



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

Nº

60

Fevereiro - Março
2007

<http://ecen.com>

Apoio:

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

**Ministério da
Ciência e Tecnologia**



Projeto em Execução pela OSCIP *e&e*:

**Carta de Acordo entre e&e OSCIP, MCT e PNUD para
Avaliação das Emissões Associadas ao Efeito Estufa**

Texto para Discussão:

**Análise de Problemas Específicos Relacionados com as
Emissões Geradoras do Efeito Estufa**

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

IMPRESSO
ENVELOPAMENTO AUTORIZADO
PODE SER ABERTO PELA ECT

Patrocínio:



Remetente:

Revista Economia e Energia

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

Economia e Energia

Revista

Apoio:



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

Eletronuclear.
Gerando energia limpa e segura. Gerando qualidade de vida.

agencia3

ELETRONUCLEAR
ELETROBRÁS TERMONUCLEAR S.A.

Eletróbás
Prestando Serviços de Energia C

Ministério de
Minas e Energia

PROSL
UM PAÍS DE TODOS
GOVERNO FEDERAL

Apoio:



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

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

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



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

Nº 60: Fevereiro – Março de 2007

ISSN 1518-2932

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

Projeto em Execução pela OSCIP e&e:

Carta de Acordo entre e&e – OSCIP, MCT e PNUD para Avaliação das Emissões Associadas ao Efeito Estufa

pág. 03

Para subsidiar a preparação do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa para o Setor de Energia a OSCIP e&e, o MCT e o PNUD firmaram Carta de Acordo que visa a elaboração de Estudos de Referência para o Setor de Energia (Abordagem de Referência *Top-Down* - TD, Abordagem Setorial *Bottom-Up* – BU) e articulação com os demais estudos na área energética. O projeto conta com recursos do GEF.

Analogamente ao que tem sido feito com outros estudos, os resultados parciais serão publicados nesta Revista. Esta é uma maneira de prestar contas à Sociedade dos recursos repassados à Organização e&e. A publicação dos resultados funciona ainda como controle público da qualidade do trabalho.

Texto para Discussão:

Análise de Problemas Específicos Relacionados com as Emissões Geradoras do Efeito Estufa

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

pág. 15

A metodologia do Balanço de Carbono desenvolvida pela e&e para testar a consistência de cálculo de emissões relativas ao uso e transformação de energia permitiu identificar uma série de problemas que o estudo atual busca resolver. Alguns problemas de distinção entre energia renovável e não renovável no Balanço Energético Nacional, que serve de base ao cálculo das emissões, foram equacionados. A análise dos Centros de Transformação permitiu introduzir importantes correções no cálculo das emissões que contribuem ao Efeito Estufa.

Projeto em Execução pela OSCIP e&e:

Sumário

Carta de Acordo entre e&e – OSCIP, MCT e PNUD, com recursos do GEF, para Avaliação das Emissões Associadas ao Efeito Estufa Relativas à Transformação e Uso de Energia

1. Introdução	03
2. Detalhamento do Estudo Previsto na Carta de Acordo	03
2.1. Objeto	03
2.2. Objetivos Específicos:	04
2.2.1 Objetivo Específico nº 01.	04
2.2.2 Objetivo Específico nº 02	04
2.2.3 Objetivo Específico nº 03	04
2.2.4 Objetivo Específico nº 04	04
2.3 - Metodologia	04
2.3.1 Abordagem de Referência <i>Top Down</i> (TD) e <i>Top Down</i> Estendida (TDE)	05
2.3.2 Abordagem Setorial <i>Bottom-Up</i> (BU)	05
2.3.3 Articulação com Estudos Específicos	06
2.3.4 Emissões por Unidade da Federação	07
2.4. Detalhamento das Atividades	07
2.4.1 Atividades Objetivo 1: Abordagem de Referência e de Referência estendida (TD e TDE)	07
2.4.2 Atividades Objetivo 2 - Abordagem Setorial <i>Bottom-Up</i> (BU)	09
2.4.3 Atividades Objetivo 3 - Articulação e Consolidação de Estudos Específicos	10
2.4.4 Atividades Objetivo 4 - Avaliação Emissões Estaduais	11
2.5. Descrição dos produtos a serem desenvolvidos	12
2.5.1 Notas Técnicas	12
2.5.2 Relatórios	12
2.5.3 Planilhas de Obtenção dos Resultados	13
2.5.4 Especificação dos Produtos	13

1. Introdução

Para elaboração da Declaração Brasileira para a Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - o Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD assinaram um acordo que resultou no Projeto BRA/05/G31 do qual o MCT é a Agência Executora. O projeto conta com recursos do GEF (*Global Environment Facility*).

A Organização da Sociedade Civil de Interesse Público Economia e Energia **e&e** - OSCIP, o MCT e o PNUD assinaram Carta de Acordo Nº 4700003495/2006 para elaborar estudos destinados a subsidiar a preparação do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas de Gases do Efeito Estufa para o Setor de Energia (Abordagem de Referência *Top-Down* – TD, Abordagem Setorial *Bottom-Up* – BU) e articulação com os demais estudos na área energética. Uma série de estudos complementares a serem conduzidos por outras entidades e pela própria **e&e** – OSCIP complementarão com dados relativos à realidade do País (características de combustíveis, equipamentos e processos) no que se refere aos coeficientes de emissão dos diversos gases formadores do efeito estufa.

Neste trabalho descrevem-se a metodologia e os produtos referentes aos estudos previstos na Carta de Acordo no qual a **e&e** – OSCIP atua como parceira de execução técnica, bem como a metodologia de articulação com os demais estudos na área energética e os produtos a serem gerados pelos demais estudos.

2. Detalhamento dos Estudos Previstos na Carta de Acordo

2.1. Objeto

Elaboração de Estudos de Referência para subsidiar a preparação do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa para o Setor de Energia (Abordagem de Referência *Top-Down* - TD, Abordagem Setorial *Bottom-Up* – BU) e articulação com os demais estudos na área energética.

2.2. Objetivos Específicos:

2.2.1 Objetivo Específico nº 01.

Levantamento das Emissões de CO₂ para o Setor de Energia no Brasil pela Abordagem de Referência (*Top-Down*) para o período de 1990 a 2000, com a atualização e revisão dos anos 1990 a 1994.

2.2.2 Objetivo Específico nº 02

Levantamento das Emissões de Gases de Efeito Estufa para o Setor de Energia pela Abordagem Setorial (*Bottom-Up*) para o período de 1990 a 2000, com a atualização e revisão dos anos 1990 a 1994.

2.2.3 Objetivo Específico nº 03

Articulação com os estudos setoriais previstos no projeto BRA/05/G31/1G/A/01 na área de energia com objetivo de aperfeiçoamento da Abordagem *Bottom-Up* e coleta de elementos que contribuam para o aprimoramento da Segunda Comunicação Nacional à Convenção sobre Mudança do Clima.

2.2.4 Objetivo Específico nº 04

Elaboração de balanços estaduais energéticos para dois anos e apuração das emissões estaduais pela Abordagem de Referência Estendida (vide item 2.3.1. a seguir) e pela Abordagem Setorial estabelecida pelo IPCC usando fatores de emissão estimados a nível nacional (anos 1990 e 2000).

2.3 - Metodologia

A metodologia a ser utilizada é a descrita nas Diretrizes Revisadas de 1996 do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC) [Ref.1] e elaborada no Guia de Boas Práticas para Inventário de Gases de Efeito Estufa do IPCC [Ref 2]. Como teste de consistência será usado o balanço de carbono desenvolvido anteriormente pela **e&e**.

Serão também estimadas as emissões nas Unidades da Federação usando a Abordagem de Referência Estendida e a Abordagem Setorial utilizando fatores de emissão aplicados aos dados dos Balanços Energéticos Estaduais, apurados para dois anos a partir de dados originais do Balanço Energético Nacional –

BEN. Os principais aspectos dessas metodologias estão detalhados a seguir.

Os resultados serão apresentados sob a forma de relatórios subsidiados por Notas Técnicas - NT - específicas de cada fase do estudo, geradas no âmbito do projeto ou por contratação de consultorias externas e, quando necessário, estarão anexadas aos relatórios que constituem os produtos intermediário e final.

2.3.1. Abordagem de Referência *Top Down* (TD) e *Top Down* Estendida (TDE)

A Abordagem de *Top Down* Estendida (TDE) consiste em aplicar ao conjunto do balanço energético a aproximação usada na Abordagem de Referência (TD) estabelecida pelo IPCC. A abordagem TD limita-se à oferta interna bruta, servindo para apurar a massa de carbono que entra e sai do sistema energético no país. Uma correção simplificada do carbono não oxidado e do carbono retido em aplicações não energéticas fornece uma primeira aproximação da massa de carbono emitida para a atmosfera na forma de dióxido de carbono (CO₂). A abordagem TDE estende este tratamento às etapas de produção, transformação, distribuição e uso, permitindo estimar as emissões setoriais de CO₂ por tipo de combustível. Esses resultados podem ser comparados, através do balanço de carbono, com os da Abordagem Setorial do IPCC.

Nessas abordagens, serão utilizados os dados do Balanço Energético Nacional (BEN) de 1990 a 2000. Os parâmetros e fatores de emissão usados no inventário anterior (1990 a 1994) para a abordagem TD serão revistos e complementados por resultados de medições externas. Os fatores de emissão da abordagem *Top-Down* estendida servirão de base para apuração das emissões estaduais de CO₂.

2.3.2. Abordagem Setorial *Bottom-Up* (BU)

No enfoque *Bottom-Up* parte-se dos dados de transformação e consumo do Balanço Energético Nacional e do Balanço de Energia Útil e de estudos específicos de setores de uso e transformação da energia para avaliar as emissões dos diferentes gases de efeito estufa. O Balanço de Energia Útil fornece o quadro da destinação de cada energia (em energia final) por tipo de uso para os diversos setores bem como as respectivas eficiências. Das destinações disponíveis são relevantes para as emissões as de calor de processo, aquecimento direto e motriz, que indicam a

tecnologia empregada (caldeira ou aquecedor, forno ou secadores e motor ou turbina respectivamente). Uma aplicação residual de combustíveis que contém carbono para iluminação (onde a eletricidade não está disponível) também é considerada. A identificação do uso e as características dos setores permitem inferir os equipamentos utilizados possibilitando assim usar coeficientes de emissão recomendados pelo IPCC.

Na abordagem recomendada para a presente etapa (IPCC Tier 2) procura-se estabelecer coeficientes adequados ao Brasil. Deve-se lembrar que as peculiaridades de cada país, no que se refere às emissões, estão ligadas à diferença dos combustíveis utilizados e/ou às características dos equipamentos de uso e transformação. Estudos setoriais podem identificar melhor os equipamentos usados e os coeficientes de emissão nas condições brasileiras.

Na Abordagem Setorial (*Bottom-Up*), serão considerados os dados do balanço de energia consolidado e os valores apurados para o inventário nacional de emissões (da Comunicação Inicial Brasileira), bem como valores levantados na realização do presente trabalho. Para complementar os dados das emissões na área energética, os estudos setoriais previstos no projeto BRA/05/G31/1G/A/01 nas áreas de uso da energia, bem como outros que venham a ser realizados no âmbito dos trabalhos direcionados a subsidiar a elaboração do inventário, deverão concentrar-se na obtenção das seguintes informações: diferenças nos combustíveis utilizados e características dos equipamentos e tecnologias usados no Brasil. Na falta de estudos específicos, serão utilizados os coeficientes recomendados pelo IPCC ou por outros estudos anteriores.

Na sistematização a ser adotada neste trabalho, os dados consolidados de emissão serão usados para deduzir coeficientes de emissão por combustível e por setor, os quais serão usados nas emissões estaduais.

2.3.3 - Articulação com Estudos Específicos

A interação do presente estudo com os demais previstos na área energética, no quadro da elaboração do Segundo Inventário, é necessária para que os resultados possam ser aproveitados na apuração das emissões. Para que isto seja possível, serão revistos os termos de referência dos estudos já propostos no âmbito do trabalho, sugerindo questões a serem respondidas e especificando a forma de apresentação dos resultados para que eles possam ser

usados diretamente na avaliação das emissões. Serão ainda apresentadas sugestões e termos de referência para estudos adicionais.

2.3.4 Emissões por Unidade da Federação (UF)

Na apuração das emissões nacionais de gases de efeito estufa pela abordagem *Bottom-Up* serão obtidos coeficientes de emissão de cada gás por unidade de energia e tipo de combustível para os diversos setores da economia. Esses coeficientes nacionais serão usados para se obter uma primeira aproximação das emissões por UF. Os dados estaduais serão elaborados a partir da base de dados do Balanço Energético Nacional – BEN.

2.4. Detalhamento das Atividades

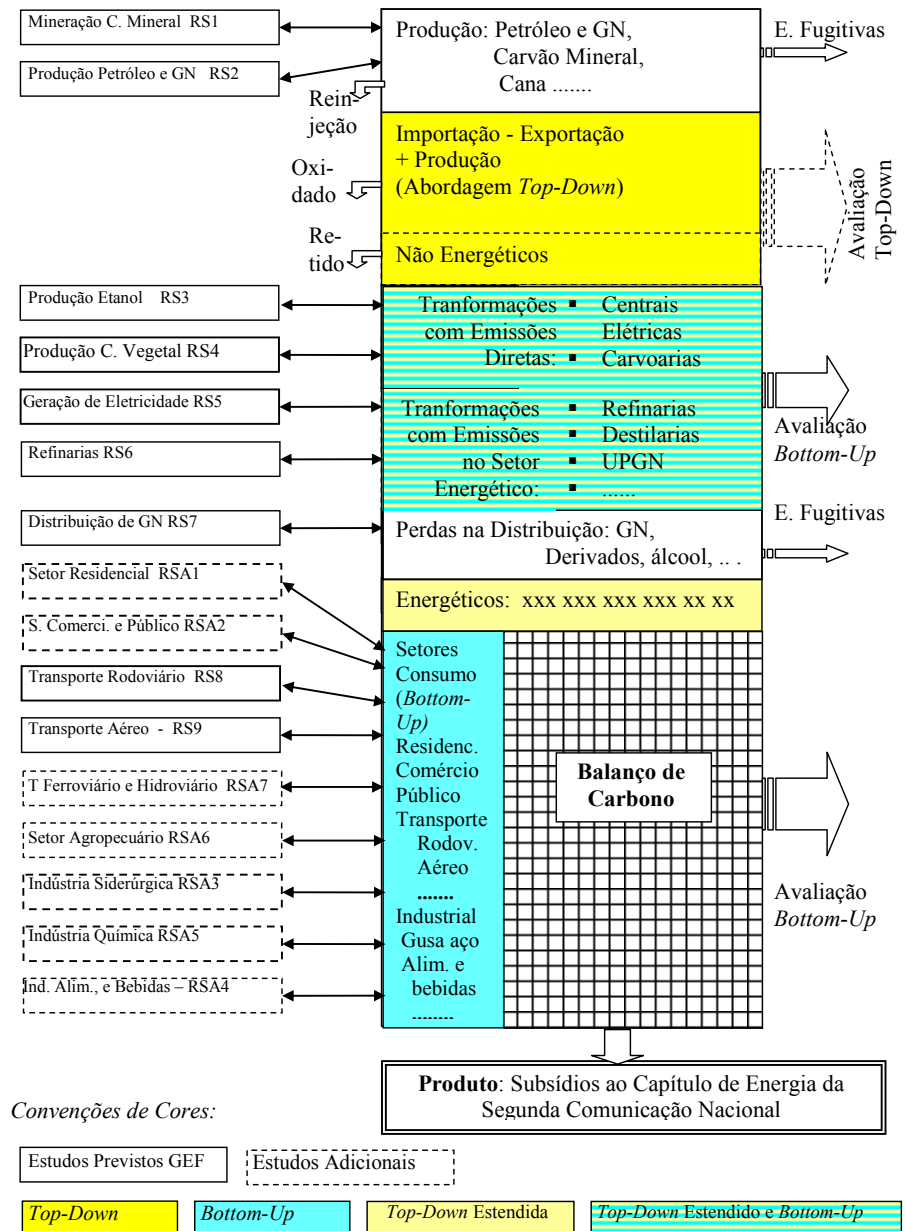
As atividades abaixo relacionadas estão previstas por objetivo específico, estando os produtos correspondentes mencionados entre parênteses.

O Quadro 1 mostra o esquema de elaboração do Trabalho, estando indicados ainda estudos complementares a serem realizados pela *e&e* e outras instituições. Alguns destes estudos estavam previstos no Projeto BRA/05/G31/1G/A/01 (caixas de texto fechadas). Outros estudos são sugeridos para complementá-lo (caixas de texto pontilhadas).

2.4.1. Atividades Objetivo 1: Abordagem de Referência e de Referência estendida (TD e TDE)

- Revisar os estudos anteriores para a Comunicação Nacional Inicial (inventário e estudos específicos sobre conteúdo de carbono);
- Escolher os coeficientes: comparação dos coeficientes usados no inventário com os do IPCC, localizando necessidades de revisão; levantamento de estudos anteriores de conteúdo de carbono em energéticos visando seu uso na fase atual; compilação dos dados de base do Balanço Energético Nacional. Nestes estudos não estão previstas medidas experimentais, mas serão consultados alguns órgãos de pesquisa setoriais;

Quadro 1: Apuração de Emissões no Setor Energético para o Inventário da Segunda Comunicação Nacional



- Estimar as Emissões de Carbono pelo processo TDE; fazer o levantamento das emissões pelo processo TDE no nível nacional (baseadas na metodologia do Balanço de Carbono), incorporando revisões necessárias com o objetivo de apurar resultados preliminares para conteúdo de carbono por esse processo nas etapas de produção, transformação e uso da energia e apurar emissões de carbono; (Relatório 2);
- Organizar um seminário para divulgação e discussão da metodologia TDE e dos resultados do Balanço de Carbono;
- Obter os coeficientes adequados às características dos combustíveis em uso no Brasil por ano, a partir de levantamento de características de energéticos produzidos, importados e exportados;
- Estimar as emissões de gases de efeito estufa na área energética pela Abordagem TD usando dados do BEN e coeficientes revistos, apresentando relatório de referência para o Inventário Nacional pela Abordagem de Referência - Tier 2 (Relatório 3);
- Revisar os coeficientes de transformação (produtos secundários formados e emissões de carbono no processo) para energéticos no País usando estudos específicos;
- Apurar as emissões de carbono e CO₂ a partir dos dados energéticos e coeficientes adotados pela metodologia TDE com os coeficientes revistos (de transformação e emissão) no nível nacional (Relatório 4);
- Elaborar as tabelas de coeficientes de emissões para serem usados nas unidades da federação, para cada ano, na apuração das emissões estaduais a partir de dados de balanços energéticos estaduais.

2.4.2 Atividades Objetivo 2 - Abordagem Setorial *Bottom-Up* (BU)

- Realizar a revisão de estudos setoriais para o Inventário Inicial. Levantamento de estudos anteriores de conteúdo de carbono por energético, bem como a revisão crítica e avaliação desses estudos - alguns deles não utilizados na elaboração do Inventário - visando seu uso na fase atual; comparação dos coeficientes usados no Inventário com os

- coeficientes *default* do IPCC e a identificação de onde foram utilizados coeficientes específicos;
 - Realizar a apuração preliminar das emissões pelo processo BU por coeficientes setoriais, por meio do uso de *software* desenvolvido para **e&e** (usando coeficientes do inventário inicial revistos), cujos resultados preliminares de emissões dos gases formadores do efeito estufa (CO₂, CO, NO_x, N₂O, CH₄ e NMVOCs) servirão de base para elaboração de termos de referência para estudos setoriais. (Relatório 1).
- (Observação: Os relatórios estão numerados na ordem cronológica prevista de apresentação)
- Usar o Balanço de Energia Útil para discriminar usos por energético e por setor e identificar os equipamentos utilizados em cada setor e tipo de uso, procurando os coeficientes de emissão adequados (gases não CO₂) a partir de valores recomendados pelo IPCC e apurando as emissões pelo processo *Bottom-Up*;
 - Consolidar os dados de estudos setoriais disponíveis para emissões dos gases de efeito estufa, verificando a repercussão sobre os coeficientes de emissões (por energético, por setor e por uso) e revendo seus valores, quando for o caso;
 - Elaborar a estimativa de emissões *Bottom-Up* por setor, coeficientes setoriais e por energético para comparar com os resultados do TDE com coeficientes revistos, resolvendo as incoerências eventualmente detectadas por meio do Balanço de Carbono (Relatório 5);
 - Realizar consolidação dos coeficientes BU (por energético e por setor) que serão usados para as emissões das unidades da federação.

2.4.3 Atividades Objetivo 3 - Articulação e Consolidação de Estudos Específicos

- Avaliar os termos de referência de estudos setoriais previstos no projeto BRA/05/G31 e propor modificações no sentido de adequá-los ao uso no inventário, se necessário;

Na área de transformação:

- Produção de Etanol;

- Produção de Carvão Vegetal;
- Geração de Eletricidade em Centrais Termoelétricas;
- Refinarias;
- Na área de utilização:
 - Transporte Rodoviário;
 - Transporte Aéreo;
- Outras áreas
 - A serem sugeridas pela avaliação dos resultados da apuração preliminar das emissões pelo processo BU, onde espera-se que sejam detectados os setores mais relevantes para apuração do inventário e onde as peculiaridades do País exigirem estudos complementares.
 - Os estudos setoriais adicionais seriam indicados pelo MCT, sendo considerados em uma lista preliminar os setores: Residencial, Comercial e Público; Industrial (com destaque para as áreas de Siderurgia, Alimentos e Bebidas, Indústria Química); Agropecuário; Transporte Hidroviário e Ferroviário.
 - Consolidar os resultados de estudos setoriais para determinar coeficientes de emissão.

2.4.4 Atividades Objetivo 4 - Avaliação Emissões Estaduais

- Compilar balanços energéticos estaduais para dois (2) anos - 1990 e 2000 -, nos prazos de 60 e 90 dias respectivamente, sendo elaboradas para cada ano 28 matrizes (49 energéticos x 47 contas), uma para cada UF e outra para o Brasil, em unidades originais e em tep (tonelada equivalente de petróleo), com uso de dados do Balanço Energético Nacional e de Balanços Energéticos Estaduais disponíveis (NT1 EE1, NT2 EE);
- Desenvolver metodologia para emissões estaduais visando apurar emissões a partir dos balanços estaduais e dos coeficientes nacionais para as metodologias TDE e BU;

- Obter emissões de gases de efeito estufa para UFs (Relatório 6), por meio do uso dos coeficientes TDE e BU (nacionais).

2.5. Descrição dos produtos a serem desenvolvidos

2.5.1. Notas Técnicas

- NTEE1 – Compilação de balanços energéticos estaduais para o ano de 1990 constituído de 28 matrizes - 49 (energéticos) x 47 (contas) - em unidades originais e tep (Objetivo 4);
- NTEE2 - Compilação de balanços energéticos estaduais para o ano de 2000 constituído de 28 matrizes - 49 (energéticos) x 47 (contas) - em unidades originais e tep (Objetivo 5);
- NTES1 – Elaboração ou proposta de revisão de Termos de Referência para Estudos Setoriais [

2.5.2. Relatórios

- Relatório 1 - Revisão de emissões *Bottom-Up* com resultados preliminares para o período 1990-2000;
- Relatório 2 - Resultados Preliminares para emissões *Top-Down* Estendido;
- Relatório 3 – Relatório de referência para subsidiar a preparação do Inventário Nacional de emissões de gases de efeito estufa de 1990 a 2000 pela abordagem *Top-Down* - Tier 2;
- Relatório 4 - Resultados Relatório *Top Down* Estendido Revisto no nível nacional;
- Relatório 5 - Relatório de referência para subsidiar a preparação do Inventário Nacional de emissões de gases de efeito estufa de 1990 a 2000 pela abordagem *Bottom-Up* ;
- Relatório 6 – Emissões de gases de efeito estufa por UF para os anos de 1990 e 2000 pelo método dos coeficientes;
- Relatório Final – Consolidação dos resultados para subsidiar a preparação do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa para o Setor de Energia.

2.5.3. Planilhas de Obtenção dos Resultados

Planilhas 1: Planilhas de obtenção das emissões de gases de efeito estufa na área energética pela abordagem *Top-Down*;

Planilhas 2: Planilhas de obtenção das emissões de gases de efeito estufa na área energética pela abordagem *Bottom-Up*;

2.5.4. Especificação dos Produtos

Produto Final:

Relatórios de referência para subsidiar a preparação do inventário das emissões causadoras do efeito estufa na área energética usando as metodologias: (i) *Top-Down* (TD) e (ii) *Bottom-Up* (BU).

Características dos Relatórios e Notas Técnicas:

Os relatórios parciais apresentarão os resultados de maneira transparente e deverão conter em Anexo todos os dados básicos utilizados e suas fontes individuais de maneira que possam servir para uso direto na elaboração do inventário. Os relatórios serão impressos e também apresentados em formato eletrônico passível de edição. A metodologia deve estar detalhada e conter todos os critérios adotados, permitindo a reprodução dos resultados. O documento deverá conter índice, introdução e conclusão. Todos os gráficos, tabelas e figuras devem ter título, legenda e constar de um índice específico. Devem constar do documento as referências bibliográficas completas que porventura tenham sido citadas ao longo do documento e toda a equipe participante (participação direta ou indireta).

Características das Planilhas:

As planilhas devem apresentar os resultados explicitando os dados de entrada, os coeficientes utilizados e todos os passos intermediários para se chegar aos resultados.

Texto para Discussão:

Análise de Problemas Específicos Relacionados a Emissões Geradoras do Efeito Estufa detectados pelo Balanço de Carbono e na Comparação com Outros Estudos de Emissões.

Sumário

1 – Introdução	15
2 – Antecedentes	15
3 – Correções na Apuração das Emissões das Fontes Renováveis e Não Renováveis	16
4 – Tratamento dos Centros de Transformação	20
4.1 Balanço de Carbono em Refinarias de Petróleo	21
4.2 Balanço de Carbono em Plantas de Gás Natural	23
4.3 Balanço de Carbono em Coquearias	27
4.4 Balanço de Carbono em Usinas de Gaseificação	30
4.5 Balanço de Carbono em Destilarias de Alcool	32
4.6 Balanço de Carbono em Carvoarias	36
5 – Conclusão	39

1 – Introdução

Este trabalho faz parte do levantamento de dados para a revisão do Balanço de Carbono, objeto do Termo de Parceria 13.0020.00/2005) firmado entre a Organização Social Economia e Energia – **e&e** – OSCIP e o Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT.

Esta artigo está especificamente relacionado com a Meta 3 que tem como atividade prevista a análise de problemas relativos às emissões geradoras do efeito estufa detectados pelo balanço de carbono e em outros estudos conduzidos pela CGMCT. Também está relacionado à Meta 5 uma vez que foi usada uma versão mais completa do *Software* em desenvolvimento.

Esta artigo aborda os seguintes problemas específicos:

- a – Problemas de alocação de combustíveis renováveis e não renováveis no item “Outras Recuperações”;
- b – Problemas detectados no balanço de carbono dos Centros de Transformação.

Com base nessas correções são apuradas as emissões de C e CO₂, no uso e transformação da energia no Brasil, usando o programa **bal_eec**. Este programa consolida a apuração do balanço de carbono e o cálculo das emissões anteriormente realizados nos programas **ben_eec** e **benemis_e**¹.

2 - Antecedentes

A metodologia utilizada consiste em contabilizar os combustíveis primários e secundários que entram no sistema econômico de um país no atendimento de necessidades geradas pelas atividades humanas (mesmo que não comerciais) e a massa de carbono que sai do sistema. Uma vez introduzido na economia nacional, em um determinado ano, o carbono contido em um combustível fóssil é emitido para a atmosfera ou é retido de alguma maneira, como por exemplo, através do aumento do estoque de combustível, de sua transformação em produtos não energéticos ou de sua retenção parcial não oxidada nos resíduos da combustão.

¹ Programas utilizados pela e&e em trabalhos anteriores e desenvolvidos pela Ecen Consultoria Ltda.

O Relatório 1 apresentou a revisão das bases técnicas do projeto e do cronograma (em virtude de atraso na liberação dos recursos) e as seguintes Notas Técnicas:

1 - Nota Técnica Nº 1: Avaliação das Emissões pelo Uso do Processo “*Top-Down* Estendido” para os Anos de 1970 a 2004 (Meta 1). Publicado no Nº 58 desta Revista.

2 - Nota Técnica Nº 2: Teor de Carbono para Combustíveis da Biomassa (Meta 3). Publicado no Nº 57 desta Revista.

3 - Nota Técnica Nº 3: Programa **ben_EEC** – Manual do Usuário (Meta 5).

Na apuração do Balanço de Carbono, realizada no âmbito do Convênio No 01.0065.00-2003 entre a **e&e** e o MCT, foram detectadas diferenças entre as abordagens *Top-Down* Estendida e *Bottom-Up* cujo esclarecimento é um dos objetivos deste trabalho. Também foram verificadas discrepâncias entre a apuração realizada no Balanço de Carbono e a do Inventário Inicial do MCT. Algumas delas correspondem a diferenças na alocação de emissões renováveis ou não renováveis no item Outras Recuperações.

O item Outras Recuperações representou, em 2005, 5,2% da quantidade envolvida nas transformações de energia primária em secundária e 0,8% do consumo final em termos de massa de carbono. Ou seja, embora importantes do ponto de vista metodológico², não se espera que as correções introduzidas apresentem, na situação atual, um impacto importante na avaliação das emissões.

Os desvios encontrados nos centros de transformação são mais significativos em termos de emissões (14% da massa de carbono emitida em 2005) e também são importantes para os testes de coerência do balanço de carbono onde se espera estabelecer o valor da massa de carbono que é processada em um centro de transformação ou em setores onde o consumo (nos termos do BEN) é direto.

² A aplicação de um coeficiente genérico no item não permite que se distinga a parcela renovável da não renovável. Por outro lado, adotando-se este procedimento seriam atribuídas emissões a produtos como o enxofre e a geração eólica que sabidamente não contribuem diretamente para a emissão de carbono na atmosfera.

3 – Correções na Apuração das Emissões das Fontes Renováveis e Não Renováveis

Um dos problemas encontrados em cálculos anteriores e na comparação de resultados do Projeto Balanço de Carbono com os de outros trabalhos decorre da distinção entre fontes renováveis e não-renováveis de energia. O carbono emitido por fontes (combustíveis) renováveis não é incorporado ao inventário de carbono atmosférico por ser inteiramente reciclado pela fotossíntese, desde que a produção esteja em regime permanente. Entretanto, quando se utiliza o balanço de carbono como instrumento de controle da adequação dos coeficientes de emissão, todo o carbono envolvido no uso ou na transformação da energia deve ser computado, o que exige o desdobramento dos dados do Balanço Energético Nacional nas duas categorias (renováveis e não-renováveis).

Os coeficientes de emissão utilizados também são diferentes: no caso de Outras Recuperações utilizou-se o fator 20,0 tC/TJ para as não renováveis (como do petróleo) e no caso das fontes renováveis usou-se o valor de resíduos vegetais, ou seja 29,9 tC/TJ.

Na maioria dos energéticos não existe dúvida sobre sua origem (renovável ou não), nem nas fontes primárias nem nas secundárias. Isto não é verdade no item mencionado³, que na maioria dos casos é considerado como uma parcela das renováveis, inclusive em estudos feitos pela própria e&e. (ref. Relatório Final Balanço de Carbono de Dezembro de 2005). No caso de transformação também se pode identificar o tipo de energético pelos produtos gerados ou pelo tipo de transformação (e.g.: refinarias lidam com não renováveis).

Conforme informações da área responsável pelo Balanço Energético no MME, deve-se considerar que uma parcela deste item é renovável e outra não renovável. Utilizou-se então a planilha em *tep* para “contas” e energéticos dos dados do BEN tendo sido analisadas as várias contas que participam dessa fonte energética para distinguir as renováveis. Esses valores e as duas aberturas

³ Também existe um problema com a contabilidade do metanol, que no BEN/MME aparece incorporado ao etanol. Neste caso, não foi possível, no decorrer do presente trabalho, encontrar a fonte adequada de dados para tratar o metanol em separado.

para as fontes energéticas foram colocados no programa *bal_eec*. No lançamento destes valores na planilha energética foi usada a coluna Outras Não Renováveis que consta da estrutura da matriz estendida do Balanço (BEN 49X46), mas cujo conteúdo é nulo para todos os anos. As renováveis foram mantidas na coluna original.

A equipe responsável pelo Balanço Energético está trabalhando para fornecer números definitivos da participação de renováveis e não renováveis neste item para os diversos anos. A aproximação feita neste trabalho (baseada na distribuição dos anos existentes) fornece apenas uma estimativa preliminar.

Foram adotados os seguintes critérios para a divisão do item Outras Recuperações em renováveis e não renováveis:

- Refinarias e UPGN (não renováveis);
- Centrais Elétricas de Serviço Público: a fonte é renovável (energia eólica) e não há emissão direta (coeficiente de emissão zero);
- Centrais Elétricas Autoprodutoras: classificação entre renováveis e não renováveis de acordo com Tabela 3.1, e para os anos anteriores e posteriores, foram considerados valores médios. Note-se a presença de geração a partir do enxofre onde não há emissão de carbono (suprimido do cálculo de emissões). O enxofre, entretanto, foi conservado no balanço de energia, na parte não renovável, para que os cálculos do balanço de energia fiquem coerentes com os dados do BEN;
- Setor Industrial: Indústria de Cimento (considerada metade renovável e metade não renovável), Indústria Química (considerada não renovável), Indústria de Papel e Celulose (considerada renovável) e Indústria Cerâmica (considerada renovável);
- Os Gases de Alto Forno e Gases de Aciaria são não renováveis.

Tabela 3.1: Distribuição dos Combustíveis nas Centrais Elétricas Autoprodutoras Incluídas no item “Outras Renováveis” do BEN

CENTRAIS ELÉTRICAS AUTOPRODUTORAS

CONSUMO DE ENERGIA NA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

OUTRAS RENOVÁVEIS mil tep	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
RESÍDUOS FLORESTAIS	45	77	46	34	35	50	59	77
GÁS ALTO FORNO (+) GÁS ACIARIA	378	398	292	293	284	370	371	364
FUSÃO DE ENXOFRE								73
TOTAL	423	475	338	327	319	420	430	513

OUTRAS RENOVÁVEIS (continuação) mil tep	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
RESÍDUOS FLORESTAIS	80	119	126	110	120	213	80
GÁS ALTO FORNO (+) GÁS ACIARIA	685	763	803	817	787	826	685
FUSÃO DE ENXOFRE	74	87	83	91	106	102	74
TOTAL	839	969	1012	1018	1013	1141	839

Fonte: MME/BEN

Na Tabela 3.2 mostra-se a repartição dos energéticos dos “Outras Recuperações” em renováveis e não renováveis.

Tabela 3.2: Distribuição do Item Outras Recuperações entre Renováveis e Não Renováveis para o ano 2000

Conta	OUTRAS NÃO RENOVÁVEIS	OUTRAS RECUPER. RENOVÁVEIS	Observações
REFINARIAS DE PETRÓLEO	-689,77	0,00	100% não renovável
PLANTAS DE GÁS NATURAL	605,80	0,00	100% não renovável
CENTRAIS. ELET. SERV. PÚBLICO	0,00	0,00	Energia eólica
CENTRAIS ELET. AUTOPRODUTORAS	-759,00	-80,00	Resíduos Vegetais (-80), Enxofre (-74), Gás de Alto Forno + Aciaria (-685)
OUTRAS TRANSFORMAÇÕES	84,00	0,00	100% não renovável
CIMENTO	54,48	54,48	50% renovável 50% não renovável
QUÍMICA	154,00	0,00	100% não renovável
PAPEL E CELULOSE	0,00	405,86	100% renovável
CERÂMICA	0,00	39,99	100% renovável

4 – Tratamento dos Centros de Transformação

Na avaliação anterior feita para o MCT foram encontradas diferenças significativas no balanço de carbono e, em alguns casos de energia nos Centros de Transformação. O BEN trabalha com os seguintes tipos de centros de transformação:

- Refinarias de Petróleo*
- Plantas de Gás Natural*
- Usinas de Gaseificação*
- Coquearias*
- Destilarias*
- Carvoarias
- Centrais Elétricas de Serviço Público
- Centrais Elétricas Autoprodutoras
- Ciclo do Combustível Nuclear
- Outras Transformações

Os centros de transformação podem ser divididos em dois grupos de acordo com o tratamento que recebem no BEN. Nos assinalados com (*) o consumo energético não é computado no centro de transformação, mas como consumo de energia no chamado “setor energético”. Assim a energia usada no refino é contabilizada no setor energético como consumo de derivados (gás de refinaria, óleo combustível, etc.). No caso das destilarias o consumo da energia proveniente do bagaço também é contabilizado no setor energético.

O cálculo das emissões para o inventário adotou procedimento análogo. Por essa razão, somente constam nele as emissões associadas às centrais elétricas e às carvoarias. No caso do balanço de carbono ele deve “fechar” em todos os casos quando se incluem os gases emitidos. Este trabalho busca justamente testar a consistência entre a quantidade de carbono que constitui a “entrada” com a massa de carbono de “saída” constituída pelos gases emitidos que contêm carbono, pelo carbono retido ou não oxidado e, como acontece no caso da transformação, pelos produtos (ou rejeitos) gerados.

Serão apresentados a seguir os resultados obtidos para os Balanços de Energia (somente gráficos) e de Carbono (gráficos e tabelas) para os seguintes Centros de Transformação: Refinarias

de Petróleo, Plantas de Gás Natural, Usinas de Gaseificação, Coquearias, Destilarias e Carvoarias. As correções que foram julgadas pertinentes neste estudo foram implementadas e serão consideradas nos resultados. Com exceção das carvoarias, espera-se que o balanço de carbono e de energia (entrada X saída) “feche” em cada tipo de centro.

O cálculo é baseado nos valores (Saída – Entrada), que na estrutura do BEN adotada pelo programa corresponde ao item Total na linha de cada Centro de Transformação. Assim, monta-se a tabela ad-hoc para a conta referente ao Centro de Transformação em pauta. Roda-se o programa para todos os anos (1970 a 2005) tanto em energia (tep) como em Massa de Carbono (Gg de C). Com os valores das diferenças percentuais (Total/Entrada), é feito o Gráfico do Balanço de Energia e do Balanço de Carbono.

4.1 Balanço de Carbono em Refinarias de Petróleo

No caso das Refinarias de Petróleo, as tabelas ad-hoc são montadas para a conta Refinaria de Petróleo, com as colunas Energia Primária (Petróleo mais Outras Não Renováveis) - que corresponde à Entrada - e Total (Entrada-Saída). Os valores da massa de carbono em Gg (mil toneladas) podem ser visto nas Tabelas 4.1.

Com os valores das diferenças percentuais (Total/Entrada) é feito o Gráfico do Balanço de Energia e de Carbono em Refinarias de Petróleo (Figura 4.1) que é mostrado com o valor correspondente para energia.

TABELA 4.1: Valores de Carbono Contido em Gg de Carbono para Refinarias de Petróleo

ANO	Refinarias de Petróleo	Massa de Carbono em Gg	
	ENERGIA PRIMARIA	TOTAL	DIFERENÇA PERCENTUAL
1970	-21376	-559	-2,62%
1971	-22675	-196	-0,87%
1972	-27049	-339	-1,25%
1973	-32300	-449	-1,39%
1974	-34550	-409	-1,19%
1975	-37527	-398	-1,06%
1976	-39777	-355	-0,89%
1977	-40861	-426	-1,04%
1978	-45555	-432	-0,95%
1979	-47407	-97	-0,21%
1980	-46335	-459	-0,99%
1981	-44971	109	0,24%
1982	-44593	165	0,37%
1983	-43422	-201	-0,46%
1984	-46275	-399	-0,86%
1985	-46664	-131	-0,28%
1986	-49715	-50	-0,10%
1987	-50896	-36	-0,07%
1988	-51158	-682	-1,33%
1989	-51439	-410	-0,80%
1990	-50820	-35	-0,07%
1991	-49280	-523	-1,06%
1992	-51317	-779	-1,52%
1993	-51840	-1017	-1,96%
1994	-54784	-737	-1,35%
1995	-53475	-403	-0,75%
1996	-57288	-546	-0,95%
1997	-61576	-218	-0,35%
1998	-66297	-678	-1,02%
1999	-68535	-711	-1,04%
2000	-69345	-369	-0,53%
2001	-71783	-498	-0,69%
2002	-70318	-760	-1,08%
2003	-70258	-139	-0,20%
2004	-74095	-15	-0,02%
2005	-74278	-37	-0,05%

Balancos de Energia e de Carbono em Refinarias de Petróleo

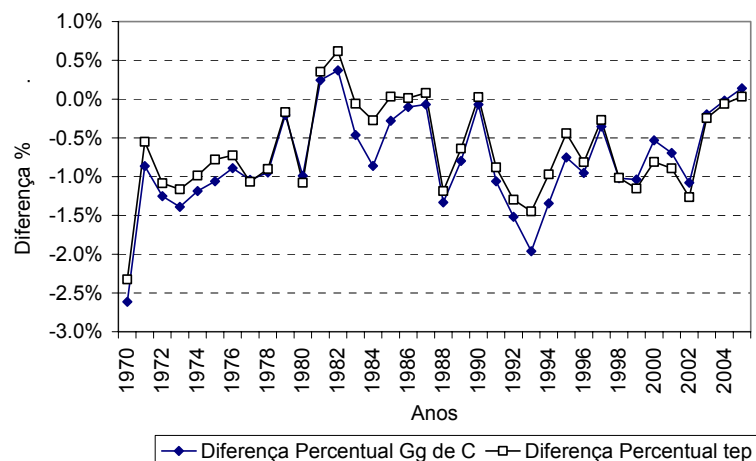


Figura 4.1: Balancos de Energia e de Carbono em Refinarias de Petróleo

Os Balancos de Energia e de Carbono mostram um comportamento semelhante ao longo dos anos e um baixo desvio de massa. Isto é sinal de uma escolha apropriada para os coeficientes de emissão e da pouca influência da alteração das características dos combustíveis no balanço de carbono nas refinarias de petróleo com o passar dos anos. O fato do balanço de carbono ser negativo é compatível com as perdas na transformação, que não são registradas no BEN.

4.2 Balanço de Carbono em Plantas de Gás Natural

Para os centros de transformação Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN) extrai-se líquidos do gás natural úmido, que se condensam à temperatura ambiente, restando o gás natural seco constituído principalmente de metano e etano. As frações líquidas podem ser incorporadas diretamente a alguns produtos (GLP, Nafta etc.) ou serem tratadas nas plantas de Gás Natural. Este parece ser o destino preferencial nos anos recentes, talvez porque facilite a maior homogeneidade dos produtos comercializados e simplifique a operação das UPGN.

Na Tabelas 4.2 podem ser vistos os valores dos resultados da tabela ad-hoc montada para a conta Plantas de Gás Natural e as

colunas Gás Úmido (Entrada) e Total (Saída – Entrada) para os valores de massa de carbono.

TABELA 4.2: Valores de Carbono Contido em Gg de Carbono para Plantas de Gás Natural

ANO	Planta de Gás Natural		
	GAS UMIDO	MASSA DE CARBONO EM GG	DIFERENÇA PERCENTUAL
1970	-380	-2	-0,48%
1971	-612	-10	-1,68%
1972	-676	-16	-2,38%
1973	-663	-18	-2,74%
1974	-790	-21	-2,64%
1975	-835	-14	-1,72%
1976	-869	-20	-2,32%
1977	-1002	-32	-3,22%
1978	-999	-29	-2,95%
1979	-892	-16	-1,77%
1980	-894	-14	-1,59%
1981	-1067	-15	-1,40%
1982	-1195	-17	-1,40%
1983	-1392	-11	-0,78%
1984	-1812	-25	-1,40%
1985	-2108	-80	-3,78%
1986	-2436	-9	-0,37%
1987	-2895	5	0,18%
1988	-2721	-59	-2,15%
1989	-2784	-102	-3,65%
1990	-2825	-75	-2,64%
1991	-3148	-120	-3,81%
1992	-3419	-19	-0,57%
1993	-3211	-59	-1,85%
1994	-3352	-24	-0,72%
1995	-3372	-9	-0,25%
1996	-3541	-50	-1,42%
1997	-3722	-4	-0,09%
1998	-4028	-16	-0,39%
1999	-4430	-51	-1,15%
2000	-5587	-288	-5,15%
2001	-5879	-247	-4,20%
2002	-6738	-201	-2,98%
2003	-7407	-49	-0,66%
2004	-7732	-130	-1,68%
2005	-9209	-281	-3,05%

Com os valores das diferenças percentuais para massa de carbono (em Gg) e energia (em tep) fez-se o Gráfico do Balanço de Energia e de Carbono em Plantas de Gás Natural (Figura 4.2).

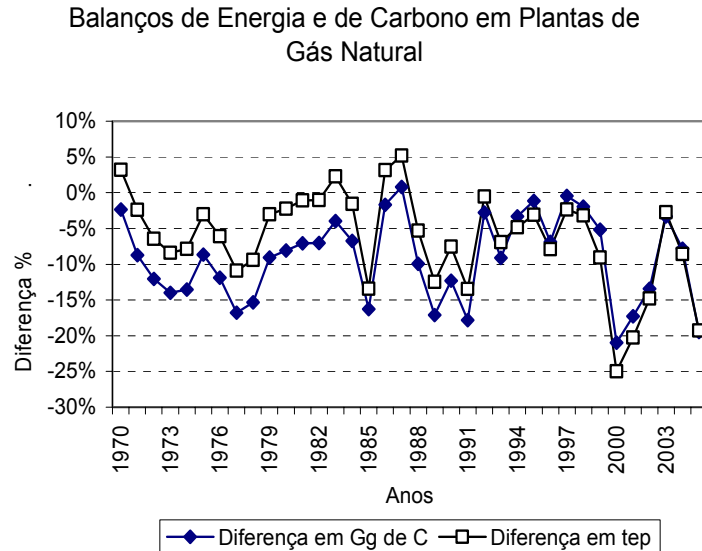


FIGURA 4.2: Balanços de Energia e de Carbono em Plantas de Gás Natural

Na Figura 4.2 nota-se que a partir de 1995 não há praticamente diferença entre os valores das curvas de balanço de energia e de carbono, não obstante ter sido utilizado o mesmo fator de emissão de carbono em todos os anos. Nos anos anteriores a 1995, as curvas seguem exatamente a mesma tendência, porém com um componente sistemático de variação. Isto pode ser explicado pelo uso de coeficientes de emissão de carbono não adequados, caso as origens do gás natural tenham sido diferentes nesse período.

A diferente composição dos produtos líquidos obtidos fornece o indicativo de que o gás úmido tratado nas UPGN variou de composição, como é mostrado na Figura 4.3. O maior percentual de líquidos obtidos nos primeiros anos aponta para um gás natural mais “úmido” (contendo maior fração de líquidos) ou uma menor extração dos líquidos nos últimos anos. Neste caso, o coeficiente

de conversão de unidades naturais (m^3) para tep deveria ser diferente para cada ano. Também seriam diferentes os coeficientes para a apuração da massa de carbono (tC/tep).⁴

Vê-se ainda na Figura 4.2 que há uma tendência aos valores tanto de energia como de carbono contido de serem negativos e não espalhados ao redor do zero. Valores sistematicamente negativos podem indicar a presença de perdas; já valores sistematicamente positivos certamente envolvem erros nos coeficientes de massa e/ou energia utilizados.

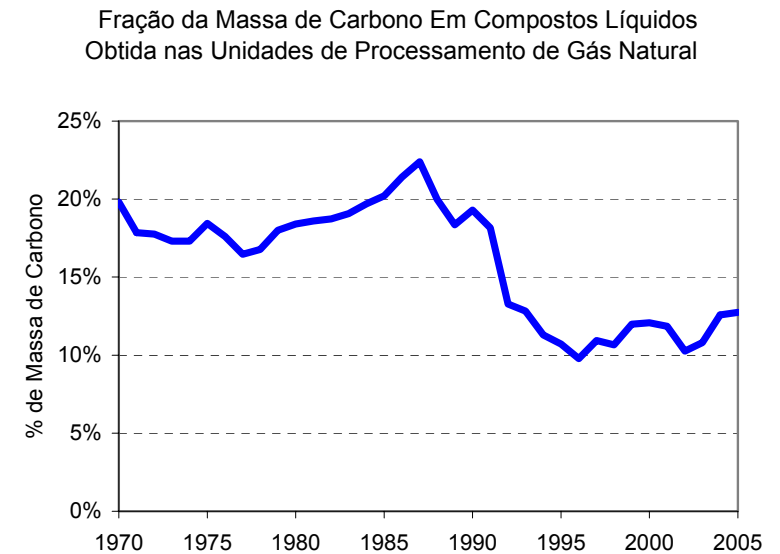


Figura 4.3: O percentual de massa de carbono obtido do gás natural úmido variou substancialmente a partir de 1988, o que justifica o desvio do balanço de carbono relativo ao balanço energético observado na figura anterior.

Se for computado o Balanço de Carbono conforme mostrado na Fase 1 (Ref. 2) de dez em dez anos até 2005, obtém-se os dados da Tabela 4.3. Nesta tabela pode-se observar que na

⁴ Neste trabalho não foram alterados os valores de base do BEN por se entender que toda modificação deve ser feita pelos encarregados do Balanço. Para os derivados de petróleo e para o próprio petróleo o BEN indica diferentes valores anuais do conteúdo energético; o mesmo poderia ser feito no caso do gás natural úmido.

maioria dos anos o Balanço de Carbono não apresenta desvios acima do esperado e nos casos em que isso ocorre a variação poderia ser originada na variação do conteúdo de carbono no gás úmido que não é refletida nos coeficientes utilizados (considerados constantes).

TABELA 4.3: Balanço de Carbono em anos selecionados (massa em Gg) para Plantas de Gás Natural

	1970	1980	1990	2000	2005
ENTRADA (GAS NAT. UMIDO)	-380	-894	-2825	-5587	-9209
SAIDAS	378	879	2750	5299	8812
GAS NAT. SECO	304	718	2219	4213	7188
OUTRAS RECUP.NÃO RENOV.	0	0	0	507	576
GASOLINA	28	60	134	184	161
GLP	46	101	394	269	786
NAFTA	0	0	3,2	126	101
BALANÇO	-2	-14	-75	-287	-393
BALANÇO(%)	0,65%	1,72%	2,63%	5,16%	4,31%

4.3 Balanço de Carbono em Coquerias

Nas Coquerias, o carvão metalúrgico é convertido em coque de carvão mineral (usado na fabricação de aço) em um processo de destilação sem a presença de oxigênio. Como subprodutos são gerados gases, que são utilizados como combustível nas siderúrgicas, inclusive na própria coqueificação, e líquidos.

Os gases constam no balanço como gás de coqueria e os líquidos como alcatrão. Foram feitos cálculos com dois fatores de emissão diferentes para o gás de coqueria e quanto ao alcatrão, como não se tem valores sugeridos pelo IPCC, adotou-se, inicialmente, o valor utilizado no Inventário Inicial, ou seja 25,8 tC/TJ.

O balanço de carbono está mostrado na Tabelas 4.4 e é comparado, na Figura 4.4, com o balanço em energia. No caso das Coquerias a entrada é o Carvão Metalúrgico (Nacional e Importado) e a saída constitui-se do coque de carvão mineral, gás de coqueria e alcatrão.

TABELA 4.4: Valores de Carbono Contido em Gg de Carbono para Coquerias

ANO	Coquerias				TOTAL	DIFERENÇA PER-CENTUAL
	CARVÃO METALÚRGICO	COQUE CARVÃO MIN.	GAS DE COQUERIA	OUTROS SEC. E ALCATRÃO		
1970	-1714	1375	390	65	114	6,67%
1971	-1777	1430	388	70	111	6,26%
1972	-1808	1439	396	74	101	5,61%
1973	-1943	1548	435	79	119	6,14%
1974	-1948	1535	418	76	80	4,13%
1975	-2399	1915	517	94	128	5,33%
1976	-3071	2450	668	109	156	5,08%
1977	-3644	2919	768	122	165	4,52%
1978	-3678	3045	799	145	311	8,45%
1979	-4215	3447	886	158	277	6,57%
1980	-4383	3632	921	192	362	8,26%
1981	-3950	3464	841	175	530	13,43%
1982	-4114	3424	910	194	413	10,05%
1983	-4885	4015	1078	236	445	9,11%
1984	-6555	5414	1422	297	578	8,82%
1985	-7419	6145	1586	293	606	8,17%
1986	-7588	6234	1619	314	579	7,63%
1987	-7908	6488	1838	303	721	9,12%
1988	-8329	6910	1976	321	879	10,55%
1989	-8273	6848	1991	315	880	10,64%
1990	-8143	6502	1688	291	338	4,15%
1991	-8361	6886	1801	330	656	7,85%
1992	-8628	6949	1823	317	461	5,34%
1993	-8939	7241	1900	329	531	5,94%
1994	-8692	7039	1864	317	528	6,08%
1995	-8763	7095	1881	299	513	5,85%
1996	-8754	7117	1910	286	560	6,39%
1997	-8427	6946	1834	310	662	7,86%
1998	-8169	6737	1800	293	661	8,10%
1999	-7492	6209	1667	270	655	8,74%
2000	-7875	6543	1764	270	702	8,91%
2001	-7658	6490	1735	255	822	10,73%
2002	-7431	6329	1687	247	832	11,20%
2003	-7369	6139	1736	251	757	10,28%
2004	-7920	6662	1842	259	844	10,65%
2005	-7746	6621	1812	238	926	10,65%

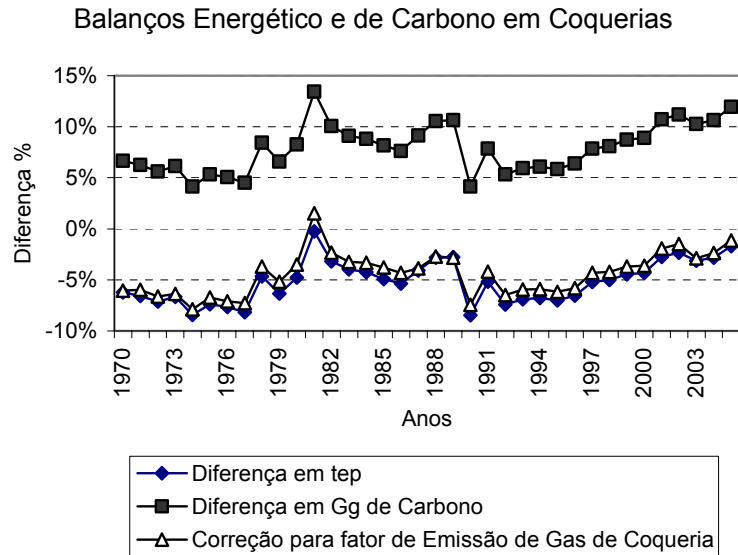


FIGURA 4.4: Balanços de Energia e de Carbono em Coquerias mostrando os valores obtidos com os coeficientes 29,5 e 13,0 tC/TJ (correção) para o gás de coqueria; os valores corrigidos do balanço de carbono praticamente coincidem com os do energético.

Verifica-se um comportamento similar entre o Balanço de Carbono e o Balanço de Energia, mas as duas curvas estão muito afastadas, mostrando um erro sistemático proveniente do uso de um fator de emissão não adequado para a determinação da emissão de carbono. Como não havia um fator calculado pela *e&e* para gás de coqueria, utilizou-se inicialmente o valor adotado no inventário (29,5 tC/TJ).

O IPCC sugere para o gás de coqueria (no caso de cálculos setoriais, o que é o caso aqui) o valor 13,0 tC/TJ. Este baixo valor (em relação aos demais energéticos) se justifica pelo hidrogênio presente neste tipo de gás. Os cálculos foram então refeitos com esse valor e a curva corrigida é apresentada no gráfico da Figura 4.4.

Nota-se na Figura 4.4 que as curvas seguem o mesmo comportamento, havendo ainda um erro sistemático (embora bem menor que o anterior) que deve ser, em sua maior parte, atribuído, ao balanço energético, já que o comportamento das duas curvas é praticamente o mesmo.

4.4 Balanço de Carbono em Usinas de Gaseificação

O gás canalizado para distribuição na rede existente em 1970, praticamente restrito às cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, era produzido nas usinas de gaseificação. Entre 1970 e 2002 as matérias primas utilizadas em sua fabricação passaram da predominância de carvão mineral (metalúrgico em sua maior parte) para a nafta (derivado de petróleo) e finalmente para o gás natural seco. A disponibilidade de gás natural para a distribuição fez com que fosse trocada a antiga rede e os equipamentos dos consumidores de tal forma que, nos últimos anos, restasse apenas uma produção residual nestas usinas que foram desativadas a partir de 2003.

Na Tabelas 4.5 estão os dados obtidos com o programa *bal_eec* e na Figura 4.5 os balanços de Energia e de Carbono para as Usinas de Gaseificação.

Balanços de Energia e de Carbono em Usinas de Gaseificação

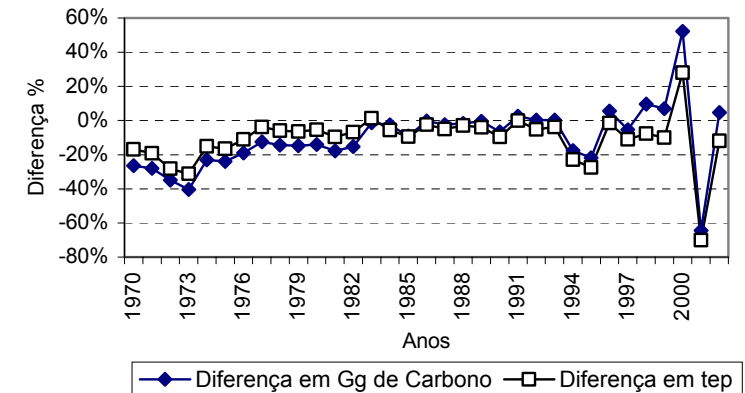


FIGURA 4.5: Balanços de Energia e de Carbono em Usinas de Gaseificação

TABELA 4.5: Valores de Carbono Contido em Gg de Carbono para Usinas de Gaseificação

ANO	Usinas de Gaseificação		Massa de Carbono em Gg		DIFERENÇA PERCENTUAL
	GAS NATURAL SECO	CARVÃO METALURGICO	NAFTA	TOTAL	
1970	0	-184	-65	-66	-26,41%
1971	0	-158	-84	-68	-27,95%
1972	0	-106	-132	-83	-34,90%
1973	0	-43	-163	-84	-40,40%
1974	0	-3	-182	-43	-23,05%
1975	0	0	-205	-49	-23,98%
1976	0	0	-203	-39	-19,03%
1977	0	0	-200	-25	-12,54%
1978	0	0	-217	-31	-14,45%
1979	0	0	-226	-34	-14,81%
1980	0	0	-226	-32	-13,99%
1981	0	0	-249	-44	-17,78%
1982	0	0	-254	-39	-15,25%
1983	-54	0	-176	-3	-1,29%
1984	-103	0	-136	-6	-2,63%
1985	-96	0	-157	-23	-9,09%
1986	-103	0	-150	-1	-0,21%
1987	-111	0	-155	-7	-2,45%
1988	-99	0	-168	-4	-1,64%
1989	-118	0	-142	-1	-0,53%
1990	-109	0	-137	-16	-6,62%
1991	-91	0	-128	6	2,53%
1992	-107	0	-96	0	0,18%
1993	-90	0	-100	1	0,33%
1994	-87	0	-67	-27	-17,61%
1995	-86	0	-57	-31	-21,82%
1996	-57	0	-43	6	5,49%
1997	-54	0	-43	-5	-5,32%
1998	-87	0	0	8	9,69%
1999	-75	0	0	5	6,98%
2000	-47	0	0	25	52,27%
2001	-84	0	0	-54	-64,39%
2002	-23	0	0	1	4,65%
2003	0	0	0	0	
2004	0	0	0	0	
2005	0	0	0	0	

A partir do uso do Gás Natural Seco junto com a Nafta, as duas curvas praticamente coincidem de 1983 a 1994, mas posteriormente e até 2002 surgem grandes variações, mesmo tendo havido ajustes nos coeficientes de emissão do gás natural seco. Essas variações ocorreram nas duas curvas chegando a 70%, o que mostra haver algum problema com os dados energéticos ou com sua interpretação. A pouca importância relativa dessas unidades no consumo energético e nas emissões não justificam um maior esforço no esclarecimento das diferenças encontradas.

4.5 – Balanço de Carbono em Destilarias de Álcool

O coeficiente de emissão de carbono anteriormente usado para o álcool era 14,8 tC/TJ. De acordo com cálculos realizados pela **e&e** e que fizeram parte do Relatório 1 como Nota Técnica 2 publicada no N° 57 desta Revista, passou-se a utilizar como coeficiente o valor 18,8 tC/TJ, tanto para o Álcool Anidro como para o Álcool Hidratado.

Como entrada nas Destilarias tem-se o Caldo de Cana e o Melaço e como saída o Álcool Anidro e o Álcool Hidratado. Os resultados obtidos com o programa **bal_eec** para o balanço de carbono contido estão na Tabelas 4.6.

Nas análises de Balanço de Carbono em uma destilaria a álcool os rejeitos são os gases de combustão representados pelo CO₂, o gás de fermentação (CO₂) e o glicerol considerado como um representante dos compostos de carbono rejeitados como vinhoto. Portanto, foi introduzida uma correção utilizando-se os dados sobre conteúdo de carbono em biomassa da Nota Técnica 2 do Relatório 1 (ver e&e N° 57). Os resultados dessa correção são apresentados na Tabela 4.7.

TABELA 4.6: Valores de Carbono Contido em Gg para Destilarias

ANO	Destilarias Massa de Carbono em Gg					
	CALDO DE CANA	MELACO	ALCOOL ANIDRO	ALCOOL HIDRATADO	TOTAL	DIFERENÇA PERCENTUAL
1970	-68	-235	98	157	-49	-16,02%
1971	-68	-235	166	92	-45	-14,98%
1972	-75	-257	168	114	-50	-15,17%
1973	-71	-246	134	133	-49	-15,52%
1974	-67	-232	90	160	-48	-16,12%
1975	-63	-218	92	144	-45	-15,98%
1976	-70	-242	114	148	-49	-15,78%
1977	-254	-434	457	120	-111	-16,16%
1978	-764	-391	777	160	-227	-19,65%
1979	-1118	-365	978	211	-311	-20,99%
1980	-1498	-410	914	602	-422	-22,10%
1981	-1682	-503	566	1147	-511	-23,37%
1982	-2283	-675	1482	839	-672	-22,70%
1983	-3446	-780	1074	2164	-1022	-24,18%
1984	-4143	-627	900	2831	-1093	-22,92%
1985	-5166	-695	1321	3376	-1230	-20,99%
1986	-4504	-553	891	3153	-1053	-20,82%
1987	-5504	-719	905	4085	-1241	-19,95%
1988	-5039	-675	708	3945	-1068	-18,68%
1989	-4972	-637	628	4137	-909	-16,20%
1990	-5009	-675	357	4279	-1099	-19,33%
1991	-5657	-684	859	4339	-1200	-18,93%
1992	-4988	-758	935	3826	-1035	-18,01%
1993	-4721	-707	1061	3557	-854	-15,73%
1994	-4970	-884	1176	3896	-829	-14,16%
1995	-4795	-988	1262	3907	-652	-11,28%
1996	-5303	-1161	1862	3891	-751	-11,62%
1997	-5939	-1155	2383	3939	-772	-10,88%
1998	-5117	-1295	2388	3384	-569	-8,87%
1999	-4464	-1409	2594	2730	-548	-9,34%
2000	-3728	-1109	2371	2028	-438	-9,06%
2001	-3785	-1394	2723	1999	-457	-8,82%
2002	-4016	-1594	2958	2225	-427	-7,61%
2003	-4651	-1736	3711	2263	-413	-6,47%
2004	-4661	-1775	3302	2724	-409	-6,35%
2005	-5109	-1939	3449	3143	-456	-6,47%

TABELA 4.7: Valores de Carbono em Gg para Destilarias corrigidos para vinho e CO₂ de Fermentação

ANO	Correções para Gás de Fermentação e Vinhoto Massa de Carbono em Gg						
	CALDO DE CANA	MELACO	ALCOOL ANIDRO	ALCOOL HIDRATADO	TOTAL	TOTAL COR-RIGIDO	DIFERENÇA CORRIGIDA
1970	-68	-235	98	157	-49	-31	-10,06%
1971	-68	-235	166	92	-45	-27	-8,95%
1972	-75	-257	168	114	-50	-30	-9,15%
1973	-71	-246	134	133	-49	-30	-9,52%
1974	-67	-232	90	160	-48	-30	-10,16%
1975	-63	-218	92	144	-45	-28	-10,02%
1976	-70	-242	114	148	-49	-31	-9,80%
1977	-254	-434	457	120	-111	-70	-10,21%
1978	-764	-391	777	160	-227	-161	-13,90%
1979	-1118	-365	978	211	-311	-227	-15,30%
1980	-1498	-410	914	602	-422	-314	-16,47%
1981	-1682	-503	566	1147	-511	-389	-17,80%
1982	-2283	-675	1482	839	-672	-507	-17,14%
1983	-3446	-780	1074	2164	-1022	-792	-18,75%
1984	-4143	-627	900	2831	-1093	-829	-17,37%
1985	-5166	-695	1321	3376	-1230	-897	-15,30%
1986	-4504	-553	891	3153	-1053	-766	-15,14%
1987	-5504	-719	905	4085	-1241	-887	-14,26%
1988	-5039	-675	708	3945	-1068	-737	-12,90%
1989	-4972	-637	628	4137	-909	-570	-10,17%
1990	-5009	-675	357	4279	-1099	-770	-13,54%
1991	-5657	-684	859	4339	-1200	-831	-13,11%
1992	-4988	-758	935	3826	-1035	-697	-12,13%
1993	-4721	-707	1061	3557	-854	-526	-9,69%
1994	-4970	-884	1176	3896	-829	-469	-8,02%
1995	-4795	-988	1262	3907	-652	-285	-4,94%
1996	-5303	-1161	1862	3891	-751	-343	-5,31%
1997	-5939	-1155	2383	3939	-772	-323	-4,55%
1998	-5117	-1295	2388	3384	-688	-278	-4,34%
1999	-4464	-1409	2594	2730	-548	-171	-2,90%
2000	-3728	-1109	2371	2028	-486	-174	-3,59%
2001	-3785	-1394	2723	1999	-504	-169	-3,26%
2002	-4016	-1594	2958	2225	-474	-107	-1,90%
2003	-4651	-1736	3711	2263	-413	11	0,17%
2004	-4661	-1775	3302	2724	-409	19	0,30%
2005	-5109	-1939	3449	3143	-456	8	0,12%

A Figura 4.6 apresenta o Balanço de Energia e de Carbono em Destilarias, bem como a correção para o gás de fermentação e o vinhoto.

Balanços Energético e de Carbono de Destilarias de Alcool

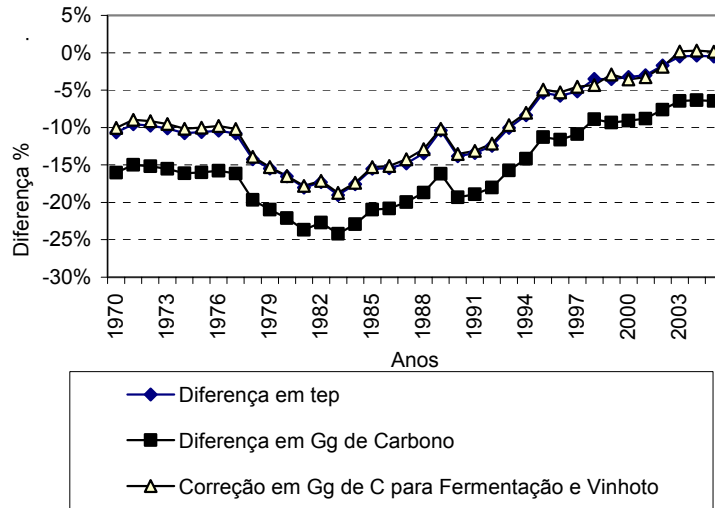


FIGURA 4.6: Balanços de Energia e de Carbono em Destilarias

Na Figura 4.6, embora os comportamentos das curvas energéticas (diferença em tep) e de emissão de carbono (diferença em Gg) sejam “paralelas”, elas estão defasadas mesmo tendo sido utilizado o novo fator calculado para a emissão de carbono no álcool.

Como pode ser verificado na mesma figura, as correções introduzidas para o vinhoto e o CO₂ de fermentação fizeram com que as curvas de Balanço de Energia e de Carbono se tornassem praticamente coincidentes.

O resultado dos balanços de carbono e energético só é satisfatório para os últimos anos; para os primeiros anos persistem diferenças importantes. De qualquer forma, a apuração das quantidades processadas de caldo de cana e melaço é, provavelmente, problemática. Deve-se levar em conta que o procedimento normal, nestes casos, é o de deduzir a quantidade de matéria prima a partir do produto. Uma mudança no fator que correlaciona matéria prima e produto pode ser responsável pela melhora no balanço.

4.5 – Balanço de Carbono em Carvoarias

No caso das Carvoarias, a energia primária, lenha, é transformada em carvão vegetal pela queima parcial. A produção de carvão vegetal deixa como subprodutos o alcatrão insolúvel e o líquido pirolenhoso. As proporções das substâncias resultantes da pirólise variam com a qualidade da lenha e com a temperatura de pirólise.

Na Tabela 4.8 apresenta-se o balanço de carbono para as carvoarias, sem a introdução de correções.

Nas análises de Balanço de Carbono em carvoarias devem ser introduzidas correções para levar em consideração os efluentes líquidos e gasosos resultantes da pirólise. Assim, foi introduzida uma correção utilizando os dados da Nota Técnica 2 do Relatório 1 (e&e N° 57). Os resultados dessa correção são apresentados na Tabela 4.8.

A Figura 4.7 apresenta o Balanço de Energia e de Carbono em Carvoarias, bem como as correções para alcatrão mais pirolenhoso e com a inclusão do CO e do CO₂.

Balanços Energético e de Carbono para Carvoarias

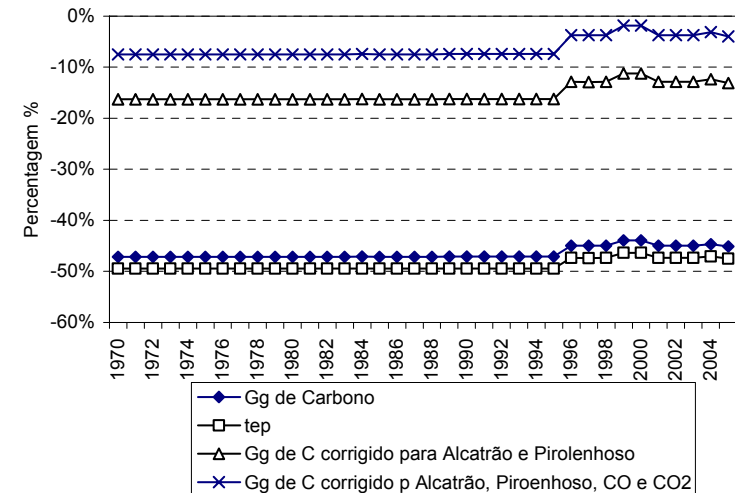


Figura 4.7 Balanços de energia e de carbono em carvoarias com correções (para massa de carbono) para os rejeitos e para as emissões.

TABELA 4.8: Valores de Carbono em Gg para Carvoarias

ANO	Carvoarias		Massa de Carbono em Gg	
	LENHA	CARVAO VEGETAL	TOTAL	DIFERENÇA PERCENTUAL
1970	-4182	2211	-1971	-47,13%
1971	-4763	2518	-2245	-47,13%
1972	-5520	2918	-2602	-47,13%
1973	-5858	3097	-2761	-47,14%
1974	-7305	3862	-3443	-47,13%
1975	-8734	4618	-4117	-47,13%
1976	-7924	4189	-3735	-47,13%
1977	-8056	4259	-3797	-47,14%
1978	-8246	4359	-3887	-47,14%
1979	-9708	5132	-4576	-47,13%
1980	-10991	5810	-5180	-47,13%
1981	-10439	5519	-4920	-47,13%
1982	-10578	5592	-4986	-47,13%
1983	-11896	6289	-5607	-47,13%
1984	-14704	7780	-6924	-47,09%
1985	-15401	8142	-7259	-47,13%
1986	-16255	8594	-7662	-47,13%
1987	-15815	8361	-7454	-47,13%
1988	-16842	8904	-7939	-47,13%
1989	-18738	9914	-8824	-47,09%
1990	-15298	8094	-7204	-47,09%
1991	-13416	7099	-6318	-47,09%
1992	-12317	6518	-5799	-47,08%
1993	-12965	6860	-6105	-47,09%
1994	-13125	6944	-6181	-47,09%
1995	-12081	6391	-5689	-47,09%
1996	-10709	5893	-4816	-44,97%
1997	-10300	5667	-4633	-44,98%
1998	-9380	5161	-4218	-44,97%
1999	-10164	5700	-4463	-43,91%
2000	-11114	6233	-4881	-43,92%
2001	-10325	5682	-4644	-44,97%
2002	-10800	5942	-4857	-44,97%
2003	-12720	6999	-5721	-44,97%
2004	-14733	8153	-6579	-44,66%
2005	-14571	7998	-6573	-45,11%

TABELA 4.9: Valores de Carbono em Gg para Carvoarias com correção para o Alcatrão e Pirolenhoso, CO e CO2

ANO	Correções para Alcatrão+ Pirolenhoso, CO e CO2 em Carvoarias				Gg de Carbono	
	LENHA	CARVÃO VEGETAL	PIROLENHOSO E ALCATRÃO	EMISSÕES DE CO E CO2	TOTAL CORRIGIDO	DIFERENÇA CORRIGIDA
1970	-4182	2211	1290	369	-313	-7,48%
1971	-4763	2518	1469	420	-357	-7,48%
1972	-5520	2918	1702	486	-413	-7,49%
1973	-5858	3097	1806	516	-439	-7,49%
1974	-7305	3862	2253	644	-547	-7,48%
1975	-8734	4618	2694	770	-654	-7,48%
1976	-7924	4189	2444	698	-593	-7,48%
1977	-8056	4259	2484	710	-603	-7,49%
1978	-8246	4359	2543	727	-617	-7,49%
1979	-9708	5132	2994	855	-727	-7,48%
1980	-10991	5810	3389	968	-823	-7,49%
1981	-10439	5519	3219	920	-781	-7,48%
1982	-10578	5592	3262	932	-792	-7,48%
1983	-11896	6289	3668	1048	-891	-7,49%
1984	-14704	7780	4538	1297	-1089	-7,41%
1985	-15401	8142	4749	1357	-1152	-7,48%
1986	-16255	8594	5013	1432	-1216	-7,48%
1987	-15815	8361	4877	1393	-1184	-7,49%
1988	-16842	8904	5194	1484	-1261	-7,48%
1989	-18738	9914	5783	1652	-1388	-7,41%
1990	-15298	8094	4722	1349	-1133	-7,41%
1991	-13416	7099	4141	1183	-994	-7,41%
1992	-12317	6518	3802	1086	-910	-7,39%
1993	-12965	6860	4002	1143	-960	-7,41%
1994	-13125	6944	4051	1157	-973	-7,41%
1995	-12081	6391	3728	1065	-896	-7,41%
1996	-10709	5893	3437	982	-397	-3,70%
1997	-10300	5667	3306	945	-382	-3,71%
1998	-9380	5161	3011	860	-347	-3,70%
1999	-10164	5700	3325	950	-188	-1,85%
2000	-11114	6233	3636	1039	-206	-1,85%
2001	-10325	5682	3314	947	-382	-3,70%
2002	-10800	5942	3466	990	-400	-3,71%
2003	-12720	6999	4083	1167	-471	-3,71%
2004	-14733	8153	4756	1359	-464	-3,15%
2005	-14571	7998	4665	1333	-575	-3,95%

A energia contida de lenha não se transforma toda em carvão vegetal, havendo parte contida no rejeito ou subprodutos. Desse modo também poderia ser feita para o balanço energético uma correção que levasse em conta a energia contida no alcatrão e pirolenhoso produzidos. Isto não foi feito por não se dispor dos conteúdos energéticos dessas substâncias. Deve-se lembrar ainda que, neste caso, não se espera que o balanço energético “feche” como nos casos anteriores, por não se tratar de centro de transformação no qual a energia consumida está contabilizada no chamado setor energético.

5. Conclusão

Os problemas abordados neste trabalho resultam de questões que o balanço de carbono revelou nas análises das emissões. Nos combustíveis da biomassa, a análise já havia indicado a correção de fatores de emissão importantes como o que se refere ao conteúdo de carbono do álcool.

A separação entre os componentes renováveis e não renováveis do item Outras Recuperações permitiu discriminar aqueles que devem ser considerados na contabilização do efeito estufa. A importância das correções é mais metodológica que quantitativa.

Já a análise dos centros de transformação possibilitou correções quantitativas importantes, principalmente nos centros onde a energia primária é a biomassa. Também foram indicadas correções que deveriam ser introduzidas no próprio balanço energético. A aplicação do balanço de carbono permitiu identificar escolhas inadequadas de coeficientes de emissão (caso do gás de coqueria), omissão de emissões durante o processamento do álcool (gás carbônico de fermentação) e coeficientes energéticos inadequados (gás natural úmido) e identificar subprodutos não contabilizados (alcatrão e pirolenhoso nas carvoarias)

Com o presente trabalho aperfeiçoou-se a metodologia do balanço de carbono mediante a determinação com maior precisão do conteúdo de carbono dos produtos derivados. Estes valores são usados no balanço de carbono para conferir os resultados das emissões obtidas pelos processos *Bottom-Up* e *Top-Down* Estendido.

Referências

- 1 – MCT 2006 - Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem *Top-Down* – Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, Relatório de Referência.
- 2 – Relatório Final, Projeto: Balanço de Carbono – Convênio MCT – Economia e Energia Nº 010065.00/2003.
- 3 – MME, 2005 Balanço Energético Nacional.
- 4 – IPCC, 1996. Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions – Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory, Vol. 1,2,3 – IPCC, IEA, OECD.
- 5 – Relatório 1, Consolidação do Balanço de Carbono, Termo de Parceria entre o MCT e a OSCIP Economia e Energia **e&e**.