



*Economia e Energia* – <http://ecen.com>

Nº

52

Outubro  
Novembro 2005

<http://ecen.com>

---

### **O Espírito Santo Vai Virar Bolívia**

*Genserico Encarnação*

### **Balço de Carbono: Comparação das Emissões nas Metodologias “Top-Down” Estendida e “Button-Up” - Análise de Resultados e Conclusões**

*Carlos Feu Alvim, Frida Eidelman e Omar Campos Ferreira*

### **Alternativa ao Protocolo Adicional a Adicional a Acordos de Salvaguardas Nucleares com a AIEA**

*Carlos Feu Alvim*

---

*Economia e Energia*

*Revista*

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 Centro CEP 20040-005  
Rio de Janeiro RJ Tel (21) 2222-4816 Fax 22224817  
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 – <http://ecen.com>*

Nº 52: Outubro-Novembro 2005

ISSN 1518-2932

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

### Opinião:

#### **O Espírito Santo Vai Virar Bolívia**

*Genserico Encarnação*

pag. 02

As perspectivas de produção de óleo e gás na plataforma continental do Espírito Santo parecem promissoras e certamente trarão benefícios econômicos à região. Isto, no entanto, não parece satisfazer aos capixabas que reclamam benefícios para o estado que não sejam tão-somente os *royalties*, pequena participação nos investimentos e alguns serviços correlatos.

### Artigo:

#### **Balanco de Carbono nas Emissões Causadoras do Efeito Estufa e no Uso e Transformação de Energia no Brasil:**

***Comparação das Emissões nas Metodologias “Top-Down” Estendida e “Bottom-Up” – Análise de Resultados e Conclusões.***

*Carlos Feu Alvim, Frida Eidelman e Omar Campos Ferreira*

pag. 04

A análise das diferenças encontradas na apuração do Balanço de Emissões de Carbono, no uso e transformação de energia no Brasil, é apresentada juntamente com as conclusões do trabalho que a Organização Economia e Energia realizou, em Convênio com o Ministério de Ciência e Tecnologia. A divulgação dos resultados desse estudo vem sendo feita pela revista e&e em seus N<sup>os</sup> 48, 50 e 51. O Balanço de Carbono revelou-se como um bom instrumento de diagnóstico das emissões causadoras do efeito estufa e um instrumento útil para detectar deficiências de dados ou metodológicas.

### Texto para Discussão:

#### **Alternativa ao Protocolo Adicional a Acordos de Salvaguardas Nucleares com a AIEA**

*Carlos Feu Alvim*

pág. 28

O assunto da adesão ou (não) ao Protocolo Adicional com a AIEA que visa fortalecer as salvaguardas nucleares vem sendo adiado pelo Governo Brasileiro. Face aos inconvenientes da atual formulação propõe-se uma alternativa.

*Opinião:*

## **O Espírito Santo Vai Virar Bolívia**

*Genserico Encarnação Júnior  
jornalego@terra.com.br*

Voltei para minha terra natal, já aposentado, em 1997, depois de um périplo por mais de três décadas por outros brasis. Vim participar de um governo estadual que já cumprira a metade de seu mandato. Encontrei-o cheio de projetos aos quais me aliei tornando-me um dos seus entusiastas.

Entre os projetos, destacavam-se os da área de energia, minha especialidade. Os principais eram:

1 - Construção do gasoduto Cabiúnas (RJ) - Vitória para receber o gás natural da bacia de Campos e eventualmente de outras origens;

2 - Utilização de parte desse gás no complexo minero-siderúrgico da Grande Vitória, sua expansão, com a construção de uma usina termelétrica;

3 - Desenvolvimento dos campos de gás natural de Peroá e Congoá, no norte do estado para utilização em usina termelétrica a ser construída naquela região;

4 - Criação de uma companhia de distribuição de gás canalizado em substituição às atividades da atual concessionária, para atender o aumento do consumo do gás natural a partir das novas disponibilidades do combustível; e

5 - Criação de uma agência reguladora dos serviços públicos estaduais.

Não vou entrar no porquê de essas iniciativas não se terem concretizado da forma acima descrita. Algumas delas estão sendo efetivadas atualmente, embora com propósitos e direcionamentos diferentes. Contudo as principais causas da inércia foram, sem dúvida, a privatização da empresa que iria constituir-se no principal pólo de consumo, a CVRD, e a fraqueza econômica e política do estado.

O móvel principal dos projetos era aumentar o mercado do gás natural no Estado. O gás daqui seria utilizado aqui mesmo, complementado com o gás de fora.

Essa agenda foi descuidada no governo seguinte que se entusiasmou com as perspectivas de exploração e produção de petróleo e gás nas costas capixabas. Efetivamente, as expectativas estão se concretizando, mas tudo leva a crer que o petróleo será refinado alhures, e o gás servirá a outros mercados.

Ficaremos tão-somente com os royalties, pequena participação nos investimentos e alguns serviços correlatos. O grosso dos benefícios da nova indústria – os chamados valores agregados aos produtos de uma atividade

extrativa – será colhido pelos estados que nos circundam, de maior expressividade econômica e política.

A agenda anterior incorria na utilização não tão nobre do gás natural, há que se confessar. Por exemplo, fritar pelotas de minério de ferro não é a melhor maneira de usar o gás. Tampouco a utilização do gás na geração termelétrica. Contudo aquele consumo daria uma ancoragem melhor aos seus projetos e as termelétricas viriam aumentar a nossa autonomia no frágil esquema de oferta de energia elétrica do estado, no contexto de uma também frágil situação nacional. As mais nobres utilizações do gás natural são como matéria-prima para a indústria química e sua utilização energética no consumo doméstico (incluindo sua transformação em gás de botijão), industrial, comercial ou veicular.

Hoje a agenda é outra. Os campos de Peroá e Cangoá estão sendo desenvolvidos não para geração de energia elétrica (a interligação com a CEMIG - MG atenua a fragilidade do estado, situado na ponta de linha do sistema sul-sudeste-centro-oeste), e a ligação dos nossos gasodutos aos dois sistemas (nordeste e sudeste) tem como fito o escoamento do grosso do gás aqui produzido para outras plagas. Plagas essas que já estavam se ressentindo da falta do produto pelo crescimento vigoroso do mercado nacional. O Espírito Santo, mesmo com o concurso do gás boliviano, estava fadado a ser o pulmão do mercado de gás natural no Brasil.

Com os acontecimentos recentes na Bolívia, o abastecimento gaseífero daquele país ao Brasil está correndo perigo. A Petrobras, preocupada, já está olhando com mais carinho para o escoamento da produção capixaba, aumentando os investimentos por aqui.

Aí mora o perigo! O Espírito Santo vai virar Bolívia, suprimindo com o seu gás o sedento (qual seria o termo para gás?) mercado brasileiro.

A população boliviana está se revoltando contra essa situação de exploração, vendo escoar suas preciosas reservas de gás natural para um país vizinho.

Se não forem tomadas algumas medidas para reverter esse quadro que, acredito, já viriam tarde, o cenário a vingar é este, pintado neste artigo opinativo.

Este é o futuro do Espírito Santo. Vai virar Bolívia, com um agravante: sem a brava gente boliviana.

Artigo:

**Balço de Carbono nas Emissões Causadoras do Efeito Estufa e no Uso e Transformação de Energia no Brasil: Comparação das Emissões nas Metodologias “Top-Down” Estendida e “Bottom-Up” – Análise de Resultados e Conclusões.**

*Carlos Feu Alvim, Frida Eidelman e Omar Campos Ferreira*

## Introdução

A Organização Economia e Energia realizou, em Convênio com o Ministério de Ciência e Tecnologia, estudo sobre o balanço de carbono nas emissões no uso e transformação da energia. A divulgação dos resultados desse estudo vem sendo feita pela revista e&e. Assim já foram divulgados:

- O Balço de Carbono na Produção, Transformação e Uso de Energia no Brasil – Metodologia e Resultados no Processo “Top-Bottom” para 1970 a 2002 (e&e N 48).
- O Balço de Carbono nos Centros de Transformação de Energia (e&e N 50).
- Resultados correspondentes ao processo de *contabilidade adotado que compreende a extensão da abordagem “top-down”* e o uso de coeficientes apurados no inventário nacional do Brasil para os anos 1990 a 1994 para estimar, pelo processo “Bottom-Up” as emissões de 1970 a 2002 (e&e N° 51).

Na presente edição são comparados os resultados dos dois métodos e apontados alguns desvios encontrados que devem gerar correções na apuração do balanço de carbono e correções na apuração do inventário de emissões. As sugestões para efetuar as correções são apresentadas e deverão ser objeto de uma análise complementar.

## Comparação das Emissões pelos dois Métodos

O programa *benemis*, elaborado para apurar as emissões, permite obter tabelas sintéticas agrupando energéticos e setores da economia. No caso da versão *benemis\_c\_eee* os dados de carbono contido, emissões pelos dois processos e comparação entre elas também podem ser obtidos para cada ano.

A Tabela 1 mostra os valores do carbono contido, sem descontar as emissões, para os principais setores de consumo e fontes de energia agrupadas por origem<sup>1</sup>.

Nas tabelas seguintes as emissões apuradas pelos métodos “Top-Down” (Tabela 2) e “Bottom-Up” (Tabela 3) são comparadas na forma agregada. A Tabela 4 ilustra o procedimento usado para a comparação: as discrepâncias relativas das duas apurações são indicadas por cores com

---

<sup>1</sup> Para os centros de transformação as massas obedecem à padronização do BEN onde os valores são representados como negativos quando usados na transformação e positivos quando produzidos. A apresentação de resultados agregados não faz muito sentido neste caso.

limiares fixados pelos percentuais dos desvios (branco para discrepâncias inferiores a 0,1% ou valores nulos, verdes para diferenças entre 0,1% e 10%, amarelo entre 10 e 30% e vermelho acima de 30%). A aplicação nas tabelas agregadas adiciona uma dificuldade a mais, que é o critério de agregação por combustível de origem. No caso de gases, por exemplo, o “de cidade” teve, ao longo do tempo diferentes origens e na estrutura usual do BEN ele é apresentado juntamente com o gás de coqueria. Na alocação por origem atual do programa ele é registrado como de carvão mineral.

**Tabela 1: Carbono Contido nos Combustíveis Utilizados em Gg/ano, Ano 1990**

	GÁS NATURAL	BIOMASSA E OUTR. RENOVÁVEIS	DERIVADOS GN E PETROL	CARVÃO MIN. E DERIV.	TOTAL
CONSUMO FINAL					
NÃO-ENERG.	575,0	304,2	7214,2	91,6	8185,0
SETOR ENERGÉTICO	534,5	8393,0	2980,8	284,2	12192,5
RESIDENCIAL	2,8	10357,7	3816,8	0,0	14177,3
COMERCIAL	0,6	176,3	576,4	0,0	753,3
PÚBLICO	1,1	5,1	139,7	0,0	145,9
AGROPECUÁRIO	0,0	2721,8	2768,2	0,0	5490,0
TRANSPORTES (TOTAL)	1,1	3632,5	22391,8	5,8	26031,3
INDUSTRIAL (TOTAL)	886,6	17065,0	7515,3	8479,7	33946,6
Consumo Final (*)	1426,7	42351,3	40189,1	8769,8	92736,9

(\*) Exclui Transformação

**Tabela 2: Emissões de Carbono em Gg/ano (1990) – Método “Top Down”**

	GÁS NATURAL	BIOMASSA E OUTR. RENOVÁVEIS	DERIVADOS GN E PETROL	CARVÃO MIN. E DERIV.	TOTAL
TRANSFORMAÇÃO	48	6997	1112	1119	9277
CONSUMO FINAL					
NÃO-ENERG.	358	0,0	1122	0,0	1480
SETOR ENERGÉTICO	532	7386	2951	281	11150
RESIDENCIAL	2,8	9553	3779	0,0	13334
COMERCIAL	0,6	192	571	0,0	763
PÚBLICO	1,1	6,7	138	0,0	146
AGROPECUÁRIO	0,0	2402	2741	0,0	5142
TRANSPORTES (TOTAL)	1,1	3596	22168	5,7	25771
INDUSTRIAL (TOTAL)	882	18879	7440	8319	35520
Consumo Final (*)	1419	42014	39787	8606	91826
TOTAL GERAL	1825	49012	42021	9725	102583

**Tabela 3: Emissões por Setor e por Grupo de Combustíveis - Ano:1990 - Gg /ano “Bottom-Up”**

	GÁS NATURAL	BIOMASSA E OUTR. RENOVÁVEIS	DERIVADOS GN E PETROL.	CARVÃO MIN. E DERIV.	TOTAL
TRANSFORMAÇÃO CONSUMO FINAL	46	8115	1116	1155	10431
NÃO-ENERG.	362	0,0	920	29	1311
SETOR ENERGÉTICO	493	7662	2896	0,5	11052
RESIDENCIAL	2,7	11270	3663	86	15021
COMERCIAL	0,5	200	525	33	759
PÚBLICO	1,1	7,1	132	4,6	145
AGROPECUÁRIO	0,0	2679	2743	0,0	5421
TRANSPORTES (TOTAL)	1,1	4337	24799	5,8	29143
INDUSTRIAL (TOTAL)	832	19588	7365	8437	36222
Consumo Final (*)	1330	45744	42124	8566	97763
TOTAL GERAL	1738	53858	44160	9749	109505

A identificação dos problemas fica mais fácil quando se examinam as diferenças por combustível e em uma maior desagregação de contas. Isto será feito em seguida. Preliminarmente, vale observar que na Tabela 4 as casas em vermelho para o carvão mineral identificam problemas de alocação ao combustível de origem, notadamente o gás. Alguns desvios assinalados para a biomassa devem advir de dificuldades já detectadas na transformação.

A Figura 1 mostra as emissões, por setor e por combustível de origem, obtidas a partir de coeficientes gerados no processo “Bottom-Up”. O Setor de Transportes é o maior responsável pela emissão de carbono originário de fontes fósseis.

As tabelas seguintes ilustram as saídas obtidas para apuração do balanço de carbono (ano 1990) e são usadas para analisar os problemas existentes.

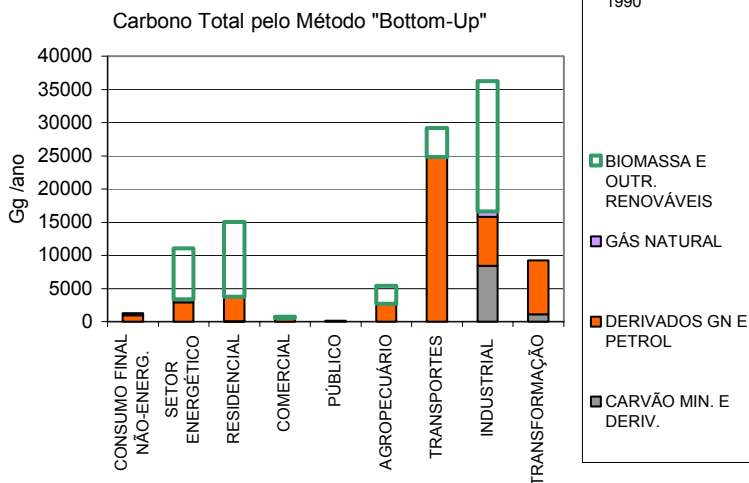
As duas primeiras (Tabela 5 e Tabela 6) mostram o conteúdo de carbono original dos combustíveis usados para as transformações e consumo. Nas transformações, as massas negativas assinalam (como no BEN) a absorção de um energético que é transformado em outro assinalado com entrada positiva na mesma linha. Para os centros de transformação onde as emissões não são computadas (Refinarias de Petróleo, Plantas de Gás natural, Usinas de Gaseificação, Coquerias, Destilarias e Outras Transformações), a coluna “Total” da direita assinala as imperfeições no balanço de carbono. Mais adiante, usando os resultados contidos das tabelas que se seguem será possível completar o balanço de carbono das demais unidades de transformação.



**Tabela 4: Comparação dos Resultados pelos dois Processos, a. diferença percentual referida aos dados “Bottom-Up” (cores classificam os desvios)**

	GÁS NATURAL	BIOMASSA E OUTR. RENOVÁVEIS	DERIVADOS GN E PETROL.	CARVÃO MIN. E DERIV..	TOTAL
TRANSFORMAÇÃO	-5,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CONSUMO FINAL NÃO-ENERG.	1,2%		-18,0%		-11,4%
SETOR ENERGÉTICO	-7,3%	3,7%	-1,9%	-99,8%	-0,9%
RESIDENCIAL	-5,2%	18,0%	-3,1%		12,7%
COMERCIAL	-5,2%	4,4%	-7,9%		-0,6%
PÚBLICO	-5,2%	5,2%	-4,6%		-1,0%
AGROPECUÁRIO		11,5%	0,1%		5,4%
TRANSPORTES (TOTAL)	-4,0%	20,6%	11,9%	1,2%	13,1%
INDUSTRIAL (TOTAL)	-5,7%	3,8%	-1,0%	1,4%	2,0%
Consumo Final (*)	-6,3%	8,9%	5,9%	-0,5%	6,5%
TOTAL GERAL	-4,8%	7,6%	5,1%	-0,1%	5,6%

**Emissões por Setor por Grupo de Combustíveis**



**Figura 1: Valores de carbono emitido por setor e por combustível de origem.**

A Tabela 7 apresenta as emissões obtidas pela reconstituição da apuração “Bottom-Up” e a Tabela 8 as obtidas através do processo “Top-Down”. A Tabela 9 apresenta a crítica dos resultados obtidos indicando os valores percentuais do desvio encontrado entre os dois processos (valores relativos ao valor “Bottom-Up”).





**Tabela 6: Conteúdo de Carbono por Atividade e por Energético**

	PETRÓ- LEO	GÁS NATU- RAL	CAR- VÃO VAPOR	CAR- VÃO MET.	LENHA	PROD. CANA	OUTRAS PRIMAR	LEO DIE- SEL	ÓLEO COM- BUST.
TRANSFOR- MAÇÃO	-50711	-851	-1039	-8143	-16145	-6178	-530	17390	10163
REFINARIAS DE PETRÓLEO	-50711	0	0	0	0	0	-96	17804	10785
PLANTAS DE GÁS NATURAL	0	-605	0	0	0	0	0	0	0
USINAS DE GASEIFICAÇÃO	0	-109	0	0	0	0	0	0	0
COQUERIAS	0	0	0	-8143	0	0	0	0	0
CICLO DO COMB.NUCLEAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CENTRAIS ELET. SERV.PÚBL.	0	-3	-1016	0	0	0	0	-386	-251
CENTRAIS ELET. AUTOPROD.	0	-45	-23	0	-151	-494	-496	-97	-372
CARVOARIAS	0	0	0	0	-15994	0	0	0	0
DESTILARIAS	0	0	0	0	0	-5684	-33	0	0
OUTRAS TRANS- FORMAÇÕES	0	-89	0	0	0	0	109	70	0

**(Transformação) – Ano 1990 - Gg /ano**

GASO- LINA	GLP	NAFTA	QUERO- SENE	GÁS	COQUE C. MIN.	CARV. VEGE- TAL	ÁLCOOL ETIL.	O.SEC. PETR.	ALCA- TRÃO	TOTAL
7450	3114	4004	2237	1317	6745	8094	3652	2674	202	-13593
7096	2504	5254	2237	0	0	0	0	2143	0	-22
134	394	3	0	0	0	0	0	0	0	-75
0	0	-137	0	252	0	0	0	0	0	6
0	0	0	0	1144	6745	0	0	0	225	-29
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1656
0	0	0	0	-79	0	0	0	-18	-23	-1798
0	0	0	0	0	0	8094	0	0	0	-7899
0	0	0	0	0	0	0	3652	0	0	-2066
220	216	-1117	0	0	0	0	0	549	0	-42

**Tabela 7: Emissões por Atividade e por Energético (Consumo Final e**

	GÁS NATU- RAL	CARVÃO VAPOR	CARVÃO MET.	LE- NHA	PROD. CANA	OUTRAS PRIMAR	ÓLEO DIESEL	ÓLEO COM- BUST
<b>CONSUMO FINAL</b>	<b>1692</b>	<b>1058</b>	<b>0</b>	<b>19341</b>	<b>12874</b>	<b>1386</b>	<b>17957</b>	<b>8378</b>
CONSUMO FINAL NÃO-ENERG.	362	0	0	0	0	0	0	0
SETOR ENERGÉTICO	493	0	0	0	7662	0	362	1447
RESIDENCIAL	3	0	0	10426	0	0	0	0
COMERCIAL	1	0	0	130	0	0	33	251
PÚBLICO	1	0	0	3	0	0	69	48
AGROPECUÁRIO	0	0	0	2663	0	0	2719	23
RODOVIÁRIO	1	0	0	0	0	0	13778	0
FERROVIÁRIO	0	6	0	3	0	0	450	0
AÉREO	0	0	0	0	0	0	0	0
HIDROVIÁRIO	0	0	0	0	0	0	278	688
CIMENTO	24	623	0	2	0	43	9	859
FERRO-GUSA E AÇO	202	21	0	0	0	0	35	336
FERRO-LIGAS	2	0	0	0	0	0	0	0
MINERAÇÃO E PELOTIZ.	53	0	0	0	0	0	65	415
NÃO-FER. E OUT.METAL.	16	0	0	43	0	0	0	343
QUÍMICA	196	101	0	247	46	0	19	1388
ALIMENTOS E BEBIDAS	79	115	0	2226	5104	0	16	637
TÊXTIL	31	4	0	175	0	0	2	389
PAPEL E CELULOSE	33	141	0	850	57	1275	15	472
CERÂMICA	37	37	0	1779	0	68	5	352
OUTRAS INDÚSTRIAS	158	10	0	792	5	0	100	730
CONSUMO NÃO-IDENTIFICADO	0	0	0	0	0	0	0	0
AJUSTES	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TRANSFORMAÇÃO</b>	<b>46</b>	<b>1026</b>	<b>0</b>	<b>7107</b>	<b>451</b>	<b>556</b>	<b>482</b>	<b>616</b>
CENTRAIS ELET.SERV.PÚB.	3	1004	0	0	0	0	385	248
CENTRAIS ELET.AUTOPROD.	43	22	0	137	451	556	97	368
CARVOARIAS	0	0	0	6971	0	0	0	0



**Tabela 8 Emissões por Atividade por Energético (Método Top-Down”)**

	GÁS NATU- RAL	CAR- VÃO VAPOR	CAR- VÃO MET.	LENHA	PROD. CANA	OUTRAS PRIMAR	ÓLEO DIE- SEL	ÓLEO COM- BUST.	GASO- LINA
<b>CONSUMO FINAL</b>	1777	1050	0	17210	12407	1200	17531	8489	5863
CONSUMO FINAL NÃO-ENERG. SETOR	358	0	0	0	0	0	0	0	0
ENERGÉTICO	532	0	0	0	7386	0	359	1447	0
RESIDENCIAL	3	0	0	8761	0	0	0	0	0
COMERCIAL	1	0	0	126	0	0	33	252	0
PÚBLICO	1	0	0	3	0	0	69	48	0
AGROPECUÁRIO	0	0	0	2387	0	0	2717	23	0
RODOVIÁRIO	1	0	0	0	0	0	13378	0	5824
FERROVIÁRIO	0	6	0	3	0	0	437	0	0
AÉREO	0	0	0	0	0	0	0	0	39
HIDROVIÁRIO	0	0	0	0	0	0	270	670	0
CIMENTO	26	617	0	2	0	31	9	858	0
FERRO-GUSA E AÇO	212	21	0	0	0	0	35	336	0
FERRO-LIGAS MINERAÇÃO E PELOTIZ.	2	0	0	0	0	0	0	0	0
NÃO-FER. E OUT.METAL.	57	0	0	0	0	0	65	414	0
QUÍMICA	17	0	0	42	0	0	0	343	0
ALIMENTOS E BEBIDAS	208	101	0	240	45	0	19	1389	0
TÊXTIL	84	114	0	2162	4918	0	16	637	0
PAPEL E CELULOSE	33	4	0	171	0	0	2	389	0
CERÂMICA	35	140	0	828	55	1128	15	473	0
OUTRAS INDÚSTRIAS	39	37	0	1717	0	41	5	352	0
CONSUMO NÃO- IDENTIFICADO	168	9	0	767	5	0	100	730	0
0	0	0	0	0	0	0	0	129	0
<b>TRANSFORMAÇÃO</b>	3	0	9553	3779	0	13334	0	0	0
CENTRAIS ELET.SERV.PÚBL.	3	996	0	0	0	0	382	248	0
CENTRAIS ELET.AUTOPROD.	45	22	0	133	435	457	96	368	0
CARVOARIAS	0	0	0	5972	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1780</b>	<b>1050</b>	<b>9553</b>	<b>20989</b>	<b>12407</b>	<b>14535</b>	<b>17531</b>	<b>8489</b>	<b>5863</b>



**1990 - Gg /ano**

GLP	NAFTA	QUERO- SENE	GAS	COQUE C. MIN.	CARV. VEGE- TAL	ALCOOL ETIL.	O.SEC. PETR.	ALCA- TRÃO	TOTAL
4054	830	1705	232	6442	7604	3593	0	96	93551
0	830	0	0	0	0	0	0	0	1480
14	0	3	0	0	0	0	0	0	11150
3555	0	104	120	0	792	0	0	0	13334
241	0	0	45	0	66	0	0	0	763
12	0	1	6	0	4	0	0	0	146
0	0	0	0	0	14	0	0	0	5142
0	0	0	0	0	0	3593	0	0	22796
0	0	0	0	0	0	0	0	0	446
0	0	1550	0	0	0	0	0	0	1589
0	0	0	0	0	0	0	0	0	940
0	0	1	0	0	434	0	0	0	1983
17	0	9	5	6196	5408	0	0	96	13072
0	0	0	17	32	448	0	0	0	499
1	0	3	0	124	42	0	0	0	707
11	0	0	0	90	315	0	0	0	1216
7	0	0	1	0	40	0	0	0	2674
13	0	7	11	0	0	0	0	0	7962
3	0	4	2	0	4	0	0	0	612
3	0	2	0	0	0	0	0	0	2679
22	0	1	6	0	16	0	0	0	2236
38	0	20	18	0	20	0	0	0	1878
116	0	0	0	0	0	0	0	0	245
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1630
0	0	0	0	0	0	0	0	23	1675
0	0	0	0	0	0	0	0	0	5972
4054	830	1705	232	6442	7604	3593	0	96	93551

Tabela 9: Balanço de Carbono: Comparação “Top-Down” X “Bottom-Up”

	GÁS NATU- RAL	CAR- VÃO VAPOR	CAR- VÃO MET.	LENHA	PROD. CANA	OUTRAS PRIMAR	ÓLEO DIE- SEL	ÓLEO COM- BUST.	GASO- LINA
<b>CONSUMO FINAL</b>	-4,8%	0,8%	0,0%	12,4%	3,8%	15,4%	2,4%	-1,3%	37,3%
CONSUMO FINAL NÃO-ENERG.	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SETOR ENERGÉTICO	-7,3%	0,0%	0,0%	0,0%	3,7%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%
RESIDENCIAL	-5,2%	0,0%	0,0%	19,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
COMERCIAL	-5,2%	0,0%	0,0%	3,3%	0,0%	0,0%	0,1%	-0,1%	0,0%
PÚBLICO	-5,2%	0,0%	0,0%	3,2%	0,0%	0,0%	0,1%	-0,1%	0,0%
AGROPECUÁRIO	0,0%	0,0%	0,0%	11,5%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
RODOVIÁRIO	-4,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,0%	0,0%	37,3%
FERROVIÁRIO	0,0%	1,2%	0,0%	2,6%	0,0%	0,0%	3,0%	0,0%	0,0%
AÉREO	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	33,1%
HIDROVIÁRIO	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,0%	2,7%	0,0%
CIMENTO	-8,3%	1,0%	0,0%	3,6%	0,0%	39,2%	0,0%	0,1%	0,0%
FERRO-GUSA E AÇO	-5,1%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
FERRO-LIGAS MINERAÇÃO E PELOTIZ.	-5,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
NÃO-FER. E OUT.METAL.	-7,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	0,0%
QUÍMICA	-5,1%	0,0%	0,0%	3,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ALIMENTOS E BEBIDAS	-5,9%	0,6%	0,0%	2,9%	3,7%	0,0%	0,1%	-0,1%	0,0%
TÊXTIL	-5,2%	0,7%	0,0%	2,9%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
PAPEL E CELULOSE	-5,2%	1,1%	0,0%	2,9%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
CERÂMICA	-5,5%	0,6%	0,0%	2,7%	3,8%	13,0%	0,1%	0,0%	0,0%
OUTRAS INDÚSTRIAS	-5,3%	0,7%	0,0%	3,6%	0,0%	63,8%	0,1%	0,0%	0,0%
CONSUMO NÃO- IDENTIFICADO	-5,7%	0,6%	0,0%	3,2%	3,7%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
<b>TRANSFORMAÇÃO</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
CENTRAIS ELET.SERV.PÚB.	-5,1%	0,8%	0,0%	16,4%	3,7%	21,6%	0,8%	-0,1%	0,0%
CENTRAIS ELET.AUTOPROD.	-5,1%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	-0,1%	0,0%
CENTRAIS ELET.AUTOPROD.	-5,1%	0,4%	0,0%	2,7%	3,7%	21,6%	0,8%	-0,1%	0,0%
CARVOARIAS	0,0%	0,0%	0,0%	16,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



.A crítica do balanço é feita pelo processo já descrito de código de cores. Na Tabela 9 as cores indicam a magnitude das discrepâncias entre os valores apurados pelas duas abordagens. Foi possível com os dados coletados completar a análise dos centros de transformação.

Tendo em vista que o objetivo é a apresentação de diagnóstico e não uma revisão dos coeficientes, foram destacados alguns energéticos cuja análise pode ajudar neste propósito. Para facilitar esta análise, foi deduzida a relação entre os coeficientes de emissão e de conteúdo de carbono que surge da conservação da massa de carbono para a gasolina, a lenha e o álcool carburante. Também foram destacados os casos do diesel e carvão vegetal para permitir uma comparação com os três combustíveis identificados como merecedores de maior atenção.

### Balanço de Carbono na Transformação

O resultado dos balanços de carbono para os centros de transformação é mostrado na Tabela 10.

**Tabela 10: Balanços de Carbono nas Unidades de Transformação para o Ano de 1990 computando as emissões pelos processos *Bottom-Up* e *Top-Down***

	Saldo do Balanço de C	Matéria Prima	Saldo %	Emis-sões Bottom-Up	Saldo	Saldo %	Emis-sões Top-Down	Saldo	Saldo %
REFINARIAS DE PETRÓLEO	-22	-50711	0,0%			0,0%			0,0%
PLANTAS DE GÁS NATURAL	-75	-2909	-2,6%			-2,6%			-2,6%
USINAS DE GASEIFICAÇÃO	6	-245	2,6%			2,6%			2,6%
COQUERIAS	-29	-8143	-0,4%			-0,4%			-0,4%
CICLO DO COMB.NUCLEAR									0,0%
CENTRAIS ELET. SERV.PÚBL.	-1656	-1656	-100,0%	1640	-16	-1,0%	1630	-27	-1,6%
CENTRAIS ELET. AUTOPROD.	-1798	-1798	-100,0%	1820	22	1,2%	1675	-123	-6,8%
CARVOARIAS	-11984	-15994	-74,9%	6971	-5013	-31,3%	10057	-1927	-12,1%
DESTILARIAS	-2066	-5684	-36,3%			-36,3%			-36,3%
OUTRAS TRANSFORMAÇÕES	-42	-1205	-3,5%			-3,5%			-3,5%

Com a inclusão, na Tabela 10, das emissões pelas duas metodologias usadas, os balanços de carbono apresentam resultados satisfatórios para a maioria das unidades de transformação. Nas centrais elétricas autoprodutoras foram detectadas diferenças importantes nos resultados das duas

metodologias que podem ser atribuídas à apuração das emissões no uso de “outras primárias” e alcatrão (Cf. Tabela 9). Nas carvoarias as emissões estão subestimadas, mas o problema maior parece estar localizado na metodologia “*Bottom-Up*”. Na tentativa de equacionar o assunto, a lenha, que apresenta desvios na comparação entre os métodos, será analisada a seguir. O caso das destilarias já foi comentado anteriormente, existindo problemas nos coeficientes massa de carbono/ energia tanto para o álcool (que será analisado a seguir) como para a matéria prima (caldo de cana e melaço), para as quais um coeficiente genérico para líquidos de biomassa é aplicado.

### Os Coeficientes de Emissão e a Conservação do Carbono

Os coeficientes de emissão usados pelo programa *benemis* partem dos resultados da apuração de emissões realizada pelo processo “*Bottom-Up*”. Como a massa de carbono se conserva, esses coeficientes devem guardar uma relação entre si de maneira que se, por exemplo, um automóvel passa a emitir menos monóxido de carbono (CO), a quantidade de dióxido (CO<sub>2</sub>) ou outro composto de carbono deve aumentar. A relação entre os coeficientes é demonstrada no quadro abaixo.

As emissões de cada setor são divididas pela energia contida no combustível, gerando um coeficiente que expressa a relação: t de gás / tep do combustível. A esses coeficientes (para o CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO e NMOV) poderemos chamar e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>, e<sub>3</sub> e e<sub>4</sub>.

Para uma energia **En** contida no combustível a massa emitida na forma de um gás **i** será

$$M_i = En. e_i$$

Chamando-se os teores de carbono de cada gás de c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>, c<sub>3</sub> e c<sub>4</sub>, as massas de carbono contidas seriam dadas por

$$M_i. c_i = En. e_i. c_i$$

Se **fc** corresponde ao fator massa de carbono por energia (tC/tep) e **M** e **c** representarem a massa e o teor de carbono do combustível tem-se:

$$M.c = fc.En$$

Como a massa de carbono emitida é suposta (no processo “*Top-Down*”) igual a M.c.fox (onde **fox** é o fator de oxidação)

$$M.c.fox = M.c_1 + M.c_2 + M.c_3 + M.c_4$$

ou

$$fc. En. fox = En. e_1. c_1 + En. e_2. c_2 + En. e_3. c_3 + En. e_4. c_4$$

ou, dividindo-se ambos os membros da equação por En:

$$fc. fox = e_1. c_1 + e_2. c_2 + e_3. c_3 + e_4. c_4$$

ou  $fc = (\sum e_i. c_i) / fox$

como fox é, em geral, muito próximo de 1 tem-se

$$fc \approx e_1. c_1 + e_2. c_2 + e_3. c_3 + e_4. c_4$$

Ou seja, os fatores de emissão trazem implícito uma relação com o teor de carbono e, conhecidos estes fatores, (sendo os conteúdos de carbono constantes e perfeitamente determinados para CO<sub>2</sub>, CO e CH<sub>4</sub> e praticamente constante para os NMOVC), pode-se obter o coeficiente  $f_c$  (tC/tep),

Como  $f_c$  só varia em função da composição do combustível, na prática os coeficientes devem guardar uma relação entre si de maneira que a massa de carbono se conserve.

A relação entre o fator de emissão e o de massa de carbono no combustível será usada para analisar os coeficientes de emissão.

### **Análise das emissões da Gasolina e Diesel**

A gasolina apresenta uma das discrepâncias mais importantes entre a emissão de carbono avaliada pelos dois métodos. Com efeito, no ano de 1990 a massa de carbono apurada pelo processo “*Bottom-Up*” é 8050 Gg e 5863 gG a apurada pelo “*Top-Down*” com uma diferença de 37% relativa à massa obtida pelo segundo método.

No ano de 1990 tínhamos, segundo o BEN:

7485 mil tep de gasolina ou 313 mil TJ e 5922 Gg (ou mil t) de Carbono;

usando-se os fatores de 0,04186 tC/tep e 18,9 tC/TJ e supondo-se 99% do carbono oxidável (não retido) teremos 5863 Gg de carbono pelo processo “*Top-Down*”.

O consumo de gasolina em 1990 no Brasil foi de 7485 mil tep (9606 mil m<sup>3</sup>), o que corresponde a uma massa de 7041 mil t<sup>ii</sup> Essa massa contém 6125 mil t (Gg) de C, usando o teor de carbono obtido em parte anterior deste trabalho<sup>iii</sup> deste trabalho que difere em apenas de 3,4% da massa de carbono obtida usando o fator do IPCC.

Deste modo, a massa de carbono calculada a partir das emissões no processo “*Bottom-Up*” (8050 Gg) excede a da própria gasolina. A massa dos gases de carbono e do carbono contido (dos gases e total) é mostrada na Tabela 11. Os dados são comparados com os divulgados na Declaração Brasileira, diferindo destes apenas para o NMVOC cuja emissão deve ter sido reavaliada após o fornecimento, pelo MCT, dos coeficientes aqui utilizados.

<sup>ii</sup> O consumo em 1990 foi de 9543 mil m<sup>3</sup> de gasolina automotiva e 63 mil da de aviação. Considerando as respectivas massas específicas, (0,740 e 0,720 t/m<sup>3</sup> respectivamente) temos uma massa de 7041 mil t de gasolina.

<sup>iii</sup> Bases para o cálculo da emissão de gases de efeito estufa. Omar Campos Ferreira  
[http://ecen.com/eee43/eee43p/balanco\\_carb\\_omar.htm](http://ecen.com/eee43/eee43p/balanco_carb_omar.htm)

**Tabela 11: Emissões de Gases e Massas de Carbono Contidas para a Gasolina (ano de 1990) e obtenção de fator carbono/energia implícito nos coeficientes de emissão usados.**

	Massa Inventário	Fator de emissão e	Massa <i>benemis</i>	Teor de Carbono c	Massa de C Inventário	Massa de C <i>benemis</i>	Produto e.c
	Gg	Gg/tep	Gg	kg C/ kg	Gg	Gg	
CO <sub>2</sub>	21620	2,888	21620	0,2727	5896	5896	0,7877
CO	4316	0,577	4316	0,4286	1850	1850	0,2471
CH <sub>4</sub>	5	0,00067	5	0,3158	2	2	0,0002
NM VOC	807	0,108	375	0,8000	646	300	0,0862
Carbono					8393	8048	
$\Sigma e_{i.c_i}$							1,121 r
$fc = (\Sigma e_{i.c_i}) / fox$			(tC/tep)	fox = 0,99			1,133
$fc = (\Sigma e_{i.c_i}) / fox$			(tC/TJ)				27,1

O fator massa de carbono / energia para corresponder aos fatores de emissão para a gasolina seria 27,1 tC/TJ ao invés de 18,9 conforme IPCC que, entretanto, se revelou adequado no balanço de carbono das refinarias.

A diferença encontrada é atribuída a um procedimento sugerido pelo IPCC em que para o CO<sub>2</sub> seria indicada toda a massa de carbono obtida. Mesmo assim, parece conveniente, para o futuro, evitar este tipo de dupla contagem das emissões. Pelo menos seria prudente explicitar o procedimento adotado e advertir que toda a massa de carbono emitida está considerada nas emissões de CO<sub>2</sub>. Uma observação adicional é que em um processo do tipo “*Bottom-Up*”, o que se esperaria é que as emissões se baseassem em valores experimentais (no caso medidas em veículos representativos da frota).

Uma modificação deverá ser introduzida no programa *benemis* no futuro para que também possa ser obtida uma emissão coerente com o balanço de carbono (evitando dupla contagem).

O mesmo tipo de avaliação das emissões foi feito para o diesel (Tabela 12). Os resultados foram comparados com os do inventário. Na metodologia “*Top-Down*” foram avaliados o carbono contido (17789 Gg na Tabela 6) e as emissões de carbono (17531 Gg na Tabela 8) e que não são muito diferentes da apurada no processo “*Bottom-Up*” (17955 Gg Tabela 7). Também o valor apurado para *fc* (20,7 tC/TJ) não é muito diferente do recomendado pelo IPCC (20,2 tC/TJ) e a pequena diferença pode ser causada pela importância relativa das emissões menores que correspondem a apenas 2,3% da emissão total.

**Tabela 12: Emissões de Gases e Massas de Carbono Contidas para o Diesel (ano de 1990) e obtenção de fator carbono/energia implícito nos coeficientes de emissão usados**

	Massa Inven- tário	Fator de emissão e	Massa <i>benemis</i>	Teor de Carbono c	Massa de C Inven- tário	Massa de C <i>benemis</i>	Produto e.c
	Gg	Gg/tep	Gg	kg C/ kg	Gg	Gg	
CO <sub>2</sub>	65680	3,070	64296	0,2727	17913	17535	0,837
CO	715	0,034	711	0,4286	306	305	0,015
CH <sub>4</sub>	5	0,000	5	0,3158	2	2	0,000
NMVOG	141	0,007	142	0,8000	113	113	0,005
Carbono					18334	17955	
$\sum e_{i..c_i}$							0,857
$fc = (\sum e_{i..c_i}) / fox$			(tC/tep)	fox = 0,99			0,866
$fc = (\sum e_{i..c_i}) / fox$			(tC/TJ)				20,7

### Análise das emissões para a Lenha

A lenha é outro energético (além da gasolina e álcool) para o qual a participação do monóxido de carbono nas emissões é importante e é um caso cuja análise é interessante.

O valor do carbono contido pelo método “*Top-Down*” (17210 Gg) é inferior ao obtido pelo “*Bottom-Up*” (19341 Gg), como no caso da gasolina. Os coeficientes utilizados, no entanto, são muito menos confiáveis que o da gasolina e, em consequência, a determinação da massa de carbono contida também é menos confiável. O valor obtido para  $fc$  (25,5 tC/TJ) é inferior ao indicado pelo IPCC e usado na aproximação “*Top-Down*” ( $fc=29,9$  tC/TJ). Sua obtenção é mostrada na Tabela 13.



**Tabela 13: Emissões para a lenha (ano de 1990) e obtenção do coeficiente  $f_c$  (massa de carbono / energia) correspondente às emissões**

	Massa Gg	Fator de emissão e Gg/tep	Teor de Carbono c kg C/ kg	Massa de C Gg	Produto e.c
CO <sub>2</sub>	63146	3,015	0,2727	17222	0,822
CO	4283	0,204	0,4286	1836	0,088
CH <sub>4</sub>	88	0,00421	0,3158	28	0,001
NMVOG	272	0,013	0,8000	217	0,010
Carbono				19302	
$\sum e_{i,c_i}$					0,922
$f_c = (\sum e_{i,c_i}) / fox$			(tC/tep)	fox = 0,87	1,059
$f_c = (\sum e_{i,c_i}) / fox$			(tC/TJ)		25,3

Já os valores para o carvão vegetal fornecem (Tabela 14) um coeficiente massa de carbono/ energia compatível com o recomendado pelo IPCC ( $f_c=29,9$  tC/TJ) e apresentam uma diferença nas emissões de carbono de apenas 2,6%.

**Tabela 14: Emissões para o Carvão Vegetal (ano de 1990) e obtenção do coeficiente  $f_c$  (massa de C/ energia) correspondente às emissões**

	Massa <i>benemis</i> Gg	Fator de emissão e Gg/tep	Teor de Carbono c kg C/ kg	Massa de C <i>benemis</i> Gg	Produto e.c
CO <sub>2</sub>	26664	4,122	0,2727	7272	1,124
CO	1117	0,173	0,4286	479	0,074
CH <sub>4</sub>	51	0,00795	0,3158	16	0,003
NMVOG	26	0,004	0,8000	21	0,003
Carbono				7787	
$\sum e_{i,c_i}$					1,204
$f_c = (\sum e_{i,c_i}) / fox$			(tC/tep)	fox = 0,99	1,216
$f_c = (\sum e_{i,c_i}) / fox$			(tC/TJ)		29,1

### Análise das emissões para o Álcool

No caso do álcool o coeficiente massa de carbono / energia na apuração “*Top-Down*” é incoerente com o obtido a partir dos dados do etanol puro. Os valores das emissões foram transferidos para a tabela 15. A massa de carbono apurada nas emissões (4333 Gg) supera a massa avaliada no processo “*Top-Down*” (3652 Gg) que deve estar subestimada em virtude do fator massa C / energia utilizado (14,81 tC/TJ) também estar subestimado.

O valor da massa de carbono é, entretanto, coerente com o valor esperado a partir do conteúdo de carbono do etanol. Com efeito, a massa de álcool (anidro + hidratado) é de 9063 mil t de álcool, que corresponde a cerca de 8900 t de etanol puro. A partir da fórmula química do etanol e das massas atômicas envolvidas, tem-se que 24/46 da massa de etanol é constituída de carbono, Disto resulta uma massa de aproximadamente 4600 mil t desse elemento no álcool consumido em 1990. Esta estimativa é também coerente com o valor da massa de carbono dos gases emitidos, Ou seja, neste caso a aproximação “*Bottom-Up*” parece confiável e o valor encontrado para  $fc$  ( 17,9 tC/TJ) é coerente com o esperado para o etanol.

**Tabela15: Emissões para o Álcool (ano de 1990) e obtenção do coeficiente  $fc$  (massa de C/ energia) correspondente às emissões**

	Massa <i>benemis</i> Gg	Fator de emissão e Gg/tep	Teor de Carbono c kg C/ kg	Massa de C <i>benemis</i> Gg	Produto e.c
CO2	13437	2,295	0,2727	3665	0,626
CO	1316	0,225	0,4286	564	0,096
CH4	2	0,00030	0,3158	1	0,000
NMVOC	130	0,022	0,8000	104	0,018
Carbono				4333	
$\sum e_i \cdot c_i$					0,740
$fc = (\sum e_i \cdot c_i) / fox$			(tC/tep)	$fox = 0,99$	0,748
$fc = (\sum e_i \cdot c_i) / fox$			(tC/TJ)		17,9

## 6. Conclusões

O Balanço de Carbono aqui realizado revelou-se um excelente instrumento de diagnóstico do Inventário das Emissões. Nele os resultados das metodologias “*Top-Down*” e “*Bottom-Up*” são confrontados, possibilitando uma análise crítica dos resultados e a identificação de erros.

Os programas de cálculo desenvolvidos propiciam, além disto, uma estimativa das emissões entre 1970 e 2002, estendendo os resultados do inventário (na área energética) compilados pelo MCT para cinco anos (1990 a 1994).

No aspecto metodológico, os destaques foram:

- Extensão do método “*Top-Down*” aos centros de transformação e consumo em uma aproximação foi chamada de “*Top-Bottom*”;

- Levantamento do Balanço de Carbono e de Energia nos centros de transformação;
- Demonstração da correlação dos coeficientes de emissão e teores de carbono dos gases produzidos com o fator massa de carbono / energia do combustível;
- Identificação e avaliação da dupla contagem nos procedimentos “*Bottom-Up*” onde o volume de carbono de alguns combustíveis pode ser superestimado em até 30%;
- Metodologia de cálculo do teor de carbono e hidrogênio de combustíveis a partir dos poderes caloríficos inferior e superior dos hidrocarbonetos.

No aspecto de instrumentos de cálculo destacam-se:

- Programa capaz de gerar as emissões pelo processo “*Top-Down*” diretamente dos dados de um balanço energético estendido em metodologia equivalente à do IPCC. (*ben\_eeec*);
- Programa que avalia as emissões de carbono a partir dos dados energéticos e de coeficientes de emissão por tipo de uso dos combustíveis que compõem o BEN (*benemis\_eee\_c*);
- Programa que fornece, na estrutura de “contas” e energéticos do BEN, os resultados das emissões de carbono calculadas pelas duas metodologias e as diferenças encontradas na mesma abertura (*benemis\_eee\_c*);
- Comparação entre os resultados das duas metodologias de apuração de emissões usando-se tabelas resumo com codificação de cores (*benemis\_eee\_c*).

No aspecto resultados – que não era o objetivo principal do trabalho - cabe destacar:

- Avaliação pelo processo “*Top-Down*” das emissões no uso e transformação de energia entre 1970 e 2002;
- Extensão da avaliação das emissões, usando-se coeficientes extraídos da metodologia “*Bottom-Up*” para o período 1970 a 2002.

No aspecto diagnóstico cabe assinalar os seguintes pontos:

- Identificação de que os poderes caloríficos inferior e superior apresentam problemas de coerência e deveriam ser revistos<sup>iv</sup>; o caso mais notório no BEN é o do gás natural;
- Os balanços de carbono em alguns centros de transformação revelam diferenças importantes entre as massas de carbono de entrada e de saída que são mais acentuadas na biomassa; o mais notório é o que resulta (segundo o diagnóstico) de coeficiente massa de carbono / energia incorreto para o álcool; também foram detectadas diferenças no balanço energético que podem advir de valores inadequados dos poderes caloríficos;
- Os balanços de carbono mostram saldos importantes para combustíveis onde é maior a emissão de outros gases contendo carbono em relação ao gás carbônico em razão da dupla contagem existente na apuração; a maior diferença refere-se à gasolina, sobretudo em anos onde a emissão de monóxido era mais acentuada;
- Identificação de imprecisões na alocação de energia por combustível de origem, que podem ter influência na contabilidade das emissões (biomassa X combustíveis fósseis).

Recomendações para trabalhos futuros:

- Elaboração de programa (a partir do *ben\_eec*) capaz de gerar gráficos e tabelas para o inventário na metodologia “*Top-Down*”;
- Estudo dos coeficientes de conteúdo de carbono para a biomassa, notadamente na produção de álcool e de carvão vegetal;
- Análise de consistência dos poderes caloríficos inferior e superior do BEN e estudo dos mesmos a partir de dados existentes na Petrobrás e em outras fontes;
- Desenvolvimento do procedimento de avaliação de teor de hidrogênio (e carbono) de um combustível a partir da diferença entre os poderes caloríficos superior e inferior;

---

<sup>iv</sup> A própria conversão dos valores nas recomendações do IPCC de PCI para PCS foi feita a partir de uma hipótese muito simplificada que não leva em conta os teores de carbono de cada tipo de combustível.

- Sugestão de um conjunto coerente de coeficientes de emissão e de teor de carbono a partir da análise dos saldos nos balanços de carbono e energético.

**Lista de Anexos ao Relatório ao MCT, disponíveis na Internet no endereço:  
<http://ecen.com>**

Anexo 1: Carbono Contido, Energia Equivalente e Balanço Energético 49 X 46 -  
Programa ben\_eec - Manual do Usuário

Anexo 2: Tabelas de carbono Contido nos Combustíveis para Anos Selecionados

Anexo 3: Resultados do Balanço de Carbono para Anos Selecionados

Anexo 4: Relatório Meta 1 do Projeto Balanço de Carbono

Texto para Discussão:

### **Alternativa ao Protocolo Adicional a Acordos de Salvaguardas Nucleares com a AIEA**

*Carlos Feu Alvim (\*)  
feu@ecen.com*

#### **Introdução**

O assunto da proliferação nuclear sofreu evoluções importantes nos últimos anos:

- Índia e Paquistão declararam e demonstraram suas capacidades de explodir artefatos nucleares bélicos;
- a Coréia do Norte confessou atividades nucleares para usos bélicos;
- o Iran tem seu programa nuclear, alegadamente para fins pacíficos, contestado;
- o risco de proliferação nuclear e de outras armas de destruição de massa foi usado pelos EUA e Grã Bretanha como pretexto para a invasão do Iraque não obstante os resultados negativos das inspeções da ONU;
- as grandes potências nucleares não só abandonaram praticamente a política de desarmamento anteriormente anunciada mas também retomaram projetos antigos como o “Guerra nas Estrelas” dos EUA;
- finalmente, uma nova doutrina nos EUA prevê a utilização de armamentos nucleares específicos contra países não nuclearmente armados. Esta doutrina e a utilização da força contra o Iraque desconsiderando as conclusões dos inspetores da ONU (da Agência Internacional de energia Atômica – AIEA para os assuntos nucleares) enfraqueceram os melhores argumentos sobre a inutilidade prática de novos países buscarem acesso aos armamentos nucleares.

Neste quadro, não chegou a ser surpresa o completo fracasso da Conferência da ONU de Revisão Tratado de Não Proliferação Nuclear, o TNP, realizada em Maio de 2005.

No que concerne ao Brasil que chegou a ser apontado como preocupação na área de salvaguardas e “bola da vez” na pressão internacional pela adesão ao Protocolo Adicional de fortalecimento das salvaguardas da AIEA a situação também evoluiu:

- Foi resolvida com a AIEA a questão do método de inspeção na Usina de Enripecimento de Rezende sem que fossem revelados

os detalhes técnicos que o Brasil queria proteger (uma câmara permite ver o topo das centrífugas);

- A política de preservação da tecnologia de enriquecimento no Brasil se revelou e tem sido reconhecida como eficaz para a não proliferação não tendo sido registrada fuga de informações ou participação de técnicos brasileiros em projetos não pacíficos no exterior.

A atual crise de preços de petróleo e os problemas de aquecimento global associados ao efeito estufa levaram vários países a voltar a considerar o incremento da participação da energia nuclear em sua matriz energética nas próximas décadas. Países onde a opção nuclear tinha sido mantida aberta, como a China e o Japão, já anunciaram a intenção de intensificar seus programas. No Brasil parece provável a retomada da construção de Angra 3.

Isto vai tornar inevitável voltar a discutir a adesão do Brasil (provavelmente em conjunto com a Argentina) ao modelo de Protocolo Adicional que a AIEA aprovou para fortalecer as salvaguardas nucleares. Esse protocolo já foi assinado praticamente por todos os países onde a energia nuclear tem papel relevante e não parece possível o Brasil adiar indefinidamente sua decisão sobre a adesão (ou não) a esse Protocolo. Como muitas vezes decisões deste tipo (como a adesão do Brasil ao TNP) são tomadas abruptamente é bom ter amadurecidas idéias sobre o assunto e, se for o caso, dispor de alternativas viáveis.

Em aditamento a nossas considerações anteriores sobre o Protocolo Adicional aos acordos de salvaguardas com a Agência Internacional de Energia Nuclear – AIEA, cujos inconvenientes também realçamos<sup>v</sup>, apresentamos esquematicamente nesta nota uma proposição de um sistema alternativo que, na nossa visão, fortalece as salvaguardas existentes sem os inconvenientes do Protocolo ora proposto aos países.

### **Os problemas com o Protocolo Adicional**

O sistema do Protocolo Adicional apresenta, a nosso ver, uma série de inconvenientes para o país signatário tornando suas atividades nucleares mais vulneráveis do ponto de vista tecnológico. Essa vulnerabilidade é reforçada em países onde a atividade nuclear é governamental e não está protegida pelos direitos privados garantidos pela legislação do país e cujo respeito o Protocolo assegura. Também apresenta riscos para a Comunidade Internacional na medida que o inevitável aumento do número de pessoas que conhecem detalhes das instalações e das tecnologias envolvidas aumenta o risco de proliferação a nível mundial e, da disseminação de informações sobre as instalações, que podem incrementar a probabilidade de atentados terroristas contra instalações nucleares.

---

<sup>v</sup> São as Novas Salvaguardas Nucleares Seguras? e&e No 38, [http://ecen.com/eee38/ecen\\_38.htm/](http://ecen.com/eee38/ecen_38.htm/)

Não se pode desconhecer, entretanto, que o sistema vigente antes das medidas de fortalecimento de salvaguardas tinha falhas ao desconsiderar algumas possibilidades de atividades não declaradas que poderiam propiciar, num país signatário de um acordo de salvaguardas, a existência de materiais não declarados provenientes de atividades não controladas. Essas falhas foram parcialmente sanadas com medidas adicionais dentro do marco legal existente (sem o Protocolo Adicional); restam lacunas que esse protocolo busca preencher no que se referem a materiais e instalações não declaradas. O sistema alternativo aqui proposto se baseia em que a proliferação passa inevitavelmente por material nuclear altamente específico e sua detecção prematura é a melhor maneira de prevenir a proliferação e identificar a existência de um eventual programa clandestino.

O sistema proposto continuaria centrado em materiais nucleares, evitaria inspeções ou visitas intrusivas e potencialmente proliferantes como às fábricas de centrífugas e ofereceria, como contrapartida, um compromisso de não utilização de materiais considerados de uso direto como o urânio altamente enriquecido e o plutônio com pureza isotópica. Também ofereceria um sistema de verificação, usando amostras ambientais, capaz de disparar acessos progressivos a instalações onde exista suspeita de atividades que contrariariam os compromissos assumidos.

### **Esquema proposto**

A alternativa ao sistema atual que estamos propondo partiria da seguinte base:

- Reconhecimento de que existe a necessidade de verificação da existência em um país de material nuclear não declarado e de instalações não declaradas para seu manuseio e uso;
- O novo sistema fortalecido de salvaguardas alternativo continuaria, a exemplo das salvaguardas anteriores ao Protocolo, centrado no material nuclear e utilizaria a facilidade de sua detecção ambiental ainda que ao nível de traços;
- A aplicação das salvaguardas seria estendida ao ciclo nuclear completo a exemplo do que é feito no Protocolo Adicional;
- Os países signatários do novo sistema assumiriam o compromisso adicional de não utilização e produção de material nuclear que tenham características para uso direto em armas nucleares ou com características próximas ao deste tipo de material;
- Concretamente o país assumiria o compromisso adicional de não produzir nem manusear urânio altamente enriquecido; seria fixado um limite prático, de 30 ou 25% que facilitasse sua aplicação e evitasse falsos alarmes. Na área de reprocessamento haveria um compromisso de só tratar



combustíveis com um nível de queima que torne o material inadequado ao uso em artefatos bélicos. (uma razão mínima Pu 240/Pu 239 seria estabelecida). O eventual uso do U233 resultante da irradiação do Tório seria feito com elementos combustíveis onde a mistura com urânio natural, prévia ao reprocessamento, assegurasse a presença de U238 com o U233 formado. Os novos compromissos serviriam de base para as verificações ambientais.

- A duração desse compromisso poderia ser indefinida ou com previsão de aviso com antecedência mínima a ser fixada (por exemplo, 2 anos). Neste caso, como o abandono desse compromisso adicional, inviabilizaria a aplicação do novo sistema, seria prevista no novo sistema a aceitação automática dos procedimentos do atual Protocolo Adicional a partir da data do anúncio da rescisão do compromisso relativo aos materiais de uso direto.

- Qualquer área de circulação pública poderia ser objeto de amostragem ambiental por parte da(s) agência(s) fiscalizadora(s) visando detectar a presença dos materiais proscritos. Também estariam liberadas para amostragem qualquer área de circulação nos “sites” onde existam instalações declaradas.

- A eventual detecção de material proscrito motivaria amostragem pormenorizada – com adequados mecanismos de contraprova por autoridades independentes – nas áreas de circulação da instalação em questão. Uma nova comprovação da existência de material fora das especificações admitidas exigiria o esclarecimento do país, usando os meios adequados, sobre o material e as atividades em questão.

- No caso do Brasil e Argentina, o acordo compromisso seria estabelecido por aditivo ao Acordo Bilateral Brasil-Argentina e seu cumprimento seria verificado pela ABACC. Neste aditivo estaria prevista a possível verificação do novo compromisso pela AIEA dentro de Aditivo ao Acordo Quadripartito (a exemplo do acordo original a verificação bilateral seria iniciada independentemente da Agência Internacional).

- Uma alternativa ao compromisso bilateral seria o de um acordo aberto a adesões de outros países renunciando a materiais cuja composição isotópica (definida pelo acordo) possa facilitar o acesso a material de uso direto em artefatos nucleares.

- As informações fornecidas à(s) agência(s) fiscalizadora(s) levariam em conta a não disseminação de informações que incrementem o risco à integridade das instalações e à disseminação de tecnologias sensíveis.

### **Vantagens antevistas e possíveis desvantagens da solução proposta.**

#### Vantagens:

A vantagem da proposta é que sua adoção tiraria os países que ainda não aceitaram o Protocolo Adicional da atual posição defensiva e os colocaria na ofensiva contra a proliferação. A recusa à atual versão do Protocolo Adicional estaria baseada justamente em não favorecer a proliferação. Como moeda de troca, os países que aderissem ao novo sistema estariam oferecendo algo substancial já que o compromisso tornaria possível criar uma zona livre de materiais nucleares em níveis que favorecessem a proliferação em moldes ainda não existentes mesmo nos países signatários do Protocolo.

#### Desvantagens:

É possível que a proposta não desmonte inteiramente as pressões existentes para a assinatura, na forma atual, do Protocolo. A outra desvantagem é que a renúncia implica em desistir de algumas possíveis aplicações nucleares. A mais evidente é de reatores para satélites; ela também tornaria inviável alguns reatores especiais de pesquisa como os de alto fluxo. No entanto, tendo por base as aplicações pacíficas normalmente consideradas para o médio prazo nos países eventualmente signatários, não parece existir grande prejuízo para atividades futuras e mesmo o reator naval - inclusive para submarinos - estaria preservado. Com efeito, embora os países nuclearmente armados utilizem enriquecimentos superiores em submarinos, os idealizadores do programa brasileiro afirmam que enriquecimentos inferiores a 20% já propiciariam ao veículo uma autonomia aceitável para os fins defensivos a que se destina.

*(\*) O autor foi, alternadamente, Secretário Adjunto e Secretário da Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares – ABACC desde sua fundação até 2002.*

## **A Revista**

### ***Economia e Energia – e&e – Economy and Energy***

*e&e* é uma revista bimestral e bilíngüe editada desde 1997 na Internet e, a partir do 2003, em formato impresso. Seu objetivo é divulgar trabalhos e promover debates sobre temas relacionados ao seu título. Para sua manutenção, a revista tem contado com o suporte de seus membros e com o apoio institucional de entidades públicas ou privadas. Quando existente, este apoio é indicado por chamadas institucionais na publicação. Seu editor chefe é Carlos Feu Alvim [feu@ecen.com ].

## **A Organização Social Economia e Energia e&e –**

Economia e Energia é uma sociedade sem fins lucrativos que foi constituída para dar sustentação à revista do mesmo nome e para promover estudos sobre os temas relacionados à economia e energia. Em 04 de Novembro de 2005 foi reconhecida como OSCIP - Organização da Sociedade Civil de Interesse Público. A entidade realiza estudos para entidades governamentais ou privadas. No caso de órgãos públicos está habilitada a firmar termos de parceria. As doações de entidades privadas podem receber incentivos fiscais. A Diretora-Superintendente da organização é Frida Eidelman [frida@ecen.com ].

**Apoio:**

**Ministério do  
Desenvolvimento, Indústria e  
Comércio Exterior**

**Ministério da  
Ciência e Tecnologia**

