA		0	0	0	0	0	0
x	<b>TOTAL TRANSFORMAÇÃO</b>		<b>284</b>	<b>323</b>	<b>373</b>	<b>395</b>	<b>489</b>	<b>583</b>
	REFINARIAS DE PETRÓLEO		0	0	0	0	0	0
	PLANTAS DE GÁS NATURA		0	0	0	0	0	0

#### 4.4 Planilha ad hoc

As planilhas ad-hoc podem ser modificadas, adicionadas ou apagadas pelo usuário. Para construir planilhas ad hoc, basta selecionar esta opção no menu de “Ações” e clicar no botão “OK”, e então a planilha correspondente será exibida, conforme a figura abaixo.

Voltar		To English		Montar Tabela ad hoc		Salva		Top Down			
Modifica lista de Contas		Modifica lista de Energéticos		<input checked="" type="checkbox"/> Verificar Tabela		T ah3		T ah3 Refin			
1a Coluna Vertical (Contas)			1a Linha Horizontal (Energéticos)			10 1a Coluna Vertical (Contas)			65 1a Linha Horizontal (Energéticos)		
0	Energético	x	0	Contas	x	0	Energético	0	Conta		
1	Unidade	x				1	Unidade	5	GAS NAT UMIDO		
2	<b>PRODUÇÃO</b>		1	ENERGIA PRIMAR.		7	NÃO APROVEITADA	6	GAS NAT SECO		
3	<b>IMPORTAÇÃO</b>		2	EN. PRIM. NAO REN.		12	PLANTAS DE GÁS NATURA	7	CARVÃO MINERAL		
4	VARIAÇÃO DE ESTOQUES		3	PETROLEO		19	DESTLARIAS	8	CARVAO VAPOR		
5	OFERTA TOTAL		4	GAS NATU RAL		24	CONSUMO FINAL ENERGÉTIC	9	C.VAPOR 3100		
6	<b>EXPORTAÇÃO</b>		5	GAS NAT UMIDO	x	34	HIDROVIÁRIO	11	C.VAPOR 3700		
7	<b>NÃO APROVEITADA</b>	x	6	GAS NAT SECO	x	49	Geração eletr. p/fonte	12	C.VAPOR 4200		
8	REINJEÇÃO		7	CARVÃO MINERAL	x	50	Geração pub.eletr. p/fonte	15	C.VAPOR 5200		
9	OFERTA INTERNA BRUTA		8	CARVAO VAPOR	x	51	Geração Autop.eletr. p/fonte	16	C.VAPOR 5900		
10	<b>TOTAL TRANSFORMAÇÃO</b>		9	C.VAPOR 3100	x			17	C.VAPOR 6000		
11	REFINARIAS DE PETRÓLEO		10	C.VAPOR 3300				18	C.VAPOR S.ESPEC		
12	<b>PLANTAS DE GÁS NATURAL</b>	x	11	C.VAPOR 3700	x			23	OUTRAS NAO REN.		
13	USINAS DE GASEFICAÇÃO		12	C.VAPOR 4200	x			24	EN.PRIM. RENOV.		
14	COQUERIAS		13	C.VAPOR 4500				25	EN. HIDRAULICA		
15	CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR		14	C.VAPOR 4700				26	LENHA		
16	CENTRAIS. ELET. SERV. PÚBLICO		15	C.VAPOR 5200	x			28	CALDO DE CANA		

A lista da esquerda possui as opções de contas disponíveis e a lista da direita as opções de energéticos. Para incluir ou remover uma conta ou energético basta clicar sobre o retângulo em amarelo localizado do lado direito da opção. Os itens marcados possuem um “x” neste quadrado e seu nome estará em negrito.



Para salvar, deve-se primeiro selecionar uma das cinco planilhas disponíveis para serem gravadas na caixa de listagem mostrada ao

lado, e em seguida clicar no comando “Salvar”. Pode ser fornecido um nome para a planilha na célula ao lado do botão “Salvar”, no exemplo o nome é “Top Down”.

Para apenas visualizar a planilha construída, porém sem salvá-la, deve-se clicar no comando “Montar Tabela ad hoc”, localizado à esquerda do comando “Salvar”, para que a tabela principal seja montada com as opções selecionadas.

Para carregar uma planilha para modificação, basta selecionar a planilha na caixa de listagem e depois marcar a opção “Verificar Tabela”, localizada ao lado direito da caixa de listagem.

#### 4.5 Exemplos de saídas como o Programa *bal\_ec*

As planilhas “Contas” e “Energias” são utilizadas para automatizar a geração de gráficos.

A seguir, são mostrados alguns exemplos de saídas geradas pelo programa. O primeiro exemplo, na figura abaixo, exhibe a tabela principal com os dados sobre a Emissão de CO<sub>2</sub> no ano de 2004, de acordo com as contas e energéticos definidos no formato de planilha “Resumo”.

Ações		CO2		Resumo		To English		Ano 2004		Atualizar		Tabela: CO2	
En. Equivalente e BEN 49 X 46		Gg/ano											
CONTA	ENERGIA	GÁS NATURAL	ELETRICIDADE	PET, GN E DERV + OUT	CARV, MIN E DERV	RENOVÁVEIS	NÃO RENOVÁVEIS						
CONSUMO FINAL		27945,4	0,0	236806,5	47366,7	169913,7	284173,2						
CONSUMO FINAL NÃO ENERGÉTICO		1160,1	0,0	6847,6	172,7	0,0	7020,3						
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO		26785,2	0,0	229958,9	47194,0	169913,7	277152,9						
SETOR ENERGÉTICO		7001,3	0,0	20180,1	600,0	23450,2	20780,0						
RESIDENCIAL		423,2	0,0	15684,7	0,0	26564,1	15684,7						
COMERCIAL		502,9	0,0	2012,7	0,0	528,5	2012,7						
PÚBLICO		110,9	0,0	1863,7	0,0	0,0	1863,7						
AGROPECUÁRIO		4,1	0,0	14904,1	0,0	7144,5	14904,1						
TRANSPORTES - TOTAL		3206,1	0,0	120800,8	0,0	15140,4	120800,8						
INDUSTRIAL - TOTAL		15536,8	0,0	54512,8	46594,1	97086,1	101106,8						

Através da ação “Imprimir”, localizada no menu “Ações”, é possível transportar os dados de uma tabela para uma planilha previamente formatada para impressão. A seguir, na figura abaixo, é mostrada uma parte da planilha de impressão dos dados para a Emissão de CO<sub>2</sub> no ano de 2004.

Voltar Emissões de CO <sub>2</sub> - Ano 2004																			
Conta	PETRÓ- LEO		GÁS NA- TURAL		CARVÃO VAPOR		CARVÃO MET.		OUTRAS NÃO EM.		PROD. LENHA CANA PRIMAR.		TOTAL PRIM.	ÓLEO ÓLEO GASOL- DIESEL COMB. LINA GLP NAF					
	PRODUÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	-123678	-104112	0	0	-227790	0	0	0	0	0
NÃO APROVEITADA	0	4024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4024	0	0	0	0	0	0
OFERTA INTERNA BRUTA	0	4024	0	0	0	0	0	0	-123678	-104112	0	0	-223786	0	0	0	0	0	0
TOTAL TRANSFORMAÇÃO	0	9602	6867	0	2088	20308	4420	3074	48360	5592	1868	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTRAIS. ELET. SERV. PÚBLICO	0	7056	6687	0	39	0	0	59	13841	5101	916	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTRAIS ELET. AUTOPRODUTOR.	0	2546	180	0	2049	438	4420	3015	12649	490	953	0	0	0	0	0	0	0	0
CARVOARIAS	0	0	0	0	0	19870	0	0	19870	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DESTILARIAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONSUMO FINAL	0	27945	1198	12720	644	52158	63702	12117	170485	97670	20527	28732	18756	44					
CONSUMO FINAL NÃO ENERGÉTICO	0	1160	0	0	0	0	0	0	1160	0	0	0	0	44					
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	0	26785	1198	12720	644	52158	63702	12117	169325	97670	20527	28732	18756						
SETOR ENERGÉTICO	0	7001	0	0	0	23450	0	30451	449	3329	0	119	0						
RESIDENCIAL	0	423	0	0	0	24534	0	24957	0	0	0	15222	0						
COMERCIAL	0	503	0	0	0	263	0	766	315	455	0	740	0						
PÚBLICO	0	111	0	0	0	0	0	111	382	169	0	1202	0						
AGROPECUÁRIO	0	4	0	0	0	7121	0	7125	14620	227	0	53	0						
TRANSPORTES - TOTAL	0	3206	0	0	0	0	0	3206	79739	2178	28732	0	0						
RODOVIÁRIO	0	3206	0	0	0	0	0	3206	77147	0	28643	0	0						
FERROVIÁRIO	0	0	0	0	0	0	0	0	1657	0	0	0	0						

A seguir, na figura abaixo, são exibidos os valores do Balanço de Carbono, no ano de 2004, na planilha de impressão.

Voltar Balanço de Carbnno - Ano 2004																							
Conta	PETRÓ- LEO		GÁS NA- TURAL		CARVÃO VAPOR		CARVÃO MET.		URÂNIO O US08 DRÁUL.		EM H. LENH A		PROD. CANA PRIMAR.		TOTAL PRIM.	ÓLEO ÓLEO GASOL- DIESEL COMB. LINA GLP NAFTA			QUERO- SENE		COQU GÁS C. MI		
	PÚBLICO	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	105	47	0	331	0	0
AGROPECUÁRIO	0	1	0	0	0	0	0	0	2549	0	0	0	0	0	0	2550	4030	63	0	15	0	0	0
TRANSPORTES - TOTAL	0	890	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	890	22867	618	10793	0	0	1922	0
RODOVIÁRIO	0	890	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	890	21930	0	10755	0	0	0	0
FERROVIÁRIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	471	0	0	0	0	0	0
AÉREO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0	0	1922	0
HIDROVIÁRIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	266	618	0	0	0	0	0
INDUSTRIAL - TOTAL	0	4267	334	3546	0	182	0	6557	12977	3354	31219	597	3909	0	392	0	9	0	0	0	0	0	0
CEMENTO	0	13	11	30	0	98	0	0	0	128	281	26	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FERRO GUSA E AÇO	0	600	4	2847	0	0	0	0	0	0	3251	34	69	0	40	0	0	0	0	0	0	1	0
FERRO LIGAS	0	1	0	0	0	0	0	108	0	0	108	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MINERAÇÃO E PELOTIZAÇÃO	0	147	0	650	0	0	0	0	0	0	797	182	468	0	21	0	2	0	0	0	0	0	0
NÃO FERROSOS E OUT. METALL	0	290	0	123	0	0	0	0	0	0	413	0	1004	0	27	0	1	0	0	0	0	0	0
QUÍMICA	0	1321	40	39	0	85	0	58	0	0	1543	126	568	0	14	0	1	0	0	0	0	0	0
ALIMENTOS E BEBIDAS	0	314	52	0	0	0	0	2121	12947	0	15435	62	535	0	51	0	0	0	0	0	0	0	0
TÊXTIL	0	191	0	0	0	0	0	112	0	0	303	1	101	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
PAPEL E CELULOSE	0	294	96	0	0	0	0	1363	30	3188	4971	49	561	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
CERÂMICA	0	491	56	0	0	0	0	1929	0	39	2515	6	251	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0
OUTRAS INDÚSTRIAS	0	606	76	56	0	0	0	866	0	0	1603	109	286	0	115	0	5	0	0	0	0	0	0
CONSUMO NÃO IDENTIFICADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AJUSTES ESTATÍSTICOS	0	-33	0	0	0	0	0	0	0	0	-33	9	58	34	-37	0	3	0	0	0	0	0	0

Outra funcionalidade do programa é a geração automatizada de gráficos. Para este exemplo, foi selecionada a conta “Total” para as Emissões de CO<sub>2</sub> ao longo de todos os anos disponíveis na planilha “Contas”. Além disso, foram selecionados

como energéticos os “Renováveis”, os “Não Renováveis” e o “Total” Esta seleção pode ser vista na figura abaixo.

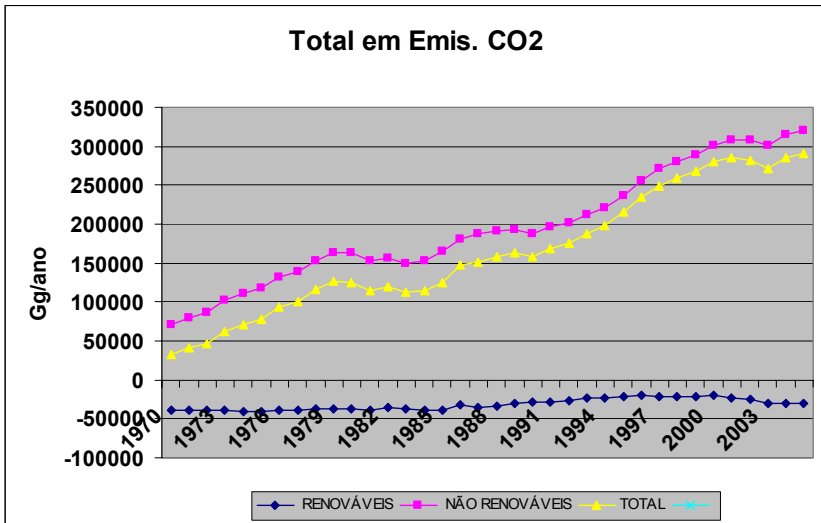
Topo		Total	Total em Emis. CO2							
Voltar		Emis. CO2	Emis. CO2							
Total		Gg/ano								
Limpar Seleção			1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Clicar nome p/ Incluir/excluir no Gráfico										
		GAS CIDADE	364	373	378	398	438	477	528	550
		GAS CAN. RJ	282	289	291	296	308	325	332	320
		GAS CAN. SP	82	84	87	102	130	152	196	230
		DERIV. CARV. MINE.	5902	5848	6296	6498	6585	8071	9523	12522
		COQUE CARV. MIN	5279	5199	5606	5729	5846	7155	8362	11051
		OUTR. C. MIN.	623	648	691	769	739	916	1161	1471
		GAS DE COQUERIA	511	534	568	642	617	764	986	1162
		OUT.SEC. ALCATRAO	112	114	123	128	122	151	175	309
		URANIO C.UO2	0	0	0	0	0	0	0	0
		DERIV. BIOMASSA	6867	7880	9263	9697	11868	14129	12827	13615
		CARVAO VEGETAL	6636	7562	8773	9309	11630	13926	12611	12814
		ALCOOL ETILICO	231	319	490	388	238	203	216	802
		ALCOOL ANIDRO	231	319	490	388	238	203	216	802
		ALCOOL HIDRAT.	0	0	0	0	0	0	0	0
		ELETRICIDADE	0	0	0	0	0	0	0	0
		PROD.NAO EN.PET.	0	0	0	0	0	0	0	0
		ASFALTOS	0	0	0	0	0	0	0	0
		LUBRIFICANTES	0	0	0	0	0	0	0	0
		SOLVENTES	0	0	0	0	0	0	0	0
		OUT.NAO EN.PET.	0	0	0	0	0	0	0	0
		REJEITO RENOVÁVEL	664	671	734	696	652	616	683	1503
		PET, GN E DERV + OUT	63368	71850	77942	92852	101993	108529	121034	124036
		CARV. MIN. E DERIV.	8163	8223	8803	8680	8777	10217	11603	15286
x		RENOVÁVEIS	-38538	-38519	-38675	-38484	-38972	-38923	-37800	-37047
		NUCLEAR	0	0	0	0	0	0	0	0
x		NÃO RENOVÁVEIS	71532	80072	86745	101532	110770	118747	132638	139322
x		TOTAL	32994	41553	48070	63048	71798	79823	94838	102275

Ao se clicar no botão “Montar Gráfico”, é montada uma tabela com os dados escolhidos, que fica localizada logo abaixo do Gráfico. A tabela gerada pela seleção anterior é mostrada na figura abaixo.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
RENOVÁVEIS	-26819,7189	-28133,6099	-26520,5187	-23796,4554	-24099,5123	-21323,0897	-20220,5812	-22360,671	-21219,3955	-20991,3242
NÃO RENOVÁVEIS	187757,374	196951,491	202280,016	211781,478	221642,536	237332,776	255865,213	271279,632	279927,483	289252,628
TOTAL	158937,655	168817,882	175759,497	187985,023	197543,024	216009,686	235644,632	248918,961	258708,088	268261,304



Na figura abaixo é mostrado o gráfico gerado.



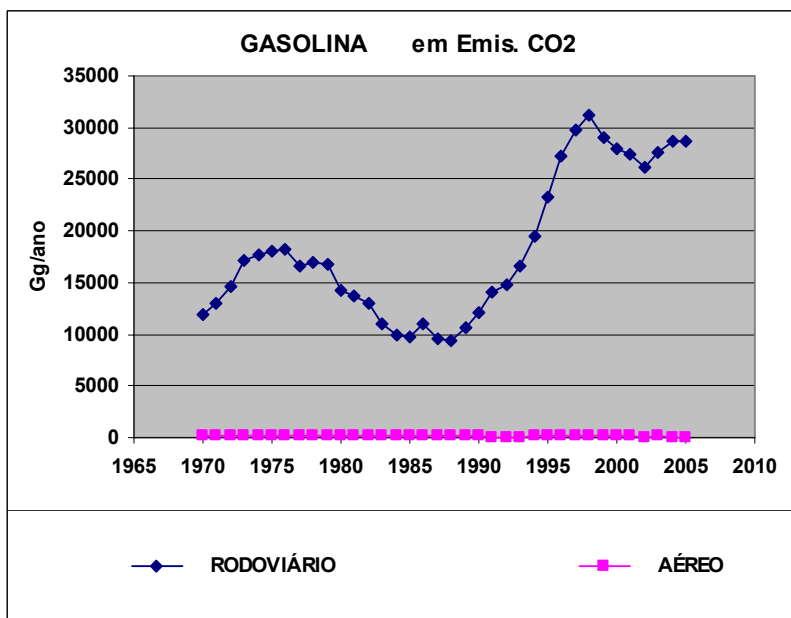
De forma semelhante, é possível gerar um gráfico a partir de um energético na planilha “Energias”. Na figura abaixo é mostrada a seleção da Emissão de CO<sub>2</sub> a partir da Gasolina, nas contas “Rodoviário” e “Aéreo”.

<input type="text" value="GASOLINA"/> <input type="button" value="OK"/>		GASOLINA em Emis. CO2					<input type="button" value="Montar Gráfico"/>
<input type="text" value="Emis. CO2"/> <input type="button" value="Topo"/>		Emis. CO2					
<b>GASOLINA</b> <input type="button" value="Voltar"/>							
		Gg/ano					
<input type="button" value="Limpar Seleção"/>		1970	1971	1972	1973	1974	1975
Clicar nome p/ Incluir/excluir no Gráfico							
	RESIDENCIAL	0	0	0	0	0	0
	COMERCIAL	0	0	0	0	0	0
	PÚBLICO	0	0	0	0	0	0
	AGROPECUÁRIO	0	0	0	0	0	0
	TRANSPORTES - TOTAL	12082	13146	14725	17271	17888	18272
x	RODOVIÁRIO	11934	12990	14557	17072	17714	18122
	FERROVIÁRIO	0	0	0	0	0	0
x	AÉREO	148	156	168	198	174	151
	HIDROVIÁRIO	0	0	0	0	0	0
	INDUSTRIAL - TOTAL	0	0	0	0	0	0
	CIMENTO	0	0	0	0	0	0

Ao clicar no botão “Montar Gráfico”, a tabela com os dados selecionados é gerada automaticamente, como mostra a figura a seguir.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
RODOVIÁRIO	19455,119	23295,098	27274,29	29823,227	31121,668	29009,844	27938,202
AÉREO	98,485214	92,6055	98,485214	111,71457	118,0707	110,78239	110,78239

E o gráfico gerado a partir desses dados é mostrado na figura abaixo.



## OS LEILÕES DE ENERGIA NOVA: VETORES DE CRISE OU DE AJUSTE ENTRE OFERTA E DEMANDA<sup>1</sup>

Nivalde J. de Castro<sup>2</sup>

Daniel Bueno<sup>3</sup>

### Abstract

*Os leilões de energia nova fixados para julho de 2007 compreendem dois Leilões de Energia Nova, na modalidade A-3 (oferta de energia em 2010) e A-5 (2012). Estes são o quarto e quinto leilões realizados pelo MME desde o início do processo de reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) em 2003. A utilização de leilões como instrumento de garantia da expansão da oferta de energia com modicidade tarifária é uma das bases fundamentais do atual Modelo. Os dados de oferta de empreendimentos para esses dois próximos leilões indicam predominância de usinas termelétricas de energia não renovável emitindo gases de efeito estufa e com tarifas mais caras. O perfil dos leilões reflete os problemas de uma legislação ambiental ainda não assimilada pela sociedade e do atraso nos estudos dos potenciais hidroelétricos das bacias hidrológicas. Desta forma, os leilões mostram-se um mecanismo importante de ajuste entre oferta e demanda na medida em que permitem incorporar à matriz energética qualquer tipo de energia para evitar crises do tipo do “Apagão”.*

### Introdução

O Brasil estruturou um setor elétrico com características peculiares e ímpares em relação a outros países. O principal fator de diferenciação é a predominância da hidroeletricidade na sua matriz de energia elétrica, garantindo energia limpa, renovável e mais barata em relação às outras fontes de energia. Ao mesmo

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no Seminário de Pós-graduação do Instituto de Economia da UFRJ, 19 de junho de 2007

<sup>2</sup> Professor do IE-UFRJ e coordenador do GESEL – Grupo de Estudos do Setor Elétrico. E-mail: nivalde@ufrj.br

<sup>3</sup> Pesquisador do GESEL-IE-UFRJ. E-mail: dbueno@nuca.ie.ufrj.br

tempo em que esta característica dá vantagens comparativas ao Brasil em um cenário mundial de instabilidade e crise potencial de energia, impõe certas restrições e atenções à dinâmica de expansão da capacidade de oferta, destacando-se, entre outras, a necessidade de maior volume de investimentos, maior prazo de maturação, estudos ambientais complexos e, por conseguinte, uma necessidade intrínseca de planejamento de longo prazo da oferta.

Recentemente, alguns estudos e artigos, como o CONSELHO EMPRESARIAL DE ENERGIA (2006), PROGRAMA ENERGIA TRANSPARENTE (2006) e DELFIM NETTO (2007, b) têm indicado com certa insistência a possibilidade de uma nova crise de oferta análoga à “Crise do Apagão” de 2001-2002. O pressuposto central é o crescimento firme e consistente da demanda de energia elétrica derivada do aumento do PIB, que está recuperando o “tempo perdido” no Apagão. Em contrapartida, a oferta não vem crescendo no ritmo desejado e necessário, dentro de uma média aritmética em torno dos 4.000 MW/ano.

Este trabalho tem como objetivo central analisar a possibilidade de ocorrência de uma crise de oferta, não se apoiando em modelos estatísticos, evitando-se assim um julgamento de probabilidades de comportamento de parâmetros de complexos modelos, em especial sobre os índices pluviométricos. A opção metodológica da análise desenvolvida será mais de cenários, mais qualitativa, o que também apresenta suas limitações, que devem ser seriamente consideradas pelos leitores deste trabalho.

A análise que se segue está estruturada em três partes. Parte-se do estudo dos dados agregados sobre os dois leilões de energia nova – LEN – programados para julho de 2007, examinando-se a composição agregada e separada por tipo de energia. Na segunda parte, o foco analítico se fixa no leilão de A-3 e a terceira parte, no leilão de A-5, buscando-se, em ambos os leilões, em especial, determinar as causas e conseqüências da composição dos empreendimentos ofertados por tipo de fonte de energia, em especial da energia termelétrica. Por último, são apresentadas as conclusões que indicam a possibilidade de superação da crise pela capacidade de ajuste das regras de funcionamento do atual modelo do setor elétrico.

## 1. Os Leilões de Energia Nova – análise agregada

O Ministério de Minas e Energia prepara para julho de 2007 a realização de dois Leilões de Energia Proveniente de Novos Empreendimentos. Trata-se do quarto e quinto Leilão de Energia Nova – LEN - realizados desde a consolidação do processo de reestruturação do setor elétrico, efetivado com a definição do conjunto de decretos assinados em julho de 2004. Esta nova legislação deu forma ao que se pode denominar, de acordo com CASTRO (2006), por Modelo de Parceria Estratégica Público – Privada. Este novo modelo tem como uma de suas principais características o estímulo à formação de parcerias e/ou à divisão de atuação do capital privado e estatal no processo de ampliação da capacidade instalada do setor elétrico brasileiro - SEB. (Ver também CORREIA et al, 2005).

Os dois leilões estão programados na modalidade A-3 e A-5, significando que os empreendimentos que forem vitoriosos terão que iniciar a produção de energia elétrica nos anos de 2010 e 2012, respectivamente. A realização destes leilões culmina um longo e complexo trabalho de planejamento que passou pelos estudos do potencial de bacias hidrográficas, dos aproveitamentos hidrelétricos, previsões da demanda de energia elétrica a partir de estudos das empresas distribuidoras e do próprio governo. A obtenção do licenciamento ambiental de primeira instância é a última e decisiva etapa deste longo processo, o que garante a inclusão (ou não) dos empreendimentos nos LEN.

Deste conjunto de estudos e procedimentos, foram habilitados pela EPE e homologados pela ANEEL um total 106 usinas (hidro e termelétricas) para serem leiloados. Estas usinas totalizam uma oferta de capacidade geradora instalada equivalente a 16.022 MW para os leilões de A-3 (2010) e A-5 (2012).

Para aprofundar a análise dos empreendimentos colocados nos LEN, fez-se necessário um corte em relação à composição por fonte de energia. Esta informação é relevante na medida em que indicará o vetor de energia que irá impactar a matriz energética e, conseqüentemente, o impacto sobre o valor das tarifas futuras. Os resultados deste corte indicam que de um total de 106 usinas cadastradas, 61 empreendimentos utilizam fontes de energia renováveis, enquanto que 45 empreendimentos utilizam fontes não-renováveis para a geração de energia.

De acordo com a EPE, dos 61 empreendimentos de energia renovável cadastrados, 26 projetos são de fonte hídrica, 7 usinas utilizam fonte eólica e 28 projetos são de biomassa. Em contrapartida, nos empreendimentos que utilizam fontes não-renováveis, foram homologados 32 projetos de usinas térmicas abastecidas por óleo combustível e diesel. A EPE registrou ainda o cadastro de 4 projetos de térmicas movidas a gás natural, número pequeno que reflete limitação de acesso à oferta do gás natural pela Petrobrás. Outros 3 projetos são bi-combustível (gás natural e diesel), 4 projetos são movidos a carvão mineral. E 2 projetos são de térmicas abastecidas por coque.<sup>4</sup>

Ao confrontar os dados dos novos empreendimentos sob a ótica da capacidade geradora instalada por tipo de fonte, constata-se uma inversão em relação à atual matriz de energia elétrica<sup>5</sup>, já que apenas 29,5 % das usinas utilizam fontes renováveis de energia - energia limpa - totalizando 4.722 MW. Em contrapartida, a energia não-renovável detém participação de 70,5 % do total cadastrado, com 11.300 MW. Todos estes dados estão consolidados e apresentados na Tabela Nº 1.

**Tabela Nº 1:Leilão de Energia Nova A-3 e A-5 por tipo de Usinas Cadastradas. Junho de 2007 (em MW e %)**

Fonte de Geração	USINAS	Capacidade (em MW)	% da Capacidade
<b>Renováveis</b>	<b>61</b>	<b>4.722</b>	<b>29,5</b>
Hídrica	26	3.076	19,2
Eólica	7	765	4,8
Biomassa	28	881	5,5
<b>Não Renováveis</b>	<b>45</b>	<b>11.300</b>	<b>70,5</b>
Térmica a GN	4	2.960	18,5
Térmica bi-combustível (GN e diesel)	3	1.977	12,3
Térmica Óleo Combustível e Óleo Diesel	32	3.421	21,4
Térmica a Carvão Mineral	4	2.242	14,0
Térmica a Coque	2	700	4,4
<b>Total</b>	<b>106</b>	<b>16.022</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Elaboração do GESEL-IE-UFRJ, com base nos dados da EPE

<sup>4</sup> Dados de Junho de 2007

<sup>5</sup> Para realizar esta comparação, ver Tabela N.º 4.

O que mais merece destaque na composição da oferta potencial é a presença expressiva e majoritária de energia não renovável a ser gerada por usinas termoelétricas que utilizarão como insumo energético diesel, carvão, coque e, em menor grau, gás natural. Esta predominância de usinas de energia não renovável e mais caras apontam um vetor de crescimento aparentemente preocupante sob dois aspectos. Primeiro, em termos ambientais. Estas usinas irão aumentar o efeito estufa, contrapondo-se assim à base hidroelétrica que apresenta níveis de poluição nitidamente inferiores, conforme valores apresentados em estudo recente da Comissão Europeia (2007, p. 23)<sup>6</sup>. Nestes termos, a predominância da energia de base hidrelétrica garante acesso a uma energia limpa e menos cara. (Ver DELFIM NETTO 2007 a). O segundo aspecto é o impacto sobre a modicidade tarifária. Estas duas questões serão analisadas posteriormente.

Outro corte analítico importante ao desenvolvimento do presente trabalho é a desagregação dos empreendimentos entre os leilões de A-3 e A-5, que serão objetos de análise nos próximos tópicos. Para tanto, deve-se assinalar a existência de uma regra adotada pela EPE nos LEN: não há impedimento de um empreendimento ser homologado em leilão A-3 e A-5. Esta regra é adotada porque a quantidade de demanda de energia elétrica que será negociada no LEN para o mercado cativo (demanda das concessionárias de distribuição) é somente do conhecimento da EPE. Assim, este procedimento visa ampliar a oferta de novas usinas, buscando maior competitividade nos leilões, leia-se modicidade tarifária. Desta forma, uma mesma usina pode estar cadastrada em dois leilões, permitindo que se ele não conseguir “entrar” no A-3, continua a concorrer no A-5. Há um favorecimento aos empreendimentos que apresentam menor duração para sua construção, ou seja, usinas termoelétricas e PCH’s, eólicas e biomassa. Para este dois leilões, 50 usinas estão cadastradas, totalizando 8.834 MW de capacidade instalada.

## **2. O Leilão de A-3 – energia para 2010**

Para o LEN de A-3, entrada da oferta de energia a partir de 2010, foram cadastrados 91 empreendimentos com capacidade prevista total de 12.078 MW, como indicado na Tabela nº. 2. Este

---

<sup>6</sup> Este estudo indica que para a energia de base termo a óleo diesel a emissão de CO<sub>2</sub> por MWh é de 550 contra 20 para UHE de grande porte e de 5 para PCH <10MW.

total equivale a cerca de 75% do total apresentado na Tabela n.º 1, indicando uma forte concentração de oferta para 2010. Dos 91 empreendimentos, 54 projetos utilizam fontes renováveis, enquanto que as demais 37 usinas utilizam fontes não-renováveis. No entanto, em termos de tipo de fonte, as renováveis representam somente 37,1% da potência total listada pela EPE, com 4.486 MW de capacidade total prevista. Já os projetos abastecidos por fontes não-renováveis representam 62,9% da capacidade, através de 7.593 MW colocados em oferta.

**Tabela Nº 2: Empreendimentos Cadastrados para os Leilão de Energia Nova A-3 por Fonte de Geração. Junho de 2007**  
(em MW e %)

Fonte de Geração	USINAS	Capacidade (em MW)	% da Capacidade
<b>Renováveis</b>	<b>54</b>	<b>4.486</b>	<b>37,1</b>
Hídrica	25	3.028	25,1
Eólica	7	765	6,3
Biomassa	22	693	5,7
<b>Não Renováveis</b>	<b>37</b>	<b>7.593</b>	<b>62,9</b>
Térmica a GN	3	2.032	16,8
Térmica bi-combustível (GN e diesel)	3	1.977	16,4
Térmica Óleo Combustível e Diesel	30	3.234	26,8
Térmica a Carvão Mineral	1	350	2,9
Térmica a Coque	-	-	-
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>12.078</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Elaboração do GESEL-IE-UFRJ, com dados da EPE

Três pontos merecem destaque no exame destes dados. O primeiro é que era previsto a maior composição a favor das usinas geradoras com base em insumos não renováveis, de energia não renovável e mais cara, dado o prazo mais curto de entrada em operação, que favorece os empreendimentos termelétricos. A oferta de 25 usinas hidroelétricas com capacidade total de 3.028 MW (média de 121 MW) indica as oportunidades de investimentos em PCH's, não só pela própria dinâmica dos leilões (valores para o MW mais competitivos) e prazos de construção, mas também pela existência de maior capacidade de financiamento via as linhas especiais do BNDES e melhores condições do mercado de capitais



brasileiro – debêntures e FIDIC. (Ver BORGES & CASTRO, 2006). Esta é uma tendência recente e promissora que afeta positivamente a ampliação da capacidade geradora de energia elétrica, matriz energética e modicidade tarifária.

O segundo ponto é o crescimento das usinas de biomassa, revertendo o quadro apresentado no Proinfa, que não conseguiu sensibilizar a oferta deste segmento de energia renovável. Agora, com as novas condições internas e principalmente externas em relação ao etanol, as perspectivas de geração de energia via biomassa mostram-se muito favoráveis, o que abre um novo vetor de crescimento da oferta com matriz mais diversificada, reafirmando o diferencial do Brasil em termos de fontes renováveis.

O terceiro ponto é a participação das usinas termelétricas a óleo diesel e combustível que detém, de forma expressiva e majoritária, a participação no LEN de A-3. Este dado reflete, em realidade e acima de tudo, a falta de alternativas para a ampliação da capacidade geradora no curto prazo, prevalecendo assim a máxima de que é melhor energia não renovável e cara do que nenhuma energia.

Os problemas para a ampliação da oferta de energia elétrica devem-se, basicamente, a dois fatores:

*Primo*, pelo crescimento da demanda, que tenderá a se acentuar com a aceleração derivada do PAC (Ver CASTRO & BRANDÃO, 2007 a).

*Secundo*, pelo desequilíbrio determinado pela insuficiência na produção e aumento expressivo de demanda industrial do gás natural. Neste aspecto, a solução só estará sendo visível com o aumento da oferta de GN a partir de 2009, através da produção em novos poços e entrada do GNL no mercado brasileiro. No entanto, e aí está a gravidade do problema, já há um déficit na oferta atual, estimado em cerca de 4.000 MW, que terá que ser atendido à medida que a produção aumentar, para atender esta demanda reprimida, conforme o termo de compromisso acertado entre a Petrobrás e a Aneel.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Sobre este assunto ver, por exemplo: PIRES ... KELMAN,.....

### 3. O Leilão de A-5- energia para 2012

No leilão de A-5 a composição da oferta por fonte de energia mantém a mesma estrutura do LEN A-3, conforme a Tabela n.º 2. As diferenças ficam por conta do número total de empreendimentos cadastrados: 65, cerca de 29% inferior. Esta composição para o LEN de A-5 é mais preocupante porque as fontes de energia renovável só ofertam 29,7 % do total das usinas, quando deveria ser maior, dado o prazo de entrada em operação, mais compatível e adequado aos empreendimentos hidroelétricos.

Outro dado preocupante em termo da matriz e da modicidade tarifária é o aumento expressivo da participação de usinas termelétricas de carvão. Além de ampliar o vetor de energia não renovável e cara, introduz um componente de custo em dólar na matriz energética, que praticamente havia desaparecido da estrutura de custo do SEB.

Por último, a perda de participação das usinas de biomassa não deve indicar uma reversão de tendência na medida em que os LEN A-3 são mais adequados para este tipo de usina, dado o tempo de construção e a dificuldade de prever o mercado do seu produto primário, que é principalmente a cana de açúcar.

**Tabela Nº 3: Empreendimentos Cadastrados para os Leilão de Energia Nova A-5 por Fonte de Geração. Junho de 2007  
(em MW)**

Fonte de Geração	USINAS	Capacidade (em MW)	% da Capacidade
<b>Renováveis</b>	<b>41</b>	<b>3.792</b>	<b>29,7</b>
Hídrica	18	2.731	21,4
Eólica	3	392	3,1
Biomassa	20	669	5,2
<b>Não Renováveis</b>	<b>24</b>	<b>8.986</b>	<b>70,3</b>
Térmica a GN	4	2.960	23,2
Térmica bi-combustível (GN e diesel)	3	1.977	15,5
Térmica Óleo Combustível e Diesel	11	1.107	8,7
Térmica a Carvão Mineral	4	2.242	17,5
Térmica a Coque	2	700	5,5
<b>Total</b>	<b>65</b>	<b>12.779</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Elaboração do GESEL-IE-UFRJ, com dados da EPE

O fator de maior preocupação na composição de oferta do LEN A-5 é a baixa oferta e participação das usinas hidrelétricas. Por se tratar de um leilão para ofertar energia somente para 2012, era de se esperar uma maior participação desta fonte de energia. Os dados, sob estes aspectos, são decepcionantes e preocupantes. A origem desta pequena participação de UHE's está na legislação ambiental, que será analisada de forma mais sistemática no próximo tópico.

Como resultado da estrutura de oferta apresentada para os dois próximos LEN, verifica-se uma situação reversa na relação energia renovável e não-renovável em relação à matriz de energia elétrica brasileira, conforme os dados da Tabela n.º 4.

Desta forma, a pequena oferta de usinas hidrelétricas nos dois próximos leilões deve-se ao reduzido estoque de projetos com os estudos de inventários e avaliação ambiental integrada concluídos. Este problema é uma herança, um passivo, do Modelo de Privatização Pura.

Um outro problema que tem agravado a oferta de usinas hidroelétricas nos LEN está bem delimitado e focado na questão ambiental. A maior evidência deste problema concentra-se na lentidão do processo de emissão da Licença Ambiental Prévia necessária para que uma usina hidrelétrica, já com estudos de viabilidade prontos, possa ser incluída no leilão. O exemplo mais evidente e preocupante deste tipo de restrição são as usinas do Complexo do Rio Madeira.

Esta situação de travamento ambiental pode ser analisada e entendida por duas vertentes de problemas. O primeiro é uma legislação ambiental ainda muito difusa, que ainda não contribui para a construção de uma cultura de estudos de meio ambiente. No entanto, há um aspecto legal que ao colocar toda a responsabilidade do aceite dos estudos para o licenciamento por conta e risco judicial do técnico que assina, há um natural receio e conseqüente atraso no veredicto final.

**Tabela Nº 4: Matriz Energética Brasileira. Maio de 2007**  
(em n.º de usinas, MW e %)

Tipo		Capacidade Instalada		%
		N.º de Usinas	(MW)	
<b>Hidroelétrica</b>		<b>643</b>	75.582	71,0%
<b>Gás</b>	Natural	75	9.861	9,3%
	Processo	27	939	0,9%
	<b>Total</b>	<b>102</b>	<b>10.799</b>	<b>10,1%</b>
<b>Petróleo</b>	Óleo Diesel	555	3.007	2,8%
	Óleo Residual	20	1.435	1,3%
	<b>Total</b>	<b>575</b>	<b>4.442</b>	<b>4,2%</b>
<b>Biomassa</b>	Bagaço de Cana	228	2.720	2,6%
	Licor Negro	13	785	0,7%
	Madeira	26	224	0,2%
	Biogás	2	20	...
	Casca de Arroz	2	6	...
	<b>Total</b>	<b>271</b>	<b>3.756</b>	<b>3,5%</b>
<b>Nuclear</b>		2	2.007	1,9%
<b>Carvão Mineral</b>		7	1.415	1,3%
<b>Eólica</b>		15	237	0,2%
<b>Importação</b>	Paraguai		5.650	5,3%
	Argentina		2.250	2,1%
	Venezuela		200	0,2%
	Uruguai		70	0,1%
	<b>Total</b>		<b>8.170</b>	<b>7,7%</b>
<b>Total</b>		<b>1.615</b>	<b>106.407</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Aneel, elaboração do GESEL-IE-UFRJ

#### 4. Heranças e Perspectivas para o Setor Elétrico Brasileiro

A questão importante para o desenvolvimento do SEB é saber que fatores explicam esta reversão tão acentuada na expansão marginal da oferta de energia elétrica e se este fenômeno indica uma nova tendência para a matriz energética nacional. Para responder a estas duas questões é necessário retroceder à década

de 1990, quando foi iniciada uma profunda e radical mudança na estrutura do Setor Elétrico Brasileiro.

O principal objetivo da reestruturação do SEB dos anos 90 foi passar para o setor privado a responsabilidade da expansão da oferta, retirando do Estado o ônus dos investimentos, (Ver FERREIRA, 2002 e CORREIA et al, 2005). Para tanto, adotou-se como estratégia a privatização das empresas estatais. Buscava-se assim, tirar o ônus dos encargos financeiros do setor público, que vinha enfrentando sérios desequilíbrios desde o início dos anos 80. Este processo foi iniciado com a privatização das empresas concessionárias de distribuição e pretendia-se avançar na privatização das empresas que atuavam no segmento da geração, em particular do Grupo Eletrobrás<sup>8</sup>.

No entanto, esta estratégia, mais focada na questão do déficit público<sup>9</sup>, teve como resultado mais visível do processo de privatização a estagnação dos investimentos na ampliação da capacidade geradora, culminando com a "Crise do Apagão" de 2001-2002 (Ver KELMAN, 2001). Outros fatores corroboraram a tendência à redução dos investimentos na expansão da oferta, destacando-se os seguintes:

- As incertezas do novo marco regulatório, que não conseguiu se consolidar dada a magnitude da reestruturação proposta.
- A instabilidade macroeconômica nacional foi influenciada pelo cenário da economia internacional, que apresentou fortes instabilidades.
- A perspectiva real de privatização das empresas geradoras do Grupo Eletrobrás contribui para desestimular novos investimentos, já que era mais simples e seguro comprar as usinas em funcionamento.

---

<sup>8</sup> Para o segmento produtivo de transmissão de energia elétrica foi necessário adotar uma outra sistemática em função do seu caráter de monopólio natural. A base foram os leilões por novas linhas de transmissão que inclusive, dado o seu sucesso, serviram de modelo para os leilões de geração pós 2003. Para análise mais específica sobre este tema recorrer a CASTRO & Bueno, 2006 e CASTRO & FERNANDEZ, 2007.

<sup>9</sup> Sobre esta questão, ver trabalho recentemente concluído por CASTRO & BRANDÃO (2007, b)

- O desmonte da estrutura de planejamento do SEB.

Este último fator teve um papel importante como desestímulo aos investimentos. As perspectivas reais de privatização total apontavam para o micro-planejamento, ou seja, cada empresa/grupo passaria a fazer seu próprio planejamento, decidindo onde, quando e quanto investir. Desta forma, o sistema de planejamento estatal integrado às empresas públicas perdeu sentido de existência, perdendo substância de forma gradual e nada sendo colocado no seu lugar. Assim, no Modelo de Privatização Puro, o Estado passaria a ter menor interferência no SEB, exceto naquilo que se relacionava com a privatização. O modelo pretendia adotar e impor uma nova dinâmica de expansão baseada em decisões dos agentes privados. Esta transformação não ocorreu. E a “Crise do Apagão” atestou a inconsistência e incapacidade dos fundamentos do Modelo de Privatização Pura em atender as necessidades de expansão da demanda de energia elétrica.

Derivado da quebra do planejamento do setor, os estudos para o aproveitamento do potencial hidroelétrico brasileiro também foram prejudicados. Estes estudos são determinantes para indicar a localização, potência e viabilidade econômica das novas usinas. Sem estes estudos, que incluem os impactos ambientais e as formas e medidas para sua superação, não há condições para a expansão da capacidade de geração hidroelétrica – a mais limpa e menos cara das energias disponíveis no mundo. Sem estes estudos não se pode assim garantir o suprimento da demanda futura de energia elétrica na sua forma mais eficiente, tanto do ponto de vista econômico com principalmente ambiental. (Ver GUERREIRO, 2003; SAMEK, 2007))

A construção das novas usinas hidroelétricas apresenta um espaço temporal muito longo, em especial se for incluído o tempo dedicado aos estudos do potencial hidroelétrico a ser explorado. Um estudo de inventário para viabilidade técnica de um empreendimento de geração leva geralmente 3 anos para ser concretizado. Desta forma, mesmo com a retomada do planejamento no setor de energia elétrica, com a criação da EPE em meados de 2004, e dos estudos de viabilidade de novos empreendimentos, a maior parte dos projetos em estudo se encontram em andamento. Segundo a EPE, novos empreendimentos hidrelétricos só deverão estar disponíveis para participação em leilões a partir de 2008.

Os dados do Quadro nº. 1 apresentam um bom exemplo da situação dos estudos em andamento das bacias hidrológicas relacionadas com o PAC – Programa de Aceleração do Crescimento – onde pode-se constatar, por um lado, o prazo longo destes estudos e, por outro, o potencial hidroelétrico que o Brasil pode explorar.

**Quadro Nº. 1: Brasil. Bacias com Estudos de Viabilidade previstos no PAC**

Bacias Hidrográficas	Conclusão dos estudos	Estudos de Inventários e Avaliação Ambiental Integrada (AAI)	Potencial das bacias (em MW)
Tapajós	jul/07	-	14.000
Aripuanã	jun/08	Contrato estabelecido em setembro de 2006 para elaboração da AAI	3.000
Trombetas	jun/08	Contrato estabelecido em setembro de 2006 para elaboração da AAI	3.000
Juramas	jun/08	-	5.000
Araguaia	set/08	Em licitação a revisão dos Estudos de Inventário da Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia.	3.100
Sucinduri	dez/08	Contrato estabelecido em janeiro de 2007 para elaboração do Estudo de Inventário da Bacia Hidrográfica do Rio Sucunduri, incluindo a AAI	650
Branco	dez/08	Contrato estabelecido em janeiro de 2007 para elaboração do Estudo de Inventário da Bacia Hidrográfica do Rio branco, incluindo a AAI	2.000
Jari	mar/09	Contrato estabelecido em abril de 2007 para realização do Estudo de Inventário da Bacia Hidrográfica do Rio Jari.	1.100
Itacaiunas	jun/10	-	450
Jatapu	jun/10	-	650
<b>Total</b>	-	-	<b>32.950</b>

Fonte: Elaborado pelo GESEL-IE-UFRJ com dados do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

O segundo problema está na estrutura de poder do Ministério do Meio Ambiente, criando um descompasso e paralisação no processo de tomada de decisões. Por conta de fortes pressões, inclusive da Presidência da República, a estrutura (de poder) do Ministério do Meio Ambiente foi profundamente modificada, destacando-se a divisão do IBAMA, indicando um duplo objetivo: dar mais agilidade aos pedidos de licença ambiental e recompor a estrutura de poder do MMA que estava muito dividida entre ONG's que representavam grupos de ambientalistas.

A recente aprovação, pela Câmara Federal de Medida Provisória que divide o IBAMA e a inclusão de cláusula que transfere dos técnicos do IBAMA para a diretoria colegiada a responsabilidade pela aprovação da licença ambiental de primeira instância, indicam que a questão ambiental tende a ter mais velocidade, sem desrespeitar a legislação em vigor.

## **5. Conclusão**

Neste sentido, e a título de conclusão, a baixa participação de empreendimentos de fontes hidráulicas nos leilões de energia nova refletem, em última instância, problemas herdados do modelo passado, uma legislação ainda incipiente e uma falta de cultura que ainda não permitiu a constituição de um paradigma para os estudos ambientais.

Como a expansão da oferta de capacidade geradora não pode esperar pela superação destes problemas, a solução pontual, conjuntural e pragmática é a construção de usinas termoelétricas. Mesmo que elas venham a gerar energia elétrica não renovável e mais cara, é bem melhor energia não renovável e cara do que não ter energia. Aí sim seu preço fica caro.

Esta alternativa, por um lado, demonstra que o novo modelo, consolidado com os decretos de 2004, tem capacidade e flexibilidade de ajustar a oferta de energia elétrica à demanda, evitando o risco de crise análogo ao do Apagão. Como a questão ambiental e dos estudos do potencial hidráulico do país tendem à normalidade no médio prazo, quando o país e seus agentes econômicos e sociais criarem uma massa crítica de conhecimento, estudos e parâmetros dos impactos ambientais, a reversão da matriz energética que estes dois leilões apresentam é pontual e não representam uma tendência de hegemonia e mesmo impacto significativo da energia não renovável e cara na matriz de energia elétrica brasileira. Dado o grande potencial hidroelétrico que o país



detém, o que é uma vantagem comparativa – energética e ambiental - em relação aos outros países, as usinas hidráulicas têm seu lugar garantido na matriz energética do Brasil. E as novas usinas hidrelétricas serão construídas, fazendo avançar a fronteira elétrica para o interior do Brasil, integrando novas áreas geográficas ao espaço econômico, respeitando as limitações e atenções impostas pela defesa do meio ambiente.

Rio de Janeiro, Junho de 2007

## **Bibliografia**

*BORGES, Luis Ferreira Xavier; CASTRO, Nivalde José de. A Convergência de um novo padrão de financiamento para o setor elétrico brasileiro. **Seminário Internacional de Regulação e Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro**. Rio de Janeiro, 30 - 31 de agosto de 2006.*

CASTRO, Nivalde José de. Reestruturação e padrão de financiamento do Setor Elétrico Brasileiro: o papel estratégico do investimento público. In: IX **Reunião de Planejamento e Orçamento – REPLAN**, Porto Alegre: Eletrobrás, 2006.

CASTRO, Nivalde José de; BRANDÃO, Roberto. O PAC e o setor elétrico. **Energia & Mercados**, São Paulo, nº 61, fevereiro de 2007, p 18. (a)

*CASTRO, Nivalde José de; BRANDÃO, Roberto. Why do Brazilian State-owned companies refrain from investing? **Developments in Economic Theory and Policy**, Bilbao, 5 e 6 de julho. The Department of Applied Economics V, of the University of the Basque Country (Spain) and the Cambridge Center for Economic and Public Policy, Department of Land Economy, of the University of Cambridge. 2007(b)*

CASTRO, Nivalde José de; BUENO, Daniel. Leilões de linhas de transmissão e o modelo de parceria estratégica pública – privada. **Revista GTD**, São Paulo, n. 15, 5 p., ago 2006.

CASTRO, Nivalde José de; FERNANDEZ, Paulo Cesar. A Reestruturação do setor elétrico brasileiro: passado recente, presente e tendências futuras. In: **Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica**, Rio de Janeiro. Furnas, 14-17 out 2007.

Comission Européia. **Uma Política energética para Europa.** Madrid, Comunicación de la Comisión al Consejo Europeo y al Parlamento Europeo, 2007 ( Separata del nº 15 de Cuadernos de Energia).

CONSELHO EMPRESARIAL DE ENERGIA. **Suprimento Energético - Cenários.** Rio de Janeiro: Firjan, 2006.

CORREIA, T. B.; MELO, E.; SILVA A. J. e COSTA A. M. Contra-reforma institucional da indústria elétrica brasileira e novas perspectivas do mercado. In **IV Congresso Brasileiro de Regulação**, 2005.

DELFIN NETTO, Antonio. **Energia suja versus energia limpa.** Diário Comércio, São Paulo, 04 maio 2007 (a).

\_\_\_\_\_. **O Desafio da energia.** Jornal do Comercio. São Paulo, 25 de maio de 2007 (b).

FERREIRA, Carlos Kawall Leal. **A Privatização no Brasil: privatização do setor elétrico no Brasil.** Rio de Janeiro: BNDES, 2002.

GUERREIRO, Amilcar. **O Planejamento no setor elétrico: tendências e perspectivas no novo modelo.** Rio de Janeiro: GESEL-IE/UFRJ, 2003.

**Leilão não acaba com dúvidas sobre oferta futura de energia.** São Paulo. Valor Econômico, Editorial, 16 de outubro de 2006.

PROGRAMA ENERGIA TRANSPARENTE: Monitoramento permanente dos cenários de oferta e do risco de racionamento. Rio de Janeiro. Instituto Acende Brasil e PRS Consultoria. Abril de 2007.

SAMEK, Jorge. **A Opção pela hidreletricidade.** O Estado de São Paulo.

Disponível em:

<http://www.estado.com.br/editorias/2007/06/16/eco-1.93.4.20070616.3.1.xml>

Acessado em: 18 de junho de 2007.

Apoio:



---

**Revista Economia e Energia e.e.e Economy and Energy**  
Editor Chefe: Carlos Feu Alvim [feu@ecen.com ]

Organização **Economia e Energia - e.e.e - OSCIP**  
Diretora Superintendente: Frida Eidelman [frida@ecen.com ]

Apoio:

**Ministério da  
Ciência e Tecnologia**



---

**Remetente:**

**Revista Economia e Energia**

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 - Centro  
CEP - 20040-005 Rio de Janeiro - RJ